

**T.C**  
**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA**  
**ADLİ TIP ENSTİTÜSÜ**

**Danışman**  
**Dr. Öğr. Üyesi Selda MERCAN**

**MKEK YAPIMI 9x19 mm PARABELLUM FİŞEKLERİ KULLANILARAK YAPILAN**  
**ATIŞLARDA EL ÜZERİNDE KALAN ATIŞ ARTIKLARININ İNDÜKTİF**  
**EŞLEŞMİŞ PLAZMA KÜTLE SPEKTROMETRESİ (ICP-MS) İLE TESPİTİ**

**FEN BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TUBA ÖZDEMİR**

**İSTANBUL-2019**

**T.C**  
**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA**  
**ADLİ TIP ENSTİTÜSÜ**

**Danışman**  
**Dr. Öğr. Üyesi Selda MERCAN**

**MKEK YAPIMI 9x19 mm PARABELLUM FİŞEKLERİ KULLANILARAK YAPILAN**  
**ATIŞLARDA EL ÜZERİNDE KALAN ATIŞ ARTIKLARININ İNDÜKTİF**  
**EŞLEŞMİŞ PLAZMA KÜTLE SPEKTROMETRESİ (ICP-MS) İLE TESPİTİ**

**FEN BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TUBA ÖZDEMİR**

**İSTANBUL-2019**

İstanbul, 30 Mayıs 2019

**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA  
ADLI TIP ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ  
FEN BİLİMLERİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA**

Lisansüstü Öğretim Yönetmeliğinin 36.maddesi uyarınca Enstitünüz Fen Bilimleri Anabilim Dalı'nın yüksek lisans öğrencisi Tuba ÖZDEMİR'in

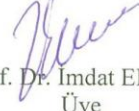
“Mkek Yapımı 9x19 mm Parabellum Fişekleri Kullanılarak Yapılan Atışlarda El Üzerinde Kalan Atış Artıklarının İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometri (ICP-MS) İle Tespiti”

Adlı tezi jürimizce tetkik edilmiş ve kendisine tez savunması yaptırılmıştır.

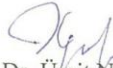
Yukarıda adı geçen tez başlığının **“Mkek Yapımı 9x19 mm Parabellum Fişekleri Kullanılarak Yapılan Atışlarda El Üzerinde Kalan Atış Artıklarının İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) İle Tespiti”** şeklinde değiştirilerek, tezin ve tez savunmasının kabul edilmesine oy birliğiyle karar verilmiştir



Prof. Dr. Bülent ÜNER  
Jüri Başkanı



Prof. Dr. İmdat ELMAS  
Üye



Prof. Dr. Ümit Naci GÜNDOĞMUŞ  
Üye



Prof. Dr. Münevver AÇIKKOL  
Üye



Dr. Öğ. Üyesi Selma MERCAN  
Danışman



Bu tez projesi İ.Ü.-C. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmektedir.

**Proje No: 29485**

## I. TEŞEKKÜR

*Başından sonuna kadar derin bilgi ve deneyimleri ile her zaman destek sağlayan, danışmanlığı ile beni onurlandıran, olumlu eleştirileri ve uyarılarıyla beni yönlendiren Değerli Tez Danışmanım, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Adli Tıp Enstitüsü Fen Bilimleri Anabilim Dalı öğretim üyesi Dr. Öğr. Üyesi Selda MERCAN'a,*

*Yüksek lisans eğitimim ve tezimin hazırlanması süresince yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Adli Tıp Enstitüsü Fen Bilimleri Anabilim Dalı emekli öğretim üyesi Prof.Dr. H. Bülent ÜNER'e*

*Tez çalışmamda bilgi, deneyim ve yardımlarını esirgemeyerek sınırsız destek sağlayan, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Adli Tıp Enstitüsü Fen Bilimleri Laboratuvar Teknisyeni Değerli Murat YAYLA'ya,*

*Çalışmamda kullanılan materyal temininde kolaylık sağlayan, değerli ders arkadaşım Olay Yeri İnceleme Uzmanı Polis Memuru Ali Osman ELMAS'a*

*Her konuda olduğu gibi, atışların kontrollü bir şekilde yapılmasını sağlayan, materyal teminini yapan, emeklerini esirgemeyen sevgili eşim Polis Memuru Erdal ÖZDEMİR'e ve daima desteklerini gördüğüm değerli aileme en içten sevgilerimle teşekkür ederim.*

Tuba Özdemir

İstanbul, Mayıs 2019

## II. İÇİNDEKİLER

I. TEŞEKKÜR.....	I
II. İÇİNDEKİLER.....	II
III. TABLO LİSTESİ.....	V
IV. ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
V. KISALTMALAR LİSTESİ.....	VIII
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Balistik.....	4
2.1.1. Balistiğin disiplinleri.....	4
2.2. Ateşli Silahlar.....	5
2.2.1. Ateşli silahların türleri.....	6
2.2.2. Ateşli silahların sınıflandırılması.....	6
2.2.2.1. Uzun namlulu ateşli silahlar.....	6
2.2.2.1.1. Harp tüfekleri.....	7
2.2.2.1.2. Av tüfekleri.....	7
2.2.2.2. Kısa namlulu ateşli silahlar.....	7
2.2.2.2.1. Toplu tabancalar.....	7
2.2.2.2.2. Tek atışlı tabancalar.....	7
2.2.2.2.3. Otomatik Tabancalar.....	8
2.2.2.2.4. Makineli tabancalar.....	9
2.2.3. Ateşli silahların çalışma sistemleri.....	9
2.2.4. Ateşli silah mermi kısımlarının incelenmesi.....	9
2.2.4.1. Kovan.....	10
2.2.4.2. Kapsül.....	10
2.2.4.3. Barut.....	12
2.2.4.4. Mermi çekirdeği.....	12
2.2.5. MKEK yapımı mermilerin yapısı.....	14
2.2.5.1. Tarihçe.....	14
2.2.5.2. MKEK tarafından üretilen bazı mermiler ve özellikleri.....	15
2.2.6. Ateşli silah atış artıkları.....	16
2.2.7. Ateşli silah atış artıkları tespit yöntemleri.....	20
2.2.7.1. Atış artıklarında renk testleri.....	21
2.2.7.1.1. Lunge Testi.....	21
2.2.7.1.2. Dermal Nitrat Testi (Parafin Testi).....	22

2.2.7.1.3. Eldeki atış artıkları için svap yöntemi .....	22
2.2.7.1.4. Modifiye Griess Testi .....	23
2.2.7.1.5. Sodyum Rodizonat Testi .....	23
2.2.7.2. Partikül analizi yöntemleri .....	24
2.2.7.3. Histokimyasal yöntemler.....	25
2.2.7.4. Atış artıklarında kütle analizleri .....	26
2.2.8. Ateşli silah atış artıklarının el üzerinde kalmasını etkileyen faktörler.....	35
2.2.8.1. Silah tipinin ASAA'ya etkisi.....	35
2.2.8.2. Kapsülün yapısı .....	36
2.2.8.3. Barutun yapısı .....	36
2.2.8.4. Atış sonrası faaliyetler.....	36
2.2.8.5. Kişinin kullandığı el .....	37
2.2.8.6. Elin çıplak olup olmaması durumu .....	37
2.2.8.7. Ateş edilen ortamın durumu .....	37
2.2.8.8. Atış mesafesi .....	38
2.2.9. Ateşli silah atış artıklarını el üzerinden toplama yöntemleri .....	38
2.2.9.1. Parafin Kalıbı Yöntemi .....	38
2.2.9.2. Nitrik Asit (HNO <sub>3</sub> ) Yöntemi.....	39
2.2.9.3. Çözeltiye daldırma yöntemi .....	39
2.2.9.4. Vakum cihazıyla emme yöntemi.....	39
2.2.9.5. Yapışkan yüzey üzerine transfer etme yöntemleri .....	39
2.2.9.6. PVAL (Polivinilalkol) ile Çekme Yöntemi.....	40
2.2.10. Atış yapan elin tetkikinde dikkat edilmesi gereken hususlar .....	41
2.2.11. ICP-MS Sistemi .....	41
3. GEREÇ VE YÖNTEM .....	44
3.1. Yapılan Atışlar.....	44
3.1.1. Atış yapılan ateşli silahın özellikleri.....	44
3.1.2. Atış yapılan merminin özellikleri .....	45
3.1.3. Atış yapılan yerin özellikleri.....	46
3.1.4. Atışın yapılış pozisyonu.....	46
3.1.5. Temizlik prosedürü .....	47
3.1.6. Atışın yapılış şekli.....	48
3.1.7. Atış artıklarını toplama yöntemi .....	48
3.1.8. Atış artıklarını toplarken dikkat edilen kurallar .....	49
3.2. Çalışmada Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması .....	50

3.2.1. %2'lik HNO <sub>3</sub> çözeltilisinin hazırlanması.....	51
3.2.2. İç standart (IS) çözeltilisinin hazırlanması (2 µg/mL Indium ve Gallium).....	51
3.2.3. Kalibrasyon çözeltilerinin hazırlanması .....	51
3.2.4. Numune hazırlama çözeltileri .....	52
3.2.5. Yöntemin Geçerlilik Çalışmaları .....	52
3.3. Atış Artıklarının ICP-MS sistemi ile analizi .....	53
3.3.1. Ön deneysel çalışma .....	53
3.3.2. ASAA örneklerinin hazırlanması ve analizi .....	54
4. BULGULAR .....	58
5.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	74
6. ÖZET.....	82
7. ABSTRACT .....	84
8. KAYNAKLAR.....	86
9.ÖZGEÇMİŞ .....	94



### III. TABLO LİSTESİ

#### Sayfa No

<b>Tablo 1.</b> Sarsılmaz AR-24 marka tabancanın teknik özellikleri (106).....	45
<b>Tablo 2.</b> Çalışmada kullanılan gereçlerin ve kimyasalların adı ve markası .....	50
<b>Tablo 3.</b> Kalibrasyon için kullanılan konsantrasyonlar ve çözelti miktarları.....	51
<b>Tablo 4.</b> ICP-MS sistem parametreleri .....	57
<b>Tablo 5.</b> Analiz yönteminin performans değerleri.....	59
<b>Tablo 6.</b> Geri kazanım ve tekrar edilebilirlik çalışmalarının bulguları .....	60
<b>Tablo 7.</b> Boş plaster için yapılan analiz sonuçları (ng/mL).....	61
<b>Tablo 8.</b> Sağ elle yapılan atışlar sonrası sağ elin dış yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları	61
<b>Tablo 9.</b> Sağ elle yapılan atışlar sonrası sağ elin iç yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları..	64
<b>Tablo 10.</b> Sol elle yapılan atışlar sonrası sol elin dış yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları	66
<b>Tablo 11.</b> Sol elle yapılan atışlar sonrası sol elin iç yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları .	66
<b>Tablo 12.</b> Çift elle yapılan atışlar sonrası, sol ve sağ elin dış ve iç yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL) .....	69
<b>Tablo 13.</b> Sağ elle yapılan atışlar öncesi, sağ elin dış yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları .....	72
<b>Tablo 14.</b> Sağ elle yapılan atışlar öncesi, sağ elin iç yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları	72
<b>Tablo 15.</b> Sol elle yapılan atışlar öncesi, sol elin dış ve iç yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları .....	73
<b>Tablo 16.</b> Çift elle yapılan atışlar öncesi, sol ve sağ elin dış ve iç yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL) .....	73

## IV. ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Uzun namlulu ateşli silah (20) .....	6
Şekil 2. Kısa namlulu ateşli silah (25) .....	8
Şekil 3. Bir fişegi oluşturan bileşenlerin kesitsel görüntüsü (27).....	10
Şekil 4. Çevresel (kenar) vuruşlu mermi ve merkezi vuruşlu mermi (28) .....	11
Şekil 5. 9x19 mm Parabellum tabanca mermisi (34) .....	15
Şekil 6. Sarsılmaz AR-24 marka tabanca.....	44
Şekil 7. MKEK yapımı 9x19 mm Parabellum fişek.....	46
Şekil 8. Atışın yapılış pozisyonu.....	47
Şekil 9. Atış artıklarının toplanma aşaması.....	49
Şekil 10. Atış artığı swap alma seti.....	53
Şekil 11. Atış artıklarının falkon tüplere koyulması .....	54
Şekil 12. Atış artıklarının çalkalayıcıda bekletilmesi.....	54
Şekil 13. Atış artıklarının ultrasonik su banyosunda bekletilmesi .....	55
Şekil 14. ICP-MS cihazı.....	56
Şekil 15. Sb elementi için kalibrasyon eğrisi .....	58
Şekil 16. Ba elementi için kalibrasyon eğrisi.....	58
Şekil 17. Ba elementi için kalibrasyon eğrisi.....	59
Şekil 18. Sağ elle yapılan tek atışlarda sağ el dışından alınan örneklerin sonuçları (ng/mL) .....	62
Şekil 19. Sağ elle yapılan çift atışlarda sağ el dışından alınan örneklerin sonuçları (ng/mL) .....	62
Şekil 20. Sağ elle yapılan üç atışlarda sağ el dışından alınan örneklerin sonuçları (ng/mL) .....	63
Şekil 21. Sağ elle yapılan tek atışlarda sağ el içinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL).....	64
Şekil 22. Sağ elle yapılan çift atışlarda sağ el içinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL) .....	65
Şekil 23. Sağ elle yapılan üç atışlarda sağ el içinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL).....	65
Şekil 24. Sol elle yapılan tek atışlarda sol el dışından ve içinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL).....	67
Şekil 25. Sol elle yapılan çift atışlarda sol el dışından ve içinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL).....	67
Şekil 26. Sol elle yapılan üç atışlarda sol el dışından ve içinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL) .....	68
Şekil 27. Çift elle yapılan tek atışlarda sol ve sağ elin dışından ve içinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL).....	69
Şekil 28. Çift elle yapılan çift atışlarda sol ve sağ elin dışından ve içinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL).....	70
Şekil 29. Çift elle yapılan üç atışlarda sol ve sağ elin dışından ve içinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL).....	70

## V. KISALTMALAR LİSTESİ

$\mu$	: Mikron
$\mu\text{m}$	: Mikrometre
$\mu\text{g}$	: Mikrogram
ng	: Nanogram
yy	: Yüzyıl
mm	: Milimetre
mg	: Miligram
cm	: Santimetre
ppb	: Milyarda bir (parts per billion)
ppm	: Milyonda bir (parts per million)
AAS	: Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre
AAAS	: Alevsiz Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre
ICP-AES	: İndüktif Eşleşmiş Plazma- Atomik Emisyon Spektroskopisi
SIM	: Taramalı İyon Mikroskobu
IMS	: İyon Hareketlilik Spektroskopisi
ICP-OES	: İndüktif Eşleşmiş Plazma- Optik Emisyon Spektrometresi
XRF	: X Işını Floresans
AFM	: Atomik Kuvvet Mikroskobu
ASV	: Anodic Stripping Voltammetry
PIXE	: Proton Induced X-Ray Emisyon
DPA	: Diphenylamine
EC	: Etil Centralite
LA-ICP-MS	: Lazer Aşındırılmalı- İndüktif Eşleşmiş Plazma- Kütle Spektrometresi
GMV-GC-MS	: Capillary Microextraction of Volatiles- Gas Chromotography-Mass Spektrometry
LIBS	: Laser Induced Breakdown Spektroskopy
MPT-MS	: Microwave Plasma Torch-Mass Spektrometry
EDXA	: Enerji Dağılımlı X-Işını Analizörü
MKEK	: Makine Kimya Endüstrisi Kurumu
NAA	: Nötron Aktivasyon Analizi
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
WDXA	: Dalgaboyu Dağılımlı X-ışını Analizörü
ASAA	: Ateşli Silah Atış Artığı

NAA : Nötron Aktivasyon Analizi  
SEM/EDX : Taramalı Elektron Mikroskobu / Enerji Dağılımlı X-Işını Analizörü  
ICP-MS : İndüktif Eşleşmiş Plazma- Kütle Spektrometresi  
LOD : Gözlenebilme Sınırı  
LOQ : Tayin Sınırı  
EDTA : Etilendiamin tetraasetikasit



## 1.GİRİŞ VE AMAÇ

Silahların tarihi insanlık tarihine kadar dayanmaktadır. Tarih boyunca insanlar medeniyetlerinin gelişmesine paralel olarak silahlarını da geliştirmişlerdir. Ateşli silahlar günümüze kadar birçok değişimler geçirerek modern otomatik silahlar haline gelmiştir. Her geçen gün değişik model silahların ve bunların mermilerinin imalatı, cephane bileşimindeki gelişmeler, balistik bilimi ile uğraşanları yeni yayınları takip etmeye, gerekli cihazları edinmeye ve mümkün olduğu kadar geniş bir silah ve mermi koleksiyonuna sahip olmaya zorlamaktadır (1).

Ateşli silahların karıştığı bir olayın araştırılmasında ateşli silah atış artıklarının (ASAA) araştırılması oldukça önemlidir. Ateşli silahların kullanıldığı kriminal bir olayda, tanık ve sanık ifadelerinin gerçeklerle örtüşüp örtüşmediği, adaletten gizlenen unsurların olup olmadığı konularında atış artıkları ve nitelikleri, olayda kullanılan ateşli silahın türü, fişğin çeşidi, atış mesafesi ve atış yönü, soruşturmacıya ipuçları sunar (2). Bu nedenle ASAA olay yeri incelemeleri için önemli bir delil, kriminal laboratuvarları için ise sürekli araştırılması ve hakkında çalışmalar yapılması gereken bir konudur.

Ülkemizde adli olaylarda ateşli silahlar sıklıkla kullanılmaktadır. Emniyet Genel Müdürlüğü Özel Güvenlik Daire Başkanlığı 2017 verilerine göre ülkemizde bireysel silahlanma ile ilgili olarak, yıllara ve nüfus artışına bakıldığında ülkemizde ruhsatlı silah sayılarında azalma meydana geldiği görülmektedir. Örneğin 2015 yılında polis sorumluluk bölgesinde 100.836 adet silah ruhsatı verilmiş iken; 2016 yılında bu rakam 84.268'e düşmüştür. Eylül 2017 tarihi itibarıyla da 63.453 adet silah ruhsatı verilmiştir. Emniyet kaynaklarına göre, 2016 yılı Bireysel Silahlanma Raporunda, yıllara ve nüfus artışına bakıldığında ülkemizde ruhsatlı silah sayılarında azalma meydana geldiği görülmektedir.

Örneğin 2015 yılında polis sorumluluk bölgesinde 99.421 adet silah ruhsatı verilmiş iken 2016 yılında bu rakam 70.407'ye düşmüştür (3). Ancak, ruhsatlı silah sayısındaki düşüşün nedeni açıklanmamaktadır. Oysa yukarıdaki rakamlar, bireylerin, ruhsatlı silahlar yerine ruhsatsız silahlara yöneldiğini ve durumun kaygı verici boyutlara ulaştığını düşündürmektedir. Çeşitli ülkelerdeki ruhsatlı silahların toplam nüfusa oranlarına bakıldığında, Finlandiya %8, İsveç %6.7, İspanya %4.5, Polonya %4.1, Çek Cumhuriyetinin %3'tür. Ülkemizde ise bu oran yaklaşık %3 civarındadır (3).

FBI kaynaklarına göre bir yılda ortalama 2 milyon suç bildirilmiştir. Bu ırza geçme, soygun, saldırı vb suçlardan 582.000'i ateşli silahların yer aldığı suçlardır ve %86'sı tabanca tipi ateşli silahla gerçekleştirilmiştir. Bu rakamlara bakıldığında ateşli silahlarla işlenen suçların vahamet derecesi daha net anlaşılmaktadır. Dolayısıyla kriminal laboratuvarlarda en sık incelenen bulgular ateşli silahların kullanıldığı olaylara ait delillerdir (4).

ASAA'nın ölçümü ve niteliklerinin belirlenmesinde genel olarak, Dermal Nitrat Testi (5), Modifiye Griess Testi (5, 6), Sodyum Rodizonat Testi (7,10), Elektron Mikroskopik Görüntüleme Tekniği (5, 8), Görüntü Analizi Yöntemi (9,11), Alevsiz Atomik Absorpsiyon Spektrofotometri (AAAS) (5, 12, 13, 14), Nötron Aktivasyon Analizi (NAA) (15) kullanılan yöntemlerdir. Son yıllarda, nitrit-nitrat iyonlarının araştırılması (Dermal Nitrat Testi) yerine, görece spesifik sonuçlar sağladığı bildirilen metal iyonlarına ait veriler kullanılmaktadır (5,10).

Ateşli silah yaralanmalarında; atış mesafesi, atışın yönü, atışı yapan kişinin ve silahın tespiti araştırmacıları en çok meşgul eden konular arasında yer almaktadır. Olayın cinayet, kaza ya da intihar olup olmadığı bu konuların etraflıca tetkiki sonucu ortaya çıkartılabilir. Bu nedenle bu konuda çalışan araştırmacıların ateşli silahları, mermilerini, ASAA'nın oluşum mekanizmalarını, bunları tespit yöntemlerini çok iyi bilmeleri gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında ise diğerlerinden farklı olarak, ülkemizde ilk kez Makine Kimya Endüstrisi Kurumu (MKEK) tarafından üretilen 9x19mm Parabellum fişekleri kullanılarak yapılan atışlarda el üzerinde kalan atış artıklarının İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS) yöntemi ile tespiti amaçlanmıştır. Bu çalışmada, balistik çalışmalarına toplu bir bakış yapıldıktan sonra, ASAA'nın ICP-MS cihazı ile analizinin yapılması ve verilerin değerlendirilmesi yapılmıştır.



## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Balistik

Ateşli silahlarla meydana gelen olaylarda; atış mesafesi, atışın yönü, ne tür silah ve cephane kullanıldığı, olayın cinayet, kaza ve intihar olgularından hangisinin olduğu sorularına cevap verebilmek için balistik konusunun iyi bilinmesi gerekmektedir.

Bugünkü anlamı ile balistik, 1800'lü yılların ortalarında ortaya çıkmıştır. Bu tarihlerde belirlenen prensipler daha sonraki yıllarda giderek geliştirilmiş ve 20.yy'da balistik, bir bilim dalı olarak ortaya çıkmıştır (5,10).

#### 2.1.1. Balistiğin disiplinleri

Balistik, mermi hareketini inceleyen bilim dalıdır ve genel olarak üç ana bölüme ayrılır: iç balistik, dış balistik ve terminal balistik.

**a) İç Balistik (İnternal Balistik):** Ateşli silahın tetiğinin çekilişinden, mermi çekirdeğinin namlu ağzını terk edinceye kadar geçen sürede olan olayları, mermi kovanı ve çekirdeğinin durumunu inceler. 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.

Ateşlenme sırasında kovandaki sıcaklık 5200 °F (~2870°C) değerine kadar ulaşır ve mermi çekirdeğinin tabanına inç kare başına 25 ton değerine kadar (barutun özelliklerine bağlı olarak) ulaşabilen bir basınç uygulanır.

**b) Dış Balistik (Eksternal Balistik):** Mermi çekirdeğinin namluyu terk edişinden hedefe çarpıncaya kadar geçen zaman içinde olan olaylarla yani mermi çekirdeğinin yörüngesi ve bu yörünge üzerindeki hareketi ile ilgilendir. Hava direnci, yerçekimi etkisi,



mermi çekirdeğinin düşüşü, sapması ve dengesi gibi konular dış balistiğin konuları arasında yer alır.

c) **Terminal Balistik:** Mermi çekirdeğinin hedefe çarpışından duruncaya kadar yaptığı; delme gücü, enerjisini çarptığı cisme iletmesi gibi etkilerle ilgilendir.

Balistik, yukarıda bahsi geçen üç ana bölüm dışında yara balistiği ve adli balistik alanlarını da içermektedir.

**Yara Balistiği:** Terminal balistiğin, insan ve hayvanlarda meydana gelen yaralarla ilgili olan bölümüne yara balistiği denir. Yara balistiği, mermi çekirdeğinin dokulara etki etme gücü ve yaranın şiddeti ve görünüşü ile ilgilidir (1).

**Adli Balistik:** Ateşli silahlarda kullanılmış mermi çekirdekleri ve kovanların incelenmesi sonucunda belli bir silahtan atıldığını tespit ederek, olaya karışmış diğer silahların ayırımını araştırır. Saçmaların ve barut artıklarının dağılış şekline atış mesafesi tayinini yapar (5).

## 2.2. Ateşli Silahlar

Barutun yanmasından meydana gelen mekanik bir kuvvetle içerisinde bulunan sert cisimleri belirli mesafelere kadar gönderip orada bir iş meydana getiren aletlere ateşli silah denir (16). Ateşli silah, barut gaz basıncının etkisi ile mermi veya mermi çekirdeği denilen, özel şekil ve nitelikteki maddeleri uzak mesafelere atan büyük toplardan, av tüfeği, tüfek ve tabancaya kadar farklı tür ve boyutlardaki silahlara denir (17,18).

İlk çağlarda kendini koruma amacıyla taş, sopa, mızrak, ok, kılıç kullanmaya başlayan insanlar, barutun keşfi ile ateşli silahlara yönelmişlerdir. Gelişen teknoloji ile birlikte silah çeşitleri artmış, buna paralel olarak silah sahibi olma dürtüsü daha yaygın hale gelmiştir. Günümüzde silah kullanımı öyle bir hal almıştır ki son yıllarda ateşli silah yaralanmaları

“epidemi”, “bir hastalık” ve “önlenebilir bir halk sağlığı sorunu” olarak tanımlanmaktadır. Dünyada 15-44 yaş grubu ilk beş ölüm nedeni arasında ateşli silah ölümleri yer almaktadır (19).

### **2.2.1. Ateşli silahların türleri**

Ateşli silahlar genel olarak iki ana başlık altında toplanırlar: ağır ateşli silahlar ve hafif ateşli silahlar. Ağır ateşli silahlar, birden fazla kişi tarafından veya çeşitli vasıtalar yardımıyla kullanılabilen ağır silahlardır. Bunların tahrip gücü yüksek, menzilleri de uzundur. Hafif ateşli silahlar, bir kişi tarafından kullanılan daha az tahrip gücüne sahip ateşli silahlardır (6). Bu çalışmada buradan itibaren ateşli silahlar ifadesi hafif ateşli silahları tanımlamak için kullanılacaktır.

### **2.2.2. Ateşli silahların sınıflandırılması**

Ateşli silahlar namlu boylarına göre iki gruba ayrılırlar.

#### ***2.2.2.1. Uzun namlulu ateşli silahlar***

Şekil 1’de uzun namlulu silahlara bir örnek gösterilmektedir.



**Şekil 1.** Uzun namlulu ateşli silah (20)

### ***2.2.2.1.1. Harp tıftekleri***

Yivli namluya sahiptirler ve diğer ateşli silahlara göre (tabancalar ve av tıftekleri) menzilleri daha fazladır (azami menzilleri 4000 m'ye yakın). Genellikle ordular tarafından kullanılan silahlar olup namluları yivlidir (21). Gerek mermilerdeki özellikler, gerekse uzun namlulu yivli olmaları nedeniyle oldukça etkili silahlardır. Bu yüzden bu silahlara yivli silahlar denmektedir. Silahın kalibresi karşılıklı iki set arasında kalan mesafe ile ölçülmektedir. Bunlardan atılan mermilerin kinetik enerjileri çok yüksektir. Hızı saniyede 2400-4000 feet civarındadır (22- 24).

### ***2.2.2.1.2. Av tıftekleri***

Bu silahlar namlularına göre yivli ve yivsiz olmak üzere iki türdür. Yivli olanlar mermi atarken diğerleri saçma, tek küresel veya tek silindirik kurşun atmaktadır (16).

## ***2.2.2.2. Kısa namlulu ateşli silahlar***

### ***2.2.2.2.1. Toplu tabancalar***

ABD'de 1857 yılından itibaren üreilmeye başlanmıştır. Eski yıllardan günümüze kadar çeşitli çaplarda çok değişik modelleri imal edilmiştir. Yaygın olarak kullanılan toplu tabancalar, 1935 yılında 357 modelini, 1952 yılında 44'lük modeli ve 1988'de 40 Smith & Wesson modelini geliştirmiştir (18).

### ***2.2.2.2.2. Tek atış tabancalar***

Bu tabanca türünde yapılan atışlardan sonra, tekrar el ile doldurulması gerekir. Tek mermi atacak şekilde üretilmiş eski moda tabancalardır.

### 2.2.2.2.3. Otomatik Tabancalar



**Şekil 2.** Kısa namlulu ateşli silah (25)

Şekil 2’de gösterilen kısa namlulu tabancalar günümüzde en çok kullanılan tabanca modelidir. Bu tür tabancalarda, ilk dolduruş atıcı tarafından yapılır ve tetiğin çekilmesiyle birlikte silah atış yaparak boş kovan dışarı atılıp, tekrar şarjörden fişek alır. Otomatik tabancalar ikiye ayrılır.

- *Yarı otomatik tabancalar:* İlk dolduruşu atıcı yapar ve her atış için ayrı tetik çekilmesi gereken tabancalardır. Namlu uzunluğu fişek yatağı hariç 30cm’yi ve tüm uzunluğu 50cm’yi geçmeyen, dumanlı veya dumansız barut ile mermi, saçma veya diğer nesnelere atabilen, belirli bir çapta namluya uygun imal edilmiş ateşli silahlardır (18).
- *Tam otomatik tabancalar:* Tam otomatik tabancalarda ilk dolduruşu atıcı yapar ve tetiğin bir kez çekilmesiyle birlikte, silahın şarjörleri bitene kadar atılır. Barut gazının geri tepmesiyle çalışır. Bu tabanca türünde tetik bir kez çekilir ve fişek bitene kadar tetik çekili kalır (18).

#### **2.2.2.2.4. Makineli tabancalar**

Tam otomatik tabancalar gibi makineli tabancalar da barut gazının geri tepme etkisiyle çalışır, 9x19mm parabellum fişek kullanan, tek tek ya da seri ateş edebilen, sabit namlulu, yarı ve tam otomatik olarak çalışan tabancalardır. Bu tabancalarda 20 veya 30 kapasiteli şarjörler kullanılır (18).

#### **2.2.3. Ateşli silahların çalışma sistemleri**

Ateşli silahta fişek yatağında bulunan mermiye, tetik ile düşürülen iğnenin çarpması sonucu alev alan ateşleyicinin, kovan içinde bulunan barutu tutuşturması sonucu, fazla miktarda oluşan barut gazlarının yaptığı yüksek basınç etkisiyle, mermi çekirdeğinin namlu içinden hızla ileri fırlamasıdır. Tüm ateşli silahlar bu sistem üzerine çalışmaktadır. Etki güçlerini artırmak için, ateşleme sistemleri, çapları, namlu boyları ve mermileri değişik olan çok sayıda ateşli silah üretilmektedir. Bir silahın otomatik olarak çalışması sırasındaki kavramlar; besleme, doldurma, kilitleme, ateşleme, boşaltma ve kurma olarak sıralanabilir (26).

#### **2.2.4. Ateşli silah mermi kısımlarının incelenmesi**

Ateşli silahların kullanıldığı olaylarda; atış mesafesi, atış yönü ve atış yapan kişinin belirlenmesi gibi soruların cevaplanabilmesi için silahın ateşlenmesi ile çevreye yayılan kapsül içeriği, barut, çekirdek, kovan ve namlu iç yüzeyinden kaynaklanan artıkların araştırılması büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle ateşli silah mermisinin yapısının iyi bilinmesi gerekmektedir. Şekil 3'te bir fişegi oluşturan parçaların kesitsel görüntüsü ayrıntılı biçimde verilmektedir.



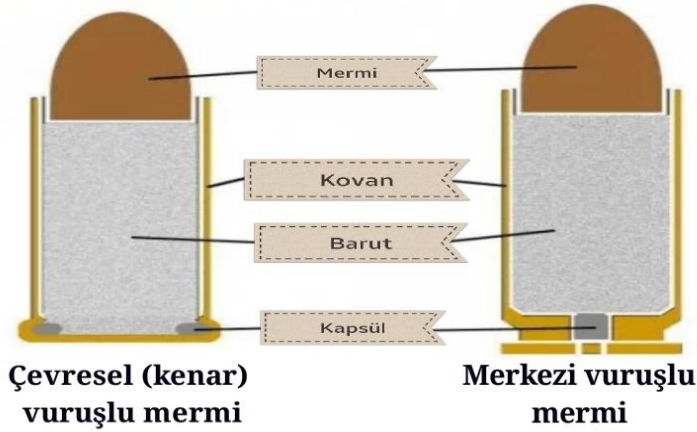
**Şekil 3.** Bir fişegi oluşturan bileşenlerin kesitsel görüntüsü (27)

#### **2.2.4.1. Kovan**

Şekil 3'te tabancaya ait kovan kesiti gösterilmiştir. Taban kısmında kapsül bulunur, mermi çekirdeği ve barutun yerleştirildiği sıklıkla pirinçten imal edilen (%70 bakır, %30 çinko) silindir şeklindeki metal bölümdür. Tabanında genellikle merminin çapını bildiren rakam bulunur. Ayrıca markasını ve tipini belirten yazı ve semboller de bulunabilir. Sellier Bellot (S&B), 9 mm LUGER gibi (1).

#### **2.2.4.2. Kapsül**

Şekil 3'te gösterildiği gibi, kovanın dip kısmında bulunan tablada yer alır. Kendisine çarpan iğnenin etkisiyle oluşan alevle barutun yanmasını sağlar. Kapsülün durumuna göre mermiler ikiye ayrılmaktadır.



**Şekil 4.** Çevresel (kenar) vuruşlu mermi ve merkezi vuruşlu mermi (28)

- *Merkezi vuruşlu mermiler:* Şekil 4'te gösterildiği gibi bu tür mermilerde kapsül, kovan tablasının ortasında ayrı bir bölüm olarak bulunmaktadır. Bu tür mermilerde genellikle iki tip kapsül kullanılır. Boxer kapsülü; geniş tek bir alev deliğine sahiptir. Amerika Birleşik Devletleri'nde sıklıkla kullanılmaktadır. Berdan kapsülü; adını mucidi olan Amerikalı Albay Hiram Berdan'dan alır. Bu kapsülde iki adet alev kanalı bulunur, daha çok İngiltere ve Avrupa'da kullanılır (29).
- *Çevresel (kenar) vuruşlu mermiler:* Bu tür mermilerin kovan tablasında ayrıca bir kapsül bölümü yoktur. Şekil 4'te gösterildiği gibi kapsül bileşimi tablanın kenarında (iç kısmında) yer almaktadır. Atış sırasında ateşleme iğnesi kovan tablasının kenarına çarpar ve ateşleme bu şekilde meydana gelir. Bu tür kapsüllere en fazla 22 kalibrelik mermilerde rastlanmaktadır.

Kapsüllerde daha önce, '*civa fulminant*' kullanılmaktayken uzun süre kullanılmadan bekletilen mermilerde bozulma ve kovanın yapısındaki pirinç ile etkileşime girmesi nedeniyle artık kullanılmamaktadır. Kapsüllerde genellikle baryum (Ba), kurşun (Pb), antimon (Sb) kullanılmaktadır (30).

### 2.2.4.3. Barut

Kovanın içerisinde kapsül ile çekirdek arasında yer almaktadır. Kolay alev alan bu madde, kapalı ortamda yandığında ilk hacminin çok üzerinde gaz oluşturması nedeni ile meydana getirdiği basınçla çekirdeğin hızla fırlatılmasını sağlar. Şekil 3'te tabancaya ait barut görseli bulunmaktadır. Küresel, çubuk, tek delikli, çok delikli, pul vb şekillerde bulunabilirler. Özellikle delikli barutlar barutun yanma hızını ayarlamak için yapılırlar, ayrıca yanma hızı ayarlaması için barutun kimyasal kompozisyonunda değişiklikler yapılabildiği gibi grafitle kaplanarak yanma geciktirilir. Bileşimi açısından iki türü bulunmaktadır (1).

- *Kara (dumanlı) barut:* Kömür, kükürt ve güherçileden oluşmaktadır (oranları yaklaşık olarak sırayla, %15, %15, %70). Yandığında çok fazla artık bırakır ve ilk hacminin ortalama 300 katı kadar gaz meydana getirir. Kapalı ortamda çabuk yanar. Oluşan gaz artıkları arasında; karbon monoksit, kükürlü hidrojen, azot, karbon dioksit ve metan; katı atıkları içerisinde de; potasyum karbonat, potasyum sülfat, potasyum sülfür, potasyum sülfosiyanür, potasyum nitrat, kükürt ve karbon yer almaktadır. Silahlarda günümüzde artık bazı av tüfekleri ve toplu tabancalar dışında kullanılmamaktadır (1).
- *Beyaz (dumansız) barut:* Tek bazlı ve çift bazlı olmak üzere iki türü vardır. Tek bazlı olanların ana maddesi nitroselülozdur. Çift bazlı ise, esas olarak nitroselüloz ve nitrogliserin ihtiva etmektedir (29).

### 2.2.4.4. Mermi çekirdeği

Şekil 3'te gösterildiği gibi, kovanın üst kısmında, barutun üzerinde bulunan ve hedefe giderek tahribatı yapan bölümdür. Sadece kurşun (Pb) veya sertleştirmek amacı ile kalay (Sn) ya da antimon (Sb) ilave edilen çekirdeğe gömleksiz mermi çekirdeği, kurşun üzerine nikel, krom, bakır gibi elementler ile kaplanmış çekirdeğe gömlekli mermi çekirdeği denilmektedir. Gömlek kalınlığı 0.4-0.8 mm kadardır. Yarı gömlekli, çukur uçlu, tapa şekilli gibi pek çok



tipde olanları vardır. Bazı gömleksiz mermi çekirdekleri çok ince bir bakır tabakası ile kaplanmıştır (yaldızlanmıştır). Bunun kalınlığı 0.005 mm kadardır (1,5,10,30).

Silah ateşlendiğinde mermi namludan bir ilk hızla çıkar. Bu ilk hız silahtan silaha farklılık göstermektedir. Silahların namlularında bulunan yivler mermiye, namluyu hızla terk ederken kendi eksenini etrafında dönme dolayısıyla, daha düzgün gidip daha etkin olma özelliğini kazandırmaktadır. Namlu içindeki yivlerin dönme istikametleri bazı silahlarda soldan sağa, bazı silahlarda ise sağdan sola doğrudur. Silahların namlularındaki yivlerin adedi 2 ile 20 arasında olabilirse de genellikle 6 adettir. Bir silahın çapı denildiğinde, karşılıklı iki set arasındaki uzaklık anlaşılır. Çapı ya mm cinsinden (7.65 mm gibi) ya da inç'in ondalık değer değeri cinsinden (45 kalibre gibi) ifade edilir (6). Av tüfeklerinde ise çap, silahın çapına uygun Pb kürelerden kaç tanesinin 1 pound ettiğine göre adlandırılır. 12'lik av tüfeği denildiğinde bu tüfeğin çapına uygun 12 tane Pb kürenin ağırlığı 1 pound ediyor anlamı taşımaktadır. Buna göre 12'lik av tüfeğinin çapı 20'lik olanın çapından daha büyüktür. Yani rakam ile çapının büyüklüğü ters orantılıdır. Av tüfeklerinin bu adlandırılmalarının tek istisnası .410'luk olanlarıdır. Bunların poundla bir ilgileri olmayıp inç'in ondalık değeri cinsinden ifade edilmişlerdir (16).

Olay yerinde bulunan boş kovan ve çekirdeklerin hangi silahtan atıldıkları, tek bir silaha ait olup olmadıkları, ya da elde mevcut silahtan atılıp atılmadıkları gibi sorular balistik bilimi tarafından cevaplandırılır (6). Eğer ortada sadece kovanlar veya çekirdekler var ve bunların aynı silahtan atılıp atılmadığı soruluyorsa, silahın ateşleme sırasında bunların üzerinde bıraktığı izler (kovanlar için iğnenin vurmasından meydana gelen çukur, tabla izleri, çıkartıcı izleri, çekirdekler için ise yiv izleri) mukayese mikroskoplarında incelenir. Elimizde silah mevcut ve kovan ya da çekirdeğin bu silahtan atılan mermilere ait olup olmayacağı soruluyorsa, bu silahla yapılan deneme atışlarından elde edilen kovan ve çekirdekler ile olay yerinden gönderilenler mukayese edilir. Burada yivlerin dönüş istikametleri önemlidir. Eğer

elimizdeki silahın yiv ve dönüş istikameti soldan sağa, olay yerinden gönderilen mermi çekirdeği üzerindeki yiv dönüşleri sağdan sola ise diğer incelemelere gerek kalmadan bu çekirdek elimizdeki silahın ateşlenmesiyle elde edilmemiştir deriz. İlk bakılacak husus silah ve mermilerin çaplarının birbirlerine uyup uymadıklarıdır (31,32).

## **2.2.5. MKEK yapımı mermilerin yapısı**

### ***2.2.5.1. Tarihçe***

MKEK, 15. yüzyıl Osmanlı İmparatorluğu dönemine kadar inebilen tarihi bir geçmişe sahiptir. Fişeksan Anonim Şirketi, MKEK'na bağlı hafif silah mühimmatı üretimi yapmakta olan ilk ve tek kuruluştur. I. Dünya Savaşı'nda İstanbul'un işgali sırasında kapatılan fabrikanın birçok parçası Ankara'ya taşınmış ve fişek ıslahı amacıyla kullanılmıştır. 1926'da Almanya'dan 225 adet tezgah alınarak 1928 yılında Ankara Hipodrom'da bir fişek fabrikası kurulmuş, İstanbul Silahtarağa'daki tabanca fişeği üretim tezgahları da 1940'da bu fabrikaya nakledilmiştir. Fakat fabrika ordunun gereksinimlerine yanıt vermeyince 1955'te yeni fabrikanın temeli atılmış, 1957 yılında Gazi Fişek Fabrikası adıyla üretime başlamış, 1990'dan itibaren Fişeksan adı altında üretimini halen sürdürmektedir (33).

Makine Kimya Endüstrisi Kurumu sırasıyla:

- Tophane-i Amire Müşirliği
- Tophane-i Amire Nazırlığı
- İmalat-ı Harbiye Müdüriyeti Umumiyesi
- 1923 yılında Askeri Fabrikalar Umum Müdürlüğü
- 1950 yılından bu yana da MKEK adı altında iktisadi ve ticari çalışmalarını sürdüren bir kuruluş olarak günümüze kadar gelmiştir (33).

### 2.2.5.2. MKEK tarafından üretilen bazı mermiler ve özellikleri



Şekil 5. 9x19 mm Parabellum tabanca mermisi (34)

- 7.65mm Browning: 1897’de John Browning tarafından geliştirilmiştir. Araştırmalar, 1900 yılından beri silahların %75’inin bu mermiye göre üretildiğini ortaya koymuştur (18).
- 9mm Browning: 1908 yılında 38 kalibre otomatik tabanca için Colt tarafından üretilmiş olup, tamamen gömlekli, standart çekirdek ağırlığı 6.15g ve ilk hızı 270m/s’dir.
- 9mm Parabellum: Alman George Luger tarafından 1902 yılında geliştirilmiştir. Gerçekte 7.65mm parabellum merminin, 9mm çekirdek ile üretimidir. Uluslararası askeri mermi niteliğindedir. Ülkemizde MKEK tarafından FN standartlarına göre ilk hızı 375m/s olan tek renk 9x19mm mermileri üretilmektedir (Şekil 5) (18).

MKEK tarafından imal edilen mermilerde Boxer tipi kapsül kullanılmaktadır. MKEK yapımı tabanca fişeklerine ait kapsülün içeriğinde bulunan kimyasal bileşimler şöyledir:

- 1- Kurşun stıfnat (9mg)-(Asetik asit, Sodyum hidroksit, Trinitro rezorsin (Trisin), Kurşun II nitrat)
- 2- Tetrasen (0.1mg)-(Amino guanidin sülfat, Sodyum nitrit)
- 3- PETN (Pentoerythrite tetranitr)
- 4- Timol
- 5- Jelatin

- 6- Antimon sülfür
- 7- Baryum nitrat
- 8- Arap zankı
- 9- Gam taragagant

MKEK mermilerinde kapsül ve kovan, %70 bakır ve %30 çinkodan oluşan pirinçten yapılmıştır. Mermi çekirdeğinin gömleği pirinç, içi ise Pb ve Sb alaşımıdır (33, 35).

MKEK mermilerinde kullanılan barutların kimyasal kompozisyonu şöyledir:

<u>Tabanca mermi barutu</u>	<u>7.62mm mermi barutu</u>
Nitroselüloz	Nitroselüloz
Potasyum nitrat	Nitrogliserin
Difenil amin	Difenil amin
	DNT, TNT
	Potasyum bitartarat
	Diamil ftalat ve grafit tozu.

Son yıllarda farklı içeriklerde kapsüller imal edilmeye başlanmıştır. Bunlar içerisinde 1980’li yıllarda üretilen, kapsül içeriğinde Pb bulunmayan Sintox tipi mühimmatların kapsül içeriğinde; %15 diazodinitrophenol, %3 tetracene, %50 çinko peroksit, %5 40 mikron titanyum tozu, %27 nitrosellüloz bulunmaktadır (5, 35).

#### **2.2.6. Ateşli silah atış artıkları**

Bir ateşli silahla atış yapıldığında, kullanılan merminin kısımlarından kaynaklanan birtakım artıklar oluşur (1). Bu artıklar, atışı yapan kişinin derisinde veya elbiseleri üzerinde olabilir, ayrıca kurbanın üzerindeki mermi giriş deliği çevresinde veya herhangi bir hedef

üzerinde bulunabilir. Organik ve inorganik bu maddeler ateşli silah atış artıkları (ASAA) olarak adlandırılır. ASAA, olayın oluş şekli hakkında bilgi edinilmesini sağlar.

Bir silahla ateş edilip edilmediğini anlamak için o silahın namlusundan pamuk geçirilip, bu pamuk üzerinde nitrit ve nitrat tepkimeleri incelenir. Eğer kullanılan barut kara barut ise atışı takip eden ilk saatlerde namludan kükürtlü hidrojenin karakteristik kokusu gelebilir. Eğer silah açık havada ise koku çabuk kaybolur (31,32,36).

ASAA, atış mesafesinin, mermi çekirdeği giriş-çıkış deliğinin ve kişinin silahı ateşleyip ateşlemediğinin belirlenmesinde kullanılır (37). Meskun mahalde ateş etme, yaralanma, öldürme ve intihar gibi ateşli silahların kullanıldığı olaylarda, olaya karışan veya ateş eden şahısların giysileri üzerindeki ve söz konusu şahısların belirli bir süre içerisinde alınan el ve yüz svapları üzerindeki ASAA'nın tespiti bu tür olayların aydınlatılması bakımından önemli delillerdir. Bir ateşli silah ile atış yapıldığında, kullanılan merminin çeşitli bölümlerinden kaynaklanan birtakım artıklar oluşur. Bunlar yardımıyla olayın oluş şekli hakkında önemli bilgiler elde edilebilir. Bu artıklar şunlardır:

**a) Alev:** Bir silah ateşlendiğinde namlusunun ucundan, esas olarak barutun yanmasıyla oluşan alev çıkar. Alevin ulaşabileceği mesafe yaklaşık olarak 5-10 cm arasındadır. Yakınlığına bağlı olarak, cilde ulaştığında 1.veya 2.derece yanıklar meydana getirebilir, kıllı bölgelerde kılları yakar. Benzeri şekilde giysi liflerini de yakar (1).

**b) Gazlar:** Barutun yanması sırasında oluşan sıcak gazlardır. Bunların arasında karbon monoksitin atış mesafesi tayini açısından ayrı bir önemi vardır. Namludan çıkınca 2-3 cm gibi kısa bir mesafe sonra dağılan bu gazlar, bitişik ve bitişğe yakın atışlarda cilt altı dokularına ulaşırlar. Burada karbon monoksit kandaki hemoglobin ile birleşerek karboksihemoglobin, kastaki miyosinle birleşerek karboksimiyoglobin oluşturur. Bunlar giriş yarası çevresinde

parlak kırmızı renkli bölgeler meydana getirirler. Bazı tip silahlarda bu oluşuma 30 cm mesafeye kadar yapılan atışlarda da rastlanmaktadır (35).

*c) İs:* Yanmakta olan baruttan oluşan karbonlu atıklar namlu içine sürünerek dışarı çıkarlar ve is olarak adlandırılırlar. Rengi mermide kullanılan barutun tipine göre değişiklik gösterir. İsin rengi kara barutta siyah, beyaz barutta yeşilimsidir. Kara barut kullanılarak yapılan atışlarda is, beyaz barut kullanılarak yapılan atışlardan daha uzaklara kadar ulaşır. İs, 2.5-25 cm arasında hedef üzerinde, diğer ince şekilli partiküllerle birlikte çiçek şeklinde bir görünüm verebilir. Namlu uzunluğu 15 cm'yi geçen silahlarda bu görünüm bozular. 25 cm'den daha uzun namlularda iyice zayıflar, dağılır (10, 38, 39).

*d) Barut parçacıkları:* Atış sırasın da mermide bulunan barutun tamamı yanmaz. Barutun eski, nemli oluşu bunun başlıca sebebidir. Yanmamış ve kısmen yanmış barut parçacıkları namlu ucundan bir koniyi andıran şekil oluşturarak hızla çıkarlar (40). Ayrıca otomatik silahlarda boş kovan atma bölümünden, toplu tabancalarda top ile çerçeve arasındaki boşluktan (çok az olsa da) çıkarak çevreye ve atış yapan ele bulaşırlar. Kısa namlulu silahların, yaklaşık 40-50 cm mesafede hedef üzerinde kümeleşmeleri görülebilir (41).

*e) Kirler:* Silah ateşlendiğinde namlu içinde sürtünerek ilerleyen mermi çekirdeği yivler arasına yerleşmiş olabilen yağ, is ve pası da üzerine alıp namludan çıkar ve hedefe girerken bu kirler giriş deliğinin çevresine bulaşır. Bu koyu gri siyah arasında renkteki ize silinti halkası denir. Silinti halkası, ilk birkaç atıştan sonra, artık namlu içinden geçen mermi çekirdekleriyle temizlendiği için oluşmamaktadır (5,6,10).

*f) Metaller:* Esas olarak kapsüldeki elementlerden kaynaklanır. Atış sırasında buhar haline gelen bu elementler (çoğunlukla Pb, Ba ve Sb) namlu ucundan bir buhar halinde çıkarlar. Buhar halindeki bu artıklar 7.65 mm çaplı mermiler kullanıldığında 40-50 cm mesafedeki hedefler üzerinde kümeleşme gösterebilirken, farklı çap ve tipte mermiler ile yapılan atışlarda bu görünümü daha uzak mesafedeki hedeflerde görmek mümkündür. Ayrıca

otomatik silahlarda boş kovan atma bölümünden, toplu tabancalarda top ile çerçeve arasındaki boşluktan (çok azda olsa) çıkarak çevreye ve atış yapan ele bulaşırlar. Ayrıca mermi çekirdeği namlu etkileşimi sırasında ortaya çıkan kurşun, antimon, bakır, nikel gibi metaller de partiküller halinde namlu ucundan hızla çıkarlar. Bir de tabanı açık, içi kurşun olan mermi çekirdeklerinin tabanından bir miktar kurşun da buharlaşarak bu artıklara eklenir (29,31,36,42). Bir ateşli silah ateşlendiği zaman hedefte bıraktığı artıkları etkileyen faktörler; namlu uzunluğu, atış uzaklığı, barutun tipi, barutun yanma hızı, barutun ağırlığı, silahın çapı, hedefin yapısı, namlu hedef açısı, kapsülün tipi-büyüklüğü, silahın tipi ve ortamın fiziksel durumudur (9, 36,43,44). Atış mesafesi ve ASAA tayininde göz önüne alınacak kriterlere temel teşkil eden elementlerin çeşitlilik göstermesi, kullanılacak yöntemlerin seçiminde ve deney sonuçlarının yorumlanmasında son derece dikkatli olunmasını gerektirmektedir.

Ateşlenen bir silahın namlusundan çıkıp hedef üzerine (hedefin yakınlık derecesine bağlı olarak) ulaşabilen birtakım artıklar vardır. Olayın kaynağını belirleme çalışmalarında faydalanılan bu artıklar arasında, mermi kovanında bulunan barutun yanması sonucunda oluşan gaz basıncı ile hedef üzerine ulaşabilen barut artıkları önemli bir yere sahiptir (45).

Kapsülün bileşiminde bulunan Pb, Ba ve Sb elementlerinin saptanmasında, yanlış pozitif sonuçlara yol açan, atış dışı kontaminasyon bulgularının daha iyi yorumlanabilmesi için aşağıda bu metallerin kimyasal özellikleri ve kullanım alanları sunulmuştur (46).

**\*Kurşun (Pb):** (Ergime Noktası 327°C / 621°F) Depo piller (batarya ve akü), lehim, dayanıklı metaller, benzin, mermi, saçma, boya, cam, koruma kalkanı, kablo kılıfı, kibrit, havai fişek ve tesisat malzemeleri gibi maddeler de bulunabilmektedir.

**\*Antimon (Sb):** (Ergime Noktası 440°C / 824°F) Sertleştirilmiş alaşımlar (kurşun içeriği, vb), boya pigmenti, kibritler, kalay ve kurşun alaşımı aletler, fren yastıkları, oksitlenmiş ürünler, yün lifleri gibi maddelerde bulunabilmektedir.

**\*Baryum (Ba):** (Ergime noktası 850°C / 1562°F) Bakır, kurşun ve çinko ile kalayın deoksidi alaşımlarını meydana getirir. Radyografide, çeliğin sertleştirilmesinde kullanılan ısı-sağlayıcı banyoların içinde, lazer kristallerinde, boyalarda, mürekkepte, deri bronzlaştırıcılarda, fotoğrafçılıkta kullanılan kimyasal bileşiklerde, insektisitlerde bulunabilmektedir.

Yukarıda sayılanlar, Pb, Sb ve Ba elementlerinin ticari ve endüstriyel olarak en çok kullanıldığı alanlardır. Daha birçok alanda da kullanılmaktadırlar (9, 14).

### **2.2.7. Ateşli silah atış artıkları tespit yöntemleri**

Ateşli silahların kullanıldığı olaylarda, olaya karışan silahın, mermi çekirdeğinin, kovanın, atış uzaklığının, yönünün, atış yapan kişinin belirlenmesi olayın oluş şeklinin ortaya çıkarılması açısından çok önemlidir. Bu konularda, silahın ateşlenmesiyle oluşup çevreye yayılan bazı ürünler önemli ipuçları vermektedir (26). Genellikle ASAA'nın tespiti ve tanımlanması; şüpheli kişinin ateş edip etmediği, giriş deliğinin tespiti veya atış mesafesinin tespiti amaçlanan durumlarda uygulanır. Soruşturmalarda ASAA'nın tespitindeki küçük bulgular, birçok açıklamalardan daha fazla yarar sağlar (47). Elde edilen sonuçların yorumlanmasında kullanılan farklı temel tanımlamalar içinde "oldukça spesifik" tanımı daha uygun bulunmuştur ve bu konuda çalışan uzman kişilerin becerileri ile oluşan sonuçlar standart prosedürlerin uygulanması ile elde edilen sonuçlardan daha iyidir. Aynı bileşime sahip partiküller; *Wolten ve arkadaşları*, tarafından 'tipik' veya 'uygun' olarak (48), *Wallace ve McQuillan* tarafından ise 'eşsiz' veya 'belirleyici' tanımlamaları yapılmıştır (49).

ASAA; baruttan kaynaklanan kısmen yanmış ve yanmamış partiküller, kapsülden kaynaklanan artıklar, kovan, mermi ve silahın kendisine ait bileşimlerden oluşmaktadır. ASAA'nın araştırılması ve belirlenmesinde genellikle şu soruların cevabı aranmaktadır:

\*Şüpheli kişinin ateş edip etmediğinin araştırılması



\*Mermi giriş deliğinin tespitine yönelik araştırmalar

\*Atış mesafesinin değerlendirilmesine yönelik araştırmalar (14).

ASAA'nın belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda, partiküllerin morfolojik ve elementel karakteristikleri incelenmektedir. Numunelerden toplanan partiküllerin analizi yapılırken elde edilen sonuçların mutlak suretle olayda kullanılan merminin özelliklerine dayandırılarak yapılması gerektiği bildirilmektedir. ASAA'nın şüpheli silahtan kaynaklanıp kaynaklanmadığı balistik incelemeler açısından sorun oluşturabilmektedir (14). Ateşli silahların şüphe duyulan kullanımını içeren durumlarda, ateşli silahların boşalmasından gelen ASAA'nın tespiti ve tanımlanması, faydalı bir araştırma bilgisi sağlayabilir.

### ***2.2.7.1. Atış artıklarında renk testleri***

#### ***2.2.7.1.1. Lunge Testi***

Giysilerin ve ciltteki mermi giriş deliği çevresindeki barut artıklarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. 0.50 mg Diphenilamine üzerine 20 mL saf su eklenir, daha sonra bu karışıma 100 mL sülfürik asit ilave edilir. Delik bulunan kısım bir porselen kap içinde damıtık su ile yıkanır, olması muhtemel kısmen yanmış veya yanmamış barut partiküllerinin yıkama suyuna geçmesi sağlanır (mermi çekirdeği geçişi ile muhtemel delik içeren giysinin, cilt ve cilt altı parçacıklarında da aynı işlem yapılır). Yıkama suyu bekletilip partiküllerin dibe çökmesi sağlandıktan sonra, eğer su bulanık renkli (ör. kanlı) ise dipteki partiküller oynatılmadan süzölür ve kaba yeniden damıtık su ilave edilir. Bu işleme kaptaki su iyice şeffaf hale gelene kadar devam edilir. Eğer kap dibindeki partiküller barut kaynaklı ise koyu mavi renkli noktalar görülür. Kap bir tarafa eğilirse, ters tarafa doğru noktalardan çıkan koyu mavi renkli kuyruklar oluşur. Ancak bu test tüm nitrat ve nitritlerle de reaksiyon vermektedir. Böylelikle sigara külü, suni gübre gibi birçok madde ile temas eden örneklerde yanlış pozitif sonuçlar ortaya çıkabilmektedir (6,35).

### 2.2.7.1.2. Dermal Nitrat Testi (Parafin Testi)

1933 yılında Meksika Polis Kriminal Laboratuvarında çalışan *Teodoro Gonzales* Dermal Nitrat Testi'ni (Parafin Testi) tanıtmıştır. Bu testle silahı ateşleyen eldeki ASAA'nın (baruttan kaynaklanan) saptanması amaçlanmıştır. Barut artıklarının tespit etmek amacıyla eritilmiş ılık parafin şüpheli el üzerine dökülmekte, üzerine temiz bir sargı bezi konarak tekrar parafin dökülmektedir. Parafin soğuduktan sonra sargı bezi ile birlikte parafin kalıbı kaldırılır. Fiziksel incelemenin ardından cilt ile temas eden yüzeye konsantre sülfürik asit içeren Diphenilamine Çözeltilisi (Lunge Çözeltilisi) damlatılır. Bu ayıraç kısmen yanmış ve yanmamış nitro içerikli barut partiküllerini görünür duruma getirmektedir (5,37,39). Testin pozitifliğinde koyu mavi noktalanmalar gözlenir. Testin kendisi sadece nitratlar için belirgindir. Ancak nitrat içeren birçok madde örneğin; sigara külü, gübre, tırnak, cilası ve idrar gibi maddelerle de pozitif reaksiyon verdiği için bu test güvenilir bir yöntem olarak günümüzde birçok adli laboratuvarında terk edilmiştir (9,50).

### 2.2.7.1.3. Eldeki atış artıkları için svap yöntemi

*Harrison ve Gilroy* 1959 yılında kapsülden kaynaklanan; Sb, Ba ve Pb elementlerinin belirlenmesinde kullanılan bu testi geliştirmişlerdir. Eldeki ASAA'nın toplanması amacıyla, seyreltilmiş hidroklorik asitli pamuk svaplar kullanılmıştır (51). Svap kurutulduktan sonra Difenilmetil larsonium iyot ile muamele edilir, sonra tekrar kurutulur ve Sodyum Rodizonat çözeltisi eklenir. Sb elementinin varlığında ayıraçta, turuncu noktalanmalar gözlenmekte, seyreltilmiş hidroklorik asit eklendiğinde Ba elementinin varlığında, renk kırmızı olmakta, Pb elementinin varlığında mor renk görülmektedir. Bu testin Dermal Nitrat Testi'ne göre en büyük avantajı daha düşük düzeyde yanlış pozitiflik vermesidir (5).

Birçok olayda is ve barut tanecikleri giysiler üzerinde görülebilir, fakat bunun mümkün olmadığı durumlarda, atış mesafesini belirleyebilmek için giysinin analitik araştırılması gerekmektedir. Bu tip saptamalar için adli laboratuvarlarda, nitritler için Modifiye Griess

Testi ve ağır metaller için Sodyum Rodizonat Testi kullanılmaktadır (5,44,52). Takip eden yıllarda ASAA analizi ile ilgilenen adli bilimciler bu üç unsuru tespit etmede daha hassas teknikler aramışlardır.

#### *2.2.7.1.4. Modifiye Griess Testi*

ASAA içerisinde bulunan nitrit artıklarının nicel olarak Griess ayracı ile gösterilmesidir (53). Bu test, barutun yanması sonucu meydana gelen nitrit bileşiklerinin araştırılması amacıyla geliştirilmiştir (35,50,53). Araştırmacılar aynı silah ve aynı tip mühimmatla bilinen uzaklıktan ve aynı tip materyalle mesafe tayininde bir standart oluşturmaya çalışmışlardır. Bu prosedür, elbiseli bölgeye yapılan atışlarda yaklaşık mesafenin saptanmasında kullanılmaktadır (5,35). Bu test zamanla birçok modifikasyona uğramıştır. Bunlardan birinde reaktif şöyle hazırlanır: %3'lük fosforik asit içerisinde %1'lik sülfanilamid ve %5'lik N-(1-naftil) etilendiamin konarak çözünür. Hidroliz ayracı olarak 100 mL etanolde çözülmüş 8g potasyum hidroksit kullanılır (31). Mermi giriş deliği ihtiva eden beze hidroliz ayracı püskürtülür ve giriş deliği üstte kalacak şekilde ütü masasına konur. Süzgeç kağıdına Griess Ayracı püskürtülüp giriş deliği merkezlenerek bez üzerine örtülür, üzerine temiz süzgeç kağıtları konulur. Daha sonra, süzgeç kağıdı kuruyuncaya kadar ütülenir. Beze temas eden süzgeç kağıdı kaldırıldığında barut partiküllerinin varlığında pembe-mor noktalanmalar gözlenir (46,54).

#### *2.2.7.1.5. Sodyum Rodizonat Testi*

ASAA içerisindeki ağır metallerin test edildiği spot test olarak geliştirilmiştir. Bu testte kullanılan ayraçlar şunlardır: Sodyum rodizonat ayracı; küçük bir cam tüp içerisine az miktarda sodyum rodizonat konur, üstüne koyu çay rengini alana kadar damıtık su ilave edilir ve karıştırılır. Karışımın dibinde çökelti saptanınca doymuş olduğu anlaşılır. Bu çözelti her kullanım için taze hazırlanır, saklanmaz. Tampon çözelti; 1.9 g sodyum bitartarat ve 1.5 g

tartarik asit 100 mL damıtık suda eritilir. Elde edilen çözeltilinin pH'sı 2.8 dir ve uygun şartlarda saklanabilir. Seyreltik asetik asit; 15 mL saf asetik asit, 85 mL damıtık suya ilave edilir. Seyreltik hidroklorik asit; 5 mL konsantre hidroklorik asit 95 mL damıtık su içerisinde konur. Giriş deliği ihtiva eden giysi ütü masasına konur. %15'lik asetik asit püskürtülerek yeterince ıslatılmış süzgeç kağıdı giysideki delik merkezlenerek üzerine konur ve kuruyuncaya kadar ütülenir (Bashinski Transferi). Daha sonra süzgeç kağıdı alınarak üzerine doymuş sodyum rodizonat çözeltisi püskürtülür. Sarı renkte bir fon ve koyu kırmızı renk tonlarında bir görünümde metal artıklarından kaynaklanan renkli kısım oluşur. Özel olarak Pb elementi aranacaksa tampon çözelti püskürtülür ve sarı fon kaybolur ve renkler netleşir. Bunun üzerine de seyreltik hidroklorik asit püskürtüldüğünde kurşunun varlığında mavi mor renklenmeler olur (35,44). Sodyum Rodizonat Testi daima Modifiye Griess Testi'nden sonra yapılmalıdır. Bunun sebebi Modifiye Griess Testi, Sodyum Rodizonat Testi'ni etkilemezken, tersi durumda kimyasal etkilenme olmasıdır (5,7,44).

*Steinberg ve ark.* çalışmalarında, mermi deliğinin etrafındaki kapsül artıklarının laboratuvar ortamında araştırılmasının yanı sıra olay yeri incelemesi esnasında kolaylıkla uygulanabilen, hassas ve basit bir spot test geliştirmişlerdir. Bu testte, içerisinde sodyum rodizonat ve rubeanik asit (ditiyo oksamid) içeren çözeltiler hazırlanarak mermi deliğinin etrafına uygulanmakta, Ba ve Pb elementlerinin gösterilmesi sağlanmaktadır (55).

### **2.2.7.2. Partikül analizi yöntemleri**

1968 yılında İngiltere'deki Metropolitan adli polis laboratuvarında, bilinen ilk ASAA tespitinde Enerji Dağılımlı X-ışını analizörlü Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDX) analizi kullanılmıştır (56). 1976 yılında ise ilk yayının *Nesbitt ve ark.* yapmıştır. Bazı durumlarda EDX detektörü ile ASAA'nı tanımlamak zor olabilir. Kalsiyum pikleri antimon pikleri ile çakışabilir ve benzer bir durum titanyum ve baryum arasında olabilir. Sb elementi

için bu problem ciddidir çünkü Pb elementi X-ışını soğurması daha yüksek olduğundan Pb elementi ile birlikte Sb elementi daha zayıf kalır (57).

EDX ile ASAA'nın morfolojik yapılarının yanı sıra elementel dağılımları da çalışılmıştır. Bu elementlerin homojen ve homojen olmayan bir yapıda oldukları gözlenmiştir. Ayrıca Ba ve Sb çekirdeklerinin etrafında Pb dağılımı gözlenmiştir. Çalışmada morfolojik yapı ve elementel bileşimin, ASAA'nın çevreden bulaşacak birçok tanecikten; örneğin Pb aerosolünden, otomobil eksozundan ve duman derişiminin içerdiği elementlerden ayırıcı özellik olduğu belirtilmiştir (58).

SEM metodunun dezavantajı algılama üst sınırıdır. Bu dezavantaj ASAA'nın analizinde yeni yöntemlerin ortaya çıkmasına yol açmıştır (59).

“Taramalı İyon Mikroskobu” (SIM) ASAA tespitinde araştırmacılara farklı bakış açıları kazandırmıştır. Odaklanmış iyon bombardımanı kullanılarak partiküller kesitler halinde iç morfolojileri açığa çıkartılarak kullanılan mühimmatın ayırımı yapılabilmektedir. Bu yöntemin dezavantajı, sınırlı sayıda partikül ile çalışılabilmesi ve partiküllerin iç yapısının gösterilememesidir. Bununla birlikte adli tıp açısından önemli olabilecek, araba boya ları, fiber maddeler ve toner partiküllerinin tespitinde de bu yöntem kullanılabilir (60).

### ***2.2.7.3. Histokimyasal yöntemler***

Ateşli silah yaralarında, giriş deliği civarında yapılan histolojik incelemelerde deride ve deri altındaki dokuda değişimler ve ASAA'nın gözlenmesi önemli ip uçları vermektedir. Ancak bunların kimyasal analizler ile doğrulanması çok önemlidir. ASAA'nın tespitinde bahse konu olan tüm analiz yöntemleri denenmiş ancak bir kısmı hassasiyetinin yeterli olmamasından, bir kısmı pahalı olmasından ve analizin uzun sürmesi gibi nedenlerden dolayı kullanım alanı bulamamıştır.

Ateşli silahlarla meydana gelen yaralanmalarda, histopatolojik inceleme ile, yaralanma yaşı, atış yönü, giriş çıkış deliklerinin ayırımı mümkün olabilmektedir. ASAA, rutin histokimyasal metotlarla; HE, PAS, Ziehl Neelsen, Oil Red O, Prusya Mavisi, Brown and Hopps, Von Kossa ve Alizarin Red S (ARS) boya ları ile belirlenebilir (5,15,61). Ancak, makroskopik inceleme kimyasal analizler gibi diğer yöntemlerle mutlaka kontrol edilmelidir (15,60,62).

Giriş deliğinin derisinde abrazyon, dermis, epidermis ve derin dokularda barut partiküllerinin varlığı, epidermal hücrelerde uzama ve düzleşme, ASAA'nın tespitinde ipucu verebilmektedir. Ayrıca dokularda koagülasyon nekrozu, bazal hücrelerde şişme ve vakuolizasyon görülebilmekte, çıkış yaralarında ise bu bulgular görülmemektedir (15).

Mikroskobik araştırmalar, giriş ve çıkış yaraları arasındaki ayırımı yapılmasında faydalı olabilmektedir. Giriş deliği çevresindeki epitel tabakasında ve dermiste oluşan hasar ve bazı atış uzaklıklarında yara içine kadar giren "ASAA" histolojik olarak saptanabilir (63).

#### ***2.2.7.4. Atış artıklarında kütle analizleri***

ASAA'nın ortaya çıkarılması için fotolüminesans tekniği kullanılarak yapılan ilk araştırmalar eller üzerindeki Sb ve Pb elementlerinin belirlenmesinde hızlı, hassas, uygun ve sayısal bir yöntem olarak sunulmuştur. Ateş eden el ve etmeyen el üzerinde bulunan Sb ve Pb miktarlarının oranları ve bu elementlerin kesin miktarları, kişinin ateş ettiğinin tespitinde kullanılabilir. Fotolüminesans tekniğinde, örnek sıvı nitrojene konup Quartz-Xenon lambasıyla ışımaya muamele edilerek Sb ve Pb elementlerinin emisyonları araştırılmaktadır. Bu yöntem sadece suda çözülmeyen maddeleri analiz edebilmektedir (64). ASAA'nın belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden bir diğeri de, "Anodic Stripping Voltometry" (ASV) yöntemidir. Bu yöntem ucuz ekipmanla yapılabilen ancak Ba elementinin tespit edilmesinde uygun olmadığı bildirilmiştir (14).

*Bohannan ve Galen* yaptıkları çalışmada, örnekteki nitrit iyonlarını kimyasal olarak diazonium iyonlarına çevirerek farklılaştırılmış puls voltametri ile araştırmışlar, sonuç olarak bu metodun nitrit iyonlu metallerin analizinde kullanılan hassas bir metot olduğunu belirtmişlerdir. Pb iyonu için de aynı şekilde voltametrik araştırma yapılabilmekte ancak Sb elementi için pulsasyonlu ASV yönteminin kullanılması gerektiği belirtilmektedir (65).

“*Proton Induced X Ray Emisyon Tekniği*” (PIXE) ASAA'nın araştırılmasında oldukça hassas bulunmuş fakat rutin uygulamalarda bazı sınırlamalar göstermiştir. *Sen ve ark.* yaptığı çalışmada, PIXE ile ASAA'nın tespitine yönelik araştırma sonucunda bu tekniğin ASAA içerisindeki elementlerin tespit edilmesinde kısmen kullanışlı olduğu, fakat şüphelinin elinde silah olup olmadığının tespitinde duyarlı olduğu saptanmıştır (66).

ASAA içerisinde bulunan, organik artıkların tanımlanması ve karakterlerinin ortaya çıkarılması *Meng ve Caddy* tarafından yayınlanmış olup bu yöntem sınırlı sayıda laboratuvar tarafından kullanılmaktadır. *Meng ve Caddy*, ASAA'nın tespitine yönelik olarak yüksek performanslı sıvı kromatografi yöntemi kullanarak etil centralit ve 2-4 Dinitrotoluen gibi ASAA'nı araştırmışlardır. Ara basamak olarak partiküllerin ekstraksiyonunda ince tabaka kromatografi ve kalıntıların örneklendirilmesi için de pamuk svaplar kullanılmıştır. Literatürde çalışmanın avantaj ve dezavantajları ile yöntemin güvenilirliği konusunda yeterli bilgi bulunmamaktadır (67). X-Ray Mikrofloresans yöntemi, insan dokularında ve giysilerinde ASAA'nın analizi için kullanılması, giriş deliğinin değerlendirilmesi ve atış mesafesi hakkında bilgi edinilmesini mümkün kılmıştır (68).

*Matrikardi ve ark.* atıştan sonra havada herhangi ASAA'nın asılı kalıp kalmadığını anlamak için temiz bir odada, .38' lik toplu tabanca ile atış yapıldıktan 1 dk. sonra bir bant parçası, 1 dk. süre ile odanın içerisinde dolaştırılarak, partikül toplanmasını sağlamışlardır. Sonuç olarak bandın üzerinde, mm<sup>2</sup> başına ortalama 0.42 µm çapında, 15 küresel Pb

parçacığının olduğu saptanmıştır. *Renfro ve Jester*, 72 saat sonra havada asılı ASAA'nı tespit etmişlerdir. Sonuçta şüphelinin elinde düşük miktarda Pb partikülleri tespit edilirse, bunun atıştan sonra odada dolaşırken de olabileceğinin düşünülmesi gerekmektedir (69).

Nötron Aktivasyon Analizi (NAA) ilk kez Kanada Mahkemelerince 1958 yılında destekleyici delil olarak kullanılmıştır. Bu tarihten bu yana periyodik sistemdeki elementlerin en iyi şekilde analizinde kullanılan esas metot olmuştur (70). 1962 de *Ruch ve ark.*, Kaliforniya Kriminalistler Derneği'nde yaptıkları bir gösteri ile ASAA içerisindeki Ba ve Sb elementlerinin tanımlanmasında NAA nin kullanımını sunmuşlardır. Bu tekniğin Pb elementi için uygulanabilir olmadığı, nötron bombardımanı yapabilecek bir nükleer reaktör ve eğitilmiş personelin kullanılması gerektiği bildirilmektedir (14). Bütün bu sınırlamalara rağmen NAA, ASAA'nın saptanmasında 1970 ve 1990 yılları arasında yaygın olarak kullanılmış ve adli bilimlerde saçmaların yapısal karşılaştırılmasında veya atış mesafesinin tespiti gibi problemlerin çözümünde tercih edilmiştir (47,71).

Atomik absorpsiyon spektrometresi (AAS) metodu ASAA'nın tespiti amacıyla 1971 yılında kullanılmıştır. Fakat bu cihazın Ba ve Sb elementleri için duyarlılık seviyesi düşük kalmıştır. Elektrotermal atomizörlerin gelişmesiyle (karbon çubuklu, grafit tüplü fırın tipleri) alevsiz AAS (AAAS) imal edilebilmiş ve adli laboratuvarlarda etkin kullanım alanı bulmuştur. Örneklerin seyreltik asitli svap veya yıkama yöntemleri ile alınması mümkündür. Son zamanlarda uygulanan prosedür ise yapışkan bantla toplama yöntemidir (14,71).

ASAA'nın tespit edilmesinde etkili faktörlerden birisinin de elin svaplama öncesindeki durumu olduğu belirtilerek, elin ıslak, kuru, donmuş olması gibi durumların engellenmesi için olay yeri incelemeleri esnasında ateş ettiğiinden şüphelenilen ellerin kağıt poşet ile korunması gerekmektedir (72).



*Havecost ve ark.*, Birleşik Devletlerde farklı aktivitelerde bulunan ancak ateş etmemiş 269 deneğin sağ ve sol ellerinden svap örneği olarak tespit edilen ASAA'nın gerçekten atış artışı olup olmadığının ayrımını belirlemek amacıyla NAA yöntemi kullanmıştır. Ancak kimyasal yöntemler ile de desteklenen ve gerçekten atış yaptığı bilinen kişiler ile yapılan kıyaslamada; istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Genel olarak ateş etmediği halde ellerinde ASAA tespit edilenlerle ateşli silahlarla bağlantılı olanların ayrımı, bu elementlerin rölatif düzeyleri, eller üzerindeki lokalizasyonu ve svapların durumu ile birlikte değerlendirilmelidir (73).

ASAA'nın tespitinde, NAA ile AAS yöntemleri karşılaştırılmış ve AAS tekniğinin, nükleer reaktör gerektirmemesi, ucuz olması ve daha hızlı olması nedeniyle belirgin avantaj sağladığı, ayrıca Ba elementinin analizinde AAS tekniğinin NAA'den daha etkin olduğu gösterilmiştir. Fakat düşük sıcaklıkta pamuk svaptan Sb elementinin ayrıştırılamadığı, buna karşın NAA ile nanogram seviyesinde ölçüm yapılabildiği gösterilmiştir (74).

*Kilty* AAS tekniğini kullanarak ateş eden elden aldıkları svap örnekleri ile ateş etmeyen eldeki svap örneklerini karşılaştırmıştır. Ateş eden eldeki kapsül kaynaklı ASAA'nın devamlılığının çeşitli değişkenlere bağlı olduğu bilinmektedir (75). Bu konuda bilgilendirici karşılaştırma normal günlük aktivitelerini yapan insanlarla kesinleşmiş intihar olgularının karşılaştırması ile oluşmuştur. İntihar olgularında her üç elementinde (Pb, Sb, Ba), en azından elin bir kısmında belirgin derecede yüksek olduğu bulunmuştur (22 kalibre, kenar vuruşlu silahlar hariç). Birçok intihar olgusunda ateş etmeyen elde de ASAA'nın varlığı bulunmuş bu da olası silahın avuçlanması veya belirgin tehlikeye karşı son dakikadaki kaçma refleksine bağlı olabileceği belirtilmiştir. Bu durum kurbanın korunmak için ellerini kaldırması veya saldırganın elinden silahı alabilmek için yaptığı çabanın sonucunda olabilmektedir. Deneme atışlarında tespit edilen partikül sayılarının, atıştan atışa tekrar edilememesi ilk başta sürpriz olarak gelmiş, ancak sonrasında aynı silahla, aynı mühimmatla, arka arkaya yapılan atışlardan

alınan örneklerde, NAA verileri ile artıkların 10 kata kadar farklı olabileceği bulunmuştur (69).

Ba konsantrasyonunun İndüktif Eşleşmiş Plazma- Atomik Emisyon Spektroskopisi (ICP-AES) analiziyle ölçülmesi ve bulgularının değerlendirilmesinde, ICP-AES' nin AAS analizlerine göre daha doğru sonuçlar verdiğini bildiren çalışmalar olmuştur. ICP-AES deneyleri AAS tekniğine göre daha geniş düzgün bir dağılım verdiği, Ba elementini de içeren pek çok element için daha yüksek hassasiyet sağladığı bildirilmiştir (13).

Metal parçacıkları ateşli silah kullanmadığı halde otomobil ve endüstriyel araçların tamirinde çalışan kişilerden de toplanabileceğinden, primer metal bazlı ASAA'nın değerlendirilmesi, sonuç kesinliğini düşürebilir. Alternatif bir yöntem olarak dumansız barutun tamamlanmamış yanması sonucu ortaya çıkan organik ASAA'nın analizi düşünülebilir. Organik ASAA bileşiklerinin çoğunun lipofilik özelliği cilde yapışmayı kolaylaştırdığından ikincil transfere yatkınlığı daha azdır. En sık görülen Organik ASAA bileşikleri etil sentralit [EC], difenilamin [DPA] ve DPA'nın azotlu ürünleri olan n-nitrodifenilamin [N-NDPA] ve 2-nitrodifenilamin [2-NDPA] şeklinde sıralanabilir (76,77). Bu bileşiklerin ve diğer sık görülen organik bileşiklerin ateşli silah kullanan kişilerin elleri üzerindeki kalıcılığını gösteren araştırmalar detaylı bir şekilde çalışılmıştır (77). Önceki çalışmalar organik bileşiklerin genellikle ateşlemeden sonra 3 ile 4 saat kadar belirlenebileceğini göstermişlerdir. İyon hareketlilik spektroskopisi (IMS) ile yapılan bir çalışma neticesinde ateşleme üzerinden 3-4 saat geçtikten sonra organik ASAA konsantrasyonları, tayin limitinin (LOD) altına düşmüştür (78).

*G. Vanini ve ark.* yaptıkları çalışmada ASAA örneklerinden Pb, Ba, Sb miktarını belirlemek için indüktif eşleşmiş plazma-optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) tekniğini kullanmışlardır. Ayrıca farklı analitik testlerin duyarlılığını (kalorimetrik test ve ICP-OES)

atış mesafesi (0'dan 200 cm'e kadar) bakımından değerlendirilmiştir. ICP-OES'in duyarlılığı atış mesafesinin 0'dan 200 cm'e kadar olan fonksiyonunda klasik kalorimetrik test ile karşılaştırılmıştır. Kalorimetrik test ile ICP-OES karşılaştırıldığında, kalorimetrik test yalnızca 0,5cm ile 10 cm arası mesafede Pb elementinin varlığını kırmızı-pembe renk varlığı ile gösterirken ICP-OES tekniği Pb, Ba ve Sb elementleri için 0 cm'den 200 cm'e kadar olan mesafede kalorimetrik testten daha yüksek duyarlılık göstermiştir (79).

ICP-MS ve ICP-OES'in, X Işını Flüoresans (XRF)'dan daha yüksek hassasiyete sahip (mg/g ile ng/g arası) olduğu bildirilmiştir. Dolayısıyla bu teknikler daha umut verici ve geçerlidir. *Reis ve ark.* 2003 yılında %2 v/v etilendiamin tetraasetik asit (EDTA) çözeltisi ile nemlendirilmiş svapları ICP-MS ile Pb, Ba ve Sb elementlerini içeren ASAA'nın toplanması ve analizinde yeni bir yöntem rapor etmiştir. 38 kalibre toplu tabanca ile yapılan atışlarda maksimum ve minimum konsantrasyonları Pb, Ba ve Sb elementleri için sırasıyla 7250 ve 1.05; 108 ve 0.72; 482 ve 1.25 mg/L bulunmuştur (80).

*Morales ve ark.* yaptıkları çalışmada organik ve inorganik ASAA'nı belirlemek için kapiler elektroforez yöntemini geliştirmişlerdir. Ortamdaki organik ve inorganik kalıntıların birleşik görülme sıklığı nadir olduğu için geliştirilen yöntem verilerin kontaminasyon ile karışması ihtimalini azalttığı bildirilmiştir (81).

Son on yılda ICP-MS; klinik, toksikolojik ve adli kimya dahil olmak üzere birçok (çevresel, endüstriyel) farklı alanda iz ve ultra iz element analizi için yaygın kabul görmüş bir analitik teknik haline gelmiştir (82). ASAA analizi için ICP-MS kullanımı hakkında az sayıda çalışma rapor edilmiştir. Ancak bunun potansiyel bir teknik olabileceği gösterilmiştir (83). Yüksek duyarlılığı, çok düşük algılama limitlerine ve hızlı, çoklu element analizi olasılığına erişmeyi sağlar. Geniş doğrusal dinamik kapasitesi (aralığı) ve izotop bilgisi verme yeteneği, diğer tekniklerle karşılaştırıldığında ek avantajları olduğunu göstermiştir. (83,84).

ICP-MS son 20 yılda ASAA çalışmaları için birçok analitik fayda sağlayan bir teknik olarak ortaya çıkmıştır (85,86). Analit tespit limitlerinin düşük olması, ASAA analizinde gereken hassasiyet gözetildiğinde diğer tekniklerden daha üstün olduğu bildirilmiştir. *Koons*, spektroskopik girişimler gibi diğer tekniklerde gözlemlenen bazı kısıtlamalar olmaksızın 0.5 ng Sb, 0.2 ng Ba, 1.4 ng Pb elementine karşılık gelen saptama limitlerini elde etmek için ASAA svabları analizinde ICP-MS analizinin kullanımını belirtmiştir (87). Bununla birlikte ASAA çalışmalarına uygulanan ICP-MS hakkında birkaç çalışma rapor edilmiştir.

SEM-EDS ve AFM yöntemleri ile ise ASAA nitel olarak belirlenebilir. Bu yöntemler için olay yerinden alınan örnekler kurbanın ya da şüphelinin cilt yüzeyinden alınmalıdır. ASAA'nın alınmasının gecikmesi, örnek alınacak kişilerin hareket etmesi ya da örnek alınacak vücut bölgelerinin otopside önce yıkaması, ASAA'nın azalmasına ya da tamamen kaybolmasına neden olur (88). ASAA'nın başarılı bir şekilde belirlenmesi ve tanımlanması, kalıntıların etkin bir şekilde toplanmasının zorluğundan dolayı sınırlıdır. Primer bazlı metal kalıntılarını (Pb, Sb, Ba) toplamak için el ve giysilerden svap alma, vakumlama ve saç örnekleme gibi çeşitli yaklaşımlar mevcuttur (71,89).

*Udey ve ark.*, 49 güne kadar organik maddelerin ayrışması yöntemi ile atılan domuz dokusunda gömlekli ve gömleksiz mermiler ile atış yapılan domuz dokusu üzerinde ASAA'nı tespit edip, ayrışma sırasında ASAA'nı ayırt etmede kullanışlı antimon (Sb), baryum (Ba), kurşun (Pb), bakır (Cu) ve demir (Fe) elementleri olduğu bildirmişlerdir. ICP-MS'in ayırt edici Ba, Pb, Sb elementleri gibi ASAA'nı tespit etmek için ve doğru bir şekilde ölçmek için kullanışlı olduğunu göstermiştir (90). 2004'te *Ulrich ve ark.*, 22 kalibre silahlar ile gerçek suç örneklerinde (Pb, Ba ve Sb) eser elementleri belirlemek için ICP-MS analizini kullanmıştır (82). 2007'de *Sarkis ve ark.*, 38 kalibre toplu tabanca ve 40 kalibre tabancaları kullanarak ASAA'ndan Pb, Ba ve Sb elementlerinin konsantrasyonlarını tanımlamak için ICP-MS tekniğini kullanmışlardır (91). *Steffen ve ark.*, 2007 yılında yaptıkları bir çalışmada SEM-

EDX metodu için elemental bileşimler hakkında bilgi edinmek ve ASAA'da yaygın olarak bulunan Pb izotopları oranı hakkında bilgi almak için ICP-MS ile çalışma gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca, bu çalışmadaki ASAA parçacık araştırması, SEM/EDX yöntemi için element kompozisyonu hakkında uygun bilgi elde etmek ve ASAA'da baskın olan izotop oranları hakkında bazı bilgileri elde etmek amacıyla ICP-MS analizi gerçekleştirilmiştir (92).

*Santos ve ark.*, ateşleme mesafesini tahmin etmeyi amaçlayan deneysel çalışmalarında 7.65x17 mm tabanca kullanarak, test atışlarını 35cmx35cm pamuklu doku hedefine, mermi giriş deliğinden örnekleri dört köşeli parçalar (1cmx1cm) halinde kesip, hedeften alınan kalıntıları Pb, Ba, Sb elementlerinin analizi için ICP-MS'de analize tabii tutmuşlardır. 7.65x17mm kalibre Beretta model 81 yarı otomatik silahlar ve 7.65mm Browning tam metal gömleklili fişek kullanılmıştır (Sellier & Bellot 7.65mm). Portekizde ikinci en yaygın silah olan 7.65x17mm Beretta 81 model ile atışlar yapılmıştır. 5 atış yapılarak hedefin 20 ile 90 cm lik bir mesafede Portekiz'de yaygın kullanılan silah mühimmat markası kullanılmıştır. *Santos ve ark.*'nin yaptıkları bu çalışmada temel amaç Sb, Ba ve Pb elementlerini ve mermi giriş deliğine dayalı ateşleme mesafesini tahmin etmek için önceden elde edilen matematiksel modelin farklı bir kalibre ve farklı bir silah için geçerli olup olmadığını doğrulamaktır. Kullanılan deneysel koşullarda Sb, Ba ve Pb elementlerini hedef bez üzerinde toplanan 4 küçük dörtgen parçada (1cmx1cm) ateşleme mesafesi için giriş deliğinden 70 cm'e kadar olan 1.5 ve 5.5 cm arasındaki radyal uzaklıklarda nicel hale getirmek mümkün olmuştur. Daha yüksek ateşleme mesafesi için Sb elementinin herhangi bir dairesel konumda saptanamadığı bildirilmiştir (93).

*Stulova ve ark.* yaptıkları çalışmada Lazer Aşındırıcı- İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (LA-ICP-MS) yöntemi ile atıcının ellerinden alınan ASAA'nın analizini yapmışlardır. Bu çalışmada ASAA dört farklı kalibrede silah kullanılarak analize tabii tutulmuştur (22 Long Rifle S&B, 9mm Luger S&B, 45 AUTO S&B, 7.65 Browning S&B).

110 standart tek atış yapılarak ASAA tespit edilmiştir. 45 kalibre AUTO S&B silahtan gelen P), Sb, Sn, Ba elementleri ASAA için karakteristik elementler olarak belirlenmiş, diğer belirlenenler ise bakır (Cu), çinko (Zn), demir (Fe), potasyum (K), silisyum (Si) ve alüminyum (Al) elementleridir. Bu elementlerden Zn ve Cu elementlerinin fişekten, Fe elementinin silahtan geldiği bildirilmiştir (94).

*Tarifa ve Almirall* yaptıkları çalışmada atıcıların ve atıcı olmayanların ellerinden toplanan svapların içerdiği ASAA'nın varlığını göstergesi olan inorganik bileşenleri (Ba, Pb, Sb) saptanması için CMV-GC-MS (Capillary microextraction of volatiles gas chromatography -mass spectrometry) LIBS (Laser induced breakdown spectroscopy) yöntemleri tanımlamıştır. Bu çalışmada hızlı tarama yöntemleri geliştirilmiş, atıcıların ve atıcı olmayanların ellerinde ASAA varlığını gösteren organik ve inorganik bileşenlerin tespiti geliştirilmiştir. 14 atış yapmayan kişiden 8 kişi laboratuvarında, 6 kişi inşaatta çalışmakta, laboratuvarında çalışan 8 kişiden 4'ünün ek svapları CMV-GC-MS ve LIBS tarafından organik ve inorganik bileşenlerin mevcudiyeti için analiz edilmiştir. İnşaatta çalışan atıcı olmayan kişilerin ellerinde bulunan elementler daha fazla bulunmuştur. ASAA'nın analizi için güncel yöntemler SEM-EDX gibi zaman alan yöntemlere dayanmaktadır. SEM-EDX ASAA'nın doğrulanmasını sağlamasına rağmen, hassasiyetteki sınırlamaları yanlış negatifiğe ve kesin olmayan sonuçlara neden olmaktadır. *Tarifa ve Almirall'in* yaptıkları çalışmada LIBS'in Pb ve Ba elementlerinin tespit edilebildiği ancak Sb elementinin tespit edilemediği bildirilmiştir (95).

*Wan ve ark.* MPT-MS (microwave plasma torch-mass spectrometry) yöntemini ASAA'ndan üç temel bileşeni (Pb, Ba Sb) eş zamanlı olarak tespit edilmesi için geliştirmişlerdir. Bu çalışmada bazı metal kalıntılarından Pb, Ba ve Sb elementlerinin tanımlanması için bir yöntem geliştirilmiştir. MPT-MS tekniğinin birlikte kullanılması

durumunda metal artıklarını belirlemede güçlü bir teknik olduğu bildirilmiştir. Bu tekniğin Sb, Ba ve Pb gibi ağır metaller için algılama limitlerini düşürdüğü bildirilmiştir (96).

*Costa ve ark.*, çalışmalarında, 40 ve 38 kalibre silahlar ile yapılan atışlarda ASAA kuru svab olarak toplayıp ICP-MS cihazında analiz etmişlerdir. ASAA numunelerinin analizinde doğru olmayan sonuçların, svaplardan elementlerin eksik ayrıştırılması veya ayraç çözeltisindeki element konsantrasyonlarının tayinindeki hatalardan kaynaklanabildiği belirtilmiştir (97).

### **2.2.8. Ateşli silah atış artıklarının el üzerinde kalmasını etkileyen faktörler**

Yapılan araştırmalar sonucu bir silah ateşlendiği zaman hedef üzerinde bıraktığı artıkları etkileyen çeşitli faktörler olduğu görülmüştür. Bunlar ana hatlarıyla aşağıda özetlenmiştir.

#### **2.2.8.1. Silah tipinin ASAA'ya etkisi**

Silahın tipi, ASAA'nın dağılımı, el üzerindeki şekli ulaşabileceği mesafeyi etkiler. Örneğin susturuculu silahlarla yapılan atışlarda, ASAA önemli ölçüde azalmaktadır.

Namlu ile hedef arasında bulunan perde, giysi gibi malzemeler, malzemelerin kalınlığına, katman sayısına ve atışın durumuna bağlı olarak ASAA'nın tamamının hedefe ulaşmasını engelleyebilir. Otomatik-yarı otomatik tabancalarda, boş kovan çıkartma bölümünden atış sırasında kovanın yanı sıra bol miktarda ASAA çıkmakta ve atış yapan elin üzerinde kalmaktadır. Fakat toplu tabancalarda genellikle böyle bir durum söz konusu değildir. Örnek olarak, çoğu av tüfeğinde boş kovan çıkartma bölümü olmadığından atış yapan elde artık bulunmamaktadır (53, 98). Büyük çaplı silahlarda atış sırasında daha çok artık oluştuğundan atış yapan elde daha çok artık kalır.

### **2.2.8.2. Kapsülün yapısı**

Kapsülü oluşturan maddeler mermiden mermiye değişkenlik gösterebilmektedir. Bu durum atış yapan elde, hem yapısal hem de miktar bakımından farklı artıkların kalmasına sebep olabilmektedir. Kapsülün tipi ve büyüklüğü de, kapsülden kaynaklanan ASAA'nın yapılarını ve miktarlarını etkilemektedir. Örneğin bileşiminde Pb elementi bulunmayan bir kapsüle ait artıklarda doğal olarak Pb bulunmayacağından, inceleme yaparken dikkatli olunmalıdır (1).

### **2.2.8.3. Barutun yapısı**

Barut tipi de çok önemlidir. Beyaz barut özellikle daha az katı atık bırakırken, kara barut hem daha çok hem daha koyu renkte atık bırakır. Barutun şekli de çok önemlidir. Küresel barutlar, pul şeklinde olan barutlara göre daha uzak mesafelere kadar giderler. Ayrıca küresel barutlar daha giricidirler. Yakın mesafeden küresel barut bulunan mermilerin kullanıldığı atışlarda eğer giysi yeterince ince ise küresel barut bu giysiyi delip cilde ulaşabilir (2).

Barutun miktarı ve yanma hızı da önemli bir etkidir. Çok miktarda barutun artığı da çok olabileceği gibi, yanması hızlı olan barutlar daha az katı atık (yanmamış veya kısmen yanmış barut partikülleri) bırakacaktır. Barutun fiziksel yapısı, kimyasal yapısı, nemlilik derecesi, miktarı, atış sonucu oluşan ASAA'nın miktarını ve bileşimini etkiler.

### **2.2.8.4. Atış sonrası faaliyetler**

Atış yapıldıktan sonra, ellerin ovuşturulması, ceplere sokulması, tıbbi amaçlarla temizlenmesi, yıkanması veya müdahale edilmesi durumlarında el üzerindeki ASAA çok azalır ve kalmayabilir (1).



#### **2.2.8.5. Kişinin kullandığı el**

Atış sırasında kişinin hangi eli kullandığının bilinmesi de önemlidir. Boş kovan fırlatma bölümü sağda olan bir tabanca ile sol elle atış yapılması sırasında, el üzerinde çok az ASAA kalır (5, 53, 98).

#### **2.2.8.6. Elin çıplak olup olmaması durumu**

Atış yapıldığı esnada elin çıplak olup olmaması önemli bir faktördür. Eldiven giyilmesi durumunda, ASAA eldiven üzerinde kalacak ve eldiven çıkartıldıktan sonra el üzerinde ASAA'na rastlanmayacaktır. Otomatik olanları hariç av tüfekleri ile yapılan atışlarda, atış yapan el üzerinde ASAA'na rastlanmaz. Ancak bir elle namlu ucundan tutulup intihar edildiğinde, atış yapan elde değil, namluyu tutan elde artıklar bulunabilir. Ayrıca yakın mesafeden ateş edilirken, elini namluya doğru uzatan mağdurun elinde ASAA'na rastlanabilir. Atış yaparken diğer elini atış yaptığı ele destek olarak kullanan kişide ellerin tutuş pozisyonuna bağlı olarak her iki elde ya da tek bir elde ASAA bulunabilir (53, 98).

#### **2.2.8.7. Ateş edilen ortamın durumu**

Bulunulan ortamın fiziksel durumu da, atış yapan elde ASAA'nın kalmasını etkilemektedir. Açık ortamlarda atış sırasındaki şiddetli rüzgâr, yağmur ASAA'nı sürükleyerek el üzerindeki dağılımını ve miktarını değiştirir. Atış anında rüzgârlı, yağmurlu, açık bir ortamda, ya da kapalı bir ortamda olsa bile kuvvetli bir hava sirkülasyonu bulunuyorsa hafif partiküller ve gaz halindeki ASAA etkilenecektir. Örneğin atış yapan kişinin arkasından önüne doğru esmekte olan rüzgâr, şiddetine de bağlı olmak üzere ASAA'nı daha ileri mesafelere kadar taşıyabilecektir (99).

#### **2.2.8.8. Atış mesafesi**

ASAA'nın ulaşabilecekleri mesafeler sınırlı olduğu için, bunların hedef üzerinde kalabilmelerini etkileyen en önemli faktör atış mesafesidir. Örneğin namlu ucu ile hedef arasında 5 cm olduğu atışlarda hedef üzerinde tüm artıklara rastlanabilirken, 40 cm mesafeli bir atışta alev, is ve gazları etkisi görülmeyecek, 5 m'den yapılan atışlarda ciltte vurma ve silinti halkası, giyside ise sadece silinti halkası bulunabilecektir (99). Uzun namlulu silahlarda atış artıkları daha uzak mesafelere kadar ulaşabilmektedir.

#### **2.2.9. Ateşli silah atış artıklarını el üzerinden toplama yöntemleri**

ASAA'nı belirlemede kullanılan yöntemler, değişen ve gelişen analiz yöntemlerinin teknolojisiyle gelişim göstermekte ve bunlara yanıt verebilecek daha güvenli ve verimli toplama yöntemleri de geliştirilmektedir. ASAA, hem hedeften mesafe tayini, hem de yaralı, ölü veya şüpheli şahısların ellerinden atış yapan kişinin tespiti amacıyla toplanmaktadır. Çeşitli ASAA toplama yöntemleri bu amaçlarla geliştirilmiştir (100). ASAA buldukları ortamlardan muhtelif araçlar ile toplanabilmektedir. Aşağıda en çok kullanılan ASAA toplama araçları gösterilmiştir.

##### **2.2.9.1. Parafin Kalıbı Yöntemi**

Şüpheli elin üzerine eritilmiş parafin veya balmumu 40 cm kadar yükseklikten dökülür ve boya fırçası ile yayılarak uygulanır. Parafinin biraz soğuması beklendikten sonra, üzerine gazlı bez örtülür ve yeniden parafin dökülür. Katı tabaka haline gelene kadar kurutulduktan sonra parafin kaldırılır ve mikroskop altında cilde temas eden kısımlarda barut artığı aranır. Daha sonra kimyasal belirteç olan difenilamin (Lunge çözeltisi) ile kimyasal teste tabi tutulur. Bu yöntem artık günümüzde yaygın olarak kullanılmamaktadır (100, 101).

### **2.2.9.2. Nitrik Asit (HNO<sub>3</sub>) Yöntemi**

*Harrison ve Gilroy* 1959'da, ateşli silah kullanan kişinin elinde kalan Ba ve Pb elementini saptamak için, eli seyreltik hidroklorik asitle ıslatılmış temiz beyaz bez parçası ile svaplayarak üzerine sodyum rodizonat uygulamıştır. El üzerindeki ASAA, %5'lik HNO<sub>3</sub> içerisinde ıslatılan pamuk ile toplanır. ASAA, HNO<sub>3</sub> içinde çözüldüğünden, bu yöntem daha çok NAA ve AAAS'de kullanılmıştır. Nitrik asit yöntemi daha çok kanlı yüzeylerden ASAA alınmasında etkili bir yöntemdir (5, 12, 100).

### **2.2.9.3. Çözeltiye daldırma yöntemi**

Ellerin %5'lik HNO<sub>3</sub> bulunan plastik bir torba içerisine daldırılarak yıkanmasından ibarettir. Atıştan sonra 24 saate kadar pozitif sonuç alma olanağı sağladığı bildirilmektedir (101).

### **2.2.9.4. Vakum cihazıyla emme yöntemi**

Yüz ve ellerden ucuna filtre eklenmiş vakum cihazıyla ASAA çekilerek toplanır. Bu amaçla yapılan cihazlardan biri de 25 mm çapında, çift hava süzgecine sahip Nucleopore cihazıdır. Bu cihazın ilk süzgeci 20µ-10µm çapında gözenekli naylon süzgeç; ikinci süzgeci ise 0.8µm çapında gözenekli zar süzgeçtir ve bunun altında da bir süzgeç kağıdı bulunmaktadır. Uygulama sonunda zar süzgeç üzerinde toplanan 0.8µ-20µ arasında büyüklükteki parçalar, çift taraflı yapışkan banda alınır, karbon kaplanır ve SEM'de ASAA yönünden incelenir (102). Sild ve Pausak 2mm'lik yapışkan bantlı basit aparatlar ile vakum cihazına ekleyerek kullanmışlardır. Böylece el ve yüzden ASAA'nı doğrudan stap üzerine emen minyatür bir vakum cihazı geliştirilmiştir.

### **2.2.9.5. Yapışkan yüzey üzerine transfer etme yöntemleri**

Farklı özellikteki bantlar ile ASAA'nın toplanması kullanılan yöntemlerdendir. Bu yöntemlerde kullanılan bant analiz yöntemlerine göre farklılık gösterir. ASAA, NAA veya

AAAS gibi konsantrasyona yönelik yöntemler ile analiz edilecekse, yapışkanlı örnek tutucu, şüpheli kişinin elleri üzerine birkaç kez yapıştırılıp kaldırılarak toplanırlar. Elde edilen artıklar HNO<sub>3</sub> gibi organik çözücülerde çözülerek analize hazırlanırlar. Yapışkan bantlardan kirlilik gelmesi ve bantlara toplanan artıkları tamamen çözeltiye çekebilmek için uzun bir süre gerektiğinden, doğrudan HNO<sub>3</sub> ile silme kadar verimli olmayabilir. Ancak yapışkan bantın (tıbbi plaster) kolay bulunabilmesi ve yöntemin basitliği sebebiyle şu anda birçok laboratuvarında kullanılmakta olan AAAS analizlerinde tercih edilmektedir (100).

*Batu C*, yaptığı deneysel çalışmada, ülkemizde emniyet teşkilatının yapışkan bant yöntemiyle, hata oranını en aza indirmek için; el svabını alacak kişilerin ellerini sabunlu su ile iyice yıkamaları gerektiğini, kullanılacak yapışkan bantın 5x5 cm ebadında olabileceğini ve numuneleri almaya ateş edilen elin tersinden, yani ASAA'nın en az bulaşabileceği bölgeden başlanması gerektiğini belirtmektedir (100).

ASAA, Taramalı Elektron Mikroskobu/Enerji Dağılımlı X Işını Analizörü (SEM/EDXA), Taramalı Elektron Mikroskobu/Dalgaboyu Dağılımlı X Işını Analizörü (SEM/WDXA) veya AES gibi taneciğin incelenmesine yönelik yöntemler ile analiz edilecekse, sadece yapışkanlı disklerin mevcut olduğu partikül toplama kitleri kullanılır. Özel amaçlı geliştirilen bu toplama kitlerinin hangisinin en yaygın yöntemi içerdiği veya hangisinin zamanımızda çok kullanılan SEM/EDXA ile analiz için uygun olduğu konusunda herhangi bir araştırma yoktur (100, 103).

#### ***2.2.9.6. PVAL (Polivinilalkol) ile Çekme Yöntemi***

Bu teknik, Baden-Württemberg Eyalet Kriminal Dairesi'nden *J. Merkel* tarafından 1993 yılında hazırlanarak yeni bir inceleme yöntemi olarak ortaya konulmuştur. Ateşli silah ile ateş eden kişinin eli üzerindeki ASAA'nın PVAL ile toplanması yöntemi; ASAA'nın el

üzerinden tam olarak toplanması, koruma altına alınması ve analiz sonucunda ASAA'nın el üzerindeki dağılımının görülebilir olması bakımından avantajlı bir yöntemdir (100).

#### **2.2.10. Atış yapan elin tetkikinde dikkat edilmesi gereken hususlar**

Atış sırasında atış yapan el üzerinde kalan ASAA'nın tespiti çok önemli bilgilere ulaşılmasını sağlar. ASAA el üzerinden, elleri cebe sokma, tokalaşma, silme, ovuşturma, yıkama, gözyaşlarını silme gibi çeşitli aktiviteler sonucu kısmen ya da tamamen yok olmakta, transfer olabilmektedir. Bu nedenle atış yapan ya da yaptığından şüphelenilen kişi ile ilk karşılaşan ekibin kişinin ellerini hemen muhafaza altına alması gereklidir. Bu işlem ya ellerin kağıt torbalara sokulması ya da bu iş için özel hazırlanmış kitlerde bulunan torbalar içine konulması gerekmektedir. Mümkün olan en kısa zamanda svap alınmalıdır. Olaydan çok sonra alınan svablardaki negatif sonuçlara tereddütle yaklaşılmalıdır. İlk birkaç saat içinde alınan svap çok değerlidir. Ölen kişilerde söz konusu aktiviteler olamayacağından öleni bir yere nakletme gibi durumlar dışında ve ölen açık havada, yağmurlu bir ortamda değilse yine mümkün olan en kısa zamanda svap alınmak kaydı ile, elleri torba ile korumaya gerek yoktur. Yaralıya yapılan tıbbi müdahale sırasında ellerin tutulmuş olabileceği göz önünde bulundurulmalı, çeşitli maddeler ile silinmiş olup olmadığı araştırılmalıdır (98).

Bulguların doğru olarak değerlendirilmesinde testin pozitif sonuç verdiği olgularda elin kısımlarının haritalandırılması (sağ el dışı, sağ el içi, sol el dışı, sol el içi gibi) önerilmektedir. Silahın tipine ve silahın lokalizasyonuna göre farklı alanlarda, farklı yoğunluklarda metal artıkları bulunabilmektedir. (5).

#### **2.2.11. ICP-MS Sistemi**

ICP-MS ile yapılan uygulamalarda bir ICP hamlacı atomlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olarak iş görür. Çözeltiler için, numune klasik ya da ultrasonik bir sisleştirici ile verilir. Bu cihazlarda pozitif metal iyonları klasik bir ICP hamlacında üretilir. Diferansiyel bir pompa yardımıyla,

bir kuadropol kütle spektrometreye iletilir. Bu şekilde elde edilen spektrumlar, varolan bütün elementler için bir dizi izotop pikinden oluşur. Bu spektrumlar numunede bulunan elementlerin kalitatif ve kantitatif tayinlerinde kullanılır. Miktar tayini, analit için iyon sayımının bir iç standart için iyon sayımına oranı ile derişim arasında çizilen bir kalibrasyon eğrisi aracılığıyla yapılır (104).

Cihazın en kritik parçası, ICP hamlacını cihaza bağlayan ara birimdir ve bu birim  $10^{-4}$  torr'dan daha küçük bir basınca gerek gösteren kütle spektrometre ile birlikte atmosfer basıncında çalışır. Bu bağlantı diferansiyel pompa ile vakuma alınan bir ara yüzey bağlantı birimi ile sağlanır. Bu birim ortasında 1mm den küçük bir deliği olan ve suyla soğutulan nikel bir numune verme konisinden (sample cone) oluşur. Sıcak plazma gazı, bu delikten basıncı bir mekanik pompa yardımıyla 1 torr civarında tutulan bir bölgeye geçer. Bu bölgede gaz hızla genişir ve soğur. Gazın bir kısmı küçük bir delikten sıyrıcı denen ikinci bir koniye (skimmer cone) ve buradan da basıncı, kütle spektrometresinin basıncıyla aynı tutulan bir odacığa geçer. Burada pozitif iyonlar, elektronlardan ayrılır ve moleküler türler, negatif bir potansiyel yardımıyla hızlandırılarak, bir manyetik iyon merceği ile kuadropol kütle analizörünün giriş deliğine odaklanırlar (104).

ICP-MS sistemi, numunelerde bir ya da daha fazla elementin, kalitatif, yarı-kantitatif ve kantitatif tayinlerinde kullanılır. ICP-MS çoklu element analizlerine kolayca uyarlanabildiği için, çeşitli tipte doğal ya da sentetik karmaşık malzemelerin yarı-kantitatif analizine ve hızlı karakterizasyonuna olanak sağlar. Genel olarak gözlenebilme sınırları optik emisyon ICP'den daha iyi, elektrotermal atomik absorpsiyon spektroskopi ile yarışabilir niteliktedir. ICP-MS'in en cazip yönlerinden biri, kütle spektrometrik belirleme yönteminin optik belirlemeye göre daha düşük gözlenebilme sınırları sağlamasıdır. Bu sınırlar, birçok durumlarda elektrotermal atomik absorpsiyonla aynı, bazan de daha düşüktür. ICP-MS işlemi, kuşkusuz hız ve çoklu element analizleri gibi avantajlar sağlar (104).

ICP-MS’de en çok kullanılan kantitatif yöntem kalibrasyon eğrisi hazırlamak üzere, bir dizi kalibrasyon standardı kullanmaktır. Cihazdan gelen kararsızlıkları ve matriks etkisini karşılamak üzere standartlara ve numunelere bir iç standart eklenir. İç standart, numunede bulunmayan ve analite yakın bir atomik kütle ve iyonlaşma potansiyeline sahip bir elementtir. Genellikle kullanılan iki iç standart indiyum ve rodyumdur. Her ikisi de elementlerin kütle ağırlığının ortalarında yer alırlar (103, 115, 113) ve doğal numunelerde nadiren bulunurlar.

ASAA’nın karakteristik elementleri (Pb, Ba, Sb) kimyasal bileşim için önemlidir. Bu karakteristik elementler parçacıklara göre sabit bir kombinasyondan oluşur ve bunlar ASAA olarak tanımlanır (105).

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, İstanbul'da özel bir kapalı atış poligonunda, çıplak elle yapılan atışlardan sonra, ellerden ASAA'nın toplanması ve İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Adli Tıp Enstitüsü Fen Bilimleri Laboratuvarı'nda ICP-MS cihazında yapılan analizler olmak üzere üç ana aşamayı kapsamaktadır.

#### 3.1. Yapılan Atışlar

##### 3.1.1. Atış yapılan ateşli silahın özellikleri

Atış yapılan tabanca, atışların yapıldığı poligondan temin edildi. Bu tabanca, Sarsılmaz Armalite AR-24 marka, 9x19mm (Parabellum tipi) T1102-15BH00466 seri numaralı yarı otomatik tabancadır (Şekil 6). Bu tabancaya ait teknik özellikler Tablo 1'deki gibidir.



**Şekil 6.** Sarsılmaz AR-24 marka tabanca



**Tablo 1.** Sarsılmaz AR-24 marka tabancanın teknik özellikleri (106)

<b>Çap</b>	9x19 mm
<b>Namlu çıkış hızı</b>	360 m/s
<b>Namlu uzunluğu</b>	119 mm
<b>Tabanca uzunluğu</b>	209 mm
<b>Tabanca ağırlığı</b>	1085 g
<b>Şarjör kapasitesi</b>	15
<b>Etkili menzil</b>	100 m
<b>Üretim yılı</b>	2015
<b>Yiv-set sayısı</b>	6-6
<b>Mekanizma</b>	Çift Hareketli
<b>Yükseklik</b>	142 mm
<b>Genişlik</b>	32 mm
<b>Ateşleme türü</b>	Yarı Otomatik

### 3.1.2. Atış yapılan merminin özellikleri

Bu çalışmada kullanılan mermi Şekil 7'de gösterildiği gibi MKEK yapımı 9 mm Parabellum tipi mermidir ve toplamda 30 adet mermi kullanılarak atışlar yapılmıştır.



Şekil 7. MKEK yapımı 9x19 mm Parabellum fişek

Atışlar aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

- Sağ el tek atış, sağ el iki atış ve sağ el üç atış (her bir atıştan 3 tekrar)
- Sol el tek atış, sol el iki atış ve sol el üç atış,
- İki el tutuşlu tek atış, iki el tutuşlu iki atış ve iki el tutuşlu üç atış.

### 3.1.3. Atış yapılan yerin özellikleri

Ateşli silahla atışlar, özel bir kapalı atış poligonunda 35x7x3 m'lik boyutlara sahip odada, 22°C ortam sıcaklığında yapıldı. Atış yapılan alanın içerisindeki havayı sirküle etmek için saatte 300.000 m<sup>3</sup> kapasiteyle hava tahliyesi yapan havalandırma kullanıldı.

### 3.1.4. Atışın yapılış pozisyonu

Ateşli silahlar, atış yolundaki hedefe yatay doğrultuda hedef olarak yapıldı. Şekil 8'de gösterildiği gibi silahın namlu ucundan ateş edilen atış hedefine uzaklığı 5 m'de tutuldu.



**Şekil 8.** Atışın yapılış pozisyonu

### **3.1.5. Temizlik prosedürü**

Atış yapılmadan önce atış yapılacak elin iç ve dış yüzeyi, hazırlanan %2'lik HNO<sub>3</sub> çözeltisiyle, elin yüzeyine püskürtülerek peçete yardımıyla kurulanıp yapıldı. Her atışın akabinde swap alındıktan sonra atış yapılacak elin yüzeyleri ve silah temizlenip, sonrasında atışlar yapıldı. Numune alınırken, elin hangi yüzeyinden swap alınmışsa, bir sonraki swap alma işleminde cerrahi eldiven değiştirildi.

### 3.1.6. Atışın yapılış şekli

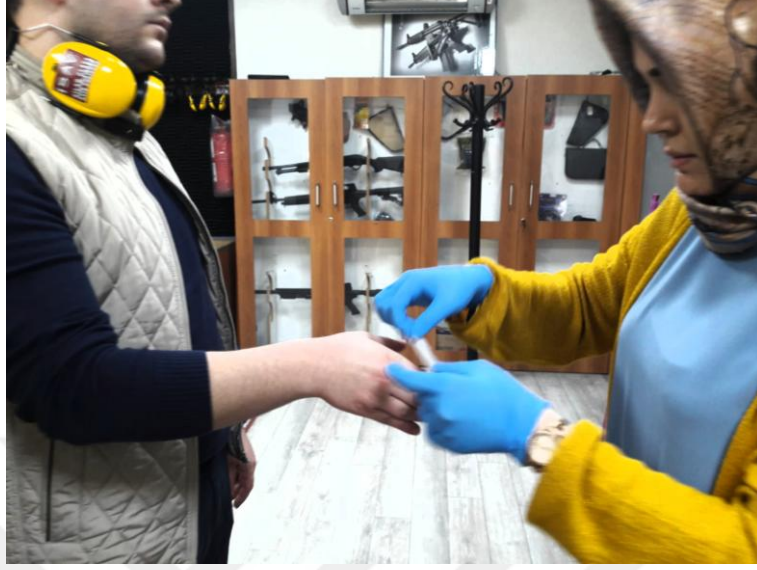
Atışlar, her atış öncesinde Bölüm 3.1.5'te açıklanan temizlik prosedürü uygulanmak koşulu ile sağ el tutuşlu bir atış, iki atış ve üç atış, aynı şekilde sol el tutuşlu bir atış, iki atış ve üç atış, benzer şekilde iki el tutuşlu durumda da bir atış, iki atış ve üç atış şeklinde gerçekleştirildi. Bu çalışmada ayrıca tekrar edilebilirlik çalışmaları için sağ el tutuşlu atışların her biri üçer defa tekrar edildi.

### 3.1.7. Atış artıklarını toplama yöntemi

Yapılan atışlar sonrası, ASAA aşağıdaki materyaller kullanılarak toplandı.

- **Yapışkan Bant:** Bir yüzeyi beyaz renkli bez, diğer yüzeyi yapışkan özellikte, 5x5 cm boyutunda olay yeri inceleme tarafından kullanılan kriminal plasterler kullanıldı. Yapışkan bantlar falkon tüplere, katlanmadan, birbirine yapışmayacak ve yapışkan yüzeyler dışa gelecek şekilde helezon biçiminde yerleştirildi.
- **Falkon Tüp:** Yapışkan bantlarla toplanan ASAA, plastik 50 mL'lik falkon tüplere konuldu. Falkon tüplerin üzerine, elin hangi bölgesinden alındığı, hangi elle atış yapıldığı ve kaç el atış yapıldığı yazıldı.
- **Eldiven:** Her atış sonrası, ASAA'nı el içinden ve el üzerinden toplarken, her bir bölge için (sağ el içi, sağ el dışı veya kontrol numunesi gibi) her seferinde kontaminasyonları önlemek amacıyla değiştirilerek kullanılmış tıbbi eldivenlerdir.

### 3.1.8. Atış artıklarının toplarken dikkat edilen kurallar



**Şekil 9.** Atış artıklarının toplanma aşaması

- Kontaminasyonu önlemek için, Şekil 9’da gösterildiği gibi numune alınırken cerrahi eldiven giyilip, her numune alınmasında bu eldiven değiştirildi.
- Atış yapacak kişinin atış yapmadan önce elleri, %2’lik HNO<sub>3</sub> kullanılarak temizlendi.
- Atış sonrası bir elden numune alındıktan sonra temizlik prosedürü uygulanıp 10 dk sonra diğer atışlar yapıldı.
- Atış yapan kişinin elleri hiçbir nesne ile temas ettirilmeden, atış yapılan odanın en uzak köşesinde bulunan kısma alınarak 1-2 dakika içerisinde numunelerin alınması sağlandı.
- Her seferinde, her atış sonrası atış yapılan elin dışı ve içi olmak üzere her numune için ayrı ayrı yaklaşık 10 kez yapıştırılıp kaldırılarak (yapışkan bantın yapışkanlığı geçene kadar) ve iki çapraz köşede yaklaşık 1 cm’lik bölümde yapışkan yüzey birbirine gelecek şekilde kıvrılarak tutma yeri hazırlanıp, numuneler toplandı. Alınan svaplar, yapışkan yüzeyler birbiri üzerine getirilmeden, yapışkan yüzeyler dışa gelecek şekilde (helezon biçiminde) falkon tüplere dikey olarak konuldu.

- Atış yapılan elin iç ve dış yüzeyinin tamamından numuneler alındı.
- Son olarak, atış yapıp, temizlik prosedürü uygulandıktan sonra atış yapılacak elin dış ve iç yüzeyinden kontrol grubu oluşturmak amacıyla, aynı şekilde plaster ile swap alındı.

### 3.2. Çalışmada Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan gereçlerin listesi ve her birine ait marka ve model bilgileri Tablo 2'deki gibidir. Kalibrasyon için kullanılan konsantrasyonlar ve çözelti miktarları Tablo 3'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Çalışmada kullanılan gereçlerin ve kimyasalların adı ve markası

<b><u>Adı</u></b>	<b><u>Markası</u></b>
İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS)	Thermo X Series 2
Çalkalayıcı	GFL
Etüv	Thermal
Santrifüj	Hettich
Ultrasonik Banyo	Bandelin
Otomatik Pipetler	Eppendorf
Standart kalibrasyon çözeltisi Sb (1000 µg/mL %2 HNO <sub>3</sub> ) Ba (1000 µg/mL %2 HNO <sub>3</sub> ) Pb (1000 µg/mL %2 HNO <sub>3</sub> )	High-purity standards
İnternal Standart Indium (1000 µg/mL %2 HNO <sub>3</sub> ) Gallium (1000 µg/mL %2 HNO <sub>3</sub> )	Absolute Grade
Numune hazırlama çözeltisi Suprapur Nitric Acid %65	Merck
Falkon Tüp – 50 mL	Isolab
Ultra saf su cihazı	Millipore

**Tablo 3.** Kalibrasyon için kullanılan konsantrasyonlar ve çözelti miktarları

Konsantrasyon (ng/mL)	1 µg/mL (Sb, Ba, Pb) mix. kalibrasyon çözeltisi (Ara stok 2)	2 µg/mL (In, Ga) iç standart çözeltisi	%2 HNO <sub>3</sub>
Blank	----	100 µL	10 mL'ye kadar %2 HNO <sub>3</sub> ile tamamlandı.
0,1	1 µL		
0,2	2 µL		
0,5	5 µL		
1	10 µL		
2	20 µL		
5	50 µL		
10	100 µL		
20	200 µL		
50	500 µL		
100	1000 µL		
150	1500 µL		

### 3.2.1. %2'lik HNO<sub>3</sub> çözeltisinin hazırlanması

%65 Merck Suprapur HNO<sub>3</sub> çözeltisinden 20 mL alınarak plastik balon joje içerisinde ultra saf su ile 1 litreye tamamlandı.

### 3.2.2. İç standart (IS) çözeltisinin hazırlanması (2 µg/mL Indium ve Gallium)

Çalışmada iç standart olarak Indium (1000 µg/mL) (Absolute standartds, %99.999 saflıkta, %2 HNO<sub>3</sub> içinde) ve Gallium elementleri (1000 µg/mL) (Absolute standartds, %99.999 saflıkta, %2 HNO<sub>3</sub> içinde) kullanıldı. Her iki stok çözeltiden 100 µL alınarak, %2 HNO<sub>3</sub> ile 50 mL'ye tamamlandı.

### 3.2.3. Kalibrasyon çözeltilerinin hazırlanması

Ticari olarak satın alınan yüksek saflıktaki Sb, Ba ve Pb (%2 HNO<sub>3</sub> içinde 1000 µg/mL) elementlerinin ana stok çözeltilerinden 10 µg/mL ara stok 1 kalibrasyon çözeltisi hazırlamak için, her bir ana stok çözeltiden 300 µL alınarak, %2 HNO<sub>3</sub> ile 30 mL'ye tamamlandı. 1 µg/mL Sb, Ba ve Pb ara stok 2 kalibrasyon çözeltisi hazırlamak için, ara stok 1

kalibrasyon çözeltilerinden 3000 µL alınarak, %2 HNO<sub>3</sub> ile 30 mL'ye tamamlandı. Tablo 3'de belirtilen konsantrasyonlarda kalibrasyon çözeltileri hazırlanarak analizi yapılacak her bir element için kalibrasyon grafikleri oluşturuldu.

### 3.2.4. Numune hazırlama çözeltileri

Numuneleri hazırlamak için %65'lik Merck Suprapur HNO<sub>3</sub> çözeltilerinden 20 mL ve 70 mL alınıp ultra saf su ile 1 litreye tamamlanarak %2'lik ve %7'lik HNO<sub>3</sub> çözeltileri hazırlandı.

### 3.2.5. Yöntemin Geçerlilik Çalışmaları

Çalışmada kullanılan yöntemin geçerlilik basamakları aşağıdaki şekilde sıralanmıştır: Her bir element için hazırlanan blank (kör), 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 150 ng/mL konsantrasyonlardaki kalibrasyon çözeltileri ICP-MS ile analiz edilerek kalibrasyon grafiği oluşturuldu. Kalibrasyon noktalarının her biri üçer defa tekrar edilerek analiz edildi. İçerisinde yalnızca IS olan kör çözeltiler 10 defa ayrı ayrı hazırlanıp analiz edilerek yöntemin Gözlenebilme Sınırı (LOD) ve Tayin Sınırı (LOQ) belirlendi. LOD ve LOQ belirlemek için 10 tekrarlı analizin her bir element için konsantrasyon ortalaması hesaplandı.

$LOD = 3.3 \times Ort$ ,  $LOQ = 10 \times Ort$  formüllerinden yararlanılarak hesaplamalar yapıldı (107).

Geri kazanım çalışmaları için boş plaster örneğinin olduğu %7'lik HNO<sub>3</sub> çözeltilerinin içerisine miktarı bilinen atış artığı elementleri katıldı. Geri kazanım çalışmaları düşük ve yüksek olmak üzere iki farklı konsantrasyonda yapıldı. Düşük konsantrasyon için Sb ve Ba elementleri 5 ng/mL, Pb elementi 50 ng/mL; yüksek konsantrasyon için Sb ve Ba elementleri 10 ng/mL, Pb elementi 100 ng/mL olacak şekilde boş plaster çözeltilerine katıldı. Her bir konsantrasyon için 3 ayrı örnek hazırlandı. Hazırlanan örnekler ICP-MS ile analiz edildi. Ortalama, standart sapma, geri kazanım yüzdesi ve bağıl standart sapma hesaplamaları yapıldı.



### 3.3. Atış Artıklarının ICP-MS sistemi ile analizi

#### 3.3.1. Ön deneysel çalışma



Şekil 10. Atış artığı svap alma seti

Yapılan ön deneysel çalışmamızda Yavuz 16 Compact ve Sarsılmaz AR-24 marka olmak üzere iki farklı silah türü ve atış artığı örnekleme için kriminal plaster kullanıldı. Çalışmamızda kullandığımız kriminal plasterler Efe CSI marka olup, olay yeri inceleme uzmanlarının kullandığı atış artığı svap alma setinden temin edildi (108). Yapılacak olan atışlar öncesinde poligon içerisinden gelebilmesi muhtemel kontaminasyonu belirleyebilmek adına atış yapmayan kişiden poligon girişinde ve çıkışında atış yapılan elin dışı ve içi olmak üzere örnekler alındı. Şekil 10’da gösterildiği gibi kriminal plasterler ile sağ elle atış öncesi atış yapılacak elin iç ve dış kısmı temizlenerek kriminal plaster ile atış öncesi örnekleme yapıldı. Her iki tabanca için (Yavuz 16 Compact ve Sarsılmaz Ar-24), tek atış, iki atış ve üç atış yapıp sağ iç ve sağ dış numuleri kapsayan toplam 12 adet numune, iki farklı tabanca ile yapılan atışlardan toplamda 12’şerli 2 grup oluşturuldu. Atışlardan toplam 24 adet numune elde edildi. Atış sonrası 24 adet ASAA toplanmış kriminal plaster, 2 adet kontaminasyonu belirleyebilmek için poligona girerken ve çıkarken atış yapmayan kişiden alınan kriminal

plaster çalışıldı. Alınan tüm örnekler, falkon tüplere alınıp %7'lik HNO<sub>3</sub> ile muamele edilip, oda sıcaklığında bir gece bekletilip, sonrasında 60°C ultrasonik su banyosunda 1 saat bekletildikten sonra ICP-MS cihazında analize alındı. Elde edilen sonuçlara göre çalışmaya Sarsılmaz marka tabanca ile devam edilmesine karar verildi.

### 3.3.2. ASAA örneklerinin hazırlanması ve analizi



Şekil 11. Atış artıklarının falkon tüplere koyulması



Şekil 12. Atış artıklarının çalkalayıcıda bekletilmesi



**Şekil 13.** Atış artıklarının ultrasonik su banyosunda bekletilmesi

Sarsılmaz marka tabanca ile sürdürülen ve bu tez çalışmasına esas teşkil eden çalışmada, atış artıklarının toplandığı kriminal plasterler, Şekil 11’de gösterildiği gibi falkon tüplere kodlama esasına göre yerleştirildi. ASAA’nın ayrıştırılması, birinci grup sağ el tek atış için 12 adet, sağ el iki atış için 12 adet, sağ el üç atış için 12 adet olmak üzere toplam 36 adet, ikinci grup sol el tek atış için 4 adet, sol el iki atış için 2 adet, sol el üç atış için 2 adet olmak üzere toplam 8 adet, üçüncü grup çift el tek atış için 8 adet, çift el iki atış için 8 adet, çift el üç atış için 8 adet olmak üzere toplam 24 adet, sonuç olarak toplamda 68 adet numune üzerinde yapıldı. Hazırlanan tüm gruplar için alınan ASAA örnekleri üzerine 10 mL %7’lik HNO<sub>3</sub> ilave edildi. ASAA, yapışkan banttıan ayrışması için, Şekil 12’de gösterildiği gibi 160 rpm devirde, orbital çalkalayıcıda 16 saat karıştırılıp, sonrasında Şekil 13’teki gibi 70°C’de ultrasonik su banyosunda 1 saat boyunca bekletildi. Her bir örnekten 100’er µL alınarak, içerisine 100’er µL IS ilave edildi ve %2’lik HNO<sub>3</sub> ile 10 mL’ye tamamlanıp ICP-MS sistemi

ile analiz edildi. ASAA'nın toplandığı, yapışkan bantlardaki ASAA %7'lik HNO<sub>3</sub> ile muamele edilirken, atış artığı bulunmayan aynı özellikteki yapışkan bant da diğer örnekler ile aynı işlemlere tabi tutularak analiz edildi. Böylelikle atış artığı toplanan plasterin kendisinden gelen Pb, Ba ve Sb elementlerine ait herhangi bir kirlilik olup olmadığı incelendi.

Veri toplama ve değerlendirme işlemi PlasmaLab yazılımı ile yapıldı. İzlenen element izotopları <sup>121</sup>Sb, <sup>137</sup>Ba ve <sup>208</sup>Pb daha yüksek nisbi bolluk ve izobarik girişim yokluğuna dayalı olarak seçildi.

Çalışmanın analiz bölümünde, İstanbul Üniversitesi-Cerahpaşa Adli Tıp Enstitüsü Laboratuvarı'nda bulunan Thermo X Series 2 İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) sistemi kullanıldı. Şekil 14'te çalışmada kullanılan ICP-MS sistemi, Tablo 4'te ise bu sistemin analiz parametrelerinin detayları gösterilmektedir.



**Şekil 14.** ICP-MS sistemi

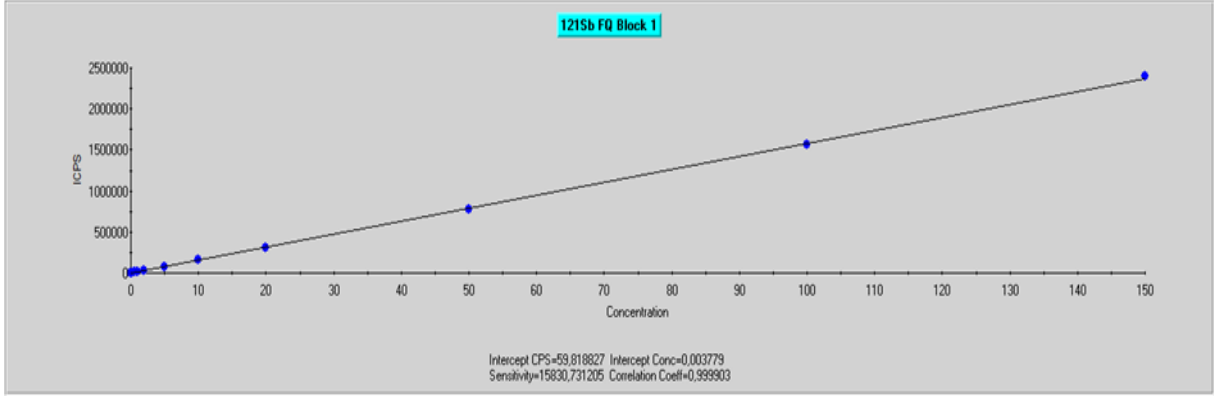
**Tablo 4.** ICP-MS sistem parametreleri

<b>Nebulizatör (Nebulizer)</b>	Ortak Merkezli Nebulizatör (Concentric nebulizer)
<b>Sprey Odası (Spray Chamber)</b>	Pyrex, Conical, QD Drain
<b>Kütle Analizatörü (Mass Analyzer)</b>	Dörtlü (Quadruple)
<b>RF Güç (RF Power)</b>	1350 W
<b>Argon Gazı Akış Oranları (Ar gas flow rates)</b>	0,88
<b>Plazma Toplaması (Plasma coll)</b>	13
<b>Auxiliary</b>	0,8
<b>Lens 1 Voltage</b>	-1420
<b>Lens 2 Voltage</b>	-86,3
<b>Lens 3 Voltage</b>	-197,6
<b>Tarama Modu (Scanning mode)</b>	Peak jumping
<b>Bekleme Süresi (Dwell time)</b>	0,6 ms
<b>Örnek Alım Oranı (Sample Uptake rate)</b>	45 s
<b>Izotoplar (Isotopes)</b>	<sup>121</sup> Sb <sup>137</sup> Ba <sup>208</sup> Pb

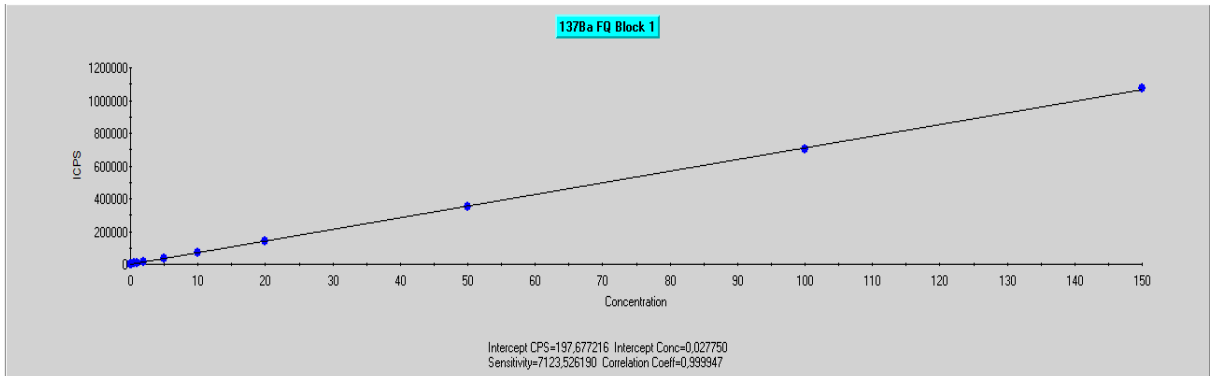
#### 4. BULGULAR

Bu çalışmada, MKEK yapımı 9 mm Parabellum tipi tabanca mermileri kullanılarak atışlar yapıp, atış sonrası toplanan atış artıklarının tespiti için Sb, Pb ve Ba elementleri ICP-MS sistemi ile analiz edildi. Yapılan kantitatif ölçümlerde; tek atış, çift atış ve üç atış sonrası atış yapılan elin/ellerin içinde ve dışındaki atış artıkları saptandı.

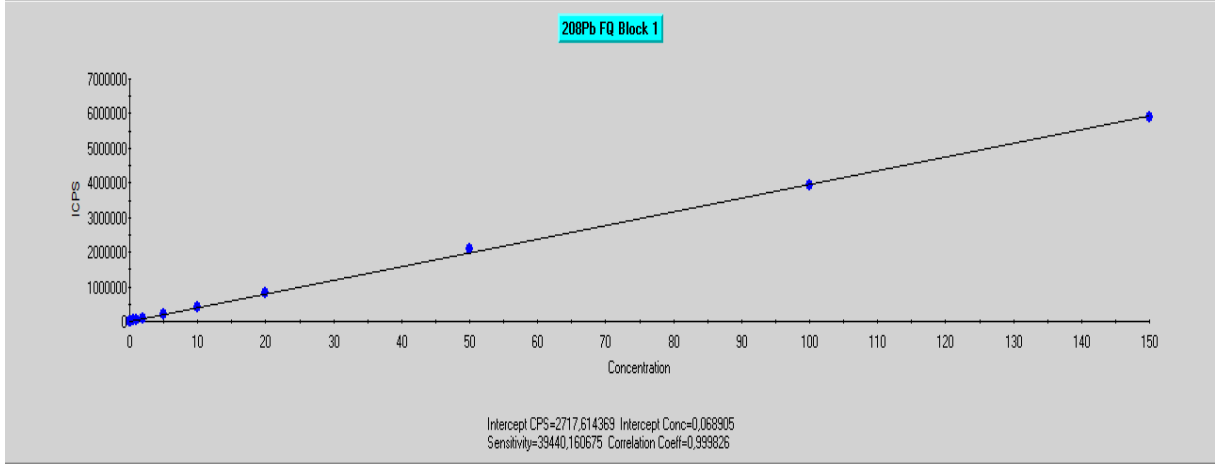
Sb, Pb ve Ba elementleri için artan konsantrasyonlarda hazırlanan kalibrasyon çözeltilerinin analiz edilmesi sonucu her bir element için kalibrasyon eğrisi oluşturuldu. Sb, Pb ve Ba elementlerine ait kalibrasyon eğrileri Şekil 15-17'de gösterildi.



Şekil 15. Sb elementi için kalibrasyon eğrisi



Şekil 16. Ba elementi için kalibrasyon eğrisi



**Şekil 17.** Pb elementi için kalibrasyon eğrisi

Standart çözeltiler ile oluşturulan kalibrasyon eğrilerinin korelasyon katsayıları tüm elementler için  $>0,999$  bulundu. Blank (kör) çözeltinin 10 defa analiz edilmesi ile belirlenen LOD ve LOQ değerleri, kalibrasyon aralığı ve korelasyon katsayısı Tablo 5’te liste halinde gösterildi. Tablodaki verilerden de anlaşılacağı gibi tayin ve tespit limitleri ICP-MS sisteminin oldukça düşük limitlerde tayin etme kabiliyeti olduğunu, geniş doğrusal aralıkta yüksek korelasyon gücüne sahip olduğunu kanıtlamaktadır.

**Tablo 5.** Analiz yönteminin performans değerleri

	<b>LOD (ng/mL)</b>	<b>LOQ (ng/mL)</b>	<b>Kalibrasyon Aralığı (ng/mL)</b>	<b>Korelasyon Katsayısı</b>
<sup>121</sup> Sb	0,01	0,03	0,2-150	$>0,999$
<sup>137</sup> Ba	0,06	0,20	0,1-150	
<sup>208</sup> Pb	0,04	0,13	0,1-150	

Analitik yöntemin geçerlilik çalışmaları için uygulanan geri kazanım ve tekrar edilebilirlik çalışmalarının bulguları Tablo 6’da verildiği gibidir.

**Tablo 6.** Geri kazanım ve tekrar edilebilirlik çalışmalarının bulguları

	<b>5 ng/mL</b>	<b>%Geri kazanım</b>	<b>%RSD</b>	<b>10 ng/mL</b>	<b>%Geri kazanım</b>	<b>%RSD</b>
<b>Sb</b>	4,28	85,58	1,07	9,19	91,90	1,05
	4,25	85,04		9,023	90,23	
	4,34	86,72		9,027	90,27	
<b>Ba</b>	4,22	84,48	2,69	9,207	92,07	0,81
	4,02	80,44		9,073	90,73	
	4,04	80,88		9,087	90,87	
	<b>50 ng/mL</b>	<b>%Geri kazanım</b>	<b>%RSD</b>	<b>100 ng/mL</b>	<b>%Geri kazanım</b>	<b>%RSD</b>
<b>Pb</b>	41,24	82,48	1,84	81,06	81,06	3,35
	40,14	80,28		82,43	82,43	
	41,58	83,16		86,43	86,43	

Çalışmanın geçerlilik çalışmaları için yapılan tekrar edilebilirlik ve geri kazanım verimlerine bakıldığında tüm parametrelerin kabul edilebilir sınırlar içinde (Geri kazanım için %80-120 arası, tekrar edilebilirlik için <%20 RSD) olduğu görülmüştür.

Yöntemin performans parametreleri bir bütün olarak değerlendirildiğinde, ICP-MS sistemi ile geliştirilen atış artığı tayin yönteminin doğru, güvenilir, tekrar edilebilir ve hassas tayin limitlerine sahip olduğu gösterilmiştir.

Boş plaster örneğinin 3 tekrarlı analizinin sonuçları Tablo 7'deki gibidir. Her ne kadar Pb elementi boş plasterde göz ardı edilemeyecek kadar bulunsa da Sb ve Ba elementleri boş plasterde oldukça düşük konsantrasyonlarda tespit edilmiş ve herhangi bir kontaminasyon yapmadığına karar verilmiştir.



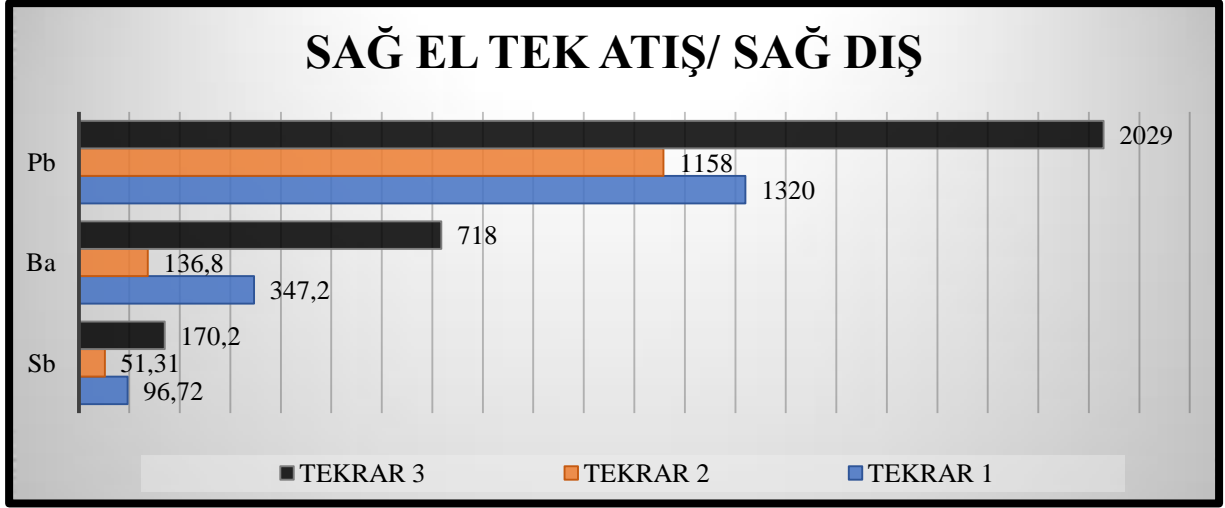
**Tablo 7.** Boş plaster için yapılan analiz sonuçları (ng/mL)

	<sup>121</sup> Sb	<sup>137</sup> Ba	<sup>208</sup> Pb
<b>1. tekrar</b>	0,3	2,7	755,6
<b>2. tekrar</b>	0,3	7,8	751,6
<b>3. tekrar</b>	0,5	3,7	413,8

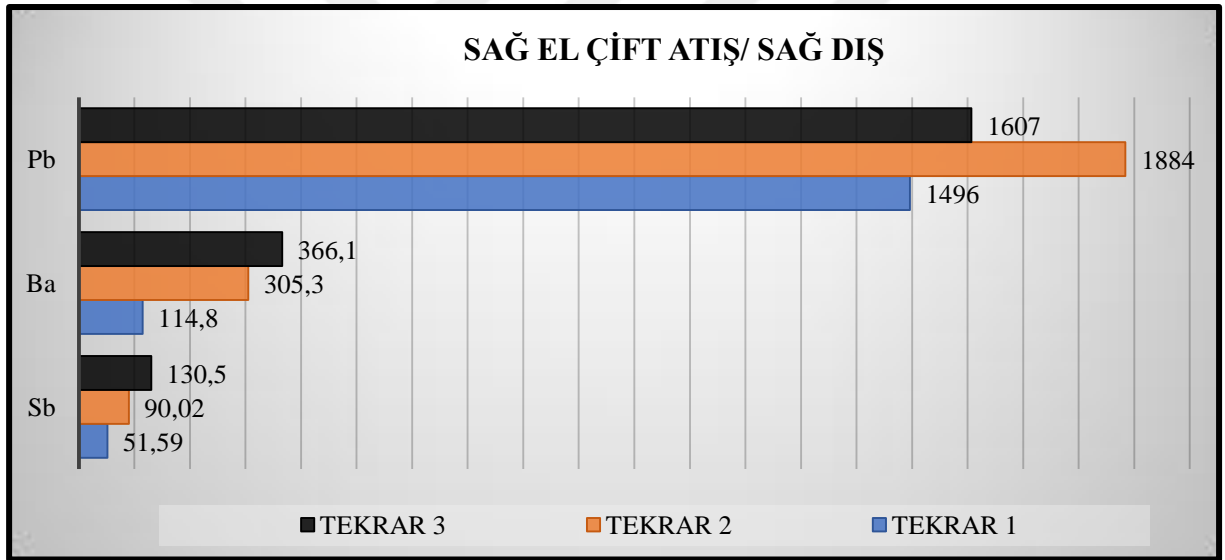
**Tablo 8.** Sağ elle yapılan atışlar sonrası sağ elin dış yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları

	<b>Sb (ng/mL)</b>	<b>Ba (ng/mL)</b>	<b>Pb (ng/mL)</b>
Tek atış 1.tekrar	96.72	347.2	1320
Tek atış 2.tekrar	51.3	136.8	1158
Tek atış 3.tekrar	170	718	2029
<b>Ortalama (±SD)</b>	<b>106 (±59,9)</b>	<b>400,7 (±294,3)</b>	<b>1502,3 (±463,2)</b>
İki atış 1.tekrar	51.6	114.8	1496
İki atış 2.tekrar	90	305	1884
İki atış 3.tekrar	130.5	366	1607
<b>Ortalama (±SD)</b>	<b>70,8 (±27,2)</b>	<b>261,9 (±131)</b>	<b>1662,3 (±199,8)</b>
Üç atış 1.tekrar	75.7	212	1621
Üç atış 2.tekrar	49.1	103	1795
Üç atış 3.tekrar	87.9	352.6	1502
<b>Ortalama (±SD)</b>	<b>70,9 (±19,8)</b>	<b>222,5 (±125,1)</b>	<b>1639,3 (±147,4)</b>

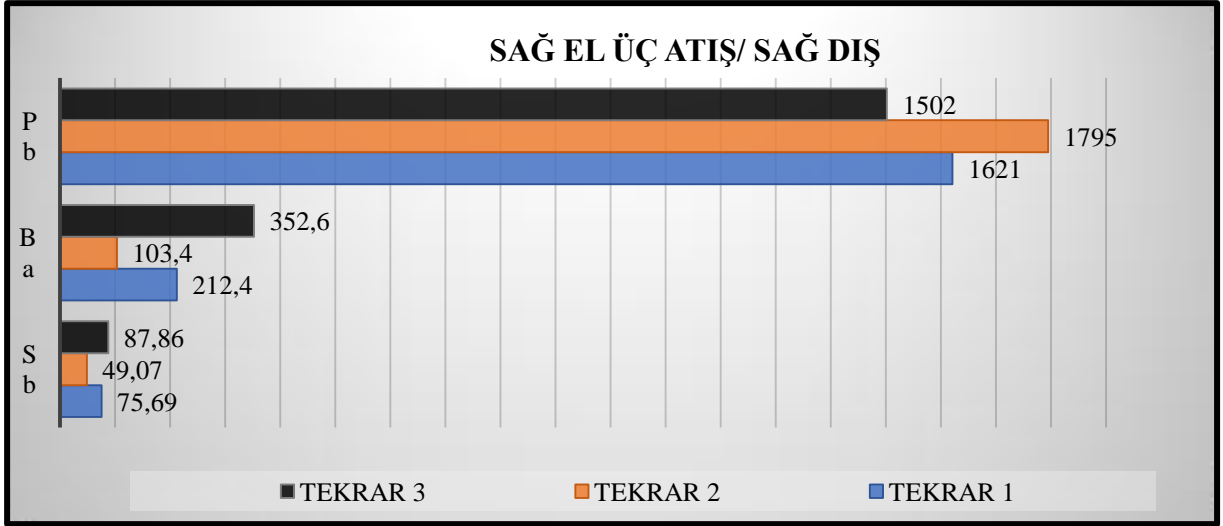
SD: Standart sapma



Şekil 18. Sağ elle yapılan tek atışlarda sağ el dışından alınan örneklerin sonuçları (ng/mL)



Şekil 19. Sağ elle yapılan çift atışlarda sağ el dışından alınan örneklerin sonuçları (ng/mL)



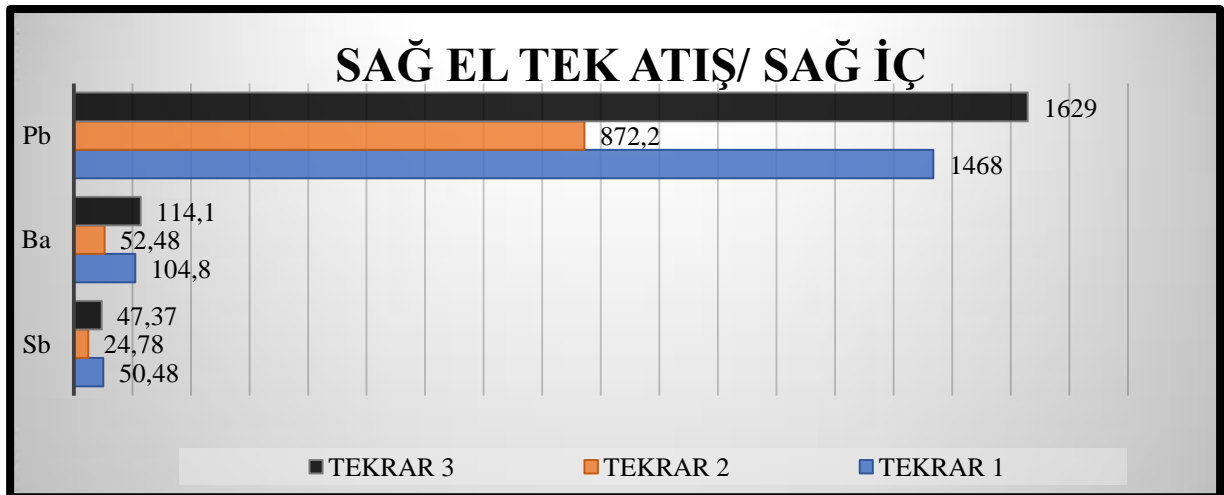
**Şekil 20.** Sağ elle yapılan üç atışlarda sağ el dışından alınan örneklerin sonuçları (ng/mL)

MKEK yapımı, 9 mm Parabellum tipi mermiler kullanılarak, sağ elle yapılan atışlar sonucunda, atış yapan sağ el üzerinden elde edilen ASAA'nın miktarı ile atış sayısı arasında doğrusal bir ilişki (atış sayısının artması ile elde edilen atış artığı miktarının artması) olmadığı görülmüştür. Tablo 8'de görüldüğü üzere, Pb değeri tek atışlarda 1320 ng/mL, 1158 ng/mL, 2029 ng/mL olarak elde edilmişken, ardışık iki atışta 1496 ng/mL, 1884 ng/mL, 1607 ng/mL, ardışık üç atışta 1621 ng/mL, 1795 ng/mL, 1502 ng/mL olarak elde edilmiştir. Şekil 18, Şekil 19 ve Şekil 20'deki değerlere baktıldığında doğrusal bir artış olmadığı gözlenmiştir. Sağ elle yapılan atışlarda her üç element için de düzensizlik söz konusudur. Üçer tekrarlı yapılan atışların standart sapmalarının yüksek olması, her bir atışta meydana gelen yanma ve atış artığı salma işleminin birbirine benzerlik göstermediğini kanıtlamıştır.

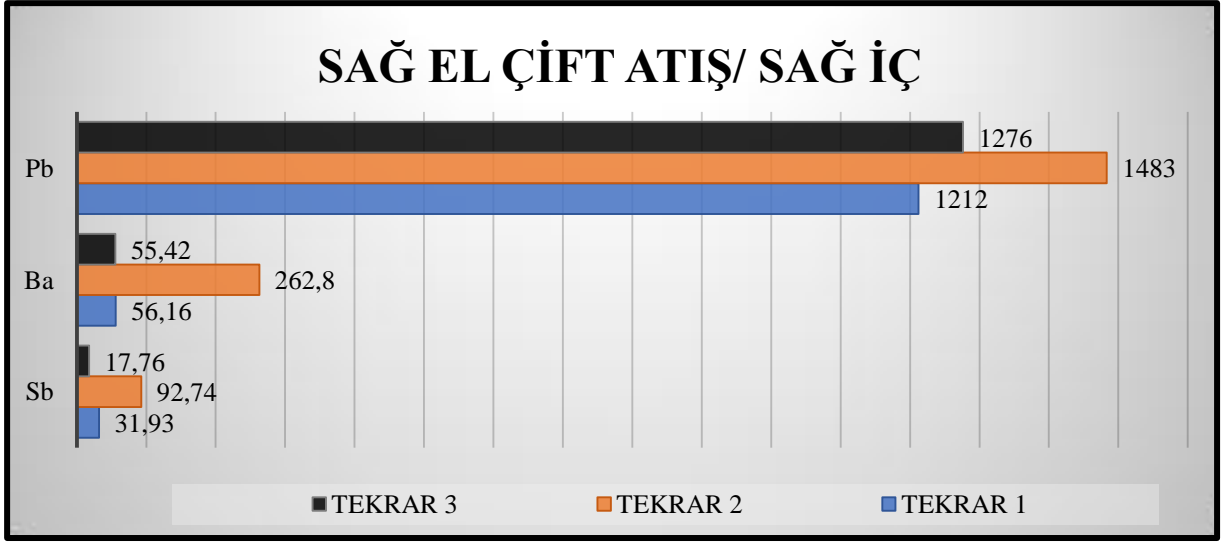
**Tablo 9.** Sağ elle yapılan atışlar sonrası sağ elin iç yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları

	<b>Sb (ng/mL)</b>	<b>Ba (ng/mL)</b>	<b>Pb (ng/mL)</b>
Tek atış 1.tekrar	50.5	104.8	1468
Tek atış 2.tekrar	24.8	52.5	872
Tek atış 3.tekrar	47.4	114	1629
<b>Ortalama (±SD)</b>	<b>40,9 (±14)</b>	<b>90,4 (±33,2)</b>	<b>1323,0 (±398,8)</b>
İki atış 1.tekrar	31.9	56.2	1212
İki atış 2.tekrar	92.7	262.8	1483
İki atış 3.tekrar	17.8	55.4	1276
<b>Ortalama (±SD)</b>	<b>47,5 (±39,8)</b>	<b>124,8 (±119,5)</b>	<b>1323,7 (±141,6)</b>
Üç atış 1.tekrar	31.3	76	1349
Üç atış 2.tekrar	15.8	29.8	1236
Üç atış 3.tekrar	22.7	60	1434
<b>Ortalama (±SD)</b>	<b>23,3 (±7,8)</b>	<b>55,3 (±23,5)</b>	<b>1339,7 (±99,3)</b>

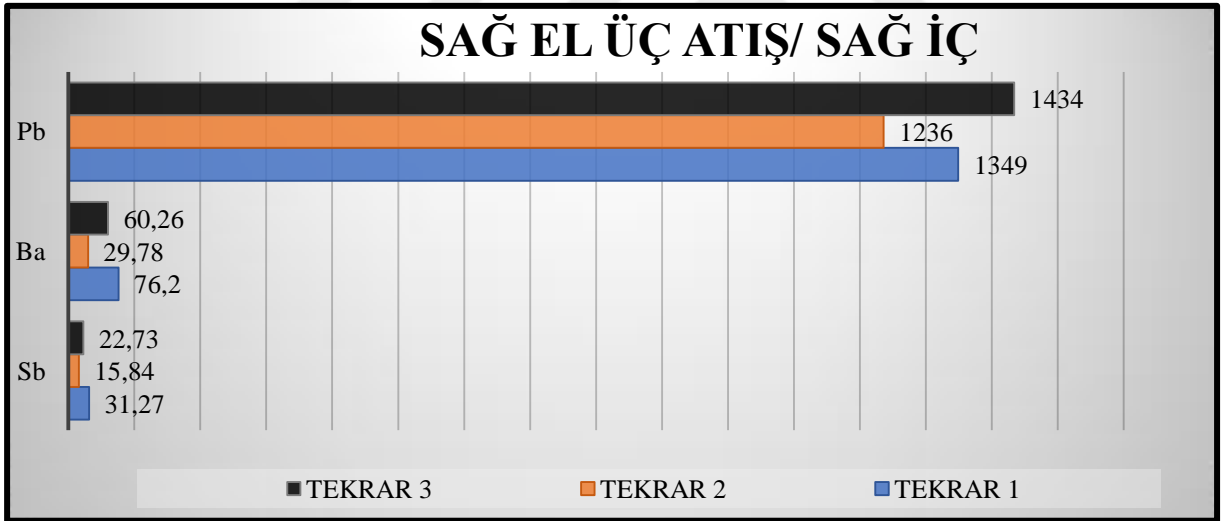
SD: Standart sapma



**Şekil 21.** Sağ elle yapılan tek atışlarda sağ el içinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL)



Şekil 22. Sağ elle yapılan çift atışlarda sağ el içinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL)



Şekil 23. Sağ elle yapılan üç atışlarda sağ el içinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL)

MKEK yapımı, 9mm Parabellum tipi mermiler kullanılarak, sağ elle yapılan atışlar sonucunda, Tablo 9 incelendiğinde, atış yapan sağ elin iç yüzeyinden elde edilen ASAA'nın miktarlarında, atış yapan elin iç yüzeyinde atış yapan elin dış yüzeyine nazaran daha az atış artığı (Ba ve Sb) gözlenmiştir. Bu durum beklenen bir sonuçtur. Ancak atış yapan elin iç

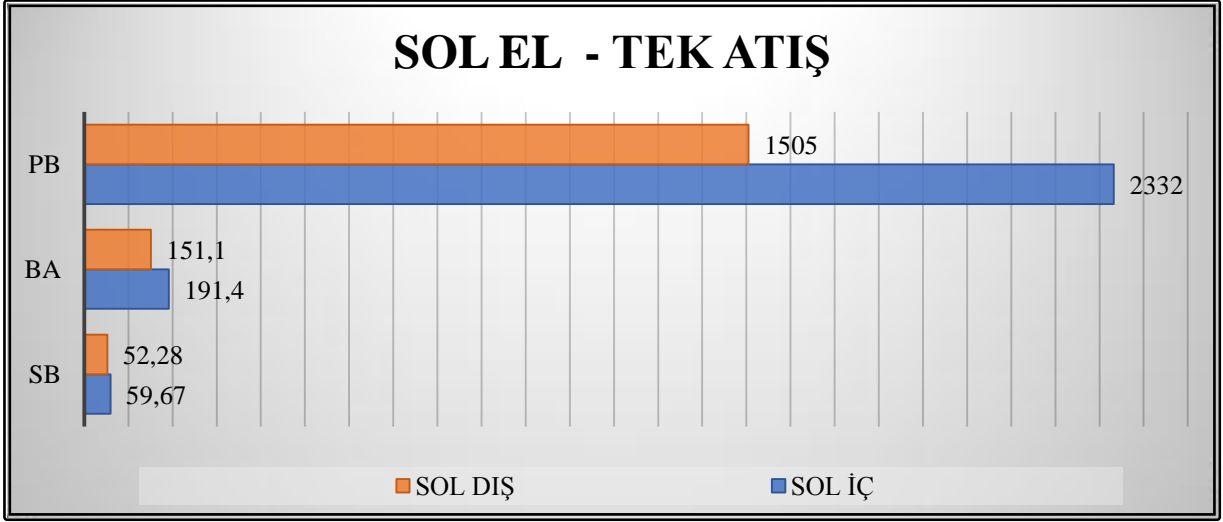
yüzeylerinde Pb elementinin yüksek çıkması, beklenen bir durum değildir. Ayrıca tek atış için beklenen değerlerin, ardışık iki atış ve üç atış değerlerinden daha az olması gerekirken, Pb miktarında belirgin bir fark gözlenmemiştir.

**Tablo 10.** Sol elle yapılan atışlar sonrası sol elin dış yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları

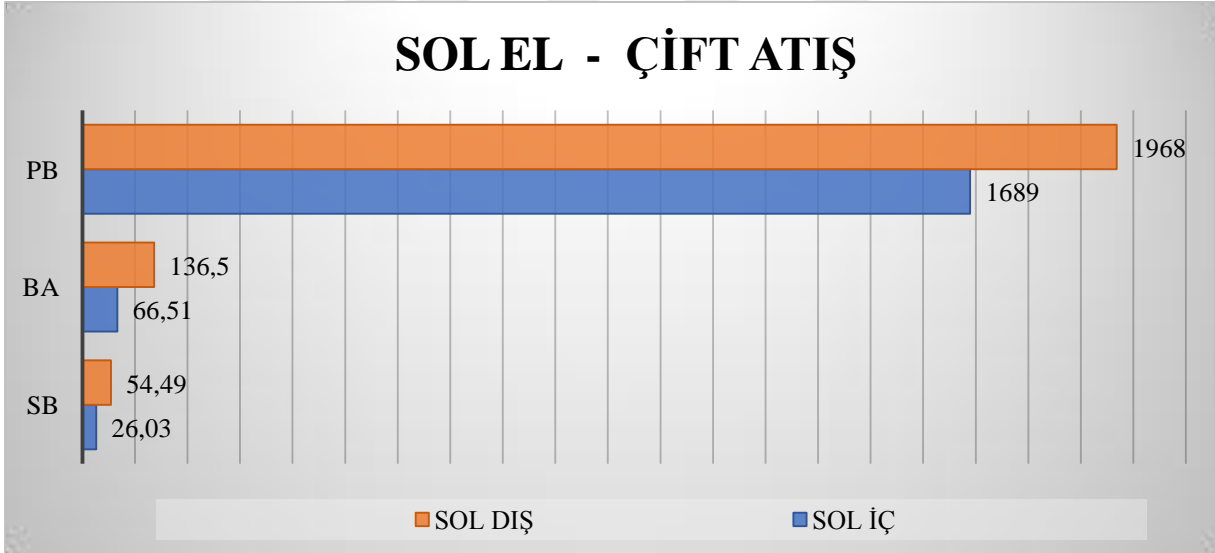
	<b>Sb (ng/mL)</b>	<b>Ba (ng/mL)</b>	<b>Pb (ng/mL)</b>
<b>Tek atış</b>	52.3	151	1505
<b>İki atış</b>	54.5	136.5	1968
<b>Üç atış</b>	218	724.6	3471

**Tablo 11.** Sol elle yapılan atışlar sonrası sol elin iç yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları

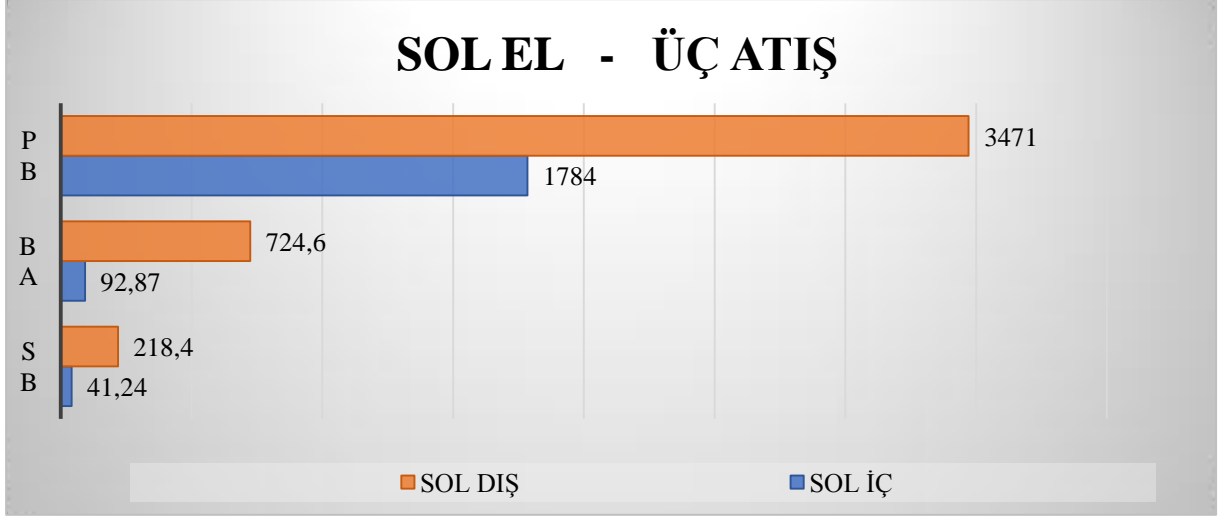
	<b>Sb (ng/mL)</b>	<b>Ba (ng/mL)</b>	<b>Pb (ng/mL)</b>
<b>Tek atış</b>	59.8	191	2332
<b>İki atış</b>	26	66.5	1689
<b>Üç atış</b>	41	92.8	1784



**Şekil 24.** Sol elle yapılan tek atışlarda sol el dışından ve içinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL)



**Şekil 25.** Sol elle yapılan çift atışlarda sol el dışından ve içinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL)



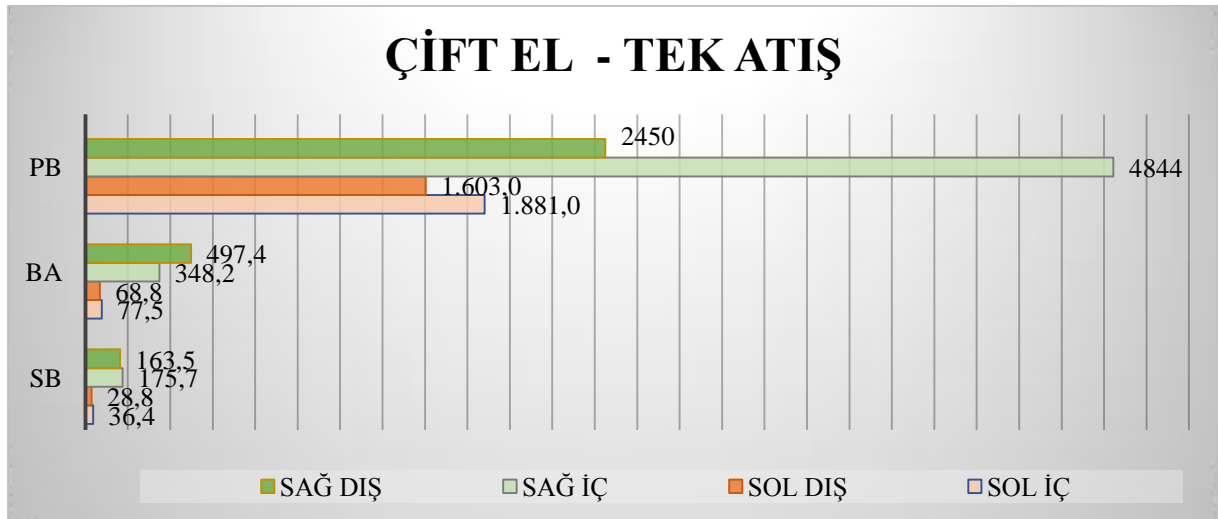
**Şekil 26.** Sol elle yapılan üç atışlarda sol el dışından ve içinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL)

Sol elle yapılan atışlar sonucu, Tablo 10'a bakıldığında, atış yapan elin dış yüzeyinde Sb için, tek atış ve iki atış için yaklaşık değerler gözlenmiştir. Ardışık üç atış için 218 ng/mL Sb bulunmuştur. Buradan Sb elementi için elde edilen tek ve iki atış değerlerinin birbirinden kesin ayrımının mümkün olmadığı, üç atış değerlerinin kesin ayrımının mümkün olduğu tespit edilmiştir. Tablo 11'e bakıldığında, sol elin iç yüzeyindeki tek atıştaki Sb, Ba ve Pb değerlerinde, iki atış ve üç atışa göre daha yüksek değerler gözlenmiştir. Sol elle yapılan atışlarda, sol elin dış ve iç yüzeylerinin ayrımı yapılabilmektedir. Tablo 10'da atış sayısına bağlı olarak doğrusal bir artıştan söz etmek mümkündür.

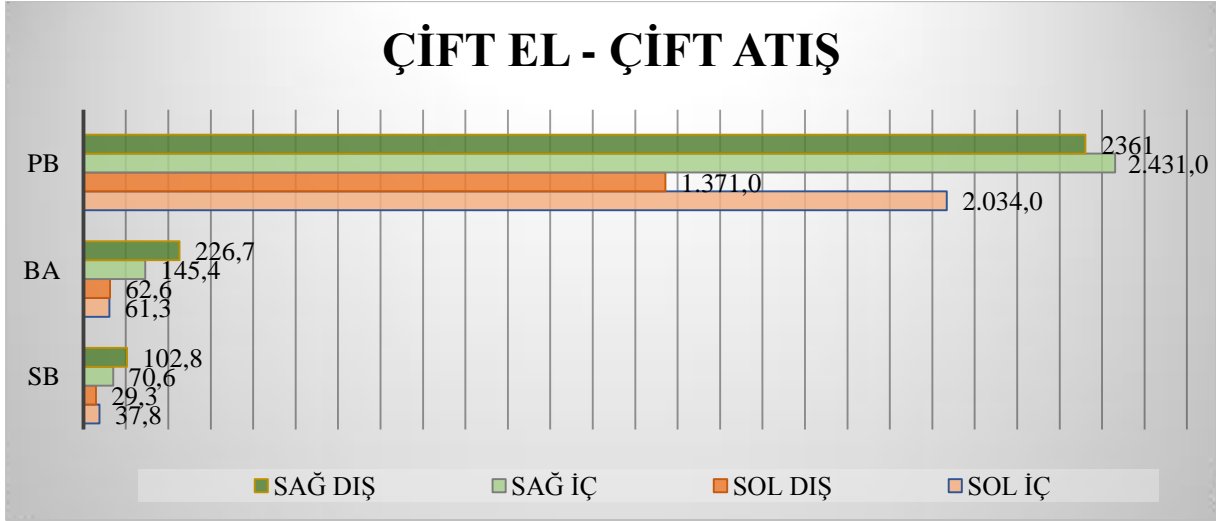


**Tablo 12.** Çift elle yapılan atışlar sonrası, sol ve sağ elin dış ve iç yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL)

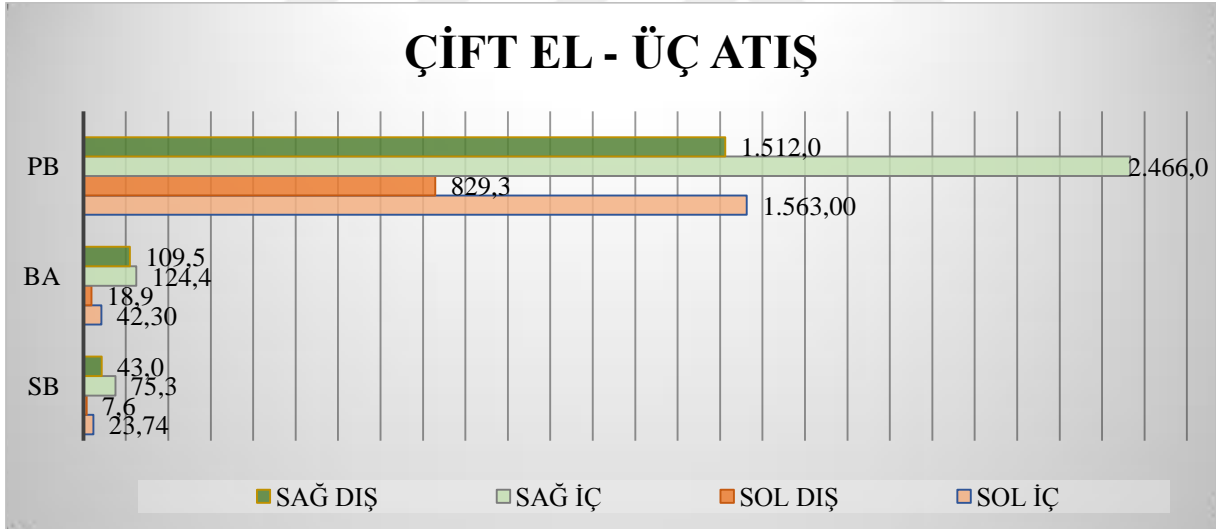
Çift el atış	Sağ el dış	Sağ el iç	Sol el dış	Sol el iç
<b>Tek atış</b>				
Sb	163.5	175.7	28.8	36
Ba	497	348	68.8	77.5
Pb	2450	4844	1603	1881
<b>İki atış</b>				
Sb	102.8	70.6	29	37.8
Ba	226.7	145	62.6	61
Pb	2361	2431	1371	2034
<b>Üç atış</b>				
Sb	43	75	7.6	23.7
Ba	109.5	124	19	42
Pb	1512	2466	829	1563



**Şekil 27.** Çift elle yapılan tek atışlarda sol ve sağ elin dışından ve içinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL)



**Şekil 28.** Çift elle yapılan çift atışlarda sol ve sağ elin dışından ve içinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL)



**Şekil 29.** Çift elle yapılan üç atışlarda sol ve sağ elin dışından ve içinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL)

Tablo 12'ye bakıldığında çift elle yapılan atışlar sonucunda, sağ el üzerinde, sol ele nazaran daha fazla ASAA gözlenmiştir. Çalışmada kullanılan Sarsılmaz AR-24 marka tabancanın kovan atma boşluğu namlunun sağ tarafında olduğundan dolayı fişek ateşlendikten sonra çıkan ASAA'nın bir kısmı namlunun ucundan, bir kısmı da kovan atma boşluğundan çıkar. Kovan atma boşluğu sağ tarafta olduğu için silahı tutan elin sağ kısmında daha çok ASAA birikmesi beklenmektedir, elde edilen sonuçların bu beklenti ile uyumlu olduğu görülmüştür. Ancak çift elle yapılan atışlar sonucunda elde edilen ASAA'nın miktarı ile atış sayısı arasında beklenen ölçüde tutarlı doğrusal bir ilişki olmadığı görülmüştür. Bununla beraber Tablo 12'de görüldüğü üzere Sb ve Ba elementleri için elde edilen iki atış ve üç atış değerlerinin birbirinden kesin ayrımının zor olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada, temizlik prosedürü uyguladıktan sonra, atış yapılacak elden alınan atış öncesi temizlik numularının bulguları Tablo 13-16'da listelenmiştir. Atış öncesi temizlik yaptıktan sonra ellerden alınan numuneler incelendiğinde, Ba ve Sb değerlerinin, atış yapıldıktan sonra alınan atış artığı toplama plasterlerindeki Ba ve Sb değerlerinden farklı olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum beklenen sonuçlardan biridir. Sb nadir bir elementtir ve ateşli silah ateşlenmesinin güçlü bir göstergesidir (103). Sb elementinin artışı, ateş eden elin varlığını kanıtlamaktadır. Özellikle Tablo 13'te 3'er tekrarlı yapılan atışlardan önce alınan ASAA'dan elde edilen bulgulara, özellikle Sb ve Ba elementlerinin standart sapmalarına bakıldığında, düşük standart sapma elde edilmesi bu elementlerin varlığının çevresel kirlilikten kaynaklanmadığını ve ateşli silahın ateşlenmesi ile artış gösterdiğini kanıtlamaktadır. Ancak Pb elementi için benzer bir çıkarım yapılamamaktadır.

**Tablo 13.** Sağ elle yapılan atışlar öncesi, sağ elin dış yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları

	<b>Sb (ng/mL)</b>	<b>Ba (ng/mL)</b>	<b>Pb (ng/mL)</b>
Tek atış 1.tekrar	33.6	91	1528
Tek atış 2.tekrar	6.8	22	1088
Tek atış 3.tekrar	16	35	1384
<b>Ortalama (±SD)</b>	<b>11,4 (±6,5)</b>	<b>49,3 (±36,7)</b>	<b>1333,3 (±224,3)</b>
İki atış 1.tekrar	12	30.7	1301
İki atış 2.tekrar	17.8	40	1301
İki atış 3.tekrar	5.7	15	1093
<b>Ortalama (±SD)</b>	<b>11,8 (±6,1)</b>	<b>28,6 (±12,6)</b>	<b>1231,7 (±120,1)</b>
Üç atış 1.tekrar	19.8	47.7	1821
Üç atış 2.tekrar	9.5	24	1473
Üç atış 3.tekrar	19	34.9	1614
<b>Ortalama (±SD)</b>	<b>16,1 (±5,7)</b>	<b>35,5 (±11,9)</b>	<b>1636,0 (±175)</b>

SD: Standart sapma

**Tablo 14.** Sağ elle yapılan atışlar öncesi, sağ elin iç yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları

	<b>Sb (ng/mL)</b>	<b>Ba (ng/mL)</b>	<b>Pb (ng/mL)</b>
Tek atış 1.tekrar	26	57.7	1427
Tek atış 2.tekrar	14	29.3	1317
Tek atış 3.tekrar	12.8	28	1001
<b>Ortalama (±SD)</b>	<b>17,6 (±7,3)</b>	<b>28,7 (±0,9)</b>	<b>1248,3 (±221,1)</b>
İki atış 1.tekrar	12	25.8	1325
İki atış 2.tekrar	6.9	21	1301
İki atış 3.tekrar	12.9	32	1353
<b>Ortalama (±SD)</b>	<b>10,6 (±3,2)</b>	<b>26,3 (±5,5)</b>	<b>1326,3 (±26)</b>
Üç atış 1.tekrar	10	17	1475
Üç atış 2.tekrar	20	39.5	1524
Üç atış 3.tekrar	11	23	1327
<b>Ortalama (±SD)</b>	<b>13,7 (±5,5)</b>	<b>20 (±4,2)</b>	<b>1442 (±102,6)</b>

SD: Standart sapma

**Tablo 15.** Sol elle yapılan atışlar öncesi, sol elin dış ve iç yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları

Tek atış	Sb (ng/mL)	Ba (ng/mL)	Pb (ng/mL)
Sol dış	9.4	33	1437
Sol iç	14.6	39	1730

**Tablo 16.** Çift elle yapılan atışlar öncesi, sol ve sağ elin dış ve iç yüzeyinden alınan örneklerin sonuçları (ng/mL)

Çift el atış	Sağ el dış	Sağ el iç	Sol el dış	Sol el iç
<b>Tek atış</b>				
<b>Sb</b>	14	22.8	5.7	10
<b>Ba</b>	56.7	49	19.6	28
<b>Pb</b>	1538	1343	1169	1267
<b>İki atış</b>				
<b>Sb</b>	5.7	10	2.7	4.4
<b>Ba</b>	14	23.8	14	10
<b>Pb</b>	1280	1194	1213	1189
<b>Üç atış</b>				
<b>Sb</b>	9.6	11	3.5	5.2
<b>Ba</b>	27.5	24.5	12	9.9
<b>Pb</b>	1405	1299	1224	1192

## 5.TARTIŞMA VE SONUÇ

Ateşli silahların kullanıldığı kriminal bir olayda, tanık ve sanık ifadelerinin gerçeklerle örtüşüp örtüşmediği, adaletten gizlenen unsurların olup olmadığı konularında ASAA ve nitelikleri, olayda kullanılan ateşli silahın türü, fişegin çeşidi, atış mesafesi ve atış yönü soruşturmacıya ışık tutar (109). Bu nedenle ASAA olay yeri inceleme uzmanları için önemli bir delil teşkil etmekte olan, kriminal laboratuvarlar için devamlı araştırılması ve çalışmalar yapılması gereken bir konudur.

ASAA atış mesafesinin, mermi çekirdeği giriş-çıkış deliğinin ve kişinin silahı ateşleyip ateşlemediğinin belirlenmesinde kullanılır (110). Meskun mahalde ateş etme, yaralama, öldürme ve intihar gibi ateşli silahların kullanıldığı olaylarda, olaya karışan veya ateş eden şahısların giysileri üzerindeki ve söz konusu şahıslardan belirli bir süre içerisinde alınan el ve yüz svapları üzerindeki ASAA'nın tespiti bu tür olayların aydınlatılması bakımından önemli delillerdir (111). Ateşli silah kullanılan olayların aydınlatılmasında, hedef alınan giysilerden, cilt üzerinden, ateş eden kişinin ellerinden, giysilerinden ve silahın cinsine göre kişinin saçlarından ve yüzünden ASAA toplanması ve bunların laboratuvarında analiz edilmesi oldukça önemlidir. Soruşturma dosyasındaki diğer bileşenlerden çok daha faydalı bulgular, ASAA ile elde edilebilir. Soruşturmalarda ASAA'nın tespitindeki küçük başarılar diğer açıklamalardan daha fazla yarar sağlar (100). ASAA'nın tanımlanması ve belirlenmesi ateşli silahlar ile ilgili kriminal vakaların aydınlatılmasında oldukça önemlidir. Günümüzde ASAA'nda bulunan organik ve inorganik partiküllerin analizine dayalı yöntemler laboratuvar ortamlarında rutin olarak uygulanmaktadır.

ASAA delili olarak atış artıklarının deri üzerinde tipik olarak, fiziksel aktiviteye bağlı olmakla birlikte, yaklaşık 1-4 saat kadar kalıcılığı vardır (112). Zaman geçtikçe atıcının

elindeki parçacık sayısı azalır ve analizi yorumlamak giderek güçleşir. Ayrıca parçacık delilleri; inorganik ASAA ya da organik ASAA, ateşlenen silahın çevresinde bulunan herhangi birinin üzerinde birikebilir ve bu parçacıklar doğal yollarla kendiliğinden ikincil transfere uğrayabilir (112- 116). Parçacık yoğunluğu düştükçe, test sonucunun pozitif şekilde yorumlanması daha zor hale gelir. ASAA analiz sonuçları yorumlanırken bu parçacıkların kalıcılık süresi ve ikincil transfer olasılığı düşünülmelidir (116,117). Özellikle analiz sonrası çok düşük miktarda ASAA bulunduğu bu endişeler artmalıdır. Çünkü ASAA'nın az miktarda bulunması ateşlemeden sonra geçen zamana bağlı olarak azalabileceği gibi ikincil transfer veya diğer farklı sebeplerden de kaynaklanabilir.

*Krishnan* 1977 yılında 8 yıllık ve 1500'den fazla test atışı içeren 57 silahın kullanıldığı sonuçları yayımlamıştır. Çalışmada, yıkama yöntemi ile elde edilen çözeltilerin bir kısmı NAA ile, diğer kısmı AAS ile analiz edilmiş, deneysel olmayan olgularda Pb, Ba ve Sb elementlerinin seviyeleri yüksek bulunmuş, test vakalarında 2 saatte, deneysel olmayan vakalarda ise 24 saatin üzerinde kalıntıların varlığı tespit edilmiştir. Ayrıca ateş eden el ile ateş etmeyen el sırtı, avuç içi oranı çalışılmış ve sonuçlar beklenildiği gibi çıkmamıştır. Pozitif sonuçların, silahı tutan ele, kullanılan mermiye veya hedefe bağlı olarak değişebileceği görülmüştür. Yapılan çalışmalarda, ateşleme ile örnek alma arasındaki süre uzadıkça eldeki kalıntıların hızla kaybolduğu, böyle durumlarda zaman aralığının 2-3 saatten fazla olmasının yanlış pozitifliğe veya negatifliğe yol açacağı bildirilmiştir (14). Ayrıca ASAA, katı metal ve metal olmayan parçacıklardır ve mikro iz grubuna aittir (94). Çalışmada analiz edilen elementler doğal çevrede pek çok üretim maddesinde çeşitli şekillerde bulunmaktadır. Örneğin, Ba toprakta, Sb boyalarda, Pb ise akülerde bulunmaktadır. Kişinin mesleği veya olay öncesi aktivitesi ile ilgili olarak, kontaminasyon yoluyla kişinin ellerinde de bulunabilmektedir. Bu nedenle ASAA olarak aranan Pb, Ba ve Sb elementlerinin tayininde bir çok değişken vardır ve yanlış yorumlanma riski oldukça yüksektir, sonuçlar yorumlanmadan,

inceleme konusu kişi hakkında, yukarıda belirtilen konularla ilgili (mesleği, uğraşıları gibi) bilgilere ulaşmak, olayın seyri açısından çok önemlidir (5).

Bazı yöntemler (SEM/EDX, NAA gibi) görece duyarlı ve zgn olmakla birlikte, pahalı ve oldukça özelleşmiş ekipman isteyen, zaman alıcı yöntemlerdir. Bu nedenle daha kolay uygulanabilir, yüksek doğrulukta ve duyarlı yöntemlerin bulunması ihtiyaç haline gelmiştir (12). 1980'lerin başından beri ICP-MS, birçok element için düşük gözlenebilme sınırları, yüksek seçiciliği, yüksek doğruluk ve kesinliği ile en önemli tekniklerden biri olarak gelişmiştir. ICP-MS yöntemi, 1998 yılında ASAA'nın tespitinde kullanılmaya başlanmıştır (104). Son on yılda ICP-MS; klinik, toksikolojik ve adli kimya dahil olmak üzere birçok (evresel, endüstriyel) farklı alanda iz ve ultra iz element analizi için yaygın kabul görmüş bir enstrümantal teknik haline gelmiştir (82). ASAA analizi için ICP-MS kullanımı hakkında çeşitli çalışmalar rapor edilmiştir ve bunun potansiyel bir teknik olabileceği gösterilmiştir (83). Bu çalışmada kullanılan ICP-MS yöntemi, hassas bir teknik olup, ateş eden eldeki ASAA'nın tanımlanmasına izin verir.

*Glsepel'in* yaptığı ASAA incelemeleri çalışmasında, ateş eden ele ASAA'nın bulaşması silahın ve merminin cinsine, silahın tutuluş şekline, patlamanın iyi ve ateş eden elin sağ ve sol el olmasına bağlı olarak değişeceği, el sırtındaki ASAA'nın genellikle atış esnasında olan kontaminasyonu, avuç içerindeki ASAA'nın ise sonradan olan bulaşmayı göstereceği vurgulanmaktadır (118). Kullanılan silah eşitleri de enerjisine göre ASAA'nı daha yakın ya da daha uzak mesafeye atabilir. Böylece ateşli silahların çeşidi, atış artıklarının dağılımında büyük önem taşır (119). Bu tez çalışmasında yapılan ön deneysel çalışmalarda kullanılan Yavuz 16 Compact ve Sarsılmaz AR-24 marka tabancalardan, Sarsılmaz AR-24 marka tabancanın ASAA'nı el üzerinde daha fazla bıraktığı gözlenmiştir. Bu durumun nedeni, Sarsılmaz marka tabancanın kovan atma boşluğunun namlunun sağ tarafında olmasından dolayı, fişek ateşlendikten sonra çıkan ASAA'nın, bir kısmının namlunun ucundan bir



kısının da kovan atama boşluğundan çıkmasıdır. Bu nedenle Yavuz marka tabancaya göre elde daha çok ASAA biriktiği gözlenmiştir.

Bu tez çalışmasında MKEK tarafından üretilen tabanca mermileri ile yapılan atışlar sonrasında, atış yapan kişinin ellerinde kalan ASAA, ICP-MS sistemiyle analiz edilerek incelenmiştir. Yapılan atış sayısı, türü ve kullanılan tabanca çeşidi açısından yurt dışında yapılmış benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmada 9 mm parabellum tipi mermiler kullanılarak yapılan atışlar arasında, atış yapan elden elde edilen ASAA için tek atış, iki atış ve üç atış için Pb, Ba ve Sb elementleri arasında, atış sayısına bağlı olarak doğrusal ve süreklilik gösteren bir artış gözlemlenmemiştir.

Çalışmaya başlarken atış sayısı ile atış artıkları arasında '*doğrusal bir ilişki*' olabileceği beklenmekte iken, analiz verileri yorumlandığında, atış sayısının artması ile atışı yapan el üzerinden alınan numunelerdeki ASAA'nın miktarlarında, Pb elementi için önemli bir değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir. Ancak özellikle Sb elementi nadir bulunan bir element olduğundan, çalışmada Sb elementinin varlığı beklenen şekilde ateş eden el yüzeyinde ateş etmeyen el yüzeyine göre daha anlamlı çıkmıştır. Benzer şekilde Ba elementi de ateş etmeyen ele oranla daha yüksek konsantrasyonda bulunmuştur.

Çalışmada kullanılan Sarsılmaz AR-24 marka tabancanın boş kovan atma bölümü, atış yapan el üzerinde kalan atış artıklarının esas olarak çıktığı bölümün sağda olmasından dolayı, sağ elle yapılan atışlarla sağ el dış yüzeyinde kalan atış artıklarının miktarları, sol elle yapılan atışlarla, sol el dış yüzeyinde kalan ASAA'nın miktarından fazla olduğu gözlemlenmiş olup, bu bulgu daha önce yapılmış olan çalışmalarla da uyumludur (5). Bununla birlikte, sağ elle yapılan üç atışın değerleri, tek atış ve iki atışa göre doğrusal olarak artması gerekirken, böyle bir artışın olmadığı görülmüştür. Sol elle yapılan atışlarda, sol elin dış yüzeyinde anlamlı

olarak Pb, Ba ve Sb değerlerinde anlamlı olarak linner bir artıştan bahsedilebilir. Bu artışın rastlantısal olup olmadığı yönünde ileri araştırmalar ve daha fazla tekrarlı atışlar yapılmalıdır.

Çift el tutuş pozisyonunda yapılan atışlarda, sağ el üzerinde daha fazla ASAA gözlenmiştir. Bununla beraber, çift el tutuşlu yapılan atışlar sonucunda elde edilen ASAA miktarında atış sayısına bağlı olarak doğrusal bir ilişki görülmemiştir. Sağ elin dış yüzeyindeki ASAA miktarı ile sağ elin iç yüzeyindeki ASAA miktarları birbirine yakın sonuçlar göstermiştir. Sol elle yapılan atışlarda Sb elementi için elde edilen tek ve iki atış değerinin birbirinden kesin ayrımının mümkün olmadığı, üç atış değerlerinin kesin ayrımının mümkün olduğu tespit edilmiştir. Sol elle yapılan atışlarda, elin iç ve dış kısımlarının Sb ve Ba elementleri için ayrımının yapılabildiği gözlemlenmiştir. Sol elle yapılan atışlarda, sol el dış kısmından elde edilen ASAA miktarlarında benzer çalışmalarla uyumlu olarak artış gözlemlenmiştir (5). Atış yapan elin dış kısmı ve iç kısmı, atış öncesi temizlik prosedürü uygulandıktan sonra elde edilen ASAA miktarlarında, beklendiği üzere atış yapan elin dış kısmında daha fazla bulunmuştur (5).

*Can M.*, yaptığı çalışmada, MKEK yapımı 7.65 mm Browning tipi ve 9 mm Parabellum tipi tabanca mermileriyle yapılan atışlarda el üzerinde kalan atış artıklarının alevsiz atomik absorpsiyon spektrofotometri (AAAS) yöntemi ile tespitini incelemiş ve atış sayısının artması ile, atışı yapan el dışından elde edilen ASAA miktarlarında önemli ölçüde bir artış olmadığını belirtmiştir. *Can* çalışmasında, AAAS cihazında Ba elementi ile yapılan çalışmaların çok fazla duman ve kirliliğe neden olduğu ve sorunlara yol açtığını bildirip, zaman zaman uyumsuz değerler elde ettiği için bazı örneklerde baryum analizleri yapılamadığını ifade etmiştir (46).

*Costa ve ark.'nın* yaptığı çalışma incelendiğinde, ICP-MS tekniğinin uygulanabilirliğini 40 kalibre tabanca, 38 kalibre toplu tabanca ve ağır metal salınımının en az

olduğu fişeklerin kullanıldığı atış artığı belirleme çalışmasında değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında ICP-MS sonuçlarını adli balistiğin klasik tekniklerinden Sodyum Rodizonat Reaktifini kullanarak Kolorimetrik Test ve SEM/EDX ile karşılaştırmışlardır. 40 kalibre tabancadan yapılan atışlardan elde edilen ASAA'na Kolorimetrik Test uygulandığında Pb ve Ba elementleri için negatif sonuçlar bulunduğu bildirilmiştir. Kalibrasyon eğrisini, 0.5; 1.0; 3.0; 5.0; 10.0; 20  $\mu\text{g.L}^{-1}$  olmak üzere 6 noktadan oluşturmuşlardır. *Costa ve ark.* ICP-MS ile Pb için 4.20  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , Ba için 10.9  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , Sb için 0.119  $\mu\text{g.L}^{-1}$  değerlerindeki maksimum konsantrasyonlarda pozitif sonuç sağlamışlardır. *Costa ve ark.*, çalışmalarında  $^{208}\text{Pb}$  için; LOD değerini 0.003  $\mu\text{g. L}^{-1}$ , LOQ değerini 0.009  $\mu\text{g. L}^{-1}$ ,  $^{137}\text{Ba}$  için; LOD değerini 0.001  $\mu\text{g. L}^{-1}$ , LOQ değerini 0.004  $\mu\text{g. L}^{-1}$ ,  $^{121}\text{Sb}$  için LOD değerini 0.001  $\mu\text{g. L}^{-1}$ , LOQ değerini 0.002  $\mu\text{g. L}^{-1}$  bulmuşlardır. Çalışmalarının doğruluğunu (%),  $^{208}\text{Pb}$  için 98-102,  $^{137}\text{Ba}$  110-119,  $^{121}\text{Sb}$  için 106-114 aralığında bulmuşlardır. Korelasyon katsayıları Pb elementi için 0.9999, Ba elementi için 0.9997, Sb elementi için ise 0.9998 olarak bulunmuştur (97). ASAA için referans materyali olmadığından %70 ile %120 arasında bir geri kazanım önerilmektedir (97). Çalışmamızda düşük konsantrasyonlarda dahi Sb elementi için >%85.8, Ba elementi için >%81.9 ve Pb elementi için >%81.9 ortalama geri kazanım elde edilmiştir.

*Gabriela Vanini ve ark.* 2015'te yaptıkları çalışmada 38 kalibre toplu tabanca için ASAA örneklerini ICP-OES ile analiz etmişlerdir. Bu çalışmada atıcının ellerinden ASAA için en iyi dört bölge; avuç içi, sırtı, başparmak ve işaret parmağı, baş parmak ve işaret parmağı sırtı olmak üzere bu dört bölge incelenmiştir. ASAA, dört el bölgesini analiz etmek için üçer defa 1, 3, 5 vuruş gerçekleştiren 6 kişiden (3 kadın, 3 erkek) elde edilmiştir. Toplanan svaplar ICP-OES ile analiz edilmiştir. *Vanini ve ark.* çalışmalarında Pb, Ba ve Sb elementleri için LOD değerlerini sırası ile 4.97  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , 0.50  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , 15.97  $\mu\text{g.L}^{-1}$  bulmuşlardır (120). Bizim çalışmamızda;  $^{121}\text{Sb}$  için LOD değeri 0.01 ng/mL, LOQ değeri 0.03 ng/mL,  $^{137}\text{Ba}$  için LOD değeri 0.06 ng/mL, LOQ değeri 0.20 ng/mL,  $^{208}\text{Pb}$  için LOD değeri 0.04

ng/mL, LOQ değeri 0.13 ng/mL olarak bulunmuştur. Korelasyon katsayısı Pb, Sb ve Ba elementleri için >0.9999 bulunmuştur. Öte yandan tekrar edilebilirlik sonuçlarına bakıldığında düşük konsantrasyonlarda dahi bağıl standart sapma 2,69'un üzerine çıkmamıştır. Benzer çalışmalar ile kıyaslandığında geliştirilen yöntemin oldukça hassas, tekrar edilebilir, düşük tayin limitlerine inebilen ve yüksek doğrulukta olduğu görülmüştür.

Çalışmada Olay Yeri İnceleme Uzmanlarının kullandığı 5x5cm boyutunda yapışkan bant tercih edilmiştir. Çalışmaya önce "Betaplast" marka "surgical zinc oxide tape" tipi yapışkan bantlar ile başlanmış, ve yapışkan bant boş (kör) numune olarak çalışıldığında Pb elementinin miktarının çok fazla olduğu görülmüştür. Ön deneysel çalışmada Olay Yeri İnceleme Uzmanlarının kullandığı kriminal plasterler ile hastane tipi beyaz plasterler olmak üzere 2 farklı yapışkan bant ile daha ASAA toplanmış, kriminal plasterlerin ASAA'nı daha iyi tuttuğu görülmüştür.

Çalışma tüm basamakları ile bir bütün olarak değerlendirildiğinde, atış artığının toplandığı plasterin seçimi ve atış artığı toplama yöntemi, atış yapılan ortamdaki ve atış yapan kişinin bulunduğu koşullardaki kontaminasyon riski, seçilen analiz yönteminin hassasiyeti ve geçerlilik parametreleri ASAA analizlerini doğrudan etkileyen parametreler olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, atış sayısı ile atış artıkları arasında lineer bir ilişki (atış sayısının artması ile atış artıklarının artması) gözlemlenmemiş olup, atış sayısı hakkında net bir ayırım yapılamaz ancak ateş eden el ile ateş etmeyen el arasında karşılaştırma yapılabilir. Çalışmadaki bu sonuç bize adli bilimlerde ölüm orijini belirlemede, cinayet ve intihar olguları ayırımında ve kişinin hangi el kullanılarak silahı ateşlediğinin belirlenmesinde yardımcı olur.

Sonuç olarak, yapılan bu çalışmada ICP-MS yönteminin kullanılmasının; ülkemiz koşullarında ASAA'nın analizinde, hassasiyeti, yüksek duyarlılığı, düşük tespit limiti gibi

özellikleri göz önüne alındığında; uygun bir yöntem olduğu kanaatine varılmıştır. Zira Sb gibi doğada nadir bulunan bir elementin atış artığında önemli bir beliteç olduğunu ancak yüksek hassasiyete sahip ve yüksek çözünürlüklü bir sistem ile ortaya koymam mümkün olabilecektir.



## 6. ÖZET

Ateşli silah atış artıklarının (ASAA) tanımlanması ve belirlenmesi ateşli silahlar ile ilgili kriminal vakaların aydınlatılmasında oldukça önemlidir. Günümüzde ateşli silah atış artıklarında bulunan inorganik partiküllerin analizine dayalı yöntemler laboratuvar ortamlarında rutin olarak uygulanmaktadır. Atış artıklarının karakteristik elementleri olan kurşun (Pb), baryum (Ba) ve antimon (Sb) kimyasal bileşim için önemlidir. Bu karakteristik elementler parçacıklara göre sabit bir kombinasyondan oluşmaktadır ve bunlar atış artığı olarak tanımlanmaktadır.

Bu tez çalışmasında ülkemizde Makine Kimya Endüstrisi (MKEK) tarafından üretilen 9x19 mm Parabellum tabanca mermileri ile yapılan deneysel atışlar sonrasında, atış sayısına bağlı olarak atışı yapan elde ve diğer elde kalan ASAA tespiti için indüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS) sisteminde analiz edilmesi amaçlanmıştır. Sarsılmaz Armalite 24 model tabanca ile yapılan atışlar sağ el, sol el ve çift el tutuşlu olmak üzere; tek atış, ardışık çift atış ve ardışık üç atış şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada ICP-MS yöntemi ile el üzerindeki atış artıklarının incelenmesine yönelik yöntem geliştirilmiştir. Yapılan toplam 24 atış sonrasında atış yapılan ve yapılmayan ellerde, alınan toplam 68 svabda ICP-MS yöntemi ile Pb, Ba ve Sb elementlerinin miktarları belirlenmiştir.

Çalışmada; LOD ve LOQ değerleri sırasıyla  $^{121}\text{Sb}$  için 0.01 ng/mL, 0.03 ng/mL;  $^{137}\text{Ba}$  için 0.06 ng/mL, 0.20 ng/mL;  $^{208}\text{Pb}$  için 0.04 ng/mL, 0.13 ng/mL olarak bulunmuştur. Çalışmadaki doğrusal aralıklar, Sb elementi için 0.2-150 ng/mL, Ba ve Pb elementleri için 0.1-150 ng/mL'dir. Bağlı standart sapma 2,69'un üzerine çıkmamıştır. Çalışmada Sb elementi için >85.8, Ba elementi için >81.9 ve Pb elementi için >81.9 ortalama %geri kazanım elde edilmiştir.

Ayrıca sağ el, sol el ve çift el tutuşlu yapılan tek atış, iki atış, üç atış sonrasında alınan svaplarda, atış artıklarının atış sayısına bağlı olarak arttığı ancak bunun süreklilik arz etmediği gözlemlenmiştir. Çalışmada ICP-MS cihazının kullanılmasının nedeni, yüksek duyarlılığı, çok düşük algılama limitleri, hızlı ve çoklu element analizine imkan vermesidir.

Atış artığının toplandığı plasterin seçimi ve atış artığı toplama yöntemi, atış yapılan ortamdaki ve atış yapan kişinin bulunduğu koşullardaki kontaminasyon riski, seçilen analiz yönteminin hassasiyeti ve geçerlilik parametreleri ASAA analizlerini doğrudan etkileyen parametreler olarak ortaya çıkmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Atış artıkları, İndüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS), Ateşli silah, Balistik, Pb, Sb, Ba analizi, Adli Bilimler.

## 7. ABSTRACT

Identifying and determining of gunshot residue (GSR) are significantly important in revealing criminal cases. Currently, the methods based on analysis of inorganic particles which are found in GSR are being routinely carried out in laboratories. The lead (Pb), barium (Ba) and antimon (Sb) elements, which are characteristic elements of GSR, are important for chemical composition. These characteristic elements are formed in a fixed combination depending on particles and these are defined as GSR.

The aim of this study was to determine GSR on the shooting hand and other hand depending on the number of shoots after experimental shootings with Parabellum 9x19mm type cartridges produced by Mechanical and Chemical Industry in our country through Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometry (ICP-MS) system and to set the standards. Experimental gunshots were carried out using Sarsilmaz Armalite 24 type gun performing right hand alone, left hand alone and both hands together holding the gun with a single shot, consecutive two shots and consecutive three shots.

A method was developed for the investigation of GSR on the hand using ICP-MS method in this study. After a total of 24 shots was performed, the quantity of Pb, Ba and Sb elements were detected using ICP-MS method from 68 swabs collected from the shooting hand and the other hand.

In this study, the LOD and LOQ levels were found respectively 0.01 ng/mL, 0.03 ng/mL for  $^{121}\text{Sb}$ ; 0.06 ng/mL, 0.20 ng/mL for  $^{137}\text{Ba}$ ; 0.04 ng/mL, 0.13 ng/mL for  $^{208}\text{Pb}$ . The linear ranges in the study were set as 0.2-150 ng/mL for the Sb element and 0.1-150 ng / mL for both Ba and Pb elements. The relative standard deviations did not exceed 2.69. In the study, an average %recovery of >85.8 for the Sb element, >81.9 for the Ba element and >81.9 for the Pb element were obtained.



Moreover, after the swaps taken from the right hand, left hand and double hand held single shot, two shots and three shots, GSR increased depending on the number of shots. However, it was not observed continuously. The reason why ICP-MS method was used in this study is that it enables fast and multiple elements analysis as well as it has high fidelity and extremely low detection limits.

The choice of the plaster of which the gun shot residue is collected and the the method of the collection of the shot residue, the risk of contamination in the existing conditions of the shot medium and the shooter, the sensitivity and validity parameters of the selected analysis method are the parameters that directly affect the GSR analysis.

**Key words:** Gunshot residue (GSR), Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS), Firearm, Ballistics, Pb, Ba, Sb analysis, Forensic Science.

## 8. KAYNAKLAR

1. Üner HB., Çakır İ. Adli Balistik. (2007), s.2-5, 36-42, 87-88, 106-109. Arıkan Basımevi, İstanbul.
2. Wenz WL, Kattarwe H. Surface analysis and measuring techniques in firearm offences. Fresenius Journal of Analitic Chemistry 1991, 155.
3. [www.ozelguvenlik.pol.tr./Duyurular/Sayfalar/BİREYSEL-SİLAHLANMAYA-DAİR-2017-YILI-RAPORU.aspx](http://www.ozelguvenlik.pol.tr./Duyurular/Sayfalar/BİREYSEL-SİLAHLANMAYA-DAİR-2017-YILI-RAPORU.aspx). (Son erişim tarihi 08.04.2019)
4. Sarıbey AY, B İnan A, Tarımcı Ç. Kurusıkı tabancaların tadilat yöntemleri ve yasal durumları. Adli Bilimler Dergisi 2007; 6(2): 68-73.
5. Di Maio VJM. Gunshot Wounds, Practical Aspects of Firearms, Ballistics and Forensic Tecniques. CRC Press. LCL,1999.
6. Üner HB. Elbiseden Atış Mesafesi Tayininde Etkili Bir Yöntem Geliştirilmiş Griess Yöntemi Ayracı. Doktora Tezi. İ.Ü Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Fen Bilimleri Ana bilim dalı İstanbul,1991.
7. Çerkezoğlu A. Sodyum Rodizonat Testi: Giysilerdeki Atış Artıklarından Atış Mesafesi Tayini. Uzmanlık Tezi. Adli Tıp Kurumu. İstanbul, 1995.
8. Andrasko J, Maehly AC. Detection of Gunshot Residues on Hands by Scanning Electron Microscopy. Journal of Forensic Sciences.1977;22(2): 279-287.
9. Brown H, Cauchi DM, Holden JL, Wrobel H, Cordner S. Image analysis of gunshot residue on entry wounds I-The tecnique and preliminary study. Forensic Science International.1999;100(1999):163-177.
10. Berg SO. The Forensic Ballistic Labaratory. Eds.: Tedeschi CG, Eckert WC, Tedeschi LC.: Forensic Medicine. W.B. Saunders Philadelphia. 1986:526-569.
11. Tuğcu H. Görüntü Analizi Yöntemiyle Ateşli Silah Atış Artıklarının Tespiti. İ.Ü Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, 2001.
12. Koons RD, Havekost DG, Peters CA. Analysis of Gunshot Primer Residue Collection Swabs Using Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry: A Reexamination of Extraction and Instrument Procedures. Journal of Forensic Sciences, Vol.32, No.4, July 1987; 846-865.
13. Koons RD, Havecost DG, Peters CA. Determinations of Barium in Gunshot Residue Collection Swaps Using Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spektrometry. Journal of Forensic Sciences. 1998;43(1998).35-41.

14. Romolo FS, Margot P. Identification of Gunshot Residue, A Critical Review. Forensic Science International. 2001;119(2001):195-211.
15. Fatteh A. Medicolegal Investigation of Gunshot Wounds. 1976, Philadelphia. Toronto.
16. Gök Ş. Adli Tıp Filiz Kitapevi. (2000), 7.baskı, s.197-203, İstanbul.
17. <http://www.iem.gov.tr/kriminal/default.asp> (Son erişim tarihi 02.04.2019).
18. Özdemir A, Yavuz M, Göktepe F, Candemir E. Silah ve Atış. Ankara, 1999; 84-151.
19. Özbece H, Türkiye’de Ateşli Silah ve Ölümleri Ne Boyutta, Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı, 1996.
20. <http://www.sarsilmaz.com/tr/CatalogueRepo/1/Images/CategoryImage/piyade-tufegi.png> (Son erişim tarihi 08.04.2019).
21. Gök Ş.: Adli Tıp. Filiz Kitapevi. 7nci bası, 2000. İstanbul; 207-230.
22. Kolusayın Ö. Ateşli Silahların Kafatasında Oluşturduğu Lezyonların Adli Tıptaki Yeri ve Önemi. Doçentlik Tezi. İstanbul.
23. Menzies RC, Scroggie RJ, Labowitz DI. Characteristics of Silenced Firearms and Their and Wounding Effects Journal of Forensic Sciences. 1981;26(2):239-262.
24. Polat O, İnanıcı MA, Aksoy ME. Adli Tıp Kitabı. M.Ü Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı, Nobel Tıp Kitapevleri. İstanbul, 1997; 114-122.
25. [https://www.canikarms.com/assets/img/product\\_colors/tp9-sf-elite-69-big.jpg](https://www.canikarms.com/assets/img/product_colors/tp9-sf-elite-69-big.jpg) (08.04.2019).
26. Özdemir A, Yavuz M, Göktepe F, Candemir E. Silah ve Atış. Ankara, 1999; 84-150.
27. Sarıbey Yalçın A. Ateşli Silahlar İle Yapılan Atışlar Sonrasında Hedef Yüzeyler Üzerinde Oluşan Atış Artıklarının İncelenmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Mühendisliği Anabilim Dalı. Ankara, 2008; s:8.
28. <https://www.quora.com/What-is-a-center-fire-pistol> (Son erişim tarihi 31.03.2019).
29. Di Maio, V.J.M. Gunshot Wounds: Practical Aspects of Firearms, Ballistics and Forensic Techniques, Elsevier. (1985), New York, Amsterdam, Oxford.
30. Çetin G, Yorulmaz C.: Adli Tıp Ders Kitabı. Cilt II, Ed. Soysal Z., Çakalır C., İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları, 1999: 561-584.
31. Berg SO. The Forensic Medicine. Eds.: Tedeschi CG, Eckert WC, Tedeschi LC.: Forensic Medicine. W.B. Saunders Philadelphia. 1977:527-569.
32. Gök Ş.: Adli Tıp. Filiz Kitapevi. 5nci bası, 1983. İstanbul; s. 209-241.
33. Makine Kimya Endüstrisi Kurumu (MKEK) Film Tanıtım CD Kaydı. Ankara, 2002.
34. <http://www.sirketce.com/mke-tabanca-mermileri-kayseri-bolge-yetkili-satici/urunler/9-x-19-mm-parabellum-mermisi.html> (08.04.2019.)

35. Sarıbey E. Türkiye’de üretilen ve seri numaraları ardışık olan silahlarda balistik izlerin karşılaştırılması. 2002. Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
36. Knight B. Firearms Injures in Forensic Medicine: (Tedeschi CG, Eckert WG, Tedeschi GL, eds) Vol.1, Section .2, Chapter.11, pp.510-526, W.B. Saunders Co., Philadelphia, London, Toronto, 1977.
37. Meng H.H., Caddy B. (1996) High performance liquid chromatographic analysis with fluorescence detection of ethylcentralite and 2,4-dinitrotoluene in gunshot residues after derivatization with 9-flourenylmenthlchloroformate J. Forensic Sci. 41(2) 213-220.
38. Çakır İ. Pompalı Av Tüfeği İle Yapılan Atışlarda Saçmaların Dağılımına Göre Atış Mesafesi Tayini. Master Tezi. İstanbul,1997.
39. Şen F. Ateşli Silah Yaralanmalarında Elbiseden Atış Mesafesi Tayininin Adli Tıp Açısından Değeri. Uzmanlık Tezi. İstanbul 1986; 17-29.
40. Yücel F. Çeşitli Av Tüfeği ve Fişekleri ile Yapılan Atışlarda Hedefte Görülen Namlu Ürün Artıklarına Göre Atış Mesafesinin Belirlenmesi Cumhuriyet Üniversitesi Adli Tıp ABD. Uzmanlık Tezi, 1997.
41. Üner HB. Güncel Gelişmeler Işığında Giysilerden Atış Mesafesi Tayini. II. Adli Bilimler sempozyumu. İzmir; 1997: 47-57.
42. Barnes FC, Helson RA. An Empirical Study of Gun Powder Residue Patterns. Journal of Forensic Sciences. Vol. 19, No.3, 1974, pp.448-462.
43. Glattstein B, Vinkurov A, Levin N, Zeicher A. Improved method for shooting distance estimation part I bullet holes in clothing items. J. Forensic Sci., 2000; 45(4), 801-806.
44. Dillon JH. The Sodium Rhodizonate Test: A Chemically Specific Chromophoric Test For Lead in Gunshot Residues. AFTE Journal, 1990;22:251-256.
45. Üner HB, Atasoy S. Geliştirilmiş Griess Testi ile Atış Uzaklığı Tayini. Adli Tıp Dergisi, 1993;9:97-104.
46. Can M. MKEK yapımı tabanca mermileriyle yapılan atışlarda el üzerinde kalan atış artıklarının alevsiz atomik absorpsiyon spektrofotometri (AAAS) yöntemi ile tespiti. Uzmanlık Tezi. Adli Tıp Kurumu. İstanbul. 2003.
47. Saverio RF, Margot P. Identification of gunshot residue: a critical review. Forensic Sci. Int. 2001 Jun;119(2): pp. 195-221.
48. Wolten GM, Nesbitt RS, Calloway AR, Loper GL, Jones PF.: Particle Analysis for the Detection of Gunshot Residue. I: Scanning Electron Microscopy Dispersive X-Ray Characterization of Hand Deposits from Firing. 1979;24(1979):409-422.

49. Wallace JS, McQuillan J. Discharge residues from cartridge-operated industrial tools. *J. Forensic Sci.* 1984; 24,495-508.
50. Schwoeble AJ, *Current Methods in Forensic Gunshot Residue Analysis*, Exline, DL.CRC Press, 2000, Florida.
51. Harrison HC., Gilroy R. Firearms discharge residues, *J. Forensic Sci.*4 (1959) 184-199.
52. Dillon JH. The Modified Griess Test: A Chemically Specific Chromophoric Test For Nitrite Compounds in Gunshot Residues. *AFTE Journal*, 1990;22:243-251.
53. Steinberg M, Leist Y, Goldschmidt P, Tassa M. Spectrophometric determinaton of nitrites in gunpowder residue on shooters' hands. *J. Forensic Sci.* 1984; 29,464-470.
54. Üner HB. Ateşli silah atış artıkları. *Adli Tıp Dergisi.* 9(1-9) 83-89.
55. Steinberg M, Leist Y, Tassa M. A New Field for Bullet Hole Identification. *Journal of Forensic Sciences*, 1984;29(1):169-176.
56. Heard BJ. *Handbook of firearms and ballistics.* 1997. Chichester. Wiley.
57. Nesbitt R.S., Wessel J.E., Jones P.R. (1976) Detection of gunshot residue by use of scanning electron microscop. *J. Forensic Sci.* (21:595-610.
58. Basu S., (1982) Formation of gunshot residues. *J. Forensic Sci.* 27:72-91.
59. Heard BJ,2008: *Handbook of firearms and ballistics: examining and interpreting forensic evidence*, John Wiley&Sons Ltd.ISBN 978-0-470-69460-2.
60. Niewöhler L, Wenz HW., *Applications of Focused Ion Beam Systems in Gunshot Residue Investigation* *Journal of Forensic Sciences*, 1999;44(1): 105-109.
61. Albek E, Yorulmaz C, Özasan A, Koç S, Ağır G, Çetin G. İntihar Orijini Açısından Ateşli Silah Yaralanmalarına Bağlı Ölümler. 8.Ulusal Adli Tıp Günleri, Poster Sunuları Kitabı. Antalya, 16-20 Ekim 1995; 277-282.
62. Wolten GM, Nesbitt RS, Calloway AR, Loper GL, Jones PF.: *Paticle Analysis for the Detection of Gunshot Residue. I: Scanning Electron Microscopy Dispersive X-Ray Characterization of Hand Deposits from Firing.* 1979;24(1979):409-422.
63. Knight B. *Forensic Pathology 2nd Edition.* Oxford Üniversity Press, New York. 1996: 243-272.
64. Jones PF, Nesbitt RS. A photoluminescence techniques for the detection of gunshot residues. *J. Forensic Sci.* 1975: 20,231-242.
65. Bohannan EW, Van Galen DA. A Sensitive Electrochemical Method for the Analysis of Nitrite Ion and Metals in Gunshot Residue. *Journal of Forensic Sciences*, 1991;36(3):886-893.

66. Sen P, Panigrahi N, Rao MS, Varier KM, Sen S, Metha GK. Application of Proton-Induced X-Ray Emission Technique to Gunshot Residue Analyses. *Journal of Forensic Sciences*, 1982;27(2):330-339.
67. Meng HH, Fluorescence Detection of Ethyl Centralite in Gunshot Residues. *Journal of Forensic Sciences*, 1994;39(5):1215-1226.
68. Brazeau J, Richard K, Wong BS. Analysis Of Gunshot Residue On Human Tissues And Clothing By X-Ray Microfluorescence. *Journal of Forensic Sciences*, 1997;42(3): 424-428.
69. Matricardi VR and Kilty W. Detection of Gunshot Residue Particles From the Hands of a Shooter. *Journal of Forensic Sciences*.1977(2):725-738.
70. Rudzitis E., Kipina M., Wahlgren M. Optimisation of firearm residue detection by neutron activation analysis. *J. Forensic Sci.* (1973) 18: 789-797.
71. Newton JT. Rapid Determination of Antimony, Barium, and Lead in Gunshot Residue Via Atomic Absorption Spectrophotometry *Journal of Forensic Sciences*, 1981;26(2):302-312.
72. Reed GE, McGuire PJ, Boehm A. Analysis of Gunshot Residue Test Result in 112 Suicides. *Journal of Forensic Sciences*. 1990;35(1):62-68.
73. Havekost DG, Peters CA, Koons RD., Barium and Antimony Distributions on the Hands of Nonshooters *Journal of Forensic Sciences*.1990;35(5):1096-1114.
74. Rudzitis E. Analysis of the Result of Gunshot Residue Detection in Case Work *Journal of Forensic Sciences*, 1980;25(4):839-846.
75. Kilty JW. Activity After Shooting and Its Effect on the Retention of Primer Residue *Journal of Forensic Sciences*, 1975;20(2):219-230.
76. Yüksel B., Şenocak N, Bora T, Arıca E, Eroğlu A. Importance of organic compounds in gunshot residue analysis. *Booklet of spring symposium of forensic Science* ,2014:314.
77. Zhao M, Zhang S, Yang C, Xu Y, Wen Y, Sun L, Zhang X. Desorption electrospray tandem MS(DESIMS) analysis of methylcentralite and ethylcentralite as gunshot residues on skin and other surfaces. *J. Forensic Sci.* 2008,53(4): 807-811.
78. Arndt J, Bell S, Cnookshanks L, Lovejoy M, Oleska C, Tulley T, Wolfe D, Preliminary evaluation of the persistence of organic gunshot residue. *Forensic Sci. Int.* 2012, 222(1-3):137-145.
79. Vanini G, Destefani A.C, Merlo, B.B, Carneiro M.T, Filgueiras P.R, Poppi R.J. Romao W. Forensic ballistics by inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy: Quantification of gunshot residues and prediction of the number of shots using different firearms. *Microchemical Journal* 118 (2015) 19-25.

80. J.E.S. Sarkis, O.N. Neto, S. Viebig, S.F. Durrant, Measurements of gunshot residues by sector field inductively coupled plasma mass spectrometry-further studies with pistols, *Forensic Sci.Int.*172 (2007) 63-66.
81. Ernesto Bernal Morales, A.L.R. Vazques, Simultaneous determination of inorganic and organic gunshot residues by capillary electrophoresis *Journal of Chromotography A*, 1061 (2004) 225-233.
82. Ulrich A, Moor C, Vonmont H, et.al. ICP-MS trace element analysis as a forensic tool. *Anal Bioanal Chem.* (2004) 378, 1059-1068.
83. Meng H H, Caddy B. Gunshot residue analysis: a review. *J. Forensic Sci.* 1997; 42: 533-570.
84. Yoshikazu A. Application of mass spectrometry to forensic chemistry. *JMSSJ Online* 2004; 52: 72-83.
85. Date AR, Inductively coupled plasma-mass spectrometry, *spectrochim, Acta Rev* 1991;14(1/2):3-32.
86. Moens L, Jakubowski N. Double- focusing mass spectrometers in ICP-MS. *Analytical Chemistry News&Features* 1998;251-6:251-256.
87. Koons RD. Analysis of gunshot primer residue collection swabs by ICP-MS, *J. Forensic Sci.*1998;43(4):748-754.
88. Molina D. K, Martinez M, Garcia J, DiMaio V. J, Gunshot residue testing in suicides: Part I: analysis by scanning elektron microscopy with energy dispersive X-Ray *Am. J. Forensic Med.Pathol* 2007,28(3):187-190.
89. MacCrehan WA, Layman MJ, Secl JD. Hair combing to collect organic gunshot residues (OGSR) *Forensic Sci.Int.* 2003, 135(2):167-173.
90. R.N. Udey, B.C. Hunter, R.W. Smith, Differentiation of bullet type based on the analysis of gunshot residue using inductively coupled plasma mass spectrometry, *J. Forensic Sci.* 56(2011) 1268-1276.
91. J.E.S. Sarkis, O.N. Neto, S. Viebig, S.F. Durrant, Measurements of gunshot residues by sector field inductively coupled plasma mass spectrometry-further studies with pistols, *Forensic Sci.Int.*172(2007)63-66.
92. Steffen S., Otto M., Niewoehner L., Barth M., Mucha Z.B., Biegstraaten J., Horvath R. Chemometric classification of gunshot residues based on energy dispersive X-Ray microanalysis and inductively coupled plasma analysis with mass-spectrometric detection, *Spectrochimica Acta Part B*, 62(2007)1028-1036.

93. Santos A., Ramos P., Fernandes L., Magalhaes T., Almedia A., Sousa A., Firing distance estimation based on the analysis of GSR ( gunshot residue) distribution on the target surface using ICP-MS: An experimental study a 7.65mm x17mm Browning Pistol (.32 ACP) Forensic Sci. Int. 247(2015) 62-68.
94. Stulova K., Vaculovic T., Kanicky V. Analysis of gunshot residues by LA-ICP-MS, MendelNet 2013.
95. Anamary Tarifa, Jose R. Almirall, Fast detection and characterization of organic and inorganic gunshot residues on the hands of suspects by CMV-GC-MS and LIBS, Science and Justice 55(2015) 168-175.
96. Wan T., Yu D., Zhang T., Zhang X., Zhou J., A rapid method for detection of gunshot residue using microwave plasma torch-mass spectrometry, Procedia Engineering 7(2010) 22-27.
97. Costa RA, Motta L.C., Destefani C.A., Rodrigues R.R.T., Santo K.S.E., Aquije G.M.F.V., Boldrini R., et.al., Gunshot residues analysis of clean range ammunition using SEM/EDX, colorimetric test and ICP-MS: A comparative approach between the analytical techniques. Microchemical Journal 129(2016) 339-347.
98. Üner HB, Çerkezoğlu A, Şam B, Kurtaş O, Uysal C. Atış Yapan Eldeki Barut Artıklarının Lokalizasyonu. Adli Tıp Bülteni, Vol.4, No.3, 1999; 90-93.
99. Üner HB., Çakır İ. Adli Balistik. (2007), s.106-109, Arıkan Basımevi, İstanbul.
100. Batı C. Atış Artıklarını Toplama ve Belirleme Yöntemleri. Yüksek Lisans Tezi. İ.Ü. Adli Tıp Enstitüsü Sosyal Bilimleri Anabilim Dalı. İstanbul, 1998; 52-64.
101. Cowan ME, Purdon PL. A Study of the Paraffin Test. Journal Of Forensic Sciences, Vol. 12, No.1, January 1967; 19-36.
102. Üner HB. Giysiden Atış Mesafesi Tayininde Kullanılan Yöntemler. Adli Tıp Dergisi, 1996; 12; 139-152.
103. De Gaetana D, Siegel JA. Survey of Gunshot Residue Analysis in Forensic Sciences, Vol. 35, No.5 Semt. 1990; 1087-1095.
104. Kılıç E, Köseoğlu F, Yılmaz H. Enstrümental Analiz, 5. Baskı, s.262-268. Skoog Holler, Neiman, çevirisi, Bilim Yayıncılık, Ankara.
105. Wenz W. Lichtenberg, W.J. and Kattarwe, H. 1991, Surface analysis and measuring techniques in firearm offences, Fresenius Journal of Analitic Chemistry, 155.
106. Sarsılmaz Whatsapp Hattı +90 535 025 14 60.



107. Guideline, ICH Harmonised Tripartite. "Validation of analytical procedures: text and methodology Q2 (R1)." International conference on harmonization, Geneva, Switzerland. 2005.
108. Efe CSI Kriminal ve Savunma Teknolojileri, [www.efecsı.com.tr](http://www.efecsı.com.tr)
109. Wenz W. Lichtenberg, W.J. and Kattarwe, H. 1991, Surface analysis and measuring techniques in firearm offences, Fresenius Journal of Analytic Chemistry, 155.
110. Meng H.H. and Caddy, B. 1997. Gunshot residue analysis: A Review, J. Forensic Sci. 42 553-570.
111. Sarıbey, A.Y., Tarımcı Ç. 2006. Ses tabancaları ve atış artıkları, 5. Anadolu Adli Bilimler Kongresi Kitapçığı, Sözel Bildiri, Samsun.
112. Jalanti T, Henchoz P, Gallusser A., Bonfanti MS. The persistence of gunshot residue on shooter's hands. Sci.Justice 1999,39(1):48-52.
113. Dalby O, Butler D, Birkett J.W. analysis of gunshot residue and associated materials – a review. J. Forensic Sci. 2010,55(4):924-943.
114. Rifinders MR, Stamouli A, Bolck A. Comparision of GSR composition occurring at different locations around the firing position J. Forensic Sci. 2010;55(3)616-623.
115. Berk RE, Rochowicz SA, Wong M, Kopina MA, Gunshot residue in Chicago poliçe vehicles and facilities: an empirical study. J. Forensic Sci. 2007; 52(4) 838-841.
116. Biedermann A, Taroni F. Bayesian networks for evaluating forensic DNA profiling. Forensic Sci. Int. 2009; 191(1-3):24-35.
117. Sarkis J.E.S., Neto O.N., Viebing Sonia, Durrant S.F. Measurements of gunshot residues by sector field inductively coupled plasma mass spectrometry- Further studies with pistols. Forensic Science International 2007; 172: 63-66.
118. Gülsepet S. İzmir Kriminal Polis Laboratuvarı ve Balistik. II. Adli Bilimler Sempozyumu. İzmir, 1997; 5-19.
119. Ditrich H. Distribution of gunshot residues- the influence of weapon type. Forensic Sci. International 2012; 220: 85-90.
120. Vanini G., Souza M.O., Carneiro M.T.W.D., Filgueiras P.R., Bruns R.E., Romao W., Multivariate optimisation of ICP-OES instrumental parameters for Pb/Ba/Sb measurement in gunshot residues., Microchemical Journal 120 (2015) 58-63.

## 9.ÖZGEÇMİŞ

**TUBA ÖZDEMİR** (01.03.1988)

GSM: 0554 551 19 84

Email: [tubakaradag571@gmail.com](mailto:tubakaradag571@gmail.com)

Adres: Borazanlar Mah. Nazif Onbaşı Sok. No:3 Tunçel Apt. Bolu/Merkez

### **DENEYİM**

2013-2015 Başakşehir İlçe Milli Eğitim- Fizik Öğretmenliği

2015-2018 Reform Osgb- İş Güvenliği Uzmanlığı

### **EĞİTİM**

2001-2005 Fatih Kız Lisesi Fen Bölümü

2008-2011 Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fizik Bölümü (İngilizce)

2011-2013 İstanbul Üniversitesi Fizik Bölümü (Yatay Geçiş)

İngilizce: Orta Seviye, Arapça: Orta Seviye

Medeni Hali: Evli, 1 çocuk annesi

### **BİLGİSAYAR**

Fortran'95, Mathematica, Windows Office Yazılımları