

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

**SAVUNMA TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İÇ BALİSTİK HESAPLAMA VE NAMLU TASARIM  
PROGRAMI GELİŞTİRİLMESİ**

**Duran GÜNGÖR**

**MART 2021**

**Savunma Teknolojileri Anabilim Dalında** Duran GÜNGÖR tarafından hazırlanan İÇ BALİSTİK HESAPLAMA VE NAMLU TASARIM PROGRAMI GELİŞTİRİLMESİ adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Ayşegül ÜLKÜ METİN  
Anabilim Dalı Başkanı

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

(Unvanı, Adı ve Soyadı, İmzası)  
Ortak Danışman (Varsa)

Prof. Dr. Mustafa BOZDEMİR  
Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. İsmail ŞAHİN \_\_\_\_\_  
Üye (Danışman) : Prof. Dr. Mustafa BOZDEMİR \_\_\_\_\_  
Üye : Dr. Öğrt. Üyesi Hayri YAMAN \_\_\_\_\_

18/03/2021

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

Prof. Dr. Recep ÇALIN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ÖZET

### İÇ BALİSTİK HESAPLAMA VE NAMLU TASARIM PROGRAMI GELİŞTİRİLMESİ

GÜNGÖR, Duran

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Savunma Teknolojileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Mustafa BOZDEMİR

Nisan 2021, 80 sayfa

Günümüzde Savunma Teknolojileri alanı oldukça gelişmekte ve uluslararası düzeyde birçok çalışma yapılmaktadır. Bu yüzden ülkemizin ve dünyanın bu alanda birçok yeni çalışmaya ihtiyacı vardır. Bu ihtiyacı karşılayabilmek için yapılacak birçok uygulamadan biri olan bu çalışma silahta olabilecek optimal namlu tasarımının belirlenen sayısal hesaplamalarla yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışmalarda ara yüz programı olarak C++ kullanılmıştır. Bu programla hesaplamalara daha düzenli ve hızlı bir şekilde ulaşılmaktadır. Visual Studio içine görsel efektler konularak yapılan bir namlu tasarım programıdır. Ayrıca silah tasarımının en önemli kısmı namludur. Bilgisayar programı ile kullanılacak ara yüzler belirlenecektir. Bu ara yüzler sayesinde namlu kısmının nasıl tasarlanacağı ve tasarım için gerekli parametreler bulunabilecektir. İç balistik hesaplamalarda kullanılan formüller çok uzun ve karmaşık olması nedeniyle namlu tasarımı parametrelerinin hesaplanmasında zaman kaybına yol açmaktadır. Bu zaman kaybını ortadan kaldıran ve piyasada çok pahalı olan bu programlara gerek kalmadan namlu tasarımında kullanılacak parametreler hesaplanabilecektir.

**Anahtar kelimeler:** İç balistik, Namlu tasarımı, Silah sistemleri, C ++ yazılım  
Metotları

## ABSTRACT

### INNER BALLISTIC CALCULATION AND DESIGN PROGRAM DEVELOPMENT

GÜNGÖR, Duran

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Defense Technologies, Master Science Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa BOZDEMİR

April 2021, 80 pages

Today, Defense Technologies is expanding and international studies have been carried out. Therefore, our country and the world have needed many new studies in this field. This study, which is one of the many applications to be done to meet this need, allows the optimal barrel design of the weapon to be made with determined numerical data. C ++ is used as an interface program in these studies. These calculations are reached more regularly and quickly by this program. Visual Studio Renewable is a barrel design program by putting visual effects in it. In addition, the most important part of the weapon design is the barrel. The interfaces to be used with the computer program will be determined. Thanks to these interfaces, how the barrel section will be designed and the necessary parameters for the design will be found. Because the formulas used in internal ballistic calculations are very long and complex, it causes a waste of time in the calculation of barrel design parameters. The parameters to be used in barrel design can be calculated without the need for these programs, which eliminate this time loss and are very expensive in the market.

**Key Words:** Internal ballistics, Barrel design, Weapon systems, C ++ software methods

## TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması esnasında hiçbir yardımını esirgemeyen ve büyük destek olan, tez yöneticisi hocam, Sayın Prof. Dr. Mustafa BOZDEMİR 'e, büyük fedakarlıklarla bana destek olan arkadaşım Musa KİRAZLI 'ya, tezimin aşamalarında desteğini esirgemeyen Özkan EREN 'e, tez yazım aşamalarında bana destek olan halam Gülsüm GÜNGÖR 'e ve son olarak bana birçok konuda olduğu gibi, tezimi hazırlamam esnasında da yardımlarını esirgemeyen aileme teşekkür ederim.



# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</b> .....	<b>iv</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>SİMGELER DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. BALİSTİK BİLİMİ VE TARİHİ GELİŞİMİ</b> .....	<b>3</b>
2.1. Balistik .....	3
2.2. Tarihi Gelişimi .....	3
2.3. Balistik .....	7
2.3.1. Dış Balistik .....	8
2.3.2. Coriolis Etkisi .....	11
2.4. İç Balistik .....	11
2.5. Ara Balistik .....	14
2.6. Hedef Balistiği .....	15
2.7. Yara Balistiği .....	15
2.8. Adli Balistik .....	15
2.9. Terminal Balistik .....	16
<b>3. SİLAH TANIM VE TARİHİ</b> .....	<b>18</b>
3.1. Silahın Tarihsel Gelişimi .....	18
3.2. Silahların Sınıflandırılması .....	21
3.2.1. Ateşli Silahlar .....	21
3.2.1.1. Ağır Ateşli Silahlar .....	22
3.2.1.2. Hafif Ateşli Silahlar .....	24

3.2.1.2.1. Kısa Namlulu Ateşli Silahlar (tabancalar).....	24
3.2.1.2.2. Uzun Namlulu Ateşli Silahlar .....	27
3.3. Ateşli Silahlarda Bazı Önemli Kavramlar .....	28
3.3.1. Fişek .....	28
3.3.2. Kovan .....	29
3.3.3. Kapsül.....	29
3.3.4. Barut .....	29
3.3.5. Mermi Çekirdeği .....	30
3.3.6. Ateşli Silahlarda Çap.....	30
3.4.Ateşsiz Silahlar .....	31
3.4.1. Bazı Ateşsiz Silahlar ve Özellikleri.....	31
3.5. Nükleer Silahlar .....	32
<b>4. İÇ BALİSTİK.....</b>	<b>34</b>
4.1. İç Balistik Kapsam.....	37
4.2. Silah Tasarımında Arka Plan .....	37
4.3. Silahların İsimlendirilmesi ve Tasarımı.....	38
4.4. İtici Tane Tasarımı.....	43
4.5. İç Balistik Döngüsü .....	46
<b>5. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>48</b>
5.1. Microsoft Visual Studio.....	48
5.2. Microsoft Visual Studio'nun Temel Özellikleri .....	51
5.3. Microsoft Visual Studio'nun Desteklediği Programlar .....	53
5.4. C++ Programlama Dilinin Tarihi.....	55
5.5. C++ Programlama Dilinin Faydaları .....	55
5.6. Balistik Programları.....	56
5.7. Namlu Hesaplamaları .....	59
5.8. Namlu İçindeki Basıncın Değişimi.....	68
<b>6. SONUÇLAR .....</b>	<b>71</b>





## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Balistik Kısımlar .....	7
Şekil 2.2. Ateşleme Sırasındaki Basınç-Zaman Değişimi .....	13
Şekil 3.1. Otomatik Tabanca Çalışma Prensibi.....	19
Şekil 3.2. Silahların Sınıflandırılması .....	21
Şekil 3.3. Ateşli Silahların Sınıflandırılması .....	22
Şekil 3.4. Elektromanyetik Top .....	22
Şekil 3.5. Yavuz Obüs Sistemi.....	23
Şekil 3.6. Havan Topu Ve T-122 Roketatar.....	23
Şekil 3.7. Hafif Ateşli Silahların Sınıflandırılması .....	24
Şekil 3.8. Kısa Namlulu Toplu Tabanca .....	25
Şekil 3.9. Canik Tp9-Sfx Reddot Şarjörlü Tabanca.....	26
Şekil 3.10.Jg T3-K3 G3 Harp Tüfeği.....	27
Şekil 3.11.Fortune Bullpup Şarjörlü Av Tüfeği.....	28
Şekil 4.1. Namlu Deliğinin Ana Parçaları.....	39
Şekil 4.2. Yanma Odasında Mermi Haznesinin Şematik Görünümü.....	39
Şekil 4.3. Namlu Borusunun Kesit Görünümü .....	40
Şekil 4.4. Merminin Ana Parçaları.....	41
Şekil 4.5. Tipik Mermi Terminolojisi .....	42
Şekil 4.6. Barut Tipleri.....	43
Şekil 4.7. Farklı Zerrecikler İçin Birim Ağırlık Başına Yüzey Alanındaki Değişim	44
Şekil 4.8. Basınç Konfigürasyonuna ve Hareket Eğrisine Karşı Basınç hassasiyeti	45
Şekil 4.9. Balistik Döngü İçin Basınç - Zaman Eğrisi .....	47
Şekil 5.1. Microsoft Visual Studio Program Ara Yüzü .....	49
Şekil 5.2. Microsoft Visual Studio Entegre Ortamları .....	50
Şekil 5.3. Microsoft Visual Studio Entegre Seçim Ekranı.....	50
Şekil 5.4. Etkili Düzenleme Ekranı.....	51
Şekil 5.5. Microsoft Visual Studio Giriş Ekranı .....	52
Şekil 5.6. Microsoft Visual Studio Genişletilebilirlik.....	53
Şekil 5.7. Microsoft Visual Studio Programları.....	54
Şekil 5.8. BALLISTICda Mermi Dönüsü, Namlu Ve Gaz Sıcaklıkları Grafikleri .	56

Şekil 5.9. Program Akış Şeması.....	58
Şekil 5.10.Program Giriş Ara Yüzü .....	59
Şekil 5.11.Namlu Hesaplama Ara Yüzü .....	60
Şekil 5.12.Namlu Değişkenlerinin Sonuçları.....	61
Şekil 5.13.Mermi Yoluna Bağlı Basınç, Hız Ve Zaman Eğrisi .....	66
Şekil 5.14.Mermi Yoluna Bağlı Yol, Basınç, Hız Ve Zaman Parametre Sonuçları ..	67



## ÇİZELGELER DİZİNİ

### ÇİZELGE

### Sayfa

Çizelge 5.1. Mermi Arkasında Oluşan Hacmin Yanma Odası Net Hacmine Oranı ..	63
Çizelge 5.2. Sevk Barutu Tamamen Yandıktan Sonra Oluşan Değerlerin Tablosu ..	65
Çizelge 5.3. Vallier-Heydenreich Balistik Tablosu .....	69
Çizelge 5.4. Vallier-Heydenreich Deneysel Verileri .....	70



## SİMGELER DİZİNİ

Q	Sevk barutunun yanma ısısı
Ba	Sevk barutunun yanma katsayısı
gc	Sevk barutunun yoğunluğu
$\gamma$	Sevk barutunun özgül ısılar oranı
mc	Sevk barutunun kütlesi
mp	Merminin kütlesi
D	Silah çapı
Pm	Max. gaz basıncı
nz	Yiv sayısı
bz	Yiv genişliği
t	Yiv derinliği
GK	Namlu malzemesinin kopma mukavemeti
GA	Namlu malzemesinin akma mukavemeti
Sm	Namlu emniyet katsayısı
Vo	Mermi ilk hızı
Xm	Max menzil
$\Delta$	Doldurma yoğunluğu
$V_B$	Hazne hacmi
$V_B^x$	Kalan hazne hacmi
Xe	Namlu içinde merminin katettiği yol
G	Mermi ağırlığı
L	Sevk barutu ağırlığı
q	Namlı deliği kesit alanı
$\eta$	Ortalama basıncın max. basınca oranı
$\varphi$	Mermi arakasında oluşan hacmin yanma odası net hacmine oranı
$Q_{ex}$	Sevk barutu yanma ısısı
$P_0$	Normal hava basıncı

A	Namlu deliği kesit alanı
Se	Namlu boyu
np	Basınç oranı
Sm	Namlu içinde merminin aldığı yol
tm	Zaman



## 1. GİRİŞ

Savunma sanayi son yıllarda ülkeler arasında kilit rol oynamaktadır. Bu nedenle savunma sanayi bir ülkenin siyasetinde önemli rol üstlenmektedir. Böyle bir rol oynaması ülke içerisinde de bu alana olan ilgiyi artırmaktadır. Son yıllarda bu alanda birçok çalışmaya imza atılmış ve daha da fazlası yapılmaktadır. Özellikle ülkelerin askeri alandaki gelişmelerini oldukça etkilemektedir.

Askeri alandaki gelişmeler sayesinde savunma sanayiye olan ilgi ve alaka her geçen gün artmaktadır. Bu alandaki gelişmelere devlet tarafından da birçok destek verilmektedir. Bu karşılıklı birbirini destekleme ise bu alandaki başarıyı tesadüflükten uzaklaştırmaktadır. Her geçen gün gelişen teknolojinin de etkisiyle bu alandaki yapılan çalışma ve projeler artmaktadır. Ancak bu alanda yapılan çalışmaların birçoğu gizliliğini koruduğundan dolayı bazı bilgilere ulaşmak güçleşmekte bazen de imkansız hale gelmektedir. Bu nedenle savunma sanayisinde baştan veya yapılmış olan projeleri geliştirmek için bazı donelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu gereksinim bu alandaki bazı ilerlemeler için dezavantaj sağlasa da bazı durumlarda iyi bir sonuç ortaya koymaktadır.

Yapılan tez çalışmasında da yukarıda bahsetmiş olunan nedenlerden dolayı piyasada bulunan ama ulaşılması imkansız veya çok pahalı olan programlar yüzünden bazı hesaplamalar için çok zaman harcanması gerekecek böylece çalışmaya sebep olacak adımlar izlenmek zorunda kalınacaktır. Tüm bu nedenlerden dolayı yeniden tasarlanmış bir program yazmayı hedef haline getirecek çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda zaman ve para açısından birçok esneklik sağlayan bir program tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Tasarlanan program sayesinde iç balistik hesaplamalar yöntemi ile namlu tasarımında kullanılan değişkenlere ulaşmak mümkün hale gelmekte ve bu sayede bir namlu tasarımı nasıl yapılmalıdır sorusuna cevap vermektedir. Bu sayede piyasada çok pahalı olan bu tarz programların yaptığı işleri yapabilmek için bir ara yüz tasarlanmıştır.

Tez kapsamında yapılan çalışmalar bölümlere ayrılarak belli başlıklar altında yazılmıştır. Bu bölümler ise şu şekildedir.

1.bölüm, savunma sanayisi hakkında bilgiler vererek, askeri çalışmalardaki gelişmeler için kullanılacak ve kolaylık sağlayacak bilgilere kısaca değinilmiştir.

2.bölüm, balistik ve tarihi gelişimi hakkında geçmiş ve günümüze kadar olan gelişmeleri içermekte aynı zamanda balistik, dış balistik gibi kısımları da ayrıntılı olarak ele almaktadır. Tez konusunun iç balistik olarak ele alınmasından dolayı iç balistik kısmı daha ayrıntılı olarak ilerleyen bölümlerde ele alınmıştır.

3.bölüm, silah sistemleri ve silahın tarihi gelişimi hakkında bilgilerin olduğu ve silahın günümüze kadar olan gelişimi ele alınmıştır.

4.bölüm, iç balistik nedir sorusuna yanıt bulunan ve iç balistikte yapılmış, yapılmakta olan gelişmelerden bahsetmektedir. İç balistik hesaplamalarda kullanılan formül ve yöntemler hakkında bilgiler verilmiştir.

5.bölüm, materyal ve yöntem bölümüdür. Bir namlu tasarımının iç balistik hesaplamalar ile nasıl yapıldığının ve bir program yardımıyla gösterildiği bölümdür. Bu bölümde yazılmış olan programın görselleştirilmesi için ara yüz olarak Visual Studio programından yararlanılmıştır. Bu ara yüzün programlama dilinin C ++ olarak seçildiği ve tasarımının yapıldığı kısımdır.

6.bölüm, sonuç bölümüdür. Yapılan çalışmanın amacı, kullanılan yöntemi ve bu alanda sağladığı katkı ve faydalardan bahsedilmiştir.

## 2. BALİSTİK BİLİMİ VE TARİHİ GELİŞİMİ

Balistik kelimesinin Yunanca 'ballein' (fırlatmak) sözcüğünden meydana geldiği ve diğer bir söyleyişle Fransızca 'Balistique' sözcüğünden bulunduğu ortaya çıkmıştır. Atılmış merminin çeşitli doğrultularda ilerlemesini araştıran balistik için birçok tanımlama ortaya koyulmuştur [1].

### 2.1. Balistik

Uzayda fırlatılmış cisimlerin, mermilerin bir silahın iç ve dış hareketleri etkisinin bir hedef üzerinde incelendiği bir bilim dalı olarak karşımıza çıkmaktadır [2].

### 2.2. Tarihi Gelişimi

Barutun tarihte ilk kez kullanılması ile balistik bilimi ortaya çıkmıştır. 900'lü yıllardan önce Çinlilerin güherçile esaslı barut kullandıkları 1100'lü yıllarda ise Müslüman Endülüslerin, İspanya'da, kolayca alev alan tozlarla denemeler yaptığı, Hindistan'daki yazılara göre ise 1200'lü yılların başlarında barutun kullanıldığına dair düşünceler ortaya atılmıştır. Barutun tam olarak nasıl ve kimler tarafından bulunduğu bilinmemektedir [1]. İngiltere ve Fransa savaşında kullanıldığı bilinmekle birlikte iç balistiğin tarihçesinden kara barutun ilk inceleme tarihi tam olarak ortaya çıkarılamamıştır [3].

Yapılan araştırmalarda ilk kez deneysel yöntemler ile barut gazının basıncı bulunmuştur. Bulunan sonuçlar Count Rumfort tarafından gaz basıncı-gaz yoğunluğu ilişkisinin bulunmasına sebep olmuştur. Basınç değişimi ve atış mesafesinin değişimi hesaplamalarında barutun tam olarak yanarak basınç-yoğunluk ilişkisi çerçevesinde merminin harekete geçeceği kabul görmüştür. Bulunan bu sonuçlar çerçevesinde basınç ilişkisi deneysel sonuçlar yardımıyla mühimmat uçuş



yörüngesi değerleri sonucunda namlu ağzı çıkış hızı ile kontrol dilerek bir sonuca varılmıştır [4].

Yanma kanunu 1839 yılında ortaya çıkmıştır. Kanun kara barut için geçerli olmuş, bunun yanında ikiden fazla barut ile eşdeğerlik göstermiştir. Kanunu ortaya atan Fransız Piobert namlunun gaz hareketlerini yaklaşık olarak çözecek bir yöntem bulmuştur. Etki-tepki kuvvetleri üzerinde çalışmalar yapmış ve bu konuda öncülük etmiştir. Ama barut gazı basıncı başka yöntemler kullanılarak Amerikalı General Rodman tarafından ölçülmüştür. Bu ölçmede basınç masterları kullanarak ölçmeyi başarmıştır. Maksimum gaz basınç kuvveti, çentik şeklinde açılan bir kama tarafından bakır veya kurşun doldurularak ateşlenmiş, daha sonrasında gaz basınç etkisi ile bakır ve kurşunun ezilme miktarı hesaplanarak bulunmuştur. Bu yöntem basınç-yoğunluk ilişkisinin kapalı bir kap içinde nasıl meydana geldiği açıklanmıştır. Bu yöntemler doğrultusunda ise Rodman barut şekilleri üzerinde bazı çalışmalar gerçekleştirmiştir. Andrew Noble 1860 yılında geliştirmiş olduğu masterlar ile basınç ölçümlerini yapmış ve olması gereken doğruluğa ulaşmıştır. Daha sonraki yıllarda ise barutun yanma eşitliği bulunmuş, iç balistik açısından incelendiğinde termodinamiğin temel modellerinden biri olmuştur [4].

1800'lü yıllar balistik biliminin içeriğinde barındırdığı temelleri açığa çıkarmıştır. İlerleyen yıllarda geliştirilen yöntemler ile bir bilim olarak 20.yy da karşımıza çıkmıştır. Mermi çekirdeği incelemesini yapan ilk kişi Henry Goddard adında bir polis memurudur. Bu sayede olaylarda kullanılan silahlardan çıkan mermiler karşılaştırılarak katilin kim olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 1863 Amerikan iç savaşında yaralanan komutan General Stonewall Jackson'un ölmesinden sonra çıkarılan mermilerin çekirdek şekli ve çapından silahın tanımı yapılmaya çalışılmıştır. Ulaşılan sonuç ise 67 kalibre eski tip piyade tüfeği olduğu ve kendi askerleri tarafından kaza sonucu vurularak öldüğü ortaya çıkmıştır. 20.yy başlarında mermi çekirdekleri ve mermi kovanları hangi silahlara ait oldukları ile ilgili çalışmalar ve araştırmalar geliştirilmiştir. Mermi çekirdeklerinin hangi silahlardan atıldığını tanımlayan Adli Tıp Profesörü V.Balthazard tarafından yöntemler geliştirilmiştir. Mermi çekirdeklerindeki set izleri fotoğraflanarak büyüteçler yardımıyla bakılmış ve çeşitli karşılaştırmalar yapılmıştır. Mermi yatağının arka

yüzünün üzerinde bıraktığı izleri inceleyen Balthazard fotoğrafları yardımcı araç olarak kullanmış ve silahların bulunabileceğini kanıtlamaya çalışmıştır. Mermi kovanı ayırımı ilk kez 1925 yılında mikroskoplar kullanılarak bulunmuş ve bu yöntemler çerçevesinde namlunun içi, setlerin kıvrımını ölçmeye yarayan 'Helixometer' ortaya çıkarılmıştır. Hızla gelişmeye devam eden balistik bilimi ile günümüzde pek çok olayın çözülmesine öncülük edecek yöntemler geliştirilmiştir [5].

2.Dünya savaşı bitiminde karmaşık matematiksel modeller çerçevesinde, birden fazla sadeleştirmeden dolayı modeller elverişsiz olma özelliği göstermektedir. Günümüz programcılığı ile silah sistemlerinde beklenenden daha çok bir nesnellik ortaya çıkmaktadır [4].

Son yıllardaki gelişmeler ile daha detaylı ve kapsamlı çalışmalar yapılmakta, savunma teknolojilerine entegre edilerek nesnellikten kurtarılmaya çalışılmaktadır [5].

İnsanların taş fırlatmaları balistiğin ilk örnekleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Hızlı ve güçlü fırlatmanın sağlayacağı avantajlardan dolayı sapan ve mızraklar bulunmuştur. Bu sayede mermi, mızrak tarzındaki silahlar yapılmaya başlanmıştır [6].

Mermi, mızrak, gibi atılan şeyler ile bunları atan silahların ilişkilendirilmesi eskilere kadar dayanır. Roma lejyonlarında dökme demir mızrakların üzerine özel amblemleri konulmaktaydı. İngiliz okçuların ise oklarında ayırıcı işaretler vardı. 19. yy.da çoğu Amerikalı avcı kendileri tarafından dökme kurşundan yapılmış mermileri kullanıyordu. Ancak bunlar günümüz balistik çalışmaları kapsamında sayılamazlar. Mermi çekirdeği ve kovanının bunları atan silahla ilişkilendirilmesine ait öncü çalışmalar literatürde yer almaktadır. Kuzey ordusundaki silahlarda kullanılan mermi çekirdekleri 58 kalibre ve silindirik-konik şekilli idi. 1897, Minnesota, Winona kentinde genelev işleten Ferench Lou adlı bir kadına aşık olan 3 genç kavga eder, biri tabanca ile öldürülür. Sağ kalan iki kişiden hangisinin katil olduğunu anlamak için balistik incelemeye geçilir. Olayda kullanılan silahlardan biri 32 kalibre

Smith&Wesson, diğeri ise yine 32 kalibre Hood marka bir toplu tabanca idi. Duruşma sırasında bilir kişi olarak dinlenen bir silah tamircisi, Smith&Wesson'un namlusunun yivli olduğunu, Hood'un namlusunda uç kısmındaki bazı hatalı yivler dışında yiv bulunmadığını söylemiş, cesetten elde edilen mermi çekirdeğinin görünümünden katilin Hood marka toplu tabancanın sahibi olan kişi olduğunu ispatlamıştır [5].

1900'lerin başlarında mermi çekirdekleri ve mermi kovanlarının atıldığı silah ile ilişkilendirilmesi seviyesine ulaşılmıştır. Bu tarihlerde yiv izlerinden mermi çekirdeği tanımlanması hakkındaki ilk önemli kaynak olan "Bullet and Firearm" adlı makale Dr. Albert L. Hall tarafından Haziran ayında Buffalo Medical Journal'de yayınlanmıştır. Makalede ayrıntılı olarak yiv-set genişliklerinin ve mermi çekirdeği çapının ölçümlerinin nasıl yapıldığı açıklanmıştır. 1907, Brownsville, Texas ayaklanmasında Amerikan ordusunun bir piyade alayı ayaklanmaya karışmıştı. Ayaklanmadan sonra bazı mermi çekirdekleri ile birlikte 30 kalibre tüfeklerden atılmış 39 mermi kovanı elde edilmiştir. Bunlar olayda kullanıldığından şüphelenilen tüfeklerle birlikte Frankford tophanesine gönderilmiştir. Burada yapılan incelemede 33 kovanın şüpheli silahların 4'ü tarafından atıldığına karar verilmiştir. Diğer 6 kovan ile tüfekler arasında bir bağlantı kurulamamış, mermi çekirdekleri hakkında bir karara varılamamıştır [6].

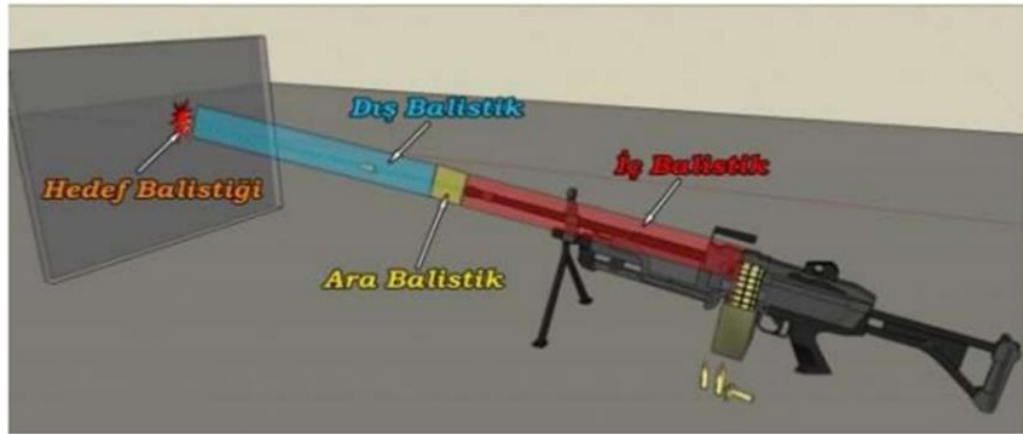
1909-1923, Paris, bu yıllarda Paris Üniversitesinde Adli Tıp Profesörü olan V. Balthazard, mermi çekirdeklerinin belli bir silahtan atıldığını tanımlayan bir yöntem yayınlamıştır. Bu yöntemde deneme atışlarından elde edilen ve olaydan gelen mermi çekirdekleri üzerlerindeki set izlerinin fotoğrafı çekiliyor, büyütülerek karşılaştırıyordu. Balthazard, aynı zamanda silahın iğnesi, tırnağı, çıkartıcısı, mermi yatağının arka yüzünün (tabla) bıraktığı izlere ve bunların karşılaştırılmasına dayanan yöntemle yine fotoğraflar yardımıyla kovanın hangi silahtan atıldığının tespitine olanak sağlamıştı. Aynı yıllarda bu tür çalışmalar İngiltere'de Sir Sydney Smith, Hugh Pollard ve A. Lucas tarafından yapılmaktaydı. New York savcılığında özel araştırmacı olarak çalışan C.E.Waite, fotoğraf ve mikroskop uzmanı Philip O.Gravelle, hassas aletler planlama uzmanı John E.Fisher ve alet dizayncısı ve hassas ölçümler üzerine otorite olan, aynı zamanda bir ordonat yedek subayı olan

Calvin H.Goddard 1925 yılında bir araya gelerek ‘‘Bureau of Forensic Ballistic’’adında bir büro kurmuşlardır. Mermi çekirdeği ve kovani ayırmada mukayese mikroskobu ilk olarak bu ekip tarafından kullanılmıştır. Bu yöntem bugün bile kullanılan standart bir yöntemdir. Bu büroda daha sonra, John E.Fisher’in çabaları ile namlunun içini inceleyen ve yivlerin dönüş derecelerini ölçmeye yarayan Helixometer adlı bir alet geliştirilmiştir. ‘‘Adli Balistik’’ deyimi de ilk olarak Goddard tarafından kullanılmıştır [5].

### 2.3. Balistik

Balistik bilimi; atışa hazır halde bulunan fişegin veya roketin ateşlenmesinin ardından yanma odasında meydana gelen basınç-ısı değişimlerini, mermi çekirdeğinin namlu içerisindeki veya roketin atım kovani içerisindeki ivmeli ilerlemesini veya uzaydaki hareketlerini inceleyen bilim dalıdır [7,8].

Mermilerin itme kuvvetini ve çarpma etkisini araştıran bir bilim olarak karşımıza çıkan balistiğin özellikle mermilerin bir silahın içindeki ve dışındaki hareketlerini incelemektedir.



Şekil 2.1. Balistik kısımlar [9]

Şekil 2.1’de balistik kısımlar verilmiştir. Bu kısımları şöyle ifade edebiliriz: Dış Balistik, İç Balistik, Ara Balistik, Hedef Balistiği, Yara Balistiği, Adli Balistik ve Terminal Balistik gibi altı ana başlıkta incelenmektedir

### 2.3.1. Dış Balistik

Dış balistik biliminin adli bilimlere olan yansıması, özellikle uzak mesafeden yapılan atışlarda, atıcının bulunduğu yerin tespiti ve atışın nasıl yapıldığının anlaşılmasına yönelik olarak çalışmalarda görülmektedir. Bu tür olaylarda olay yerinden elde edilen mermi çekirdeği isabet açısı ve yönü gibi veriler, dış balistik formülleri kullanılarak atışın yeniden yapılandırılmasında kritik öneme sahiptir [10].

M.Ö. insanların taşları birbirine fırlatmalarından ilk dış balistik örneklerin ortaya çıktığı varsayılmaktadır. Bu fırlatmaların daha uzağa güçlü bir şekilde gidebilmesi için sapan ve mızraklar icat edilmiştir. Okun icat edilmesi ve kurulmasında kullanılan yay 'ballista' isminde söylenmeye başlamıştır. Ballista kelimesi aynı zamanda Yunancada fırlatma anlamında kullanılan 'ballein' sözcüğünden türemiştir. Büyük okların fırlatılmasında Ballistadan faydalanılmıştır. 15.yy'da Leonardo da Vinci ilk modern ordu mühendisliğinin öncüsü olmuştur. Da Vinci hem saldırı hem de savunma amaçlı; havan, çeşitli tank, piyade tüfeği ve deniz altı gibi birden fazla silah sisteminin ön taslağını oluşturmuştur. Ayrıca kuşların havada yaptıkları hareketlerden esinlenerek uçuş için basınç merkezlerinin oluşturulması gerektiği ve bu sayede aerodinamik vakaların ilk teorik esaslarını ortaya sürmüştür [11].

Hareketin bilimsel olgularını başarılı bir şekilde ortaya çıkaran Galileo aynı zamanda Aristotelian'ın hareket teorisini de çürüterek başarısını kanıtlamıştır. Galileo atılan merminin parabolik yörüngesini çizmeyi başarmıştır. Galileo'nun talebesi olan Torrecelli atılan mermilerin uçuş yörüngesini tasarlamış ve yörüngenin parabolik durumunu analiz etmiş 1537'de Niccolo Tartoglia döneminde, top namlusu yükselişinin çeyrek açısında mermi yörüngesi tam anlamıyla ölçülmüştür. Galileo'nun ölümünden yıllar sonra namlu çıkış hızının kaba bir şekilde ölçümü gerçekleştirilmiştir. Merminin gerçek menzilin Galileo'nun parabolik yörüngesinden çok uzun menzilli olmadığı daha sonraları ortaya çıkmıştır. Galileo hava direncinin merminin hareketlerini azaltacağına farkındaydı ve direnci görmezden gelmişti. Merminin; hızının, geometrik şeklinin ve ağırlığının havada uçuş hareketini hızlandırıcı veya yavaşlatıcı olacağı tezini savunmuştur. Isaac Newton(1642-1727) Galileo'nun çalışmalarını düzenleyen kişi olmuştur [12].

En önemli bilim adamlarından biri olan Newton balistiğin yeni çağa uygun temellerini atan kişidir.”Temel Matematiğin Doğal Felsefesi” kitabında dinamik üzerine yoğunlaştığı görülür. Newton, iki ciltten oluşan kitaplarının birinde sıvıların nasıl hareket ettiğini, diğerinde ise katı maddelerin hareketi üzerinde çalışmalar yürütmüştür. Bu iki konuda modern balistiği önemli derecede ilgilendirmektedir. Top araçlarından yatay şekilde ateşlenen merminin hareketini yer çekimi yönünden incelemiştir. Newton barut yanma hızının sürekli arttığını göstererek merminin ateşleme kısmından uçuşunu bitirinceye kadar olan hareketini hesaplamıştır. İsviçreli Leonhard Euler(1707-1783) yaptığı çalışmalarda, üzerine yoğunlaştığı konu Newton’un balistik çalışmalarıdır. Deneysel çalışmalarında top mermilerinin uçuş menzilini hesaplayacak çalışmalar yapmıştır. Euler balistikte ilk analitik çalışmayı yapan kişidir. Benjamin Robins(18.yy’da) balistik sarkacı keşfetmiş, bulduğu sarkaç ile eski silahların namlu ağzı çıkış hızlarını belirlemiştir. Çıkış hızları 76 m/s’den 518 m/s’ye kadar olan hızlardaki mermilerin hızlarını ölçmüştür. Benjamin; Newton’un icat ettiği serbest düşmenin, düşme hızının karesi ile orantılı olma şartını düşük ve yüksek hızlı mermilerde test etmiştir. Test sonucunda 244m/s hızlara kadar güzel sonuçlar almış fakat 336 m/s hızlarda hava direncinin yüksek olması, sapmaların da yüksek çıkmasına neden olarak, sonuçların istenilen seviyeye ulaşmasına engel olmuştur. Mermi uçuş yörüngeleri üzerinde yapılan deneylerin doğru sonuçlar vermesi 19. yy’da gerçekleşmiştir. 19.yy’da namlu çıkış hızı ile namlu büyüklüğünün senkronize hale getirebilmek için iç balistik olayları çalışma alanı içine katmıştır. Charles Wheasone(1802-1875) elektrik devresini kullanarak havan mermisinin uçuşunun gerçek zamanını bulmuştur. Bu çalışma yöntemiyle Francis Bashforth(1865-1880) top mermilerinin yörüngesinin hesaplanmasını kolaylaştıran elektriksel kronografi yöntemini kullanmıştır. Bu çalışmaların Avrupada devam etmesi uçuş kanunlarının ilerlemesini sağlamış ve bu durum havan mermilerinin hızları hesaplanmıştır. Aerodinamik çalışmalar 19.yy’da hızlanmıştır. Bu çerçevede uçuş şartının hava fonksiyonu olarak kullanıldığı ve üretilen mühimmatların geometrik şekillerinin üreticiler tarafından aynı kullanılması kaçınılmaz olmuştur. 18.yy’da üretimi yapılan yumuşak geçişi olan namluların ve namlu çıkış hızlarının düşük olması üretimde bazı hatalara sebebiyet vermiştir. Bu sebeplerden dolayı o dönemde üretilen tüfeklerde savaş esnasında bazı sorunlar ortaya çıkmıştır. O dönemdeki Avrupa ordularında top menzillerinin kısa olması

namlu çıkış hızının düşük olmasına bağlı bazı sorunlar ortaya çıkmıştır. Ancak bu olumsuzluk yangına sebebiyet veren topçu roketlerinin üretilmesine sebep olmuştur. Bu durum gelecekte silah teknolojilerine öncülük etmiştir [13].

Yangına sebebiyet veren roketler Almanya ve İtalya'da 14.yy'da aktif olarak kullanılmaya başlanmıştır. 14.yy'ın ortalarında ise Avrupa'daki kara savaşlarında kullanılması son bulmakla beraber en büyük sebebinin üretim esnasında veya kullanmadan önce patlama eğiliminin olmasından kaynaklandığı ortaya çıkmıştır ama buna rağmen Orta Doğu'da kullanılmaya devam edilmiştir. Hindistan'da 3-5 kg çelik tüplerden imal edilen ancak hatalı yapılan roketler o kadar etkileyici olması sebebiyle İngiliz orduları bu silah sistemi ile mücadele etmekte oldukça zorlanmışlardır. William Congreve(1772-1828) yangına sebebiyet veren bu roketlerin menzil uzunluğunu 3 km'ye kadar çıkarmıştır. Napolyon'un ordularında hemen hemen hepsinde bu roketler kullanılmıştır. Bu roketlerin dönme kararlılığını geliştiren ise Amerikalı William Hale(1855) olmuştur. Balistik kuvvetlerin hesaplanmasında yer çekimi ve aerodinamik direnç kuvvetleri yanında mühimmatın kendi ekseni çevresindeki dönüş kararlılığı da araştırılmaya başlanmıştır. 20.yy boyunca cebirsel denklemlerin kullanılması, atılan cisimlerin uçuşu ile alakalı aerodinamik kuvvet etkilerinin açıklanmasına yol açmıştır. Teorik değerler ile pratik bulguların doğrulanması için uçuş testleri rüzgar tünellerinde, ateşleme testleri ise laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir [14].

Ateşlemenin akabinde namluyu terk eden mermi çekirdeğinin, namlu ile hedef arasındaki hareketleri dış balistiğin incelemeleri arasındadır [7].

Mermi çekirdeğinin namluyu terk ettikten hedefe çarpıncaya kadar geçen zaman içinde olan olaylarla da dış balistik incelemeler arasındadır. Hava direnci, yer çekimi etkisi, mermi çekirdeğinin düşüşü, sapması ve dengesi gibi konular dış balistiğin konuları arasında yer alır [5].

### 2.3.2. Coriolis Etkisi

Deniz savaşlarında olduğu gibi özellikle çok uzaktaki hedeflere yapılan atışlarda, yörüngenin oluşumunda etkin olan bir kuvvet de Coriolis Kuvveti'dir. Kuzey yarım kürede yapılan atışlarda mermi sağa, güney yarım kürede yapılan atışlarda ise sola sapar. Bu konuyu en iyi açıklayan örnek ise I. Dünya Savaşından verilebilir. Güney Atlantik'te 50° güney enleminde yer alan Falkland Adaları civarında Alman donanmasına karşı savaşan İngiliz donanmasına bağlı gemilerden atılan top atışlarında Alman gemilerinin hep 90 m kadar soluna isabet ettirilmiş gemiler vurulamamıştır. Sonradan yapılan araştırmada İngiliz gemilerinin toplarının nişan mekanizmalarının kuzey yarım kürede savaşmak üzere ayarlanmış olduklarından güney yarım kürede yapılan atışların Coriolis Kuvvetinin neden olduğu sapmanın iki katı kadar hedefin soluna yaptıklarını anlamışlardır [5].

Mermi çekirdeği yörüngesinin şekli esas olarak aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Yerçekimi etkisi
- İlk hızı (namludan çıkış hızı)
- Namlunun yatay düzlemlerle yaptığı açı
- Mermi çekirdeğinin şekli

### 2.4. İç Balistik

Kara barutunun kullanılması ile iç balistiğin tarihinin başladığı varsayılsa da ilk inceleme tarihi tam olarak net değildir. İngiltere-Fransa arasındaki savaşta kullanılmıştır. Kara barut; % 75 oranında sodyum veya potasyum nitrat oksitleyici olarak, % 15 oranında karbon (odun kömürü) temel yanıcı olarak, %10 oranında ise kükürt karışımından meydana gelmekteydi. Bourne tarafından ilk defa 1578 yılında test edilmeye başlanmıştır. Barut balistiğinin ölçülmesi ilk defa 17.yy'da İtalyan Luys ve İngiliz William Eldred ile Nathaniel Nye tarafından gerçekleştirilmiştir. Yapılan ve gerçekleştirilen bu çalışmalar farklı yükseliş açılarında atış menzilleri ortaya çıkarmıştır. Balistik sarkacı icat eden Benjamin Robins namı diğer ağzı çıkış

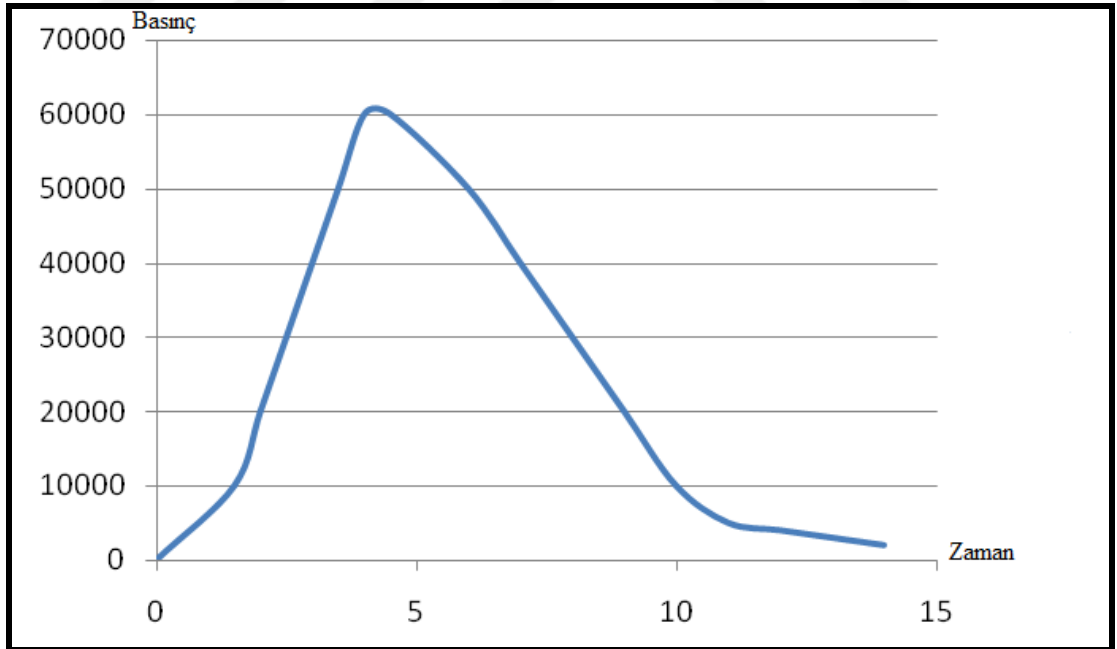


hızlarını ortaya çıkarmıştır. ‘‘Yeni Atış Tekniği Prensipleri’’ adlı kitabında iç balistiğin en temel çözülmesi gereken sorunları araştırmış ve basınç parametreleri için namlu çıkış hızlarını bulmuştur. 1792 yılında Amerikalı Count Rumfort ilk kez deneyler yaparak barut gazının basıncını ölçmeyi başarmıştır. Deney sonuçlarına göre gaz basıncı ile gaz yoğunluğu arasında bir ilişki olduğu kanısına varılmıştır. 1700’lü yılların sonundaki çalışmalarda basınç değişimi ile atış mesafesinin değişimi hesaplanmıştır. Basınç, mermi uçuş güzergahının hesaplanması sonucundan, namlu ağız çıkış hızı hesaplanarak daha önceki deneysel çalışmaların sonucuyla karşılaştırılması yapılmıştır [11].

1839’da Fransız Piobert kendi bulduğu yanma kanununu ortaya çıkarmıştır. Açıklamış olduğu bu kanun sadece kara barut için geçerli olmuş fakat iki veya daha fazla bazlı barutlar ile aynı doğrultuda olduğunu ifade etmektedir. Piobert namlu içindeki gaz hareketlerinin tam olarak olmasa da tama yakın bir çözüm sunmuştur. Aynı zamanda Lagrange Fransız devrimi süresince bu konu hakkında çalışmalar yürütmüştür. Piobert silah sistemleri üzerindeki etki tepki kuvvetleri üzerine de çalışmalarda bulunmuştur. 1857’de General Rodman tarafından barut gazı basıncını basınç masterlarını deneyerek ölçmüştür. Kama tarafına çıkan bir çentiğe bakır veya kurşun koyduktan sonra, ateşleme yapılıyor ve gaz basıncının etkisiyle ezilen bakır veya kurşunun ezilme miktarından en yüksek gaz basıncı kuvvetinin sonucuna ulaşmıştır. Bununla birlikte bu deney ile kapalı kap içindeki basınç, yoğunluk ilişkisini de ortaya koymuştur. Rodman bununla birlikte barutun verimli bir şekilde yanabilmesi için barut tanelerinin olması gereken şekilleri üzerine de çalışmalar yapmıştır. Daha doğru basınç ölçümleri yapabilmek için 1860 yılında Andrew Noble tarafından masterlar geliştirilmiştir. Noble ile Frederick Abel sabit hacimde basınç-yoğunluk ilişkisi ifade edilerek barutun yanma enerji eşitliği 1864’te Resal tarafından ortaya atılmıştır. Bu söylem iç balistiğin termodinamik modelinin temelini meydana getirmiştir. 2.Dünya savaş bitiminde karmaşık cebirsel modeller bulunmuştur. Bu bulunan modeller çok fazla sadeleştirmeye maruz kaldığı için elverişsiz kalmıştır. Günümüzde bilgisayar programlarının gelişimi silah sistemlerinin hesaplamalarını kolaylaştırmış ve yeni pencereler açmıştır [11].

Kapsül maddesinin ateşlenmesini takip eden sevk maddesinin yanarak mermi çekirdeğini harekete geçirecek enerji ve basıncı ortaya çıkarmasını, namlu içerisinde hareket eden mermi çekirdeğinin karşılaştığı sürtünme kuvvetini, silahın mekanizmasına uygulanan geri tepme basıncı ve kuvvetini, fişek yatağı ile namlu içerisinde oluşan yanma hızı ve basınç dengesini inceleyen ve ateşli silahların enerji verimliliğini arttırmaya çalışan bir bilim dalı olarak iç balistik karşımıza çıkmaktadır [7].

Ateşli silahın tetiği çekilişinden, mermi çekirdeğinin namlu ağzını terk edinceye kadar geçen sürede olan olayları, mermi kovani ve çekirdeğinin durumunu iç balistik incelemektedir. Balistiğin bu bölümü kapsül, kapsülün ateşlemesi, barutlar, yanma hızları, yivler, yivlerin sayısı ve dönüş dereceleri, fişek yatağı ve namlu boyutları, basınç ve mermi çekirdeğinin hızı ile ilgilendir. Ateşleme sırasında kovandaki sıcaklık 5200 °F (~ 2870°C) değerine kadar ulaşır ve mermi çekirdeğinin tabanına 25 ton değerine kadar (barutun özelliklerine bağlı olarak) ulaşabilen bir basınç uygulanır [5].



Şekil 2.2. Ateşleme sırasındaki basınç-zaman değişimi

Şekil 2.2’de bir ateşli silah namlusu içerisinde oluşan basıncın zamanla ilişkili olarak nasıl değiştiği gösterilmektedir. Burada basınç etkisinin namlu ağzına doğru ilerledikçe azaldığı anlaşılmaktadır.

Ateşleme sırasında fişek yatağındaki maksimum basınç 60.000 psi’dir. Bu basınç namlu ucuna kadar 5.000 psi değerine düşer. Gram başına 952 kalorilik bir enerji açığa çıkar. 7.62 mm nato tipi mermide 3 gr barut bulunur, o halde bu mermideki barutun yanması ile 2856 kalori enerji meydana gelir. Bu enerjinin %30.7’lik kısmı mermi çekirdeğinin hareketi için (hesaplanan mermi çekirdeği enerjisi 3672 J) kullanılırken geriye kalan %69.3’lük enerjinin kullanıldığı yerler şöyledir:

- % 0.2 mermi çekirdeğinin dönüşü
- % 3 namlu içindeki sürtünme
- % 3 namlu içindeki gazların hareketi
- % 0.1 geri tepme
- % 21 namlu ve kovanın ısınması
- % 42 gazların ısınması [1].

## 2.5. Ara Balistik

Mermi çekirdeğinin namlu ağzından çıkış anı ile namluyu terk etmesinden 1-2 saniye sonrasını inceleyen bilim dalıdır [7]. Ara balistik bilimi, mermi çekirdeğinin iç balistikten dış balistiğe geçiş anındaki namlu ağzı gerilmeleri, namlu ağzı türbülanslarını, namlu ağzı alevi ile patlama seslerini, şok dalgalarını ve bunların önlenme yöntemleri üzerine çalışmaktadır [10].

İç balistik ile dış balistik arasındaki mermi sapmaları ile ilgilenmekle birlikte mermi namluyu terk ettiği sırada salınım hareketi yapar böylece namlu ağzında gaz dinamiği ile etkileşime girer. Mermi de bu etkileşimden dolayı yörüngesinde bazı sapmalara uğrar [5].

## **2.6. Hedef Balistiği**

Mermi çekirdeği, şarapnel ve av tüfeği saçmalarının katı-akışkan zeminler üzerinde meydana getirdikleri tahribatlara ve deformasyonlarına etki eden faktörleri, hedef ve mermi çekirdeği açısından inceleyen bilim dalıdır [10].

## **2.7. Yara Balistiği**

Mermi çekirdeğinin, mermi çekirdeği parçalarının veya saçma tanelerinin canlı dokuları üzerinde ve bu dokuların içerisinde meydana getirdikleri; fiziksel ve biyokimyasal olayları, anatomik ve fizyopatolojik değişiklikleri hem mermi çekirdeği hem de hedef doku açısından inceleyen bilim dalıdır [7].

## **2.8. Adli Balistik**

Ateşli ve ateşsiz silahların kullanıldığı olaylarda olay yerinden elde edilen balistik analizin konusu olan bulguların bilimsel metotlar ile incelenerek; bulguların, delil kimliğine kavuşturulduğu bilim dalıdır [7].

Ateşli silahlarda kullanılan mermi çekirdekleri ve kovanların analizi sonucunda hangi silahtan atıldığı bulunarak vakaya karışmış diğer silahların birbirinden ayrımı yapılabilmektedir [10].

## 2.9. Terminal Balistik

Bilimsel olarak merminin hedef üzerindeki etkilerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesidir. Silah sistemlerinin verimliliğini ve etkinliğini arttırmak için basit bir şekilde silahın çapı büyütülebilmekteydi. Zırhların gelişmeye başlaması savaş alanlarında aktif olarak kullanılması zırh delici araçların gelişmesine olanak sağlamıştır. Metalürji alanındaki bu gelişmeler daha tok yapılı malzemelerin geliştirilmesini sağlamıştır. Balistik ölçüm aygıtlarının ölçme kapasiteleri çok yüksek basınçları ölçebilecek düzeye gelmiştir. Terminal balistiğin gelişme gösteren nedenlerinden biri de ms seviyesinde ölçüm alma yeteneklerinin kazanılmasıdır. 2.Dünya Savaşının başlamasından günümüze kadar yüksek patlayıcıların üretilmesi başarılı bir şekilde gerçekleşmiş ve vuruş kapasiteleri arttırılarak hedef üzerinde beklenen hasar meydana gelmiştir. Son yıllardaki nükleer silahların ölümcül etkilerinin araştırılmaya başlanması ile terminal balistik, bu silahları da kapsamıştır [2,3].

Mermi çekirdeğinin hedefe çarptıktan, duruncaya kadar yaptığı; delme gücü, enerjisini çarptığı cisme iletmesi gibi etkilerde bulunmaktadır [5].

Mermi çekirdekleri dokuda üç yolla hasar meydana getirirler:

- Yırtma ve ezme
- Şok dalgaları
- Geçici boşluk (temporary cavity)

Düşük hızlı mermilerin esas yaralama etkileri yırtma ve ezme yoluyla olur. Bir mermi çekirdeği su, jelatin veya dokuya çarptığında çarpma etkisi ile ortam öne doğru sıkıştırılır. Baskıya uğramış olan bu bölge öne doğru şok dalgası şeklinde hareket eder. Bunun sürati sesin sudaki hızından (800 ft/s) biraz fazladır. Yüksek hızlı mermilerde şok dalgasının hızı daha büyüktür. 15-25 milisaniye kadar kısa süren fakat 1000 psi değerine ulaşan kompleks bir basınç meydana getirir. Bir mermi çekirdeği hızla vücuda girdiğinde trajesi çevresinde geçici bir boşluk oluşturabilir. Bu boşluğun çapı mermi çekirdeğinin çapından çok daha fazla değerlere ulaşabilir.

Ancak bu çok kısa, 5-10 milisaniye kadar sürer, hızla genişleyen oyuk hızla çöker, birkaç küçük salınımdan sonra eski durumuna gelir. Geçici oyuğun şekli ve büyüklüğü mermi çekirdeği tarafından vücut içinde bırakılan enerjiye, dokunun elastiklik ve kohesifliğine bağlıdır. Yüksek hızlı yivli tüfeklerle atışlarda geçici kavite duvarları etrafına 100-200 atm basınç uygularlar ve bu basınç mermi trajesinden oldukça uzak bölgelerdeki organlarda, sinirlerde, damarlarda hasar meydana getirebilir. Mermi çekirdeğinin doğrudan temas etmediği kemiklerde kırıklar oluşabilir. Oluşan basınç değişimleri giriş ve çıkış deliklerinden içeri yabancı cisimleri, bakterileri çekebilir [5].



### 3. SİLAH TANIM VE TARİHİ

Silah Türk Dil Kurumu sözlüğünde savunmak ve atak yapmak amacıyla kullanılan araç olarak açıklanmıştır. Ateşli Silahlar ve Bıçaklar ile Diğer Aletler Hakkındaki 6136 sayılı Kanun'da ise canlıları öldürebilen, yaralayan, etkisiz bırakan, canlı organizmaları hasta eden, cansızları parçalayan ve yok eden ruhsata tabi araç ve aletlerin tümü olarak açıklanmıştır [15].

#### 3.1. Silahın Tarihsel Gelişimi

Barutun icadını yapan kişi ile ne zaman icat ettiği bilinmemekle birlikte ateşli silahların tarihi gelişimi barutun icat edilmesi ile başlamıştır. Prof.J.K.Partington yapmış olduğu çalışmalar ve araştırmalarda M.S. 1000'li yıllardan önce Çinlilerin güherçile içerikli barut kullandıklarını ortaya çıkarmıştır. 12.yy'da İspanya'da Müslüman Endülüslerin kolayca alev alan tozlarla uğraştığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sebeple, tozların Çin'e Kuzey Afrika üzerinden Müslüman tüccarlar tarafından götürüldüğü görüşü yaygın bir görüştür. 1776 yılında Doğu Hindistan'da ki bir şirket eski Sankritçe yazılarını tercüme ederek barutun Hindistan'da 500 yıldır bilindiği kanıtlanmıştır [16].

İnsanlık tarihinin en eski patlayıcısı kara baruttur. 13.yy.'dan bu yana Avrupa'da kullanılmaya başlanmıştır. Kara barutun birden fazla çeşidi geliştirilmiş ancak fazla duman ortaya çıkarması ve artık oluşturması sebebiyle zaman içinde yerini dumansız barut almıştır. Dumansız barutun temel maddesi nitroselülozdur. Patlama ve yanma sırasında meydana gelen gazın hacmi 900-1000 kat büyüyerek bir basınç oluşturur. Dumansız barut ilk önce av tüfekleri için geliştirilmiş ve bu tüfeklerde kullanımı hakkında farklı görüşler ortaya çıkmıştır. Harrison'a göre, 1864 yılında Prusya ordusunda Yüzbaşı E.Schultze tarafından başarılı bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Berg ise, ilk kullanımın Fransa'da 1884 yılında M.Vieile'ye ait olduğunu açıklamıştır [16].

1887 yılında Alfred Nobel; nitrogliserin, nitroselüloz ve kafur birleşimini meydana getirmiştir. Bu sayede “Ballistite” adı verilen dumansız barutu keşfetmiştir. Bundan sonra seri halde kısa namlulu silahlar imal edilmeye başlanmıştır. Nuna ek olarak yarı dumansız baruttan da bahsedilmiştir. Yarı dumansız barut, %85 kara barut ile %15 dumansız baruttan meydana gelmektedir [16].

1900’lü yıllar incelendiğinde, artık pek çok askeri tüfekte dumansız barutun yer aldığı ortaya çıkmıştır. O yıllarda dumansız barutun başlıca imalatı ABD’deki Nemours şirketi tarafından ortaya çıkarılmaktaydı. Barutun tarihsel olarak gelişimini ve etkisini arttırmasına benzer şekilde, ateşli silahlarda da büyük gelişmeler ortaya çıkmıştır. Silahların ateşleme sistemlerinde, namlu ve mermilerinde önemli aşamalar kayda geçmiştir. 1776 yılında ateşleme sistemi olarak ağızdan doldurulan ilkel tüfekler yerine ilk kez haznesi mermi ile doldurulan tüfekler imal edilmiştir. Bu tür silahlar 1776 yılında İngiliz ordusu tarafından Ferguson markasıyla kullanımı ortaya çıkmıştır. Makineli silahların gelişimine 2 Mart 1963 tarihli İngiliz Kraliyet Cemiyetinin arşivlerinde rastlanmıştır. Bu kayıtlara göre yarı otomatik silahların prensiplerini İngilizler keşfetmiştir. Yarı otomatik silahlarda önemli bir gelişme de 1881-1883 yılları içerisinde meydana gelmiştir. Amerikalı Hiram Maxim, tetik basılı kaldığı ve şarjörde mermi bulunduğu sürece silahın geri tepmesi ile dolumu sağlayan ve ateşe devam eden ilk makineli silahı ortaya çıkarmıştır. Bu gelişme o yıllarda savaşlarda çok büyük etkiler meydana getirmiştir [16].



**Şekil 3.1.**Otomatik tabanca çalışma prensibi[17]



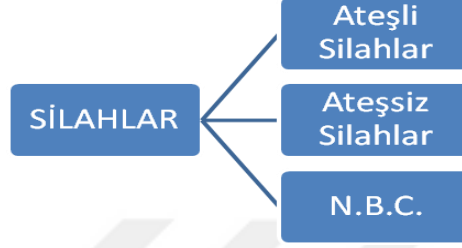
Şekil 3.1 otomatik tabanca çalışma prensibini anlatmaktadır. Otomatik tabancalar ilk kez Schanberger tarafından Avusturya’da üretilmiş olup, bu silahlarda her atış için tetiğe ayrı olarak basmak gerekmektedir. Ticari olarak ilk başarılı yarı otomatik tabanca 1892’de Amerikalı Borchard tarafından imal edilmiştir. Silahlar fonksiyonel olarak 18.yy sonlarında oldukça gelişmişti. Eski silah modellerinde namluların birleştiği kısmın her atışta 5 el ile döndürme zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Londralı Joseph Land’ın çalışmaları sonucunda bu döndürme işlemi mekanik olarak meydana gelmiştir. 1951 yılında Pepperboz tipindeki ilk Fransız revolveri olan Lefauchaux yapıldı ve sonrasında arkadan doldurulan mermiler ile birçok revolver meydana getirilmiştir. Toplu tabancalardaki(revolver) bu gelişim 1900’lü yıllarda da sürmüştür. 0.25 kalibrelik Manufrance gibi otomatik silahlar ortaya çıktı. Colt 0.45 modeli ve Luger gibi daha geliştirilmiş silahlar 1. Dünya Savaşı’ndan öne imal edilmiştir [16].

Birinci ve İkinci Dünya Savaşı dönemlerinde hafif silahlardaki gelişmeler hız alarak devam etmeyi başarmıştır. Çap, atış şekli ve menzil gibi özelliklerde Kore, Vietnam ve Arap-İsrail savaşları boyunca gelişme meydana gelmiştir. İkinci Dünya savaşından sonra susturucu(silencer) adı verilen bir parça icat edilmiştir. Susturucu sayesinde patlama sesi hafifletilmiş ancak atış mesafesi tayini daha zor bir durumda meydana gelmiştir [16].

Hızla gelişen teknolojiyle birlikte günümüzde dijital muharebe sahası ve robot teknolojisine dayalı olarak, silah sistemleri ve taktik nükleer mühimmatlar olmak üzere, kitle imha silahları önem arz etmiştir. Ancak bölgesel çatışmalar ve önemli bir tehdit olan terörizm, piyade tarafından kullanılan hafif silahların da önemini ortaya çıkarmıştır. Piyade tüfekleri, gelecekte büyük gelişme beklenen silah sistemlerinin başındadır. Başta ABD, Almanya, Fransa, İsrail, Singapur ve Rusya olmak üzere pek çok ülke tarafından bu konuda çeşitli araştırma ve çalışma vardır. Gelişen dijital teknolojilere paralel olarak gelecekte silah teknolojisinde de önemli atılımların olacağı tahmin edilmektedir [16].

### 3.2. Silahların Sınıflandırılması

Silahlar, çeşitli özelliklere göre farklı şekillerde kategorize edilebilir. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi genel olarak silahları; ateşli, ateşsiz ve N.B.C. (nükleer, biyolojik, kimyasal) silahlar olarak kategorize edebiliriz [15].

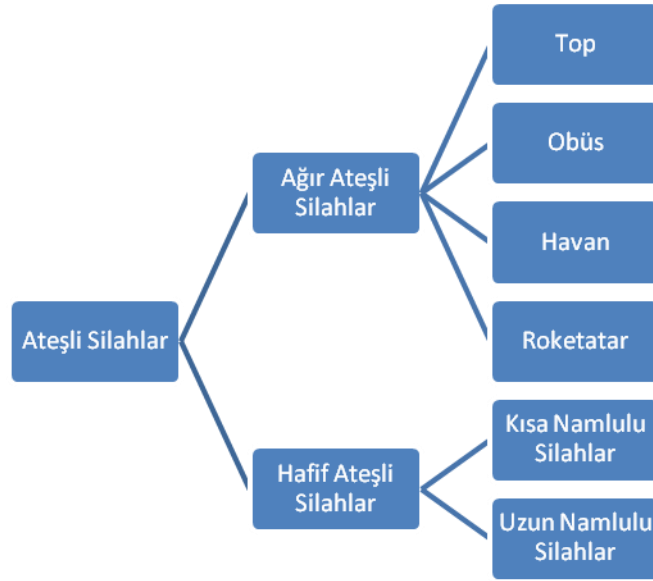


Şekil 3.2. Silahların sınıflandırılması

#### 3.2.1. Ateşli Silahlar

6136 sayılı Ateşli Silahlar ve Bıçaklar ile Diğer Aletler Hakkındaki Kanun’da ateşli silah; “mermi çekirdeği veya saçma diye tabir edilen özel şekil ve nitelikteki maddeleri, barut gazı veya bu neviden patlayıcı ve itici güç ile uzak mesafelere kadar atabilen silahlar” şeklinde ifade edilmiştir [15].

Ateşli silahlar; Şekil 3.3’de görüldüğü gibi, ağır ateşli silahlar ve hafif ateşli silahlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Hafif ateşli silahlar genellikle adli vakalarda karşımıza çıkar, kısa namlulu ve uzun namlulu olmak üzere ikiye ayrılırken, uzun namlulu ateşli silahlar ise harp silahları ve av silahları olmak üzere iki grupta kategorize edilir. Ordu bünyesinde kullanılan silahlar ise ağır ateşli silahlar olarak bilinirler [15].



Şekil 3.3. Ateşli silahların sınıflandırılması

### 3.2.1.1. Ağır Ateşli Silahlar

Namlu çapı 60 kalibreden (0.6 inç veya 15 mm) büyük olan, mürettebat tarafından kullanılan büyük ve modern savaş silahları olarak adlandırılırlar. Ağır ateşli silahlar top, obüs ve havan olarak kategorize edilirler [18].



Şekil 3.4. Elektromanyetik top [19]

Şekil 3.4'te elektromanyetik bir top bulunmaktadır. Toplar, uzun namlulu ve uzun menzilli, mermi yolu daha yatay ağır ateşli silahlardır.



Şekil 3.5. Yavuz obüs sistemi [20]

Şekil 3.5'te Yavuz obüs sistemi bulunmaktadır. Ağır ateşli silahlar olarak bilinen obüslerin namlusu ve menzili daha kısadır, mermi yolu yumuşak bir yay çizerek hareket etmektedir.

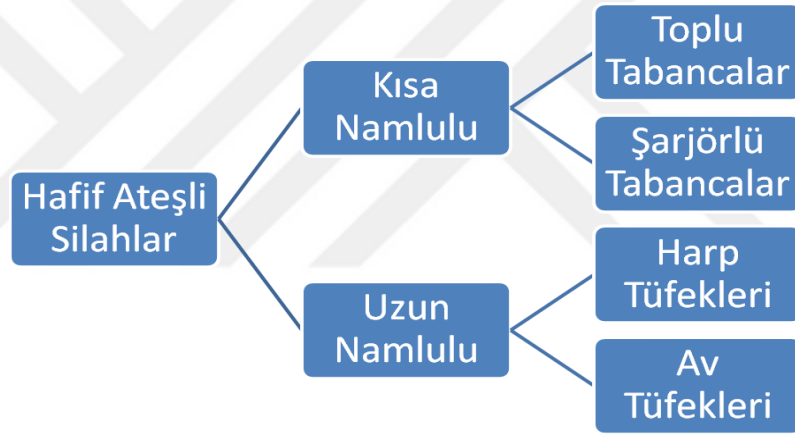


Şekil 3.6. Havan topu ve T-122 Roketatar [21,22]

Şekil 3.6’da ise havan topu ve roketatar bulunmaktadır. Ağır ateşli silahlar olarak bilinen havan ise çok kısa namlulu ve kısa menzillidir, yüksek bir açıyla ateşlendiği için mermi yolu firkete biçiminde olmaktadır. Hem top hem de obüs özelliği taşıyan ara tipler de mevcuttur. Bunlar ise obüs-top olarak isimlendirilir [18].

### 3.2.1.2. Hafif Ateşli Silahlar

Hafif ateşli silahlar; isabet oranı yüksek, bir kişi tarafından kullanılabilen, menzili ve tahrip gücü düşük silahlar olarak tanımlama yapılabilir. Örnek olarak; tabanca, tüfek ve makineliler verilebilir. Şekil 3.7’de görüldüğü gibi uzun namlulu ve kısa namlulu ateşli silahlar olarak kategorize etmek mümkündür [23].



Şekil 3.7. Hafif ateşli silahların sınıflandırılması

#### 3.2.1.2.1. Kısa Namlulu Ateşli Silahlar (tabancalar)

Kısa namlulu ateşli silahlara tabanca denir. Kullanılan mermilerin çaplarına, çalışma prensiplerine ve mermi muhafaza bölümlerinin şekline göre tabancalar; şarjörlü(pistol) veya toplu (revolver) olarak kategorize etmek mümkündür [24].

➤ **Toplu (revolver) tabancalar**



**Şekil 3.8.** Kısa namlulu toplu tabanca [25]

Şekil 3.8’de kısa namlulu toplu tabanca bulunmaktadır. Bu tabancalarda fişeklerin dizildiği silindirik tambur şeklindeki yapı olarak adlandırılır. Toplu üzerinde, toplu merkezine göre eşit açı ile delinerek oluşturulmuş ve fişeklerin dizildiği fişek yatakları mevcuttur. Genel olarak toplular altı adet fişek aldığı için halk arasında altıpatlar ismiyle tanınmaktadır. Fakat toplusu 5-8 arasında değişen fişek kapasitesi olan silahlar da mevcuttur. Küçük çaplı fişekler için (22 kalibre) toplu kapasitesi 12 fişeğe kadar doldurulabilmektedir. Genellikle silahın toplusu, bir mandal kullanılarak yana devrilmek suretiyle açılmaktadır. Bazı eski model silahlarda (Smith Wesson Model 3 Schofield gibi) silah kırılmak suretiyle toplu bir şekilde açılarak topluya fişek yükleme ve boş fişek kovanlarını boşaltma işlemi meydana getirilir. Son adımda ise toplu kapatılarak silah kullanımına hazırlanır. Toplu tabancayı doldurmak zaman açısından dezavantajlıdır. Zamandan tasarruf için fişekler tabla adı verilen metal klipse dizilebilir ve böylece dizili fişekler tek seferde silaha doldurulabilir. Fakat tabla kullanılsa dahi toplu bir tabancayı doldurmak şarjörlü bir tabancaya göre daha fazla zaman almasına sebep olur. Bu da şarjörlü tabancaları avantajlı bir duruma sokar [9]. Genel olarak toplu tabancaların emniyet kilidi yoktur ve tetik çekildiği anda ateşleme sistemi devreye girer. Acil olarak silah çekip ateş etmek gerektiğinde toplu tabancalar, şarjörlü tabancalara göre daha avantaj sahibidir. Fakat silahı kullanan kişinin kendi emniyeti açısından dikkatli olması şarttır. Toplu

tabancaların yeni modellerinde bazı üretici firmalar emniyet mandalı koymaya başlamıştır [24].

➤ **Şarjörlü tabancalar**



**Şekil 3.9.** Canik TP9-SFX reddot şarjörlü tabanca [26]

Silahın içi mermiyle doldurulan kısmına şarjör denilmektedir. Bu kısma mermiler üst üste sırayla dizilir ve şarjör tabancanın kabza denilen, elle tutulan kısmının içindeki yuvaya yerleştirme işlemi uygulanır. Silahın ateşlenmesiyle barut genişler, mermi çekirdeği kovandan ayrılarak namludan çıkar, kovan tepkimeyle silahın sürgüsünü geri iter, sürgü geri geldiğinde boş kovan dışarı atılır ve yeni gelecek mermiye izin verir. İrca yayı ileri itme hareketi yapar ve şarjörün yay ile beslediği yeni ateşe hazır bir fişek namlu yatağına oturmuş olur. Şekil 3.9’da bulunan şarjörlü tabancalarda sürgü her atışta geri gelir ve ileri gitmeye devam eder. Bu hareket boş kovanın dışarı atılmasını, ateşe hazır fişegin yatağına yerleşmesini, silahın ateşleme iğnesi ve horozunun yeniden kurulmasını sağlamaktadır. Yapısı gereği şarjörlü tabancalar kolay doldurulabilir, hızlı ve etkin atış olanağı sağlar ayrıca fişek kapasitesi maksimum seviyededir. 6+1’den başlayarak 16+1’e kadar değişen fişek kapasiteleri mevcuttur. Şarjörlü tabancalarda fişek adedinin yanına yazılan (+1) ifadesi ile, namlu yatağında atışa hazır bekleyen fişek gösterilir. Bu nedenle şarjörlü bir tabancanın şarjörü çıkarılırsa tabancanın içerisinde mermi kalır. Namlu yatağındaki fişegin

sürgü çekilerek dışarı atılması gerekir. Fakat boş silah doldurulurken, sadece şarjörün içindeki fişek kadar silahın içine yerleştirilebilir [24].

### 3.2.1.2.2. Uzun Namlulu Ateşli Silahlar

Namlu uzunluğu fişek yatağı dahil 33 cm' den fazla olan silahlar, uzun namlulu silah olarak isimlendirilir. Piyade tüfeği, sualtı tüfeği, av tüfeği gibi kullanım yerlerine göre çeşitleri bulunmaktadır. Uzun namlulu ateşli silahlarda atış omuza dayandırılarak meydana gelmektedir. Dört ana parçadan oluşan bir yapı bulunmaktadır. Bunlar; mekanizma, dipçik, kundak ve namludur. Uzun namlulu ateşli silahlar, harp tüfekleri ve av tüfekleri olarak kategorize edilmektedirler [23].

#### ➤ Harp tüfekleri



**Şekil 3.10.** JG T3-K3 G3 harp tüfeği [27]

Şekil 3.10'da bir harp tüfeği bulunmaktadır. Harp tüfekleri; etki alanı yüksek, uzun namlulu, uzun menzilli, yivli ve delici güce sahip silahlar olarak ifade edilirler. Otomatik ve makineli olarak tercih edilirler. G3, Kalasnikov(Keleş/AK 47), HK 23, M16 en çok kullanılan modelleri olarak kategorize edilirler [23].



### ➤ Av tüfekleri



**Şekil 3.11.** Fortune bullpup Şarjörlü av tüfeği [28]

Şekil 3.11’de Şarjörlü bir av tüfeği bulunmaktadır. Av tüfekleri, kullanımı yaygın silahlar olarak bilinirler. Yiv-setli ve kanal namlulu (yiv-set olmayan) modelleri mevcuttur. Önceleri çift veya tek namlulu olarak kullanılmıŐ, daha sonra pompalı ve yarı otomatik modellerle dış  vre ve fişek kapasitesi yükseltilmiŐtir. Üretilen ilk modeli ağızdan doldurmalı olarak imal edilmiştir. Günümüzde kuyruktan dolmalı modelleri de bulunmaktadır. Namlu  zellikleri bakımından; tek namlu, yan yana iki namlu ( ifte), üst üste iki namlu (süperpoze) modelleri olmakla birlikte fişek kapasitesi 7 ve 8’e çıkabilen pompalı, yarı otomatik modelleri de mevcuttur. 6136 sayılı yasaya göre yivli av tüfeklerinin ruhsatı olmak zorundadır. Yivsiz av tüfekleri ise yasa kapsamında değildir [23].

## **3.3. Ateşli Silahlarda Bazı  nemli Kavramlar**

### **3.3.1. Fişek**

Canlı veya cansızlar üzerinde tahribat yapan, ateşli silahlarda kullanılan yapıya fişek denir. Barut,  ekirdek, kovan ve kapsülden meydana gelir. Fişekler; uygun bir ateşli silahla ateŐlendiđinde belirlenen mesafede, seçilmiŐ avı öldürmek veya yaralamak amacıyla, merminin hedefi vurabilmesi için imal edilmiŐlerdir. Silahın türüne ve çapına uygun olarak çeşitli çap, tip ve modellerde fişekler imal edilmektedir. Tüfek

ve tabancalarda kullanılan fişeklere hafif silah fişekleri olarak adlandırılmaktadırlar. Fişekler ayrıca kapsülün bulunduğu bölgeye göre merkez veya kenar vuruşlu olarak üretilmektedirler [15].

### **3.3.2. Kovan**

Silahın ateşlenmesiyle mekanizma tarafından dışarıya atılan bölüme kovan denir. Kovan; kapsül, barut ve mermi çekirdeğini üzerinde bulundurmaktadır. Bakır-çinko alaşımı olan pirinç, çelik veya alüminyum gibi metaller kullanılarak imal edilirler [15].

### **3.3.3. Kapsül**

Tetik çekildiğinde silahın ateşleme iğnesinin ilk çarptığı nokta kapsülün olduğu yerdir. İçerisinde kimyasal karışımlar bulunur ve bu karışımlar başlatıcılar olarak isimlendirilirler. Kapsülde patlamaya hassas maddelerin yanı sıra; oksitleştirici ve yanıcı maddeler de bulunmaktadır [15].

### **3.3.4. Barut**

Yanarak mermi çekirdeğinin namlu içerisinde itilmesini sağlayan, kovan içerisine yerleştirilmiş patlayıcı maddelere barut denir. Bu özelliğe ek olarak otomatik silahlarda, silahların çalışmasını sağlayan basıncı meydana getirir. Kısa zamanda yanar ve büyük basınçlı bir gaza dönüşmüş olur. Kara barut ve dumansız barut olarak iki farklı çeşidi mevcuttur. Günümüzde kara barut pek tercih sebebi olmamaktadır. Genellikle avcılıkta ve elle doldurulan fişeklerde tercih edilir. Barutun karışımında; %70-80 oranında potasyum nitrat, %12-20 oranında odun kömürü, %3-14 oranında da kükürt mevcuttur. Karışımındaki potasyum nitrat, kömür ve kükürtün yanması için gerekli olan oksijeni açığa çıkarır. Kükürt ise barutun kolayca tutuşmasını sağlar ve yıkılınca çok miktarda gaz açığa çıkar. Barutun bileşenlerinden olan kömürün

yanmasıyla karbon dioksit(CO<sub>2</sub>), kükürtün yanmasıyla da, kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) gazları oluşur. Geriye potasyum sülfat, potasyum karbonat ve potasyum sülfür geride kalır ve bunlar da yüksek bir basınç oluşmaktadır. Bu basınçla ateşli silahlarda mermi ileriye atılır. Günümüzde dumansız sevk maddeleri, ana oksitlendirici olarak nitroselüloz bulunmaktadır. Sadece nitroselüloz içeren tek bazlı sevk maddeleri olduğu gibi, bu karışıma nitrogliserin eklenerek iki bazlı, nitroguanidin eklenerek de üç bazlı sevk maddeleri meydana getirilebilir. Meydana gelen işlemi kolaylaştırmak, kimyasal kararlılığı arttırmak ve namlu çıkışı alevini azaltmak için kararlılık sağlayıcılar, plastikleştiriciler, kaplayıcılar, yanma düzenleyiciler ve yükseltgeyiciler gibi çeşitli katkı maddeleri bulundurulabilir [15].

### **3.3.5. Mermi Çekirdeği**

Hedef üzerinde tahribat yapan, silahın ateşlenmesiyle namludan geçip hedefe giden bölümüdür. Çok çeşitli maddelerden imal edilmektedirler. En çok imal edilen mermi türü metal olandır ve teknolojik gelişmelerle birlikte plastikten de mermi imal edilmiştir [15].

### **3.3.6. Ateşli Silahlarda Çap**

Ateşli silahlarda silah çapına kalibre (cal) olarak adlandırılır. Kalibre üç sistemle açıklanmaktadır. Bunlar; metrik, Anglo-Amerikan ve NATO kalibrasyon sistemleridir ve metrik kalibrasyon sisteminde silahın ateşlediği mermi çapı ve kovan boyu milimetre cinsinden adlandırılmaktadır. Hepsi milimetre cinsinden olmak üzere önce mermi çekirdeğinin çapı sonra da kovan boyu yazılarak fişek ifadesi gerçekleştirilmiştir. Örneğin: 9x19 fişeginin açılımı şu anlama gelmektedir. Mermi çapı 9 mm, kovan boyu 19 mm. Bazı fişekler standart fişeklerden farklılıkları vardır. Bu durumda söz konusu farklılığı ifade etmek için kalibrasyon sonuna bazı harfler eklenir. Örneğin, 7x57R fişegini ifade edelim. Bu fişek standart 7x57 fişeginden bazı farklılıklar mevcuttur. Sonundaki 'R' harfi fişegin tabanında bulunan tırnak yuvasının içe doğru çevresel kanal şeklinde değil, dışa doğru çevresel tırnak şeklinde

olduğu belirtilmiştir. şarj6rl6 tabancalar genellikle mm cinsinden ifade edilirken, toplu (revolver) tabancalar kalibre cinsinden belirtilmişlerdir. Kalibre cinsinden ifade edilenler silahlarda ap .22 Cal, .45 Cal, .338 Cal şeklinde ifade edilir. Kalibre olarak yazılan çapın milimetre eşdeğereini hesaplamak için kalibre 0.254 ile çarpılarak bulunur [24].

### 3.4.Ateşsiz Silahlar

Ateşsiz silahlar; hançer, kama, saldırma, şişli baston, kılıç, pala, sustalı akı, kasatura, s6ng6, topuz, topuzlu kamçı, sivri uçlu ve oluklu bıçaklar, boğma teli ya da zinciri, muşta ve benzeri sadece saldırı ve savunma amacıyla kullanılan aletlerin genel ismidir. 6136 sayılı kanunla birlikte t6m bu ateşsiz silahların kullanılmasına yasak gelmiştir [29].

#### 3.4.1. Bazı Ateşsiz Silahlar ve 6zellikleri [29]:

**Hançer:** ift ağızlı, eğri ve sivri uçlu, kavisli yapılı bir namlusu olan bıçak çeşididir.

**Kama:** ift ağızlı, sivri uçlu, d6z ya da enli namlusu bulunan, oluklu veya oluksuz bıçak t6rleridir.

**Pala:** Tek ağızlı ve enli bir ağız yapısına sahip, sivri uçlu bir kılıç t6r6d6r. Ortaya doğru genişleyen ve uç kısma doğru daralan, ağır, hafif kıvrık, kalın ve kısa bir namlusu mevcuttur.

**Kılıç:** B6y6k boy bıçak çeşididir. Namlusu sivri uçlu olmakla birlikte tek-çift ağızlı, eğri-d6z, ince-kalın gibi farklı şekilleri mevcuttur.

**Saldırma:** 50-100 cm 6l6lerindedir. Her iki ağzı da keskin olabilen uzun bir bıçak çeşididir. İ b6key ağzı daha keskin 6zellikleri mevcuttur. Oluklu veya oluksuz, sivri uçlu, ucu biraz eğrice olmakla beraber namlusu hafif kavis şeklinindedir.

**Topuz:** Malzemesi demir, bakır ve ağaçtan oluşan bir tür araçtır. Yuvarlak ya da parçalı (dilimli) bir baş kısmı vardır. İçi dolu ya da boş halde bulunabilir. Eğer baş kısmı yuvarlak ise, dış yüzeyi düz veya sivri-çıkıntılı şeklindedir. Parçalı baş kısmına sahip ise, her parçanın üzeri küt ya da sivri uçlu şeklindedir.

**Topuzlu Kamçı (Zincirli Topuz):** Zincir, sap ve yuvarlak yapıda bir topuz kısımlarından meydana gelmektedir. Sap kısmı ve topuz; demir, bakır ya da ağaçtan meydana gelmiştir. Topuzun içi dolu veya boş olabilir, dış yüzeyi ise düz olabileceği gibi çok sayıda sivriltilmiş yapıda meydana gelmiştir.

**Muşta:** Ele geçirilerek kullanılan bir araçtır. Üzerinde baş parmak dışında diğer dört parmağın her birinin geçeceği delikler mevcuttur. Dış yüzeyi ya da çıkıntılı yapıda bulunmaktadır.

**Sustalı Çakı:** Namlu ve sap kısımlarından oluşan bir çakı türüdür. Namlusu sap kısmının olduğu yerdedir. Sapın üzerinde bulunan mandal yardımıyla namlu açılabilir ve tekrar yerine koyulabilir.

**Kasatura:** Kısa ve düz bir kılıç türüdür. Tüfek namlusunun uç kısmına monte edilir. Bel kayışına asılı olarak bir yerden bir yere götürülebilmektedir.

**Süngü:** Küçük kılıç biçiminde, delici silah şeklindedir. Tüfek namlusunun ucuna yerleştirilebilir.

### 3.5. Nükleer Silahlar

Enerjisini atomun çekirdeğindeki fisyon ve füzyon olarak bilinen nükleer reaksiyonlardan alan, patlama özelliğine sahip, az bir zamanda büyük bir yeryüzü parçasını etkileyebilen;ısı, radyasyon, basınç gibi ölümcül etkileri olan ve etkileri onlarca yıl süre gelen çok güçlü silahlar olarak bilinirler [30].

Üretimi gerçekleştirildikten sonra nükleer silahlar çok farklı biçimlerde kullanılmıştır. Kullanımı şekillerine örnek verilmek gerekirse; uçaktan atılan veya füze ile sevk edilen bir bomba, otobüsle fırlatılan bir mermi, denizaltı veya su üstü gemilerine karşı kullanımda olan torpido, su bombası veya deniz mayını örnek verilebilir. Teknolojik gelişmeler nükleer silahları; belirli askeri hareketler için tasarlanmış değişik nükleer silah türlerini kapsayan çok karmaşık silah sistemlerinden, büyük kentlerdeki nüfusu öldürmek için tasarımı yapılmış, daha az verimli olmasına karşın ölümcül olan nükleer patlayıcılara kadar değişen çok geniş çeşitlilikleri bulunmaktadır. Nükleer silahlar, diğer silahlar ile karşı karşıya getirildiğinde çok büyük yıkıcı sebepler mevcuttur. Sebeplerin nedeni şöyle açıklanabilir: Nükleer reaksiyonlar; bir kimyasal reaksiyona veya yanma olayına oranla çok daha büyük bir hızla meydana gelmekte ve reaksiyon sonucu büyük miktardaki enerji kısa bir süre içerisinde meydana gelir [30].

#### 4. İÇ BALİSTİK

Geleneksel silahların iç balistiği, kimyasal enerjinin katı iticilerden bir merminin kinetik enerjisine dönüştürülmesine ilişkin çalışmadır. Kapalı silindir hacminde barutun yanmasıyla oluşan kuvvetle pistonun dışarı atıldığı bir piston-silindir problemi olarak tanımlanabilir. İç balistiğin ilgi alanı, itici yakıtın ateşlenmesi ile merminin namlu borusundan çıkışı arasındaki süre boyunca meydana gelen olaylardır. Namlu içi balistiğin amacı, ateşleme sırasında her zaman namlu ve merminin tabanındaki gazların sıcaklık, basınç, hız ve yoğunluk geçmişi tahmin etmektir.

Robins'in 1740 yılında hızı ölçmek için balistik sarkaçla yaptığı ilk çalışmasına kadar basınç ve hızı ölçmenin bir yolu olmadığından iç balistik dış balistikten farklı değildi [31]. Sonra 1793'te Lagrange, merminin arkasındaki gazın tekdüze olan yoğunluğuna (yani,  $x$ 'ten bağımsızdır) dayanan fikirle iç balistik modellemeyi ilk deneyen oldu. herhangi bir zamanda gazın hızı, delik boyunca olan mesafe ile doğrusal olarak artar. Bu fikir, hızla bir gaza dönüşen ve daha az enerji içeriğine sahip olan zamanın itici gazı (yani kara barut) için doğrudur [32]. Başlangıçta basınçlı olan ve namlu borusu boyunca sürtünmesi olmayan varsayımsal bir tabancadan mermi fırlatma problemi, iç balistik literatüründe "Lagrange balistik sorunu" olarak bilinir. Buna ek olarak deneysel verilere hiperbolik bir eğri yerleştiren ve balistik tablolar oluşturan Vallier Heydenreich ve Leduc'un katkıları vardır. O zamanlar pratik yaklaşım problemi deneysel olarak çözmekti. Deneysel yöntemlerden gözlemlenen hızlar ve tepe basınçları düşünülerek yapılan balistik parametreler basınç boşluğu geçmişi tahmin etmek için kullanılırdı. 1860'da Resal, enerji dönüşümünün temelini oluşturan denklemi başarıyla ifade etti. 1908'de Charbonnier'e kadar namlu problemini çözecek güvenilir bir teorik model yoktur. 1935'te piezoelektrik göstergelerin olmaması nedeniyle namludaki basınç hakkında bilgi bulunmadığından, analitik modeli kurmak için birçok basitleştirme yapılmıştır [31].

Love ve Pidduck (1922) tarafından büyük katkılar yapılmış ve genellikle "Lagrange Balistik Sorunu" olarak adlandırılan silah sorunu analitik olarak çözülmüştür [33]. Bu çalışma daha sonra 1936'da Kent ve 1949'da Vinti ve Krawitz tarafından geliştirildi. Silah sorununu çözmek için çeşitli basitleştirmeler yapıldı. İlk olarak namlu, aynı çapa sahip hacimsel olarak eşdeğer silindirik bir tüp ile değiştirilir. İkinci olarak, yükün gaz halinde olduğu kabul edilir (yani, katı itici gazın tamamı yanma odasında anında yanar). Üçüncü olarak ısı kaybı, sürtünme kaybı, gaz kaçağı vb. birincil enerji kayıpları yoktur. Pidduck-Kent modeli, yüksek bir yük-mermi kütle oranı için önemli olan gaz homojenliğini ele alır. Bu çalışmalarda akış, gaz yakma ürünlerinin daha önce belirtilen varsayımlarla genişlemesi olarak incelenmesine rağmen, analitik bir çözüme ulaşmak için merminin hareketi ile üretilen nadir yüzey dalgalarının izlenmesinde hala karmaşık problemler vardır.

İç balistik çalışmaların ilk zamanlarında, balistik problem, deneysel verilere eğriler uydurularak veya analitik çözümlerden elde edilen kapalı form çözümler kullanılarak ve kapalı form çözümlerinden elde edilen veriler tablo haline getirilerek simüle ediliyordu. Rooble, Bennet, Hirschfelder tane boyutu, yük kütlesi vb. temelinde performans tahminleri sağlayan faydalı tablolar geliştirdiler [34]. Bu tablolar günümüzde hala balistikçiler tarafından kullanılmaktadır. Dijital bilgisayarların icadıyla büyük bir gelişme meydana gelmiştir. Balistikçiler, dijital bir bilgisayarların yardımıyla basitleştirmeleri bir ölçüde ortadan kaldırarak teorik çözümler düşünmeye başladılar. Büyük çapta matematiksel karmaşıklığa sahip olan bu yaklaşımlar, sayısal bir program oluşturmak için elde edilebilir en iyi değerlerin yerine konmasını gerektirir. Baer ve Frankle, problemi modellemek için 1960'larda iç balistikteki diferansiyel denklemlere ilk sayısal çözümünü çeşitli varsayımlarla sundular [35].

İtici gazın yanmasını anlık olarak simüle eden ve hareketli merminin arkasındaki akışı gazlı ürünlerin genişlemesi olarak modelleyen Lagrange yaklaşımından farklı olarak, Baer ve Frankle tarafından yapılan kod, itici tanelerin hacmini hesaba katmaktadır. İtcinin katı ve sonlu hızda yanması, yük ve düz parametreler yaklaşımına dayanmaktadır. NOVA olarak adlandırılan en çok dikkat çeken bir başka çalışma Stiefel tarafından yapılmıştır [36]. Bu kodlar, basınç alanının yapısını



ve merminin hareketi ve namlu duvarlarına yansımalarıyla oluşturulan uzunlamasına seyrelme dalgalarını analiz etmeyi mümkün kılmadı.

Bu yüzden, bu sorunların etkisi, düzeltme faktörleri eklenerek koda dahil edilir. IBHVG2 (Yüksek hızlı silahların dahili balistikleri sürüm 2) kodu Baer-Frankle çalışmalarına dayanan en yaygın kullanılan iç balistik modellerinden biridir [37]. Gruplanmış bir parametre modelidir. Mermi Tasarım ve Simülasyon Programı (PRODAS), iç ve dış balistiği simüle eden ticari bir programdır. PRODAS, tabancanın dahili balistiğini modellemek için IBHVG2 kodunu kullanır [38]. Bu model, çeşitli düzeltme faktörleri kullanmasına rağmen, model sonuçları deneysel verilerle karşılaştırıldığında yüksek derecede güvenilirliğe sahiptir.

İtici yanma ve mermi hareketinin namlu çıkış koşullarını bulmak için sabit basınç altında gerçekleştiğini varsayan iç balistik sabit basınç kodu (CONPRESS) de gruplanmış bir parametre kodudur. Genellikle itici performansını hesaplamak için kullanılır [39]. Gough, dahili balistik problemi, yoğunlaştırılmış itici gaz ve yanma gazından oluşan iki boyutlu iki fazlı bir akış olarak modelleyen XNOVAKTC kodunu geliştirdi [40]. İtici gaz yükünün primer ve itici arayüzünün önemli olduğu mühimmat tasarlanırken iki fazlı akış önemli hale gelir. İki aşamalı akış, günümüze gelişerek ulaşan bir konu olmuştur. 2005 yılında tek boyutlu, iki faz akışlı ve konservatif olmayan bir model olarak iç balistik probleminin çözülmesine dayanan bir çalışmadır [41]. Mermilerin iç balistik performansını incelemek için granüler veya tübüler tipte katı iticiler kullanılarak asimetrik bir model yapılır [42]. Katı yakıtların tutuşması ve alev yayılım olayı 1996'da Lowe tarafından çalışılmıştır [43].

Havan sistemlerinin iç balistiğinin üç boyutlu, iki fazlı dijital simülasyonu da gerçekleştirilebilir [44]. Bu son çalışmaların temel amacı, modüler olan ve geleneksel katı pervane tasarımlarını, rejeneratif sıvı itici tasarımını ve çeşitli elektrotermal ve kimyasal tasarımları idare edebilen bir top tahrik programı oluşturmak olmalıdır. (NGEN) Paul Gough tarafından geliştirilmiş ve Nusca ve Horst tarafından iyileştirilmiştir [34]. NGEN, alev yayılma yönetimi gerektiren teleskopik mühimmat konfigürasyonlarını idare edebilen veya bir havan topu gibi farklı mermi konfigürasyonlarına sahip silahları idare edebilen Eulerian-Lagrangian

yaklaşımını kullanan üç boyutlu, çok fazlı bir koddur. Bu kod, rejeneratif sıvı yakıtları ve çeşitli elektrotermal ve kimyasal silahları idare edebilir. Ayrıca farklı silah-mermi konfigürasyonlarının iç balistik özelliklerini çözebilen benzersiz bir modüler program oluşturmak için 1990'lardan beri çalışılmaktadır. Bu kod aynı zamanda ateşli silahların iç balistik sorunlarını çözmek için modüler bir program olarak kullanılmaktadır [45].

#### **4.1. İç Balistik Kapsam**

İç balistik hesaplamaları yapmak ve karmaşık döngüleri içine alan bir program oluşturmak birçok açıdan önemlidir. Basitleştirici çalışmalar yapılarak tasarımı yapılan hesaplama programları sayesinde karmaşık iç balistik hesaplamalar kolaylaştırılmış olacaktır.

İç balistik parametrelerinin bulunması namlunun ve namlunun modellenmesi için bazı çalışmaların yapılmasını önemli hale getirmiştir. Bu çalışmalar namlu boyu içerisindeki gaz basıncını ve mermi hızının bulunup modellenmesi ile ilgili çalışmalar olarak literatürlerde yerini almıştır [46].

#### **4.2. Silah Tasarımında Arka Plan**

Bu bölümde, iç balistik kavramların daha iyi anlaşılması için temel silah terminolojisi ve silah tasarımındaki önemli parametreler verilmiştir. Ayrıca “balistik döngü” olarak da adlandırılan mühimmatın ateşlenmesi sırasında meydana gelen olaylar anlatılmaktadır. Bu zaman çerçevesinde ateşlenme aşamasına geçen barut namlu içerisinde aşırı sıcaklık değerlerine varmakta ve namlunun çok ısınmasına sebebiyet vermektedir. Bu yüzden silah tasarımı esnasında aşırı ısınma namlu için önemli bir sorun olmaktadır. Namlu içindeki aşırı sıcaklıklar aşınma oluşturmakta ve fişegin sürülmesi ile aşırı ısınmış namlu iç yüzeyinden kovana, kovandan da baruta ısı transferinin olmasıyla barutun içten içe yanması olarak adlandırılan cookoff meydana gelmektedir [47]. Burada çevre ısıyla istenmeyen ateşlenme tabirini de

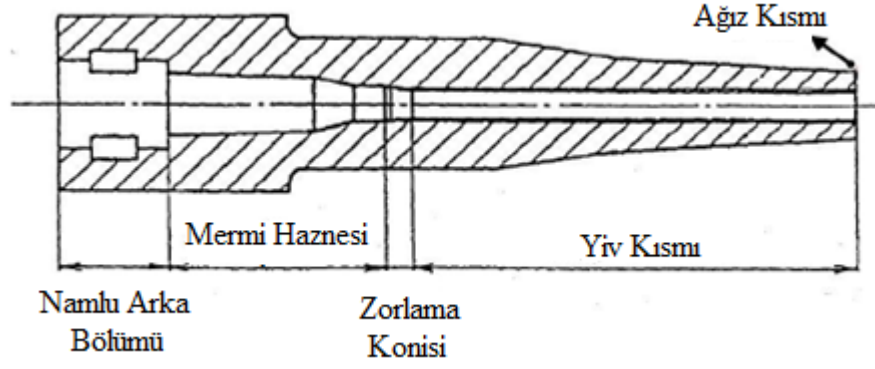
kullanmak mümkündür [48]. İki atış arasındaki sürenin yaklaşık 0.1 saniye sürdüğü düşünülürse bu kadar kısa bir zaman içinde ısı transferi hesabının yapılması ve yanan gazlarla beraber namludaki sıcaklık dağılımının hesaplanması oldukça zor ve karmaşıktır [49].

### **4.3. Silahların İsimlendirilmesi ve Tasarımı**

Namlu deliği, mermiyi yerleştirmek için konik bir açıklığa sahip namlunun iç kısmıdır. Tipik namlu deliği dört parçadan oluşur: namlu arka bölümü, mermi haznesi, zorlama konisi ve yivli namlu borusu [50]. Namlu içerisinde de deneysel ve teorik olarak çift fazlı akış incelenerek bazı modellemeler yapılmıştır [51]. Analitik ve numerik yöntemleri kullanarak mermi arkasındaki basınç profilleri tespit edilmiştir [52].

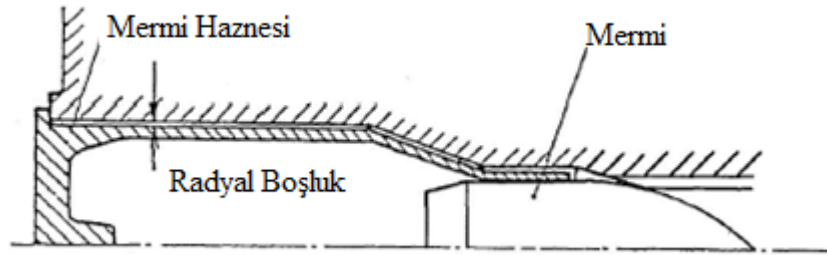
Kankane and Ranade namlunun geri kısmında kamaya etki eden basıncı kullanarak namlu içi hız-zaman aynı zamanda da yol-zaman profillerini çıkarmışlar ve sonuçları deneysel verilerle değerlendirmişlerdir [53].

Mishra vd. belirli barut parametreleri için namluya olan ısı transferini bulmak için iç balistik yazılımı geliştirme çalışmaları yapmışlardır [54]. Brode ve Enstrom iç balistik hesaplamalarına yönelik sayısal bir yöntem bulmuşlardır [55]. Yu ve Zhang namlu ağzındaki akış için numerik olarak simülasyon ve analiz çalışması yapmışlardır [56]. Conroy bir boyutlu çift fazlı namlu ısınmasını modelleyen bir balistik yazılımı geliştirmişlerdir [57]. Gerber ve Bundy çoklu atımlarda zamana bağlı bir boyutlu ısı iletimi için numerik yazılım geliştirmişlerdir. Namlu tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli husus ısınmadır [58]. Şentürk vd. namlu içerisinde termo-mekanik yöntemle hem termal hem de mukavemet analizini birlikte bulmuşlardır [59]. Akçay ve Yükselen otomatik silahlarda bir boyutlu zamana bağlı ısı transferini deneysel ve sayısal olarak çözüm yolu bulmuşlardır [60]. Nelson ve Ward namluya olan zamana bağlı ısı transferini geliştirmişlerdir [61]. Hill ve Conner namluda oluşan sıcaklık dağılımını zamana bağlı olarak geliştirmişlerdir [62].



**Şekil 4.1.** Namlu deliğinin ana parçaları [50]

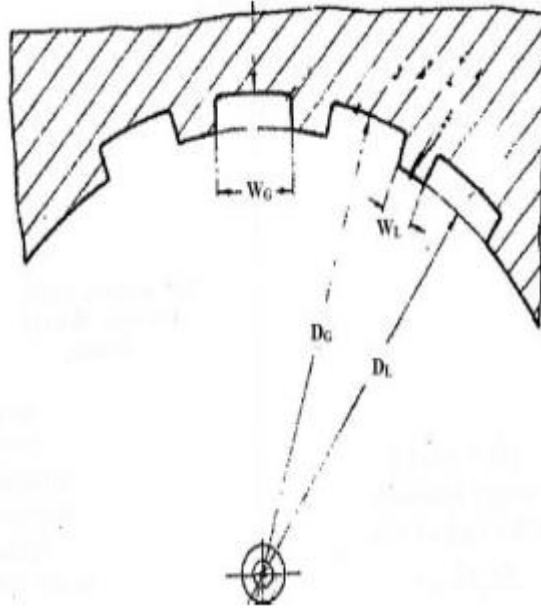
Şekil 4.1'de namlu deliğinin ana parçaları gösterilmektedir. Kuyruk, namlunun arka kısmıdır ve merminin silaha gönderen mekanizmadır. Kuyruk bloğu, atıcıyı korumak için yanma gazlarının itici gazdan kaçmasını önlediği için strese ve yüksek sıcaklıklara dayanacak şekilde tasarlanmıştır. Mermi haznesi, mühimmatı namluya yerleştirmek için kullanılır. Burası itici gazın yanmasının meydana geldiği yerdir.



**Şekil 4.2.** Yanma odasında mermi haznesinin şematik görünümü [50]

Mermi haznesi, gaz sızıntısını önlemek için namlunun arka ucunu kapatır. Boşluklu konik bir şekle sahiptir. Ateşleme sonrası kasanın kolay yüklenmesi ve çıkarılması için tasarlanmıştır. Şekil 4.2'de, yanma odasındaki mermi haznesinin yakından görünüşü bulunmaktadır. Bununla birlikte, mermi haznesinin şekli literatürde tek tür değildir.

Kuvvet konisi, ateşlemenin başlangıcında mermiyi desteklemek ve ayrıca sızdırmazlığı sağlamak için kullanılır. Namlu deliğinin yivli kısmı, merminin ivmesinin meydana geldiği yerdir. Kıvrılma, deliğin içi boyunca kesilmiş ve aralarında boşluk bırakan bir dizi bükülmüş yivdir. Çoğunlukla mermi olarak isimlendirilen kurşun, tabanının yakınında dönen bir yumuşak metal şeride sahip mermi haznesinin içine monte edilir. Sevk çemberi tasarlamının temel amacı, mermi deliğinin uzunlamasına eksenini boyunca hareket etmesine yardımcı olmak ve namlu ağzından çıkarken merminin aerodinamik stabilitesini artırmaktır. Bu, mermiye deliğin yiviyle uygulandığında mermiye dönüş verilerek elde edilir. Ek olarak, sevk çemberi, merminin önündeki gaz sızıntıları için bir emniyet kemeri görevi görür. Ayrıca, itici gazın yanmasının düzenliliği için önemli olan harekete bir başlangıç direnci getirerek ilk basınç artışını sağlar.

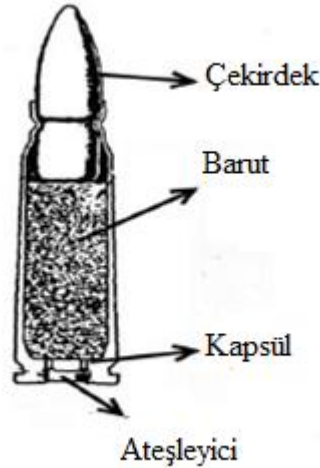


**Şekil 4.3.** Namlu borusunun kesit görünümü [63]

Şekil 4.3'te yivli namlu deliğinin bir kesit görünümü görülmektedir. Şekil 4.3'te DG, olukların çapı, DL alanların çapı, WG, olukların genişliğidir ve WL, alanların genişliğidir. Yiv, namlu deliğine dikdörtgen bir şekil yerine yamuk veya dairesel şekil olarak uygulanabilir. Ek olarak, namlunun yivli profilinin şekli, sarmal, kübik

veya parabolik şekillerde olabilir. Helisel sabit açılı yiv profili, çoğu silahta yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğerleri, basınç eğrisini yivle [63] değiştirmenin gerekli olduğu özel durumlar için kullanılır. Yivin yüksekliği, merminin tam dönüşü için gereken mesafedir. Yiv, bükülme açısı ve yiv eğimi de namlu çıkış hızını etkileyen bir tasarım kriteridir. Mermi çıkış hızı, merminin namludan çıktığı andaki hızdır. Bu, bir merminin dış balistiğini analiz ederken kullanılacağından, iç balistik için istenen bir çıkış parametresidir [64].

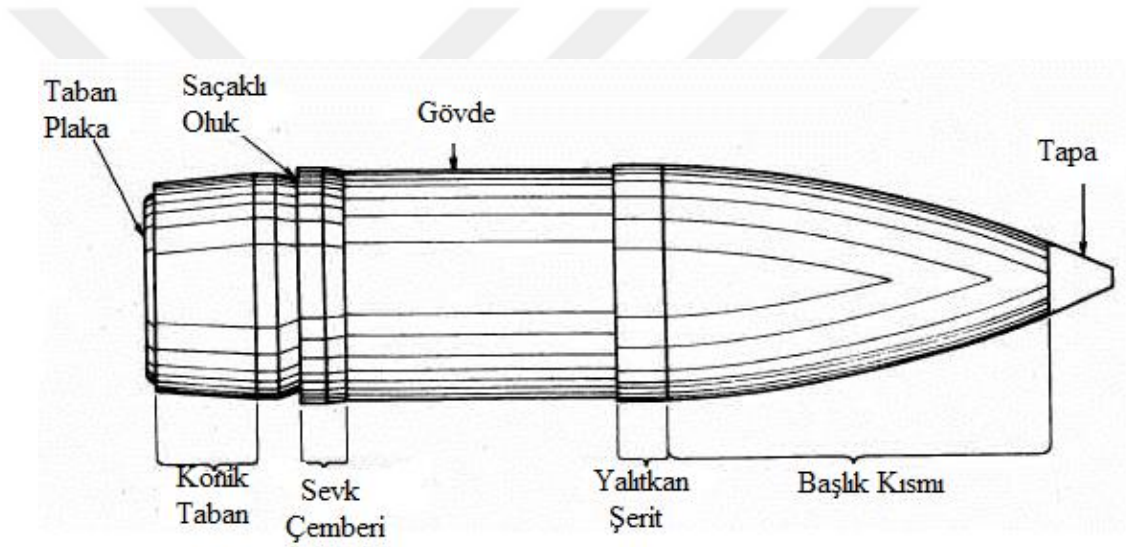
Mermi ve kovanlar, delik çapı cinsinden ifade edilir. Kalibre, yivli olukların derinliği hariç deliğin çapıdır. Askeri alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, 7.62 x 51 mm'lik bir mermi, mermi çapının 7.62 mm ve mermi haznesinin uzunluğunun 51 mm olduğu anlamına gelir. Bununla birlikte, günlük kullanımda mermiden bahsederken genellikle 7.62 kalibre olarak adlandırılır. Ek olarak, İngiliz birim sistemlerinde, kalibre inç cinsinden ifade edilir ve küçük silahlar için ondalık nokta hariç tutulur. Örneğin, 0.30 inç'e eşit olan 7.62 mm'lik bir kalibre, İngiltere kaynaklarında otuz kalibre olarak anılır. Bunun yanı sıra, 7.62x20 mm kalibreli bir namlu tüpü, namlu borusunun çapının 7.62 mm olduğunu ve namlu borusunun uzunluğunun namlu deliğinin çapının yirmi katı olduğunu gösterir.



**Şekil 4.4.** Merminin ana parçaları [50]

Ana itici yakıt(barut) yükünü etkili bir şekilde yakmak ve merminin sıcaklığını artırmak için darbeye duyarlı kimyasal bir malzemeden yapılmış az miktarda primer yakıt kullanılır. Aynı zamanda ateşleyici itici olarak da adlandırılır. Kuyruktan dolmalı silah mekanizması mermi tabanına çarpar ve silah anında patlar. Kapsül sayesinde, ısı ana iticiye geçer [50]. Şekil 4.4'te bir mermi parçalarının şematik bir görünümü görülebilir.

Cronemberger vd. 7.62 mm çapındaki namlu için iç balistik analiz çalışmalarını teorik ve deneysel olarak karşılaştırmışlardır. Deneysel çalışmaların yanında namlu içinde oluşan olayların ve akışın modellenmesine yönelik nümerik çözümleme ve simülasyona yönelik çalışmalar da artarak hız kazanmaktadır [65].



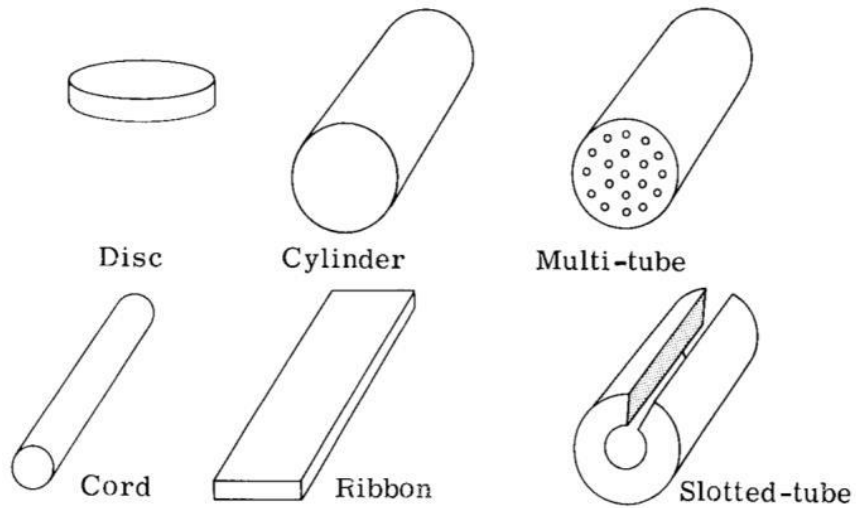
Şekil 4.5. Tipik mermi terminolojisi [67]

Mermiler, hedef üzerinde minimum sürtünme, maksimum etki ve havadaki stabilizasyon için tasarlanmıştır. Süpersonik hızlarda sürtünme kuvvetini azaltmak için merminin ucu keskin bir şekilde inceltilir. Ayrıca ses altı akışlar ve sürtünmeyi azaltmak için arka uca daha az bir dereceye kadar inceltilir. Sevk çemberi, daha önce belirtildiği gibi hava stabilizasyonu için yapılmıştır. Bununla birlikte, sevk çemberi olmayan ve namlu deliğinin çapından biraz daha büyük bir çapa sahip mermiler vardır. Bu mermiler küçük silahlarda yaygın kullanılır ve gövdeye entegre edilmiş mermiler olarak adlandırılırlar. İstenirse mermiye ok ve kanatçıklar takılarak

mermiye hava stabilizasyonu verilebilir. Mermi, yüksek mukavemetli bir malzeme verilerek hedef üzerindeki yıkıcı etkiyi artırmak için tasarlanabilir. Merminin diğer parçalarının malzemesi de merminin kütlesi ve merminin arkasındaki basınçta rolü olan sürtünme kuvveti dikkate alındığında önemlidir [68]. Şekil 4.5'te mermi ile ilgili terminolojiler görülebilir.

#### 4.4. İtici Tane Tasarımı

Silahın iç balistiğinde itici yakıtın kimyasal enerjisi merminin kinetik enerjisine dönüştürülür. Bu nedenle, mermiyi hareket ettirmek için itici kuvvet üreten taneciklerin seçimi son derece önemli bir konudur. İtici yakıtlar kimyasal olarak yanmak için gereken oksijeni içerir. Bu nedenle, sistemlerin yanma odasına oksijen vermesine gerek yoktur. Bununla birlikte, içgüdüsel olarak yanmayı önlemek için itici yakıtta daha az oksijen vardır. Bu yüzden namluda yanmamış gazlar oluşur ve atmosferle karşılaştıklarında yanmaya devam ederek namlu ağzındaki alev olayını oluştururlar [66].

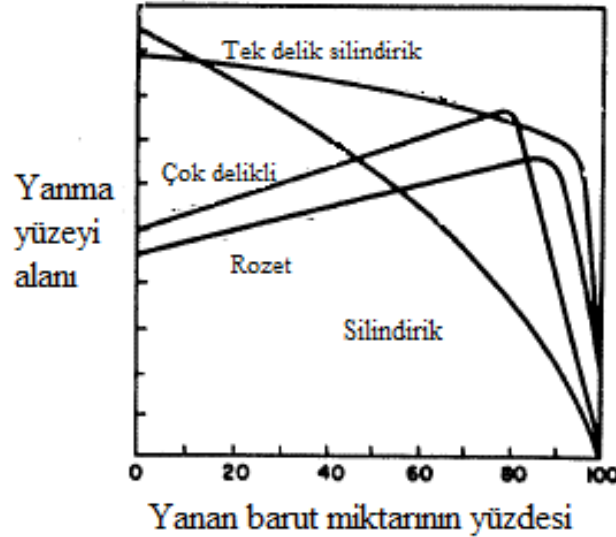


Şekil 4.6. Barut tipleri [69]



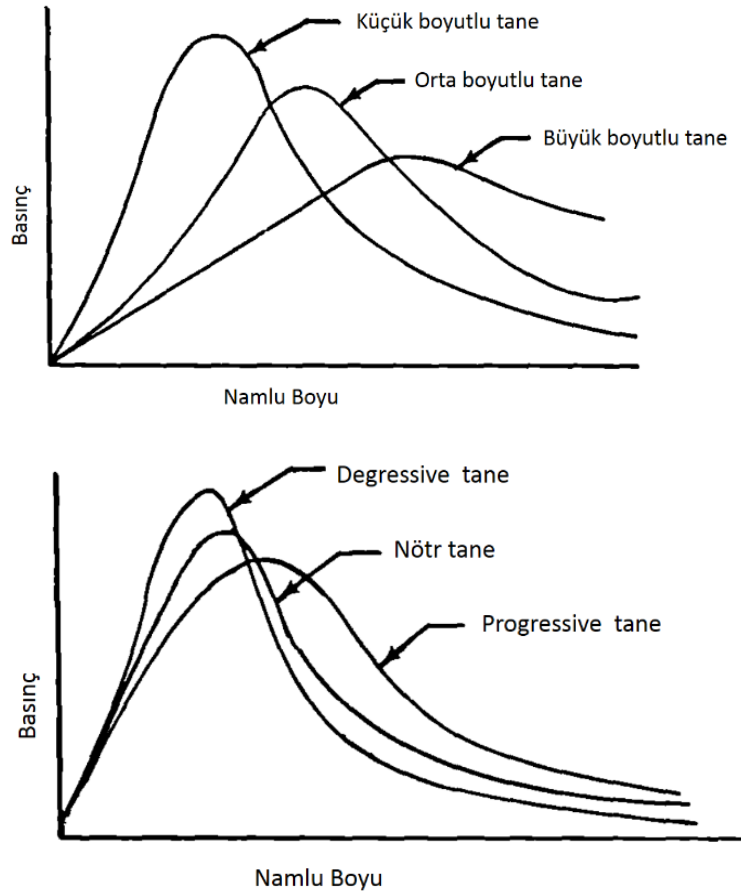
Günümüz itici yakıtların çoğu dumansızdır ve eski kara barutla karşılaştırıldığında son derece güçlüdür. Farklı bir kimyasal bileşime sahip tekli, çiftli veya üçlü itici yakıtlara dayanabilirler. Tek tabanlı itici yakıtların hassasiyeti daha düşüktür ve itici yakıtın yanması katkı maddeleri ile kolayca kontrol edilebilir. Çift tabanlı iticiler, tek tabanlı iticilerden daha yüksek bir hassasiyete ve yanma oranına sahiptir ancak yine de kontrol edilebilirler. Ancak itici yakıtların üretimi nitrogliserin nedeniyle güvenli değildir ve daha yüksek sıcaklıklar nedeniyle deliği aşındırırlar. Üç tabanlı iticiler düşük sıcaklıklarda yanabilir, düşük aşınma potansiyeline ve yüksek itme gücüne sahiptirler.

Kimyasal bileşimin yanı sıra, itici yakıtın yanma hızı da kesinlikle yanma gazlarının ortaya çıktığı tane yüzeyine etki eden basınca bağlıdır. Baca gazının kütle oluşumu, itici yakıtın yanma hızına bağlıdır. Gerileme hızına ek olarak, baca gazının kütle oluşumu, yanmaya maruz kalan itici yakıtın alanıyla da ilgilidir. Bu nedenle, uygun tane konfigürasyonlarının seçimi, iç balistikte de önemlidir. İtici yakıtlı(barutlu) silahların top, şerit, tek delik, çok delikli, rozet gibi barut tipleri vardır. Şekil 4.6'da barut türleri görülebilir. İtici tanenin delinmesi, yüzey alanını artırarak gaz oluşumunu artırmanın bir yolu olarak kullanılır [66].



Şekil 4.7. Farklı zerrecikler için birim ağırlık başına yüzey alanındaki değişim [69]

Yanma sırasında itici yakıtların yüzey alanındaki değişimi bütün tanecik türleri için aynı değildir. Ayrıca yakıtlar, yanma hareketlerine göre nötr, gerileyen veya ilerleyen olarak sınıflandırılır. Şekil 4.7'de, tanecik şeklinin alan üzerindeki etkisi itici yakıtın yanmış kütlelerinin yüzdesine göre görülebilir. Şerit ve bant şekilleri, gerileyen tip itici yakıtlardır. Çünkü itici yakıt taneciklerinin toplam yüzey alanının birim ağırlığı yanma sırasında azalır. Tek delikli taneler nötr tiptedir çünkü yanma sırasında toplam alan değişmez. İç tane alanındaki artış, büyük bir uzunluk/kalınlık oranı seçilirse dış tane alanındaki azalmaya eşittir. Çok delikli tip ve rozet tipi tanecikler, yanma sırasında toplam yüzey alanı arttığı için progressive tip itici tanelerdir. Bununla birlikte, çok delikli taneler, yanmamış tanelerden dolayı düzensiz şerit oluşumu olduğu için tam olarak tüketilmez. Bu nedenle düzensiz başlangıç hızları elde edilebilir [66]. Tane boyutunu değiştirerek, itici tanelerin ilerleyen veya gerileyen karakteri aynı tip tanecik için değiştirilebilir. Örneğin, uzunluk/kalınlık oranını düşürerek, nötr tipte taneler elde edilebilir [67].



Şekil 4.8. Basınç konfigürasyonuna ve hareket eğrisine karşı basınç hassasiyeti [69]

Tane konfigürasyonunun karakteri, hareket eğrisinin basınç hassasiyetini değiştirerek silahın performansında önemli bir role sahiptir. Şekil 4.8'de bu özellikler gösterilmektedir. Eğer ağırlık sabit tutulur ve tane boyutu daha düşük basınçlarla arttırılırsa, daha yüksek ağız basınçları elde edilebilir. Çevre ile basınç farkına bağlı olarak silah ağzında patlama meydana gelme olasılığı daha yüksektir. Ayrıca silahın iticiliği daha yüksek olacaktır. Yük konfigürasyonu, başlangıç alanı ve taneciğin ağırlığı aynı tutulurken kademeli bir konfigürasyonla değiştirilirse, daha düşük tepe basınçları elde edilebilir. Ek olarak, tane boyutu ve konfigürasyonu aynı kalırsa, daha düşük yük ağırlığı için daha düşük basınç tepe noktaları olacaktır [67].

#### **4.5. İç Balistik Döngüsü**

Silahın her ateşlenmesinde itici yakıtın ateşlenmesi ile merminin çıkışı arasında meydana gelen tüm olayların iç balistik döngü denir. İç balistik döngü aşağıdaki gibi özetlenebilir [50]:

- a) Ateşleme iğnesi mermi haznesinin kapağına çarpar.
- b) Ateşleme dizisinin başlamasından önce bir gecikme vardır. Primer itici, iticinin dış yüzeyini ateşleyen bir alev oluşturmak için patlar.
- c) Mermiyi haznenin ağzından dışarı itmeye yetene kadar mermi yuvasının içinde basınç artar. Mermi yivin içine kazındığında önemli bir dirençle karşılaşılır.
- d) İtici, merminin arkasındaki hacim artışından daha hızlı yanma gazları üretir; bu nedenle basınç hızla yükselir.
- e) Bu noktada en yüksek basınç elde edilir.
- f) Merminin hızı artık o kadar fazladır ki, merminin arkasındaki hacimdeki artış, iticinin doldurabileceğinden daha hızlı artar ve böylece basınç düşmeye başlar.

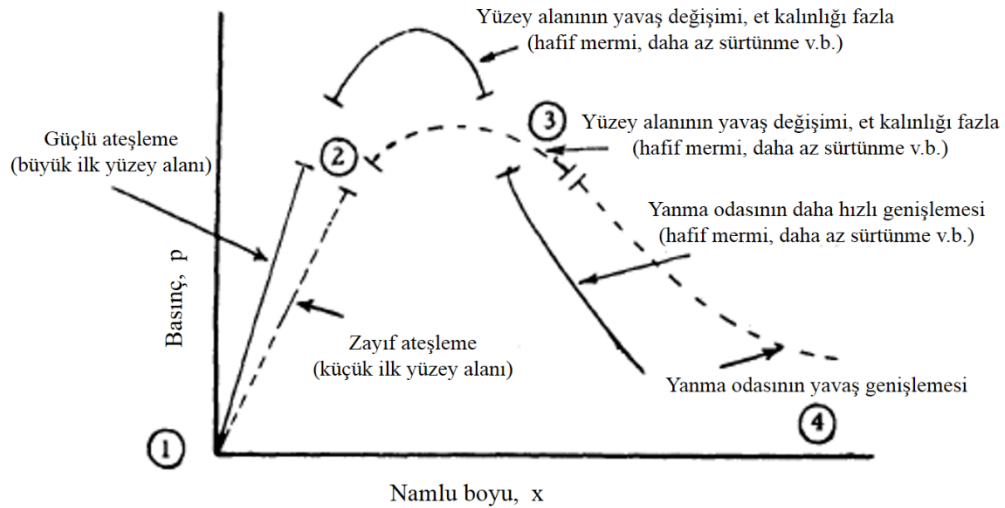
g) İtici yakıt tamamen yanar.

h) Merminin arkasındaki delik ısı alışverişi olmadan genişleyen sıcak gazla dolu kalır.

i) Silahın namlusundaki basınç nispeten yüksek kalır. Mermi namlu deliğinden birkaç milisaniye boyunca hareket etmesine rağmen, namlu ağzında 1000 m/s hıza ulaşabilir ve maksimum hızlanma  $1.5 \times 10^6 \text{ m/s}^2$  civarındadır.

j) 2 veya 3 ms daha, delikteki basınç düşmeye devam eder. Bu aşamada, artık gaz basıncından yararlanmak için besleme mekanizmasının kilidini açmak güvenlidir.

k) Delikteki basınç, ortam basıncına iner.



**Şekil 4.9.** Balistik döngü için basınç - zaman eğrisi [69]

Şekil 4.9'da barutun iç balistik prosesine etkisini basınç-namlu boyu grafiğinde şematik gösterimini içermektedir. Burada iki farklı basınç-namlu boyu eğrisi yer almaktadır. Birincisi kesikli çizgilerle ifade edilen eğri, diğeri ise düz çizgi ile ifade edilen eğridir.

## 5. MATERYAL VE YÖNTEM

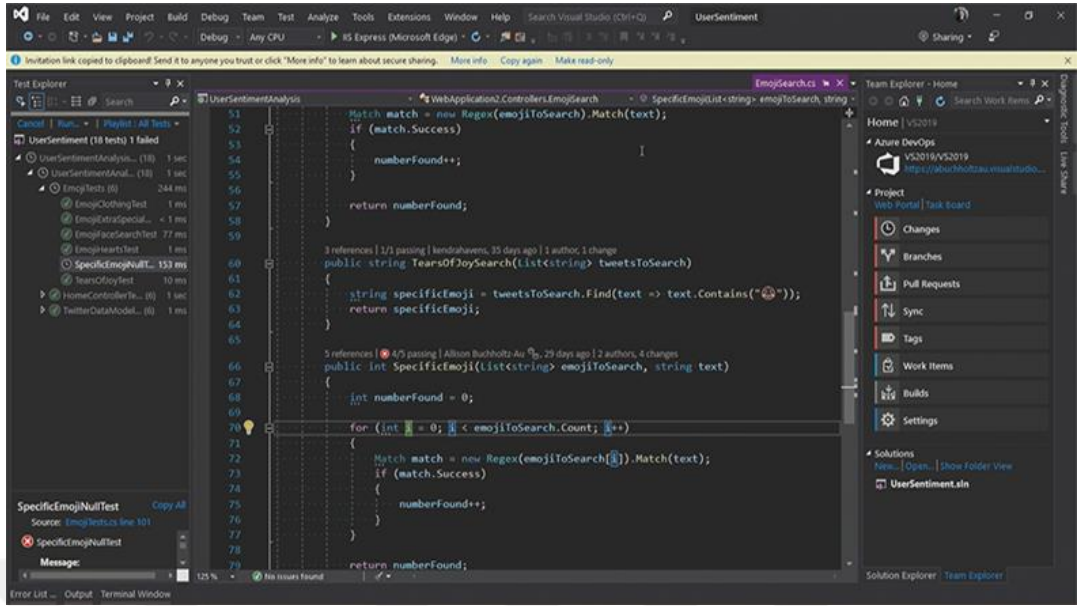
Günümüzde savunma teknolojileri ele alındığında birçok formül ve bu formüller ile elde edilmiş sonuçlar mevcuttur. Günümüz teknolojileri düşünüldüğünde bu formüllerin elle veya dijital ortamlarda çabucak hesaplanması mümkün değildir. Ancak bu tarz formüllerin bulunduğu bir sistem veya bir programlama dili ile program oluşturulduğunda daha az zaman harcayarak daha net ve nesnel sonuçlara ulaşmak çok daha kolay olacaktır. Geçmişte tasarlanmış ve uygulamaya geçilmiş sistemlerin bir programa aktarılması, tasarım için gerekli formüllerin kullanıldığı bu yöntem ile daha kolay ve ulaşılabilir sonuçlarla savunma teknolojileri alanında ilerlemek ve günümüzde olması gereken hızda yapılmış bir tasarımla gelecekte ve günümüzde kullanıma hazır bir sistem geliştirmemiz gerekmektedir.

Savunma teknolojileri alanı düşünüldüğünde bu alanda yapılmış veya yapılacak olan gelişmelere ulaşmanın zor olması veya kullanılan programların maddi açıdan pahalı olması gibi nedenlerden belli başlı bilgilere ulaşmak zorlaşmaktadır. Bu yüzden bir program yazarak piyasada aynı işlevi görebilecek sistem geliştirmek mümkün olmaktadır. Böylece daha pahalı ve ulaşılması güç bir bilgiye veya programlara ulaşmak zorunda kalmadan namlu tasarımında kullanılması gereken formüllere ulaşarak bunları bir programlama dili yardımıyla hesaplamak gayet mümkün olmaktadır.

Bu programlama dili için C++ tercih edilmiştir. Bu programlama dilinde yapmak istenilen ve ulaşılması güç bilgileri belli başlı formüller yardımıyla görsel programa dönüştürmek mümkündür.

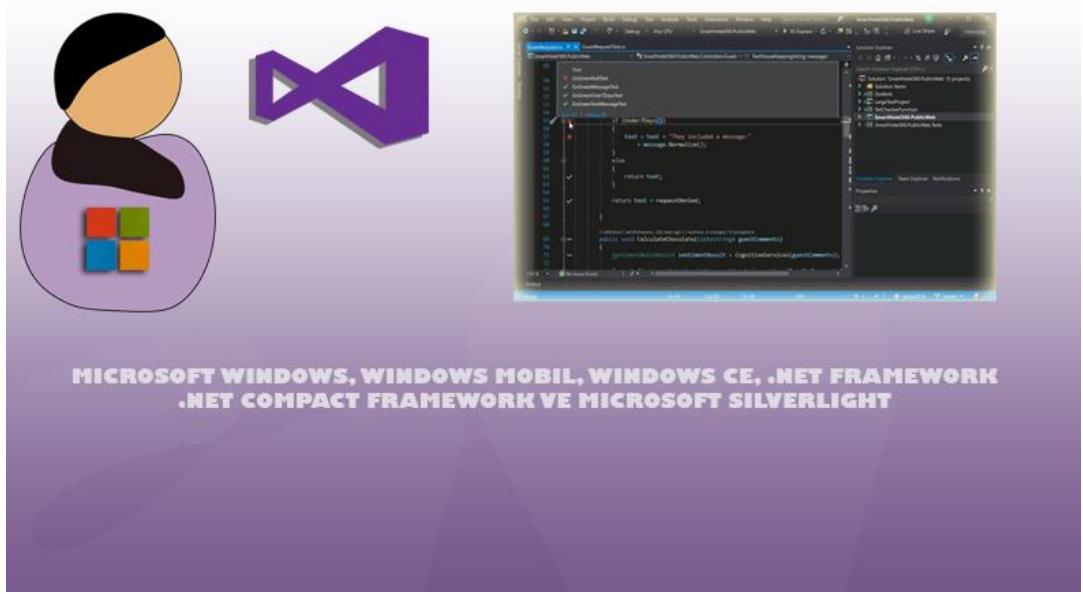
### 5.1. Microsoft Visual Studio

Windows'un geliştirdiği ve sektörde yeri sağlam olan bu program, yıllardır kullanıcılarına farklı versiyonlarda hizmet vermektedir. Programı yıllardır sektörde bu kadar kullanışlı hale getiren özellikleri ana hatlarıyla birlikte ele alınmaktadır.



Şekil 5.1. Microsoft Visual Studio program ara yüzü [70]

Microsoft Visual Studio, Windows için IDE yani entegre bir geliştirme ortamı sunmaktadır. Visual Studio, Microsoft Windows, Windows Mobil, Windows CE, .NET Framework, .NET Compact Framework ve Microsoft Silverlight tarafından desteklenen tüm platformlar için yönetilen kod ile birlikte yerel kod ve web siteleri, web uygulamaları ve web hizmetleriyle ilgili kodlar yazmak için kullanışlı bir program türüdür. Bu programı bu kadar özel kılan ve kullanıcılar için tercih sebebi olma nedeniyse kullanıcılarına kod düzenleyici, hata ayıklayıcı ve veritabanı şeması tasarımı seçeneği, revizyon kontrol sistemi gibi çeşitli özellikler sunmasından kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda Microsoft Visual Studio'nun hem ücretsiz bir "topluluk" hem de ücretli bir "ticari" sürümü mevcuttur. Ücretsiz olması da kullanıcıların bu ortama kolay ulaşabilmesi adına önemli bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Yazılım işlerinin mutfağında olanların hayatının bir kısmında ya da tamamında yer edinmiş bu programın geçmişi 1995 yılına dayanmakla birlikte güncel sürümü 2019 yılında yapımcısı Windows tarafından kullanıcılara sunulacak çok tercih edilen bir programa dönüşmüştür [70].



**Şekil 5.2.** Microsoft Visual Studio entegre ortamları [70]

Microsoft Visual Studio, yerleşik herhangi bir kaynak denetimi desteği içermez ancak IDE (Entegre Geliştirme Ortamı) ile entegre etmek için kaynak denetim sistemlerine iki opsiyonlu bir yol sunar.



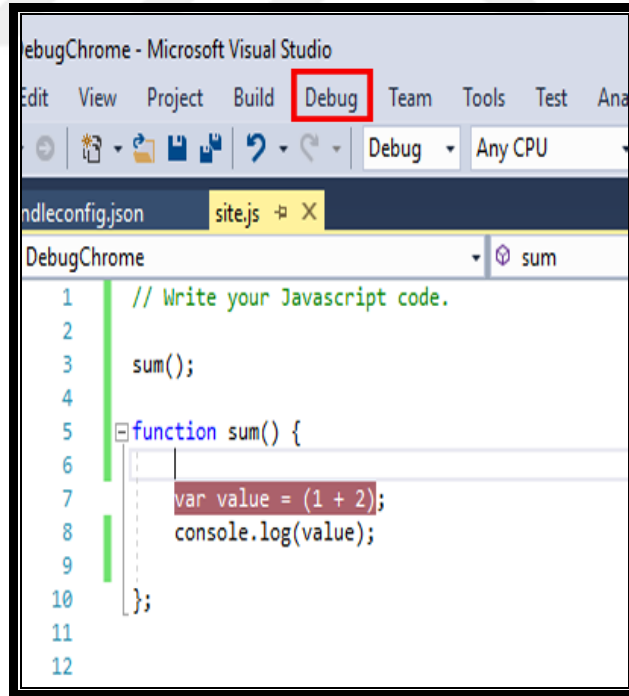
**Şekil 5.3.** Microsoft Visual Studio entegre seçim ekranı [70]

Buna karşılık, standart bir Visual Studio kullanıcı arayüzü ile MSSCCI (Microsoft Source Code Control Interface) kullanarak bir kaynak denetimi eklentisi, çeşitli kaynak denetimi işlevselliğini uygulamak için kullanılan fonksiyon kümesi sağlar. Bu opsiyon da biz kullanıcılar açısından Microsoft'un hanesine yazılacak bir artı puan demek olabilir [70].

## 5.2. Microsoft Visual Studio'nun Temel Özellikleri

### ➤ Etkili Düzenleme ve Hata Ayıklama (Debugger)

Çeşitli türlere, işlev tanımlarına dayalı bir akıllı kod tamamlamaları olan IntelliSense ile üretkenliği arttırabilme yapabilmekte ve etkileşimli bir konsol kullandığı için düzenleyiciden kod üzerinde hata ayıklamak son derece basit halde gerçekleşmektedir [70].



Şekil 5.4. Etkili düzenleme ekranı [70]

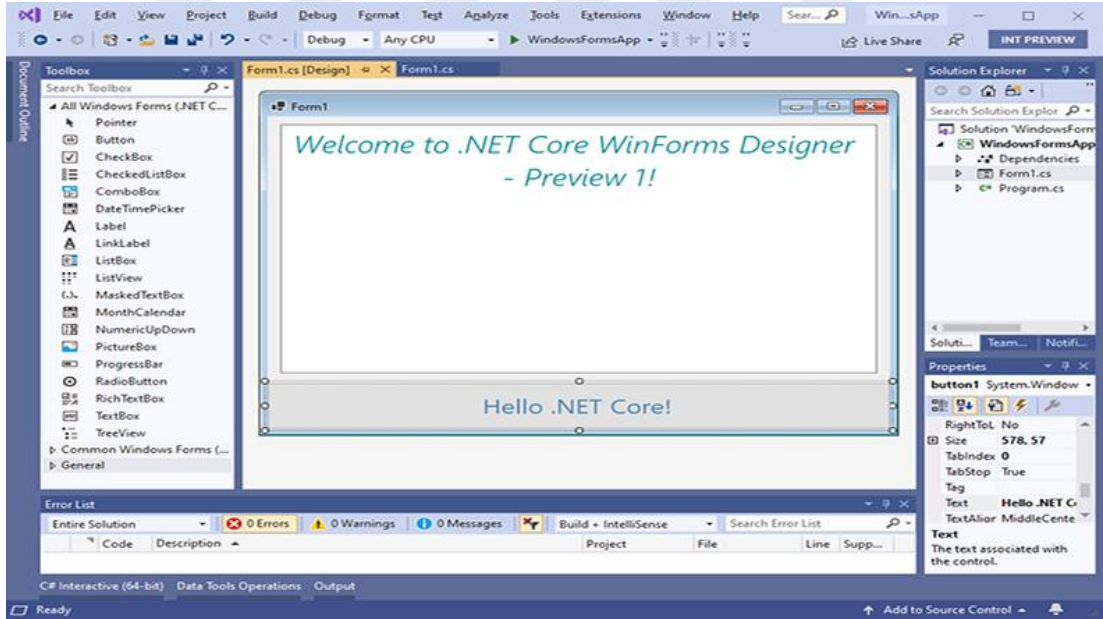


## ➤ Yüzlerce Programlama İçin Destek

Visual Studio Code, başlıca programlama dillerinin tümünü destekler. JavaScript, TypeScript, CSS ve HTML gibi sık kullanılan web tabanlı diller ve Visual Studio marketinden elde edilen zengin uzantılar diğer yüzlerce programlama dili için tamamlanma, lint uygulama, hata ayıklama ve yeniden düzenleme desteği sunar [70].

## ➤ Tasarımcı (Designer)

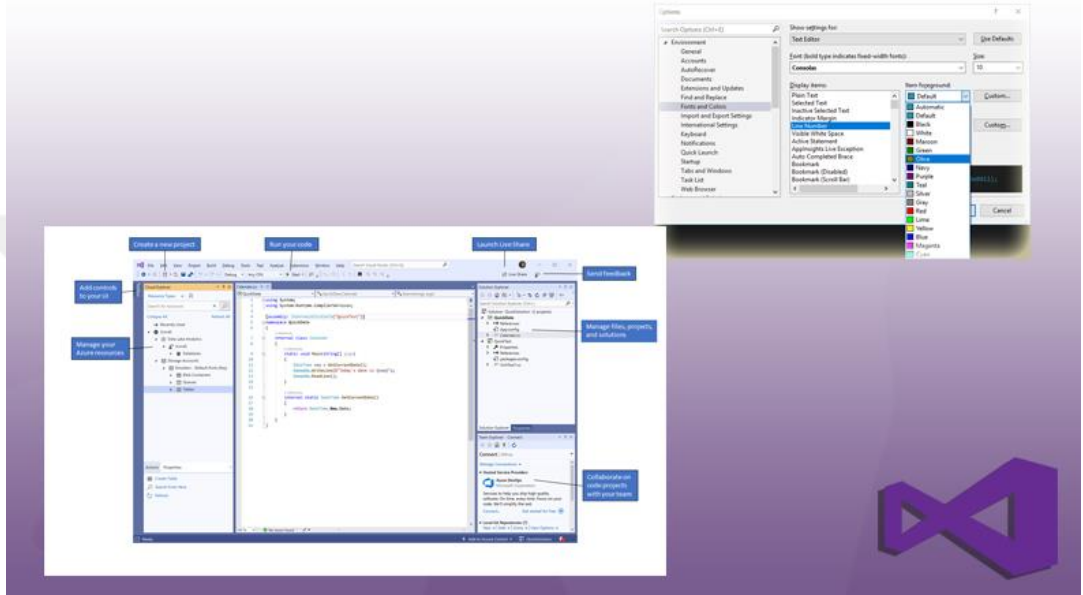
Visual Studio uygulamaları, kullanıcılarına arayüzlerini geliştirmek ve yardımcı olmak adına birtakım görsel tasarım aracı sağlamaktadır. Bu araçlar şunlardır; Windows Form Tasarımcısı (Windows Form Designer), Web Tasarımcısı/Geliştiricisi (Web Designer/Development), Veri Tasarımcısı (Data Designer), Eşleştirme Tasarımcısı (Mapping Designer) [70].



Şekil 5.5. Microsoft Visual Studio giriş ekranı [70]

## ➤ Genişletilebilirlik

Visual Studio, kullanıcılarına programın işlevselliğini arttırmak adına kodlarını Visual Studio uzantılarıyla yazmalarına olanak tanır. Bu uzantılar, Visual Studio'ya "takılır" ("plug into") ve onun işlevselliğini genişletmeyi hedefler [70].



Şekil 5.6. Microsoft Visual Studio genişletilebilirlik [70]

### 5.3. Microsoft Visual Studio'nun Desteklediği Programlar

Visual Studio .NET tabanını desteklemektedir. Hem programlama dilleri ve kodların derlenip ve yorumlandıktan sonra çalıştırılabilir dosya oluşturulması için hem de ASP.NET gibi üst düzey teknolojileri kullanarak projeler üretilmesine olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda Microsoft Visual Studio kullanıcılarına aşağıdaki dillerde proje üretme imkanı sağlamaktadır [70].



Şekil 5.7. Microsoft Visual Studio programları [70]

- Microsoft Visual C++
- Microsoft Visual C#
- Microsoft Visual Basic
- Microsoft Visual Web Geliştirici (Microsoft Visual Web Designer)
- Team Foundation Server
- C,
- C++
- C++.NET,
- Visual Basic.NET
- JavaScript
- TypeScript
- CSS
- HTML

Bu tez çalışmasında ise programlama dili olarak C++ tercih edilmiştir. Bu programlama dilinde yapmak istenilen ve ulaşılması güç bilgileri belli başlı formüller yardımıyla görsel bir programa dönüştürmek mümkündür.

#### **5.4. C++ Programlama Dilinin Tarihi**

C++, 1979 yılında Bjarne Stroustrup tarafından Bell Labs'da geliştirilen nesne yönelimli ve yüksek seviyeli, genel maksatlı programlama dilidir. C++'ın ilk ismi "C with classes" dir ve C programlama dilinin bir eklentisi olarak işlev görmektedir. C++'ın yaratıcısı Bjarne Stroustrup bu programlama dilini öğrenciyken geliştirmiştir. Kullandığı programlama dillerini yeteri kadar hem işlevli hem de yüksek performanslı görmeyen Stroustrup, kendi programlama dilini oluşturarak bilgisayar tarihinin en önemli yazılım dillerinden birinin ortaya çıkmasına yardımcı olmuştur. C++ programlama dilinde C tarzında veya nesne yönelimli tarzda kesin senaryolarla kodlamalar yapılabilmektedir. Bu açıdan C++ en önemli ve işlevsel hibrit programlama dillerinden biri olma niteliğine de sahiptir. C++ programlama dilinin Türkçe'de telaffuzu "Si-Pılas-Pılas" şeklindedir [71].

#### **5.5. C++ Programlama Dilinin Faydaları**

C++ geliştirilmesinden sonra tüm dünyada en yaygın kullanılan programlama dillerinden biri olmuştur. Özellikle söz konusu performans olduğunda C++ daima ilk seçim olmaktadır zira diğer programlama dilleriyle kıyaslandığında C++ çok daha fazla güncellenen bir yazılım dilidir. Son olarak C++ 11 sürümü 2011 yılında yayınlanmıştır. C++ yazılım dili kullanılarak geliştiriciler tarafından sistem yazılımları, özel yazılımlar, uygulamalar, sürücü yazılımları, kullanıcı tarafı yazılımlar ve gömülü firmware yazılımlar üretilmektedir. Bugün bilgisayarınızda kullanmakta olduğunuz birçok donanımın dahi sürücüsü C++ programlama dili sayesinde hazırlanmış ve son kullanıcıların kullanımına tahsis edilmiştir. Bu tez çalışmasında matematiksel işlemlerin bir program yardımıyla hesaplanmasını sağlamak için bir programlama diline karar verilmesi gerekmektedir. Bunun için de en ideal yazılım dilinin C++ olmasını öngörmekteyim. Bu program sayesinde namlu hesaplamalarını rahatlıkla yapmakta ve bu sayede istenilen parametrelere ulaşabilmektedir [71].

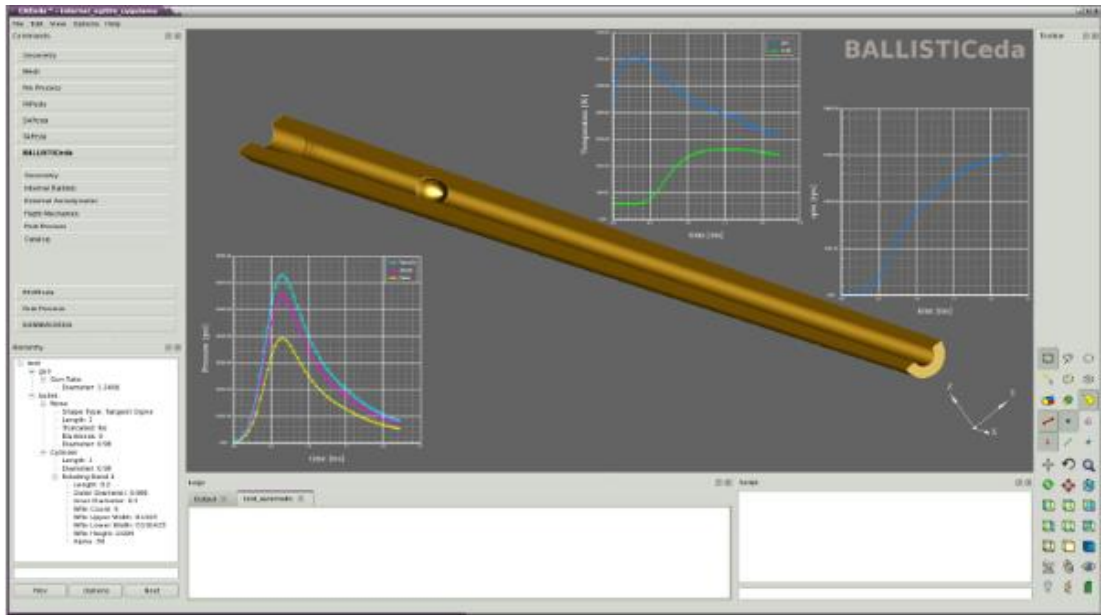
## 5.6. Balistik Programları

### ➤ BALISTICA:

Doğru ve kolay bir balistik yörünge hesaplayıcısıdır. Ateşli silahlar ve havalı tüfekler için mükemmel bir hesaplama yapmaktadır. Gerçekten basit ve doğru giriş verileri için bir ekran bulunmaktadır. Balistik çizelgeler ve balistik sonuçlar için çıktı verilerini bir ekran yardımıyla yansıtmaktadır. Bilgisayar yardımıyla görüntülü bir balistik analiz sistemi sunmaktadır [72].

### ➤ BALLISTICeda:

BALLISTICeda ağır ve hafif silah mühimmatlarının tasarım ve analiz çalışmalarına yönelik olarak, MKEK işbirliği ile EDA Tasarım tarafından geliştirilmiş bir yazılım olup; 3-boyutlu parametrik modelleme, iç balistik, dış balistik ve uçuş mekaniği yeteneklerini içermektedir. BALLISTICeda, SSM projesi kapsamında ALTAY tankının 120 mm APFSDS-T and TPCSDS-T mühimmatlar için atış cetvellerinin oluşturulmasında başarı ile kullanılmıştır [73].

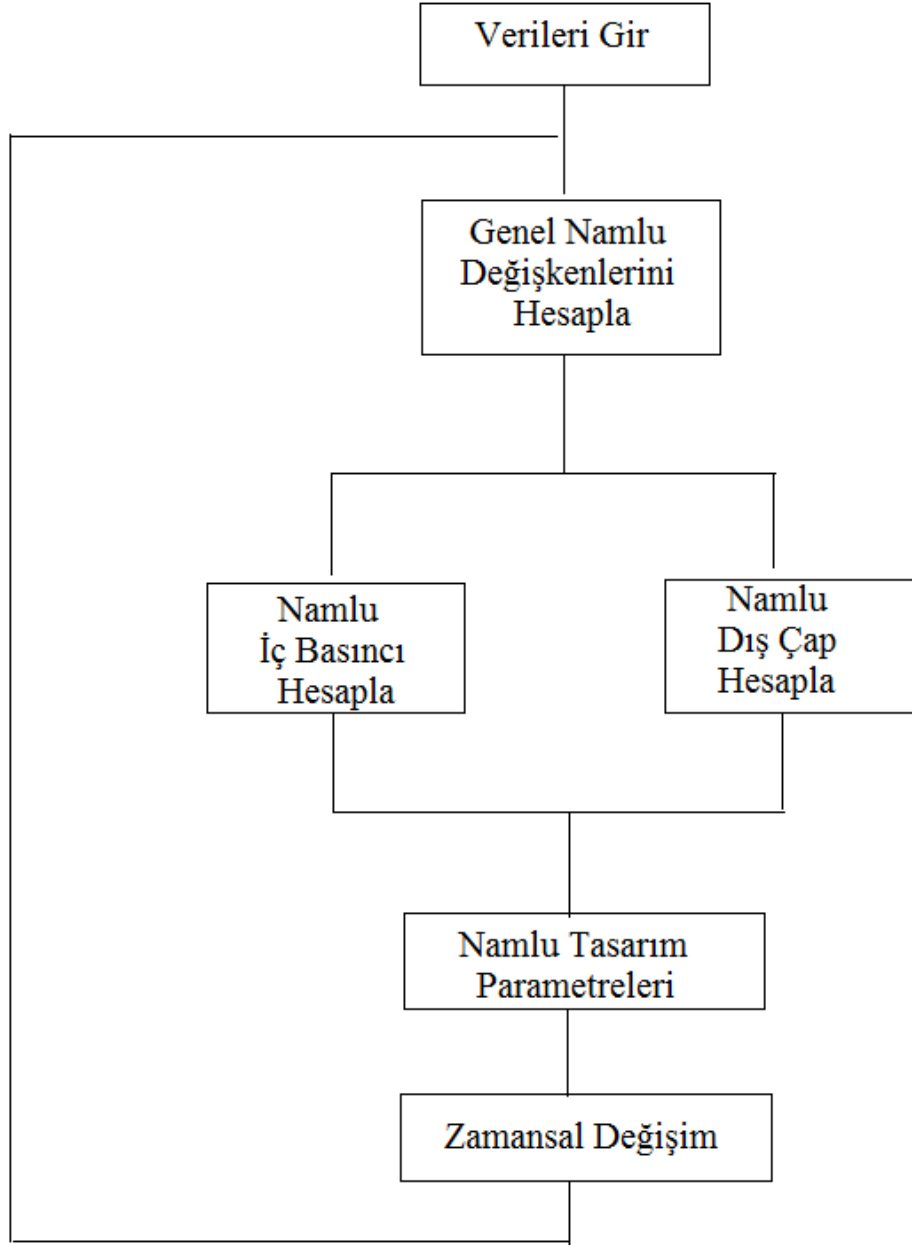


Şekil 5.8. BALLISTICeda mermi dönüşü, namlu ve gaz sıcaklıkları grafikleri [73]

Programın iç balistikte gerçekleştirmiş olduğu parametreler [73]:

- Global parametreler ile bir boyutlu termodinamik iç balistik model
- Yivli namlu içerisinde mermi dönel hareket simülasyonu
- Termodinamik ve gaz dinamiği hesapları
- Direnç basıncı ve sevk çemberi aşınma hesaplamaları
- Yakıt özelliklerinin belirsizlikleri
- Yanma odası maksimum basıncını veya namlu çıkış hızını deney sonuçlarına uydurmak için ve yakıt sıcaklığına göre iç balistik hesaplaması
- Zamana bağlı hesaplamalar





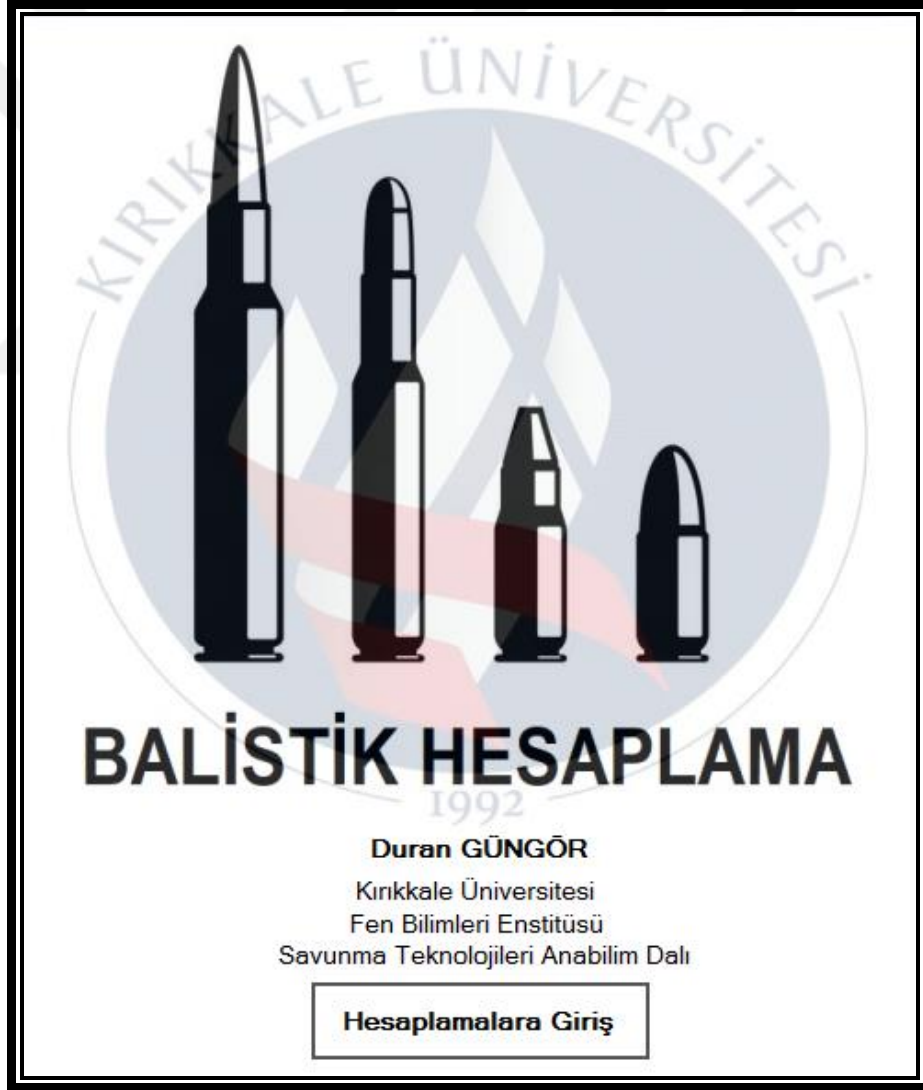
**Şekil 5.9.** Program akış şeması

Şekil 5.9’da ise tasarlanmış olan bir program akış şeması verilmektedir. Bu sayede oluşturulan programın çalışma mantığının görselleştirilmesi sağlanmıştır. Şimdi bu akış diyagramı doğrultusunda hesaplanacak değerler ile ilgili bölümlere ayrıntılı bakabiliriz.

## 5.7. Namlu Hesaplamaları

Tüm silah namlularında gerekli dayanıklılık hesaplarının yapılabilmesi için öncelikle namlu balistiğinin incelenmesi gerekir. Namlu balistiği, hazne ya da kovan içindeki sevk barutunun ateşlenmesi ile başlar, merminin namluyu terk etmesi ile sona erer. Namlu balistiğinin dolayısıyla dayanıklılık hesaplarının yapılabilmesi için silahtan beklenenlere göre bazı donelerin önceden saptanması gerekir. Aşağıda bu doneler yaklaşık olarak 155 mm'lik bir top için verilmiştir.

Bu örnekten yola çıkarak formüllerin bilgisayar ortamına aktarımını gerçekleştirmek için bir namlu tasarım programı geliştirilmiştir.



Şekil 5.10. Program giriş ara yüzü



Şekil 5.10'da program ara yüzünün giriş kısmını ve namlu hesaplamalarına kolay bir erişim sağlanması amacıyla hesaplamalara giriş butonu koyulmuştur. Programın başlangıcında bir giriş ekranı oluşturularak görsel bir zevk sunmak ve daha basit bir görünümle kullanımı kolaylaştırılmıştır. Şekil 5.11'de ise namlu hesaplamaları için kullanılacak değişkenler yazılmıştır. Program Visual Studio'da C++ dilinde yazılarak görsel hale getirilmiştir.

The screenshot shows a software interface with three main sections:

- Sevk Barutu ile ilgili değişkenler** (Variables related to the firing rate):
  - Q : 758 KCal/Kg
  - Ba : 0.0793 1/s
  - ac : 1660 Kg/m<sup>3</sup>
  - K : 1.3
  - Pm : 2812 Kg/m<sup>2</sup>
  - a : 9.81 m/s<sup>2</sup>
  - Po : 98066.5 N/m<sup>2</sup>
  - pi : 3.14
  - Delta : 0.55 Kg/dm<sup>3</sup>
- Malzeme mukavemeti** (Material strength):
  - Gk : 10397 Kg/cm<sup>2</sup>
  - Ga : 8600 Kg/cm<sup>2</sup>
  - Sm : 0.9
- Hesaplanacak Değerler** (Values to be calculated):
 

D(m)	0,155	G(Kg)	50	Hesapla
Nz	48	L(Kg)	0,564	
Bz(m)	0,006	ObMbo(Kg/cm <sup>2</sup> )	192,35	
t(m)	0,00127	Vo(m/s)	857	
Mc(Kg)	14,380	Y	0,01	
Qex(Nm/Kg)	3173593	Mp(Kg)	43,092	

Şekil 5.11. Namlu hesaplama ara yüzü

Şekil 5.11'de namlu hesaplamada kullanılan değişkenler bu ekranda verilmiştir. Programın ara yüzünde yazılmış olan bilgisayar programı sayesinde formüller eklenmiş ve doğru sonuçların oluşturulması sağlanmıştır. Yukarıdaki resimde verilen değişkenler 155 mm'lik bir top için hesaplanmış bir namlu tasarımında kullanılan değişkenlerin parametreleridir. Burada silah çapı değiştirilerek her türlü uzunluktaki namlunun hesaplanması gereken değerlere ulaşılması mümkündür.

Şimdi bu değişkenlerin yazılmış hali ile hesapla tuşuna basıldığı anda 10 saniyeden daha kısa bir sürede bilinmeyen değişkenler hesaplanmakta ve değerleri bir sayfada yazdırarak karşımıza çıkarmaktadır.

Alan:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} + \pi z b_z t \quad (5.1)$$

Eşitlik 5.1’de genel namlu hesaplamalarında kullanılan alan hesaplanmaktadır. Geliştirilen ara yüzde bu sonuca çok hızlı bir şekilde ulaşılmaktadır. Bu program ara yüzünde Şekil 5.11’deki 155 mm’lik bir top için belirlenen değişkenler yazılmış ve çeşitli parametreler, program girdileri, kullanılan denklemler yardımıyla namlu hesabında hesaplanacak değerler bulunmuştur.

Sonuçlar			
Mx(Kg)	50,282	V(m/s)	5,7256170205786
Alan(m2)	0,019225385	Q	0,00149143632973248
Vb(dm3)	26,1454545454545	Z	0,0121091122512822
VBx(m3)	0,0174828039430449	Xe(m)	6,32710421729614
Qb	0,123166446786762	Y	6,95775202358394
Qpm	0,115384615384615		

Şekil 5.12. Namlu değişkenlerinin sonuçları

Şekil 5.12’de namlu hesaplamalarında kullanılacak olan değişkenlerin geliştirilen program yardımıyla karşımıza çıktığı ve sonuçları aldığımız ekrandır. Bu sayede çizdirilecek grafikler kolaylıkla hesaplanarak karşımıza çıkacaktır.

Eşitlik 5.1’den C++ yardımı ile hesapla butonu yardımıyla çok kısa bir süre içerisinde verilenler ölçüsünde alanı bulunur.

$$M^x = M_p + 0,5 M_c \quad (5.2)$$

Eşitlik 5.2'den de merminin kütlesi ile sevk barutunun kütlesi değişkenleri ile namlu hesaplamalarında  $M^x$  değerini program ara yüzümüz sayesinde hesaplanır.

$$V_B = \frac{M_c}{0,55} \quad (5.3)$$

Eşitlik 5.3'den ise atış sırasında bekleyen fişeklerin hacminin hesaplandığı kısım bulunmaktadır.

$$V_B^x = V_B - \frac{M_c}{\rho_c} \quad (5.4)$$

Eşitlik 5.4'den sevk barutunun hacmi çıkarıldıktan sonra geride kalan hacmin hesaplanabilmesi gerekmektedir. Bu denklemden  $V_B^x$  bulunarak namlu içinde merminin hareketi süresince, mermi arkasında oluşan hacmin yanma odası net hacmine oranını etkilemektedir.

$$\Theta_b = \frac{P_o^2 A^2}{2B_a^2 M^x M_c Q_{esx}} \quad (5.5)$$

$$Q_{esx} = Q \frac{KCal}{Kg} \cdot \frac{10^4}{2,38846} \quad (5.6)$$

$$P_o = 9,80665 \cdot 10^4 \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (5.7)$$

Sevk barutu tamamen yanıcaya kadar oluşan bazı değerlerin hesaplanmasında Eşitlik 5.6 ve 5.7 kullanılarak bulunan sonuçlar yardımıyla Eşitlik 5.5'den  $Q_b$  değişkeni bulunur ve sevk barutu yanma ısısının etkisiyle normal hava basıncı

kullanılarak programın içerisinde bu parametrelerin yardımıyla namlu için gerekli değişkenler hesaplanır.

$$\Theta_{P_m} = \frac{K - 1}{2K} \quad (5.8)$$

Maksimum gaz basıncının sonucunu sevk barutunun özgül ısılar oranı baz alınarak Eşitlik 5.8 kullanılarak hesaplanır.

$$V = \frac{2B_a M_c Q_{ex}}{P_o^A} \cdot \Theta \quad (5.9)$$

$$\Theta = 1 - \frac{1}{(1 + \varphi)^{\frac{K-1}{2}}} - \frac{1}{(1 + \varphi)^{0,15}} \quad (5.10)$$

Namlu içerisindeki mermi hızının bulunması için Eşitlik 5.9 kullanılarak  $\Theta$  değerine bağlı olarak hesaplama yapılır. Bu nedenle Eşitlik 5.10 yardımı ile mermi hızı hesaplanır. Bu sayede  $\varphi$ 'ye bağlı olarak hız değişkeni ortaya çıkar.

**Çizelge 5.1.** Mermi arkasında oluşan hacmin yanma odası net hacmine oranı

Sıra No	$\varphi$ Değerleri	Sıra No	$\varphi$ Değerleri
1	0.01	9	0.70
2	0.05	10	0.90
3	0.10	11	1.10
4	0.15	12	1.30
5	0.20	13	1.50
6	0.25	14	2.00
7	0.30	15	2.50
8	0.50	16	3.00

Çizelge 5.1’de  $\varphi$ ’nin aralıkları küçük seçilirse hız ve basınç grafikleri daha muntazam çıkmaktadır. Buna istinaden tablonun hazırlanması zaman açısından çok uzun sürmektedir. Genel olarak  $\varphi$ ’nin değişimini Çizelge 5.1’deki gibi almak daha sağlıklı sonuçlar doğurmaktadır.

$$Z = \frac{B_a M^x}{P_0 A} \cdot V \quad (5.11)$$

Eşitlik 5.11’de Z ile ifade edilen yanma oranı, sevk barutunun yanmaya başlamasıyla her an yanan barut miktarının, toplam sevk barutu miktarına oranını göstermektedir. Değeri 0-1 arasında değişkenlik göstermektedir. Sevk barutu tamamen yandığında Z’nin değeri 1 olmaktadır. Namlu içerisindeki mermi hızına bağlı olarak değişkenlik gösteren yanma oranına ulaşılmaktadır.

$$X_e = \frac{(G+0,5L)}{2G\eta Pm q} V_o^2 \quad (5.12)$$

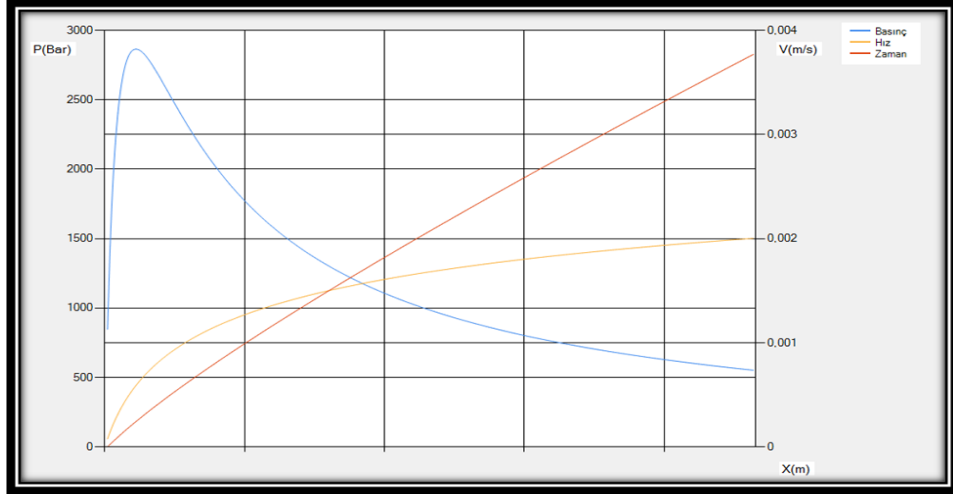
Namlu içerisindeki merminin katettiği yolu bulabilmek için Eşitlik 5.12’den yararlanarak sonuca ulaşılabilmektedir. Programdaki ara yüz sayesinde namlu tasarımında kullanılacak parametrelere ulaşmak artık saniyeler içerisinde mümkün hale gelebilmektedir.

Tüm denklemler yardımıyla namlu hesaplamalarında kullanılan ve bir sevk barutunun tamamen yanıcaya kadar oluşan değişkenlerin değerlerini C++ programı sayesinde saniyeler içerisinde hesaplatmak mümkün hale gelmiştir.

**Çizelge 5.2.** Sevk barutu tamamen yandıktan sonra oluşan değerlerin tablosu

1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\varphi$	X	$\theta$	V	Z	$\frac{1}{2} (m^x v^2)$	$M_c Q_{sx} Z$	(7)-(6)	P
0,01	0,009	0,001	5,72	0,0109	822,86	551742,47	550919,61	94,38
0,05	0,045	0,007	27,98	0,0591	19682,34	2698928,85	2679246,51	441,53
0,10	0,090	0,014	54,46	0,1151	75584,65	5254345,68	5179761,03	814,81
0,15	0,135	0,020	79,60	0,1682	159313,41	7679228,99	7519915,58	1084,32
0,20	0,180	0,026	103,51	0,2188	269379,13	9985671,66	9716292,53	1401,02
0,25	0,225	0,032	126,30	0,2669	401079,19	12184427,02	11783353,83	1631,21
0,30	0,270	0,038	148,07	0,3130	551231,84	14284269,11	13733037,20	1827,94
0,50	0,450	0,059	226,41	0,4786	1288810,61	21841517,55	20552706,94	2370,87
0,70	0,630	0,076	293,57	0,6205	2166750,23	28320164,43	26153414,10	2662,13
0,90	0,811	0,091	352,15	0,7444	3118558,19	33975744,67	30857186,48	2810,24
1,10	0,991	0,105	404,12	0,8542	4105953,09	38985237,74	34879284,65	2873,97
1,30	1,139	0,115	442,73	0,9358	4928039,54	42709613,52	37781573,98	2887,06
1,50	1,265	0,123	473,07	1,0000	5626480,51	45636267,34	40009786,83	2879,70

Program içerisindeki tüm parametreler hesaplandıktan sonra Çizelge 5.2’de yer alan değişkenlere ulaşılmaktadır. Namludan ateşleme yapıldıktan andaki kısma kadar tamamen yanan sevk barutunun oluşturduğu değerler Çizelge 5.2’de gösterilmektedir. Bu parametreler yardımıyla mermi yoluna bağlı basınç, hız ve zaman eğrilerine ulaşmak mümkün olmaktadır. Çizelge 5.2’de yer alan bilgilere ulaşıldıktan sonra eğriyi çizdirmek ve bir şekil üzerinde göstermek gayet mümkündür.



**Şekil 5.13.** Mermi yoluna bağlı basınç, hız ve zaman eğrisi

Şekil 5.13'te mermi yoluna bağlı olarak basınç, hız ve zaman eğrilerini elle hesaplamak veya belli bir kısmını bilgisayarda hesaplamaya kalkışsak bile bunun günler, haftalar hatta aylar sürebileceğini varsayabiliriz. Ancak geliştirilen bu program tasarımı sayesinde saniyeler içerisinde gerekli olabilecek tüm bilinmeyen değişkenleri bulduğumuz gibi aynı zamanda basınç, hız ve zaman eğrilerini de çizdirmek ve incelemek için programda görselleştirebilmek mümkündür. Bu sayede mermi yolu için gerekli ideal tüm değişkenleri hesaplayabilmek kolaylaşmaktadır.

Çizelge 5.2'de yer alan ve hesaplanan değerler Şekil 5.13'te program çıktısında yer alan mermi yoluna ait basınç, hız ve zaman eğrilerinin çizdirilmiş şekli görülmektedir. Bu program sayesinde eğrileri görselleştirmenin dışında alınan yola bağlı olarak mermi için gerekli yol, basınç, hız ve zaman değişkenlerinin matematiksel olarak tablo halinde yazdırmanın da mümkün olması sayesinde saatlerce uğraşmak zorunda kalmadan bir tuş yardımıyla bu işlemi gerçekleştirebilmekteyiz.

Sonuç			
Yol: m	Basınc: bar	Hız: m/s	Zaman: s
Yol: 0,0253	Basınc: 846,6389	Hız:57,3754	Zaman: 0,0004
Yol: 0,0506	Basınc: 1445,1617	Hız:108,7688	Zaman: 0,0005
Yol: 0,0759	Basınc: 1873,673	Hız:155,2499	Zaman: 0,0005
Yol: 0,1012	Basınc: 2182,6639	Hız:197,6294	Zaman: 0,0005
Yol: 0,1265	Basınc: 2405,8346	Hız:236,536	Zaman: 0,0005
Yol: 0,1518	Basınc: 2566,2916	Hız:272,4666	Zaman: 0,0006
Yol: 0,1772	Basınc: 2680,2457	Hız:305,8203	Zaman: 0,0006
Yol: 0,2025	Basınc: 2759,297	Hız:336,9224	Zaman: 0,0006
Yol: 0,2278	Basınc: 2811,889	Hız:366,0413	Zaman: 0,0006
Yol: 0,2531	Basınc: 2844,2607	Hız:393,4012	Zaman: 0,0006
Yol: 0,2784	Basınc: 2861,0826	Hız:419,1908	Zaman: 0,0007
Yol: 0,3037	Basınc: 2865,8913	Hız:443,5706	Zaman: 0,0007
Yol: 0,329	Basınc: 2861,3927	Hız:466,6782	Zaman: 0,0007
Yol: 0,3543	Basınc: 2849,6748	Hız:488,6322	Zaman: 0,0007
Yol: 0,3796	Basınc: 2832,3624	Hız:509,536	Zaman: 0,0007
Yol: 0,4049	Basınc: 2810,7278	Hız:529,4797	Zaman: 0,0008
Yol: 0,4302	Basınc: 2785,7739	Hız:548,5426	Zaman: 0,0008
Yol: 0,4555	Basınc: 2758,2947	Hız:566,7948	Zaman: 0,0008
Yol: 0,4809	Basınc: 2728,922	Hız:584,2983	Zaman: 0,0008
Yol: 0,5062	Basınc: 2698,1602	Hız:601,1086	Zaman: 0,0008
Yol: 0,5315	Basınc: 2666,4131	Hız:617,2754	Zaman: 0,0009
Yol: 0,5568	Basınc: 2634,0046	Hız:632,8433	Zaman: 0,0009
Yol: 0,5821	Basınc: 2601,1947	Hız:647,8524	Zaman: 0,0009
Yol: 0,6074	Basınc: 2568,1925	Hız:662,339	Zaman: 0,0009
Yol: 0,6327	Basınc: 2535,1658	Hız:676,3363	Zaman: 0,0009
Yol: 0,658	Basınc: 2502,2491	Hız:689,8741	Zaman: 0,001

Şekil 5.14. Mermi yoluna bağlı yol, basınç, hız ve zaman parametre sonuçları

Şekil 5.13'teki eğrilerin matematiksel olarak kullanılan denklemler yardımıyla sayısal bir değerinin olduğu bunu da Şekil 5.14'de tablolaştırarak program çıktısı olarak yazdırılmış ve sıralanmış şekilde görülmektedir. Herhangi bir zaman aralığındaki yol, basınç ve hız parametrelerine Şekil 5.14'den bakarak ulaşılabilir. Bu sayede yapılması veya tasarlanması gereken bir namlu için gereken değerlere Şekil 5.14'den ulaşılabilir.



## 5.8.Namlu İçindeki Basıncın Değişimi

Silah namlularında, atış anında namlu içinde oluşan basıncın namlu boyuna bağlı olarak değişiminin hesaplanması için pek çok metot olmasına rağmen bunlardan en doğru sonuç vereni Vallier-Heydenreich metodudur. Bu metot uzun zamandan beri kullanılmaktadır. Ancak bugün büyük ölçüde kullanılan sevk barutları da dikkate alınarak, son yıllarda Vallier-Heydenreich metodu geliştirilmiştir. Geliştirilmiş metoda ait tablolar aşağıda verilmiştir.

$$S_e = \frac{(Mp + 0.5Mc)}{2P A} V_e^2 \quad (5.13)$$

$$n_p = \frac{\bar{P}}{P_m} \quad (5.14)$$

İç balistik hesaplamalarda kullanılan birçok yöntem vardır. Bu tezde ise deneysel veri tablolarına dayanarak Vallier-Heydenreich yöntemi tercih edilmiştir.

Eşitlik 5.13'den namlu boyunun hesaplanması için kullanılan parametreleri ayrıntılı olarak program içerisine yerleştireceğiz. Aynı zamanda Eşitlik 5.14'de ise basınç oranının ( $n_p$ ) bulunabilmesi için ateşleme sırasındaki ortalama basıncı ve maksimum basıncı ifade etmemiz gerekmektedir.

$$S_m = S_e * \sum(n_p) \quad (5.15)$$

$$t_m = \frac{2S_e}{V_e} \theta(n_p) \quad (5.16)$$

$$V_m = V_e * \phi(n_p) \quad (5.17)$$

Gaz basıncının maksimum olduğu andaki kısımda Eşitlik 5.15'den namlu içinde merminin aldığı yolu ( $S_m$ ), Eşitlik 5.16'dan zamanı ( $t_m$ ) ve Eşitlik 5.17'den ise hız ( $V_m$ ) değişkenleri Çizelge 5.3'te Vallier-Heydenreich balistik tablosundaki basınç oranına bağlı faktörler yardımıyla sonuçlar bulunabilmektedir. Bu denklemler merminin namlu içerisindeki hareketi sırasında oluşan basıncın bulunmasında tercih edilen hesaplama yöntemleridir

**Çizelge 5.3.** Vallier-Heydenreich balistik tablosu

$n_p$	$\sum(n_p)$	$\theta(n_p)$	$\phi(n_p)$	$n(n_p)$	$T(n_p)$
0.25	0.0313	0.139	0.324	0.216	0.725
0.30	0.0402	0.172	0.333	0.242	0.762
0.35	0.0500	0.207	0.343	0.278	0.800
0.40	0.0608	0.244	0.354	0.304	0.836
0.45	0.0729	0.288	0.366	0.340	0.873
0.50	0.0875	0.326	0.380	0.382	0.910

$$t_e = \frac{2S_\varepsilon}{V_\varepsilon} T(n_p) \quad (5.18)$$

$$P_e = \bar{p} \cdot n(n_p) \quad (5.19)$$

Eşitlik 5.18’de toplam zaman ( $t_e$ ) ve Eşitlik 5.19’den namlu ağızdaki basınç ( $P_e$ ) Çizelge 5.3’teki tablo değerleri kullanılarak hesaplamaları yapılmaktadır.

$$\lambda = \frac{S}{S_m} \quad (5.20)$$

Merminin harekete başladığı noktadan itibaren namlu üzerinde basınç, hız ve zaman değerlerinin hesaplanacağı herhangi bir mesafedeki değeri ( $S$ ), Eşitlik 5.20’den hesaplanmaktadır.

$$P = P_m \cdot \Psi(\lambda) \quad (5.21)$$

$$V = V_m \cdot \varphi(\lambda) \quad (5.22)$$

$$T = t_m \cdot \delta(\lambda) \quad (5.23)$$

**Çizelge 5.4.** Vallier-Heydenreich deneysel verileri

$\lambda$	$\Psi (\lambda)$	$\varphi (\lambda)$	$\delta (\lambda)$
0.25	0.741	0.392	0.610
0.50	0.912	0.635	0.780
0.75	0.980	0.834	0.903
1.00	1.000	1.000	1.000
1.25	0.989	1.140	1.081
1.50	0.965	1.262	1.154
1.75	0.932	1.366	1.219
2.00	0.898	1.468	1.282
2.50	0.823	1.632	1.394
3.00	0.747	1.763	1.495
3.50	0.675	1.875	1.589
4.00	0.604	1.983	1.682
4.50	0.546	2.068	1.769
5.00	0.495	2.140	1.851
6.00	0.403	2.269	2.012
7.00	0.338	2.363	2.163

Eşitlik 5.21 - 5.23'e kadar olan kısımda Çizelge 5.4'deki verilerden basınç, hız ve zaman sonuçlarına ulaşılmaktadır. Zamanın (t) '0' olduğu anda bulunması gereken sonuçlar tablodaki değerler yardımıyla bulunmaktadır.

## 6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında deneysel veriler ile bir namlu tasarımında gerekli olabilecek tüm parametreler iç balistik yöntemlerle hesaplanmıştır. Savunma sanayinde namlu tasarımını geliştirmek için iç balistik hesaplamaları geliştirmek ve namlu tasarımına daha derin bir bakış açısı kazandırmak hedeflenmiştir. Savunma sanayinde kullanılan programların ulaşılması zor ve pahalı olması açısından bu tez çalışmasının, zamandan ve maddi açıdan kolaylıklar sağlaması bu program ara yüzünün geliştirilmesini sağlamıştır. Bu sayede ticari hedefli programların kullanılması ve lisansının alınması açısından zorluklar olması bu tarz programların geliştirilmesini zorunlu hale getirerek sektördeki ihtiyacı kademeli olarak karşılaması hedeflenmiştir.

Bu programda iç balistik yöntemler aracılığıyla sonuçlara ulaşmak bir butona basmak kadar hızlı hale getirilmiştir. Bu sonuçlar sayesinde namlu tasarımında kullanılan parametrelere kolayca ulaşılmakta ve hata payınının sifıra yakın olması da bu tarz programları sektörde cazip hale getirmiştir. Uzun süren ve karmaşık bir hesaplamayı bu kadar kısa sürede yapmak savunma sanayinde ileride çok daha büyük yatırımların yapılmasını ve daha net sonuçların alınmasını kolaylaştıracaktır.

Vallier-Heydenreich yöntemi kullanılarak hesaplamaların yapıldığı ve iç balistik parametrelere ulaşıldığı bu tezde deneysel veriler yardımıyla namlu tasarım değişkenleri rahatlıkla hesaplanmıştır. Microsoft Visual Studio'nun C++ kısmı kullanılarak daha görsel ve ergonomik bir kullanım amaçlanmıştır.

Bu yöntem sayesinde namlu üzerinde oluşabilecek basıncın, zaman ve hıza göre nasıl ayarlanması gerektiği bulunmaktadır. Hangi değerler seçilirse ideal bir namlu tasarımı yapmak daha mümkündür gibi sorulara yanıt bulunmaktadır.

Bu program sayesinde namlu balistiğine bir ışık tutulmuştur. Namlu için gerekli olan sevk barutu tamamen yanıcıya kadar oluşan değerlere ulaşmamız ve hesaplanacak parametrelere bu tablolardan faydalanarak sonuçlar almamız ve deneysel veriler yardımıyla da hedefe gitmemiz sağlanmıştır.

Namlu kısından çıkan meminin basınç, hız ve zaman değişkenlerinin programdan çıktısının alınması ile bir mermi yolunun en mükemmel şekilde nasıl bulunması gerektiğini göstermiştir. Ayrıca program ergonomimiz sayesinde herhangi bir zamandaki parametrelere ulaşmamız mümkün hale gelmiştir.



## KAYNAKLAR

- [1] Ernst & Young Türkiye, Türkiye’de ve Dünya’da Savunma Sanayi Sektörü, 2010.
- [2] Savunma Sanayi Müsteşarlığı, Teknoloji Yönetim Stratejisi 2011-2016, s. 12, 2011.
- [3] Bozdemir, M., Silah Mekanik Sistemleri İçin 3 Boyutlu Eğitim Modellerinin Geliştirilmesi. International Symposium on 3D Printing Technologies, Mayıs 2016, Yeşilköy-İstanbul, s. 91-100, 2016.
- [4] Çelik, D., Çetinkaya, K., Üç boyutlu yazıcı tasarımları, prototipleri ve ürün yazdırma karşılaştırmaları. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi. 5 (2): 151-152, 2016.
- [5] H.Bülent Üner, İsmail Çakır, Adli Balistik. Arıkan Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 2007
- [6] Çelikel, A., (2008). Av Tüfeği Namlu Uzunluğunun Saçma Dağılımına Etkisi ve Atış Mesafesinin Belirlenmesinde Önemi, Tıpta Uzmanlık Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı, Eskişehir.
- [7] Heard B. J.’’Handbook of Firearms and Ballistics’’, Wiley, London, 2nd. Edition(2008)
- [8] Warlow T.A., Firearms, the Law and Forensic Ballistics. Taylor & Francis Publishing, London (2004)
- [9] Balistik nedir?, <https://www.nedir.com/balistik> (Erişim tarihi: 11.12.2020)

- [10] Ögünç G., Adli Balistik İncelemeleri, Kriminalistik Editör: O.Karakuş, Ankara (2009)
- [11] Cranz, C. , “Lehrburch der Balistik ( Manual of Ballistic) “, Vol 2, Berlin, 1- 261,1926.
- [12] Cranfield Üniversitesi makaleleri. www.cranfield.cu.com. (Kasım 2006).
- [13] Öztürk, A. R. , “Dış Balistik”, Makine ve Kimya Endüstrisi Kurumu Mühimmat Fabrikası Genel Müdürlüğü Özel Yayınları, Kırıkkale, 1979.
- [14] Tuomainen, A. H., “ The Thermodynmaic Model of Interior Ballistic”, University of Helsinki, Helsinki, 1-78, 1996.
- [15] A.Y. Sarıbey, Ateşli Silahlar İle Yapılan Atışlar Sonrası Hedef Yüzeyler Üzerinde Oluşan Atış Artıklarının İncelenmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Ankara, 2008.
- [16] H. Ataç, Kazaların Çevresel ve Teknik Araştırması. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara, 2006.
- [17] <http://9gag.com/gag/aBrDQVO/-and-that-s-how-a-firearm-works>, (Erişim tarihi: 11.12.2020)
- [18] Anonim, Ağır Silahlar, <http://www.wiki-zero.net/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvQcSfxLFyX3NpbGFobGFy> (Erişim tarihi: 26.05.2018)
- [19] Elektromanyetik top, <https://www.savunmasanayi.org/elektromanyetik-top-teknolojisi-aselsan-tufan/> (Erişim tarihi: 11.12.2020)
- [20] Obüs, <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/turkiyenin-yeni-obusu-yavuz-geliyor/807764> (Erişim tarihi: 11.12.2020)

- [21] Havan topu, <http://www.tdba.net/azerbaycan-ve-turkiye-ortak-havan-topu-uretecek/> (Erişim tarihi: 11.12.2020)
- [22] Roketatar, <https://www.ozelliklerinedir.com/sakarya-t-122-cok-namlulu-roketatar-ozellikleri-nelerdir/> (Erişim tarihi: 11.12.2020)
- [23] Anonim, Silahın Tanımı ve Silah Ruhsat Çeşitleri, <http://www.ordu.pol.tr/Sayfalar/Silah%C4%B1n-Tan%C4%B1m%C4%B1-ve-Silah-Ruhsat-%C3%87e%C5%9Fitleri.aspx> (Erişim tarihi: 26.05.2018)
- [24] Anonim, Tabanca, <http://www.wiki-zero.net/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvVGFiYW5jYQ> (Erişim tarihi: 26.05.2018)
- [25] Toplu tabanca, <https://www.star.com.tr/foto-galeri/daha-once-boyle-toplu-tabanca-gorulmedi-galeri-709142/> (Erişim tarihi: 11.12.2020)
- [26] şarjörölü tabanca, <https://www.izmiravmarket.com/urun/sightmark-mini-shot-reflex-sight> (Erişim tarihi: 11.12.2020)
- [27] Harp tüfeği, <https://www.playworld.com.tr/aeg-airsoft-tufek/jg-t3-k3-g3-full-size-airsoft-aeg-sniper-tufek-od-yesil> (Erişim tarihi: 11.12.2020)
- [28] Av tüfeği, [https://www.uzumluavtufekleri.net/index.php?p=urun&urun\\_id=171](https://www.uzumluavtufekleri.net/index.php?p=urun&urun_id=171) (Erişim tarihi: 11.12.2020)
- [29] Anonim, Yasak Ateşsiz Silahlar, <http://www.kriminal.pol.tr/kayseri/Sayfalar/Yasak%20Ate%C5%9Fsiz%20Silahlar.aspx> (Erişim tarihi: 26.05.2018)
- [30] S. Durmuş, Nükleer Silahların Uluslar arası İlişkilerdeki Rolü. Yüksek Lisans Tezi. Genelkurmay Başkanlığı Harp Akademileri Komutanlığı, İstanbul, 2006.
- [31] Corner, J, “Theory of Interior Ballistics of Guns”, John Wiley & Sons Inc., New York, USA, 1950.



- [32] Kapur, J. N., "Lagrange's Ballistic Problem for Unorthodox Guns and Solid Fuel Rockets, Delhi University, Delhi, 1957.
- [33] Oberle, W.F., Morrison, W.F. and Wren, G.P., "The Application of Lagrange and Pidduck-Kent Gradient Models to Guns using Low Molecular Weight Gases", Army Research Laboratory(ARL), 1993.
- [34] Horst, A., "A Brief Journey Through the History of Gun Propulsion", Army Research Laboratory, 2005.
- [35] Baer, P.G. and Frankle, J.M., "The Simulation of Interior ballistic Performance of Guns by Digital Computers", Ballistic Research Laboratory, 1962.
- [36] Stiefel, L., "Gun propulsion Technology", Progress in Astronautics and Aeronautics, Volume 109, 1979.
- [37] Anderson, R.D and Fickie, K.D., "IBHVG2 User's Guide", 1987.
- [38] Arrow Tech. Associates, "Projectile Design and Analysis System (PRODAS) Manual"
- [39] Oberle, F. "Constant Pressure Interior Ballistic Code CONPRESS: theory and User's Manual", Army Research Laboratory, 1993.
- [40] Gough, P.S., "The XNOVAKTC Code", Ballistic Research Laboratory, 1990.
- [41] Nussbaum, J., Helluy, P., Herard J.M., Carriere A., "Numerical Simulations of Gas-Particle Flows with Combustion", 2005.

- [42] Miura, H. Matsuo, A., Nakamura, Y., “Numerical Prediction of Interior Ballistics Performance of Projectile Accelerator Using Granular or Tubular Solid Propellant”, “Propellants, Explosives, Pyrotechnics”, 2012.
- [43] Lowe, C., “CFD Modeling of Solid Propellant Ignition”, Cranfield University, 1996.
- [44] Acharya, R., “Modeling AND Numerical Simulation of Interior Ballistic processes in a 120mm Mortar System”, The Pennsylvania State University, 2009.
- [45] Gough, P., “Initial Development of Core Module of Next Generation Interior Ballistic Model”, 1995.
- [46] Jaramaz, S., Mickovic', D. ve Elek, P. (2011). Two-phase flows in gun barrel: Theoretical and experimental studies. *Int. J. Multiphase Flow*, 37, 475–487.
- [47] Işık, H. ve Göktaş, F. (2017). Cook-off analysis of a propellant in a 7.62 mm barrel by experimental and numerical methods. *Applied Thermal Engineering*, 112, 484-496.
- [48] Anonim, Silah Terimleri, <https://decad0.wixsite.com/anasayfa/silah-terimleri> (Erişim tarihi: 23.11.2020)
- [49] Hameed A., Azavedo M. ve Pitcher P. (2014). Experimental investigation of a cook-off temperature in a hot barrel. *Defence Technology*, 10, 86-91.
- [50] Allsop, D.F and Toomey, M.A., “Small Arms General Design“, 1999.
- [51] Mickovic', D., Jaramaz, S., Elek, P. ve Jaramaz D.. (2013). Determination of pressure profiles behind projectiles during interior ballistic cycle. *Journal of Applied Mechanics*, 80, 1-5.

- [52] Jedlička, L., Beer, S. ve Vídeňka, M. (2008). Modelling of pressure gradient in the space behind the projectile. Proceedings of the 7th WSEAS Int. Conf. on Sys. Sci. and Sim. in Eng. (ICOSSSE '08), 104-119.
- [53] Kankane, D.K. ve Ranade, S.N. (2003). Computation of in-bore velocitytime and travel-time profiles from breech pressure measurements. Def. Sci. J., 53(4), 351-356.
- [54] Mishra A., Hameed A. ve Lawton B. (2010). Transient thermal analyses of midwall cooling and external cooling methods for a gun barrel., Journal of Heat Transfer, 132, 2010.
- [55] Brode, H.L. ve Enstrom, J.E. (1970). A numerical method for calculating interior ballistics. The Rand Corporation, P-4466, 1-7.
- [56] Yu, W. ve Zhang, X. (2013). Numerical Simulation and Analysis of the Muzzle Flow During the Revolving Barrel Gun Firing. Journal of Applied Mechanics, 80, 1-6.
- [57] Conroy, P.J. (1991). Gun tube heating, U.S. Army Laboratory Command, Ballistic Research Laboratory, Technical Report, BRL-TR-3300.
- [58] Gerber, N. ve Bundy, M.L. (1991). Heating of a tank gun barrel: Numerical study, U.S. Army Laboratory Command Ballistic Research Laboratory, Memorandum Report BRL-MR-3932.
- [59] Şentürk, A., Işık, H. ve Evcı, C. (2016). Thermo-mechanically coupled thermal and stress analysis of interior ballistics problem. International Journal of Thermal Sciences, 39-53.
- [60] Akçay, M. ve Yükselen, M.A. (2014). Unsteady thermal studies of gun barrels during the interior ballistic cycle with non-homogenous gun barrel

- material thermal characteristics. *J. of Thermal Science and Technollogy*, 34(2), 75-81.
- [61] Nelson, C.W. ve Ward, J.R. (1981). Calculation of heat transfer to the gun barrel Wall. US Army Armament Research and Development Command Ballistic Research Laboratory, Memorandum Report, BRL-MR-03094.
- [62] Hill, R.D. ve Conner, J.M. (2012). Transient heat transfer model of machine gun barrels. *Materials and Manufacturing Processes*, 840- 845.
- [63] Öztürk, A.R., “İç Balistik”, Makina ve Kimya Endüstrisi Kurumu Genel Müdürlüğü Özel Yayınları, Ankara, 1984.
- [64] Hansen, E.C. and Heiney, O.K. (1987). Pressure and gas flow gradients behind the projectile during the interior ballistic cycle. 10th International Symposium on Ballistics, San Diego, CA, A.B.D., 27– 29.
- [65] Cronemberger P.O., Júnior E.P.L., Gois J.A.M. and Caldeira A.B. (2014). Theoretical and experimental study of the interior ballistics of a rifle 7.62. *Engenharia Térmica (Thermal Engineering)*, 13(2), 20-27.
- [66] C. L. Farrar and D. W. Leeming, *Military Ballistics: A Basic Manual*. Brassey’s Publishers, 1983.
- [67] Krier, H. and Adams, M.J., “An Introduction to Gun Interior Ballistics and a Simplified Ballistic Code”, *Interior Ballistics of Guns*, Volume 66, New York, USA, 1979.
- [68] U.S Army Material Command, “ Engineering Design Handbook, Ammunition Series”, North Carolina, USA, 1964.
- [69] H. Krier and M. Summerfield, “Interior ballistics of guns,” *Prog. Astronaut. Aeronaut.*, vol. 66, 1979.

- [70] Microsoft Visual Studio, <https://www.webtekno.com/microsoft-visual-studio-nedir-h92228.html> (Erişim tarihi: 11.12.2020)
- [71] Anonim, C++ nedir?, <https://wmaraci.com/nedir/cplusplus> (Erişim tarihi: 25.10.2020)
- [72] BALISTICA nedir?, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tja.balistica&hl=tr&gl=US> (Erişim tarihi: 11.12.2020)
- [73] BALLISTICeda nedir?, <http://www.edaltd.com.tr/index.php/tr/urunler/muhendislikyazilimlari/ballisticeda> (Erişim tarihi: 11.12.2020)

