



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**X-RAY ANALİZÖRLÜ ENERJİ DAĞILIMLI TARAMALI  
ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM/EDS) İLE ENFSİ/GSR  
(EUROPAN NETWORK FORENSIC SCIENCE INSTITUTE/ GUN  
SHOT RESIDUE PROFICIENCY TEST) NUMUNESİNDE  
ELEMENTEL ATIŞ ARTIKLARININ  
ANALİZİ VE OPTİMİZASYONU**

**Emrah COŞKUNSU**

**DİSİPLİNLERARASI ADLİ BİLİMLER  
ADLİ KİMYA VE ADLİ TOKSİKOLOJİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**2015 - ANKARA**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**X-RAY ANALİZÖRLÜ ENERJİ DAĞILIMLI TARAMALI  
ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM/EDS) İLE ENFSI-GSR  
(EUROPEAN NETWORK FORENSIC SCIENCE INSTITUTE-  
GUNSHOT RESIDUE) NUMUNESİNDE ATIŞ ARTIKLARININ  
ANALİZİ VE OPTİMİZASYONU.**

**Emrah COŞKUNSU**

**DİSİPLİNLERARASI ADLİ BİLİMLER  
ADLİ KİMYA VE ADLİ TOKSİKOLOJİ ANABİLİM DALI**

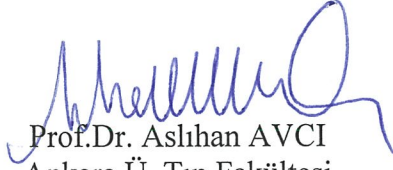
**DANIŞMAN  
Doç. Dr.Aysun BARANSEL ISIR**

**2015 - ANKARA**

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü  
Disiplinlerarası Adli Bilimler Anabilim Dalı  
Adli Kimya ve Adli Toksikoloji Tezli Yüksek Lisans Programında  
Emrah COŞKUNSU tarafından hazırlanan

“X-Ray Analizörlü Enerji Dağılımlı Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) ile ENFSI  
GSR (European Network Forensic Science Institute- Gunshot Residue) Numunesinde Atış  
Artıklarının Analizi ve Optimizasyonu” adlı tez çalışması  
aşağıdaki jüri tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak  
OY BİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

11.12.2015

  
Prof.Dr. Aslıhan AVCI  
Ankara Ü. Tıp Fakültesi  
Jüri Başkanı

  
Doç. Dr. Aysun BARANSEL  
Gaziantep Ü. Tıp Fakültesi  
Üye

  
Doç. Dr. Nergis CANTÜRK  
Ank. Ü. Adli Bilimler Enstitüsü  
Üye

Tez hakkında alınan jüri kararı, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu tarafından onaylanmıştır.

Prof. Dr. K. Zafer KARAER  
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ÖNSÖZ

Günümüzde, X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskopi tekniği atış artıkları analizi için en uygun bilimsel yöntem olarak kabul edilmekte ve ileri düzey adli kimya laboratuvarlarında atış artığı analizi için bu yöntem kullanılmaktadır. Mühimmat üretiminin her geçen gün çeşitlilik kazanmasıyla birlikte elektron mikroskopi tekniği ile atış artıkları analizinde bu gelişmeleri yakından takip etmek ve bilgileri sürekli güncel bulundurmak gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu konuda ülkemizde bulunan adli kimya laboratuvarlarının kendini yenilemesi ve bilimsel metotlarını uluslararası standartlara taşımaları önem arz etmektedir. Böylelikle, adaletin yerini bulması ve özellikle şüpheli veya mağdur kişilerin teknik tespit yetersizliği ya da farklılığı nedeni ile maruz kalabilecekleri mağduriyetin önlenmesinde önemli bir parametre olabileceği değerlendirilmiştir.

Ayrıca, bu çalışma sonuçlarıyla ve atış artığı konusunda verilen bilgiler sayesinde savcı, hakim, avukat gibi yargı mensubu kişilerin atış artıkları konusunda bilinçlendirilmesi ve bu konunun teknik, sosyal ve hukuki açıdan önemine güncel gelişme ve değerlendirmeler ile birlikte farkındalık oluşturulması ikincil hedef olarak düşünülmüştür.

Araştırmalarımı süresince destek, bilgi ve önerileri kadar fikirleriyle gelişmeme katkıda bulunan danışman hocam sayın Doç. Dr. Aysun BARANSEL ISIR, değerli eşi Hk.Dr.Alb. Tamer ISIR'a ve Adli Bilimler Enstitü Müdürü Prof.Dr. Aslıhan AVCI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımı gerçekleştirdiğim Ankara Jandarma Kriminal Laboratuvarı ve personeli ile tüm çalışmam süresince sınırsız destek sağlayan eşim Hansa COŞKUNSU'ya ve aileme en içten sevgilerimle teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

|                                           |      |
|-------------------------------------------|------|
| ÖNSÖZ                                     | iii  |
| İÇİNDEKİLER                               | iv   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR                   | vii  |
| ÇİZELGELER                                | viii |
| GRAFİKLER                                 | ix   |
| RESİMLER                                  | xi   |
| 1. GİRİŞ                                  | 1    |
| 1.1. Ateşli Silahlar                      | 2    |
| 1.2. Ateşli Silah Türleri                 | 4    |
| 1.2.1. Kısa Namlulu Silahlar (Tabancalar) | 4    |
| 1.2.1.1. Tek Atışlı Tabancalar            | 5    |
| 1.2.1.2. Toplu Tabancalar (Revolver)      | 5    |
| 1.2.1.3. Otomatik Tabancalar              | 5    |
| 1.2.1.4. Makineli Tabancalar              | 6    |
| 1.2.1.5. Diğer Tabanca Çeşitleri          | 6    |
| 1.2.2. Uzun Namlulu Silahlar (Tüfekler)   | 7    |
| 1.2.2.1. Savaş (Harp) Tüfekleri           | 7    |
| 1.2.2.2. Av Tüfekleri                     | 8    |
| 1.2.2.3. Diğer Tüfek Çeşitleri            | 8    |
| 1.3. Tabanca Fişegi Kavramı ve Kısımları  | 8    |
| 1.3.1. Mermi (Çekirdek)                   | 9    |
| 1.3.2. Kovan                              | 10   |
| 1.3.3. Kapsül                             | 10   |
| 1.3.4. Barut                              | 10   |
| 1.3.4.1. Kara (Dumanlı) Barut             | 11   |
| 1.3.4.2. Beyaz (Dumansız) Barut           | 11   |
| 1.4. Av Tüfeği Fişegi ve Yapısı           | 11   |
| 1.5. Atış Artıkları                       | 12   |
| 1.5.1. Atış Artıkları Analiz Yöntemleri   | 16   |
| 1.5.1.1. Parafin Testi                    | 16   |

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.5.1.2. Kolorimetrik Tayini                                                                                         | 17 |
| 1.5.1.3. Nötron Aktivasyon Analizi (NAA)                                                                             | 17 |
| 1.5.1.4. Atomik Absorpsiyon Spektrometresi                                                                           | 17 |
| 1.5.1.5. Diğer Atış Artığı Tespit Yöntemleri                                                                         | 18 |
| 1.5.1.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)                                                                          | 19 |
| 1.5.1.7. SEM/EDS                                                                                                     | 20 |
| 1.5.2. Atış Artıklarının Sınıflandırılması                                                                           | 24 |
| 1.6. Validasyon                                                                                                      | 26 |
| 1.7. Optimizasyon                                                                                                    | 26 |
| 1.8. Çalışmanın Amacı                                                                                                | 27 |
| 2. GEREÇ VE YÖNTEM                                                                                                   | 28 |
| 2.1. Gereç                                                                                                           | 28 |
| 2.1.1. X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS)                           | 28 |
| 2.1.2. GSR (ENFSI GSR-2013 PT) Yeterlilik Test Kiti                                                                  | 29 |
| 2.2. Yöntem                                                                                                          | 32 |
| 2.2.1. Atış Artığı Analizini Etkileyen Parametreler                                                                  | 32 |
| 2.2.1.1. SEM/EDS Cihaz Parametreleri                                                                                 | 32 |
| 2.2.1.2. INCA Software Parametreleri                                                                                 | 33 |
| 2.2.2. X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskopi Tekniğiyle Analizlerin Yorumlanması | 33 |
| 3. BULGULAR                                                                                                          | 35 |
| 3.1. Optimum Parametre Değerinin Tespitine İlişkin Analiz Sonuçları                                                  | 35 |
| 3.1.1. Magnification Parametresi ve İki Ayrı Kalibrasyon Standardına Göre Yapılan Analiz Sonuçları                   | 35 |
| 3.1.2. Working Distance Parametresi ve İki Ayrı Kalibrasyon Standardına Göre Yapılan Analiz Sonuçları                | 36 |
| 3.1.3. Scan Speed Parametresi ve İki Ayrı Kalibrasyon Standardına Göre Yapılan Analiz Sonuçları                      | 37 |
| 3.1.4. Process Time Parametresi ve İki Ayrı Kalibrasyon Standardına Göre Yapılan Analiz Sonuçları                    | 38 |

|                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1.5. Çözünürlük Parametresi ve İki Ayrı Kalibrasyon Standardına Göre Yapılan Analiz Sonuçları                                   | 39  |
| 3.1.6. First Pass İmage Parametresi ve İki Ayrı Kalibrasyon Standardına Göre Yapılan Analiz Sonuçları                             | 40  |
| 3.1.7. Dead Time, Spot Size, Constrast/Brightness Parametreleri ve İki Ayrı Kalibrasyon Standardına Göre Yapılan Analiz Sonuçları | 41  |
| 3.1.8. Optimum Değerlere Göre Tespit Edilen Tanecik Sayı Analiz Sonuçları                                                         | 41  |
| 3.1.9. Parametrelere Ait Optimum Değer Sonuçları                                                                                  | 42  |
| 3.2. Optimum Değerler Kullanılarak 4 Farklı Cihazla Yapılan Analiz Sonuçları                                                      | 43  |
| 3.2.1. SEM-03 Kodlu Cihazda Cu-Grid Kalibrasyon Standartı ile Optimum Koşullarda Yapılan Analizlerde Elde Edilen Sonuçlar         | 44  |
| 3.2.2. SEM-04 Kodlu Cihazda Cu-Grid Kalibrasyon Standartı ile Optimum Koşullarda Yapılan Analizlerde Elde Edilen Sonuçlar         | 49  |
| 3.2.3. SEM-05 Kodlu Cihazda Cu-Grid Kalibrasyon Standartı ile Optimum Koşullarda Yapılan Analizlerde Elde Edilen Sonuçlar         | 54  |
| 3.2.4. SEM-06 Kodlu Cihazda Cu-Grid Kalibrasyon Standartı ile Optimum Koşullarda Yapılan Analizlerde Elde Edilen Sonuçlar         | 59  |
| 3.3. Cu-Grid Kalibrasyon Standartı İle Optimum Koşullarda 4 Farklı Cihazda Tespit Edilen Tanecik Sayısı                           | 64  |
| 3.4. Co-Au-Rh Kalibrasyon Standartı İle Optimum Koşullarda 4 Farklı Cihazda Tespit Edilen Tanecik Sayısı                          | 66  |
| 4. TARTIŞMA                                                                                                                       | 68  |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER                                                                                                              | 80  |
| ÖZET                                                                                                                              | 86  |
| SUMMARY                                                                                                                           | 88  |
| KAYNAKLAR                                                                                                                         | 89  |
| EKLER                                                                                                                             | 93  |
| Ek-1: Co-Rh-Au Kalibrasyon Standartı Analiz Sonuçları                                                                             | 93  |
| ÖZGEÇMİŞ                                                                                                                          | 111 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

- SEM/EDS** : X-Ray Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu
- GSR** : Gun Shot Residue (Atış Artığı)
- ENFSI** : European Network Forensic Science Institute

## ÇİZELGELER

### Sayfa No:

|                                                                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 1.1.</b> ASTM Designation: E1588-10 <sup>E1</sup> Standard Guide for Gunshot Residue Analysis by Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-Ray Spectrometry                                      | 25 |
| <b>Çizelge 3.1.</b> Parametrelere ait Belirlenen Optimum Değerler                                                                                                                                                  | 43 |
| <b>Çizelge 3.2.</b> Optimum Koşullarda SEM-03 cihazı ile analiz sonucu bulunan tanecik boyutunun ve bölgesinin gösterimi.                                                                                          | 44 |
| <b>Çizelge 3.3.</b> Optimum Koşullarda SEM-04 cihazı ile analiz sonucu bulunan tanecik boyutunun ve bölgesinin gösterimi.                                                                                          | 49 |
| <b>Çizelge 3.4.</b> Optimum Koşullarda SEM-05 cihazı ile analiz sonucu bulunan tanecik boyutunun ve bölgesinin gösterimi.                                                                                          | 54 |
| <b>Çizelge 3.5.</b> Optimum Koşullarda SEM-06 cihazı ile analiz sonucu bulunan tanecik boyutunun ve bölgesinin gösterimi.                                                                                          | 59 |
| <b>Çizelge 3.6.</b> SEM-03, SEM-04, SEM-05 ve SEM-06 kodlu X-Ray Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) ile standart GSR numunesinin analizinde elde edilen analiz sonuçları. | 66 |
| <b>Çizelge 3.7.</b> SEM-03, SEM-04, SEM-05 ve SEM-06 kodlu X-Ray Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) ile standart GSR numunesinin analizinde elde edilen analiz sonuçları. | 67 |
| <b>Çizelge 4.1.</b> Parametrelere ait Belirlenen Optimum Değerler                                                                                                                                                  | 69 |

## GRAFİKLER

### Sayfa No:

|                     |                                                                                                                                                                        |    |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Grafik 2.1.</b>  | ENFSI GSR numunesi içerisinde bulunan atış artığı partiküllerinin boyutunun ve bölgesinin gösterimi.                                                                   | 30 |
| <b>Grafik 2.2.</b>  | ENFSI GSR numunesi içerisinde bulunan atış artığı partiküllerinin miktarının ve boyutunun gösterimi.                                                                   | 31 |
| <b>Grafik 3.1.</b>  | Tanecik Sayısının Magnification değeriyle değişim grafiği                                                                                                              | 35 |
| <b>Grafik 3.2.</b>  | Tanecik Sayısının Working Distance değeriyle değişim grafiği                                                                                                           | 36 |
| <b>Grafik 3.3.</b>  | Tanecik Sayısının Scan Speed değeriyle değişim grafiği                                                                                                                 | 37 |
| <b>Grafik 3.4.</b>  | Tanecik Sayısının Process Time değeriyle değişim grafiği                                                                                                               | 38 |
| <b>Grafik 3.5.</b>  | Tanecik Sayısının Çözünürlük değeriyle değişim grafiği                                                                                                                 | 39 |
| <b>Grafik 3.6.</b>  | Tanecik Sayısının First Pass Image değeriyle değişim grafiği                                                                                                           | 40 |
| <b>Grafik 3.7.</b>  | Tanecik Sayısının iki farklı kalibrasyon standardı ile değişim grafiği                                                                                                 | 42 |
| <b>Grafik 3.8.</b>  | Optimizasyon koşulları ile yapılan analiz sonucu bulunan tanecik boyutunun ve bölgesinin gösterimi                                                                     | 48 |
| <b>Grafik 3.9.</b>  | Optimizasyon koşulları ile yapılan analiz sonucu bulunan tanecik boyutunun ve bölgesinin gösterimi.                                                                    | 53 |
| <b>Grafik 3.10.</b> | Optimizasyon koşulları ile yapılan analiz sonucu bulunan tanecik boyutunun ve bölgesinin gösterimi.                                                                    | 58 |
| <b>Grafik 3.11.</b> | Optimizasyon koşulları ile yapılan analiz sonucu bulunan tanecik boyutunun ve bölgesinin gösterimi.                                                                    | 63 |
| <b>Grafik 3.12.</b> | ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) numunesi içerisinde bulunan atış artığı partiküllerinin boyutunun ve bölgesinin, analiz sonuçlarımızla birlikte gösterimi.           | 64 |
| <b>Grafik 3.13.</b> | ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) numunesi içerisinde bulunan atış artığı partiküllerinin miktarının ve boyutunun gösterimi ve analiz sonuçlarımızla karşılaştırılması | 65 |

- Grafik 4.1.** ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) testine katılım sağlayan laboratuvarlar. 73
- Grafik 4.2.** ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) testine katılım sağlayan laboratuvarların başarısını gösteren grafik. 74
- Grafik 4.3.** ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) testine katılım sağlayan 57 laboratuvardan 2 mikron büyüklüğündeki partikülleri tespit edebilen laboratuvarları gösteren grafik. 75
- Grafik 4.4.** ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) testine katılım sağlayan 57 laboratuvardan 1,5 mikron büyüklüğündeki partikülleri tespit edebilen laboratuvarları gösteren grafik. 76
- Grafik 4.5.** ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) testine katılım sağlayan 57 laboratuvardan 1 mikron büyüklüğündeki partikülleri tespit edebilen laboratuvarları gösteren grafik. 77
- Grafik 4.6.** ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) testine katılım sağlayan 57 laboratuvardan 0,75 mikron büyüklüğündeki partikülleri tespit edebilen laboratuvarları gösteren grafik. 78
- Grafik 4.7.** ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) testine katılım sağlayan 57 laboratuvardan 0,5 mikron büyüklüğündeki partikülleri tespit edebilen laboratuvarları gösteren grafik. 79

## RESİMLER

### Sayfa No:

|                    |                                                                       |    |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Resim 1.1.</b>  | Yiv-Set ve Namlu Ucu Görüntüsü                                        | 3  |
| <b>Resim 1.2.</b>  | Çeşitli Fişek Çap ve Cinsleri                                         | 3  |
| <b>Resim 1.3.</b>  | Çeşitli Tabanca Resimleri                                             | 4  |
| <b>Resim 1.4.</b>  | G-3 Piyade Tüfeği                                                     | 7  |
| <b>Resim 1.5.</b>  | Av Tüfeği Resmi                                                       | 8  |
| <b>Resim 1.6.</b>  | Tabanca Fişegi ve Bölümleri                                           | 9  |
| <b>Resim 1.7.</b>  | Bir ateşli silah ateşlendiğinde oluşan gaz bulutu ve hedefteki etkisi | 12 |
| <b>Resim 1.8.</b>  | Atış artıklarının genellikle ele bulaştığı bölgeler                   | 13 |
| <b>Resim 1.9.</b>  | Küresel atış artıklarının elektron mikroskobu görüntüsü.              | 14 |
| <b>Resim 1.10.</b> | Karmaşık ve Kümelenmiş atış artıkları.                                | 15 |
| <b>Resim 1.11.</b> | Enerji Dağılımlı X-ışını Analizörlü Taramalı Elektron Mikroskopi      | 21 |
| <b>Resim 1.12.</b> | SEM-EDS Cihazı Kolon Şeması ve Elektron Numune Etkileşimi             | 21 |
| <b>Resim 1.13.</b> | SEM-EDS Yapısı ve Görüntü Oluşumu                                     | 21 |
| <b>Resim 1.14.</b> | Artış artığının el ve yüz üzerinden toplanması                        | 23 |

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde yaşanan adli olaylarda ateşli silah kullanımının fazla olması nedeniyle adli kimya laboratuvarlarının iş yükünün büyük bölümünü atış artıkları analizleri oluşturmaktadır. Söz konusu atış artıkları analizleri; ateşli silahların kullanıldığı cinayet, intihar, şahsa ve özel mülkiyete saldırı, meskûn mahalde ateş etme gibi adli olaylara ışık tutabilecek önemli analizlerdir.

Ateşli silahların tarihsel gelişimi ve balistik silahın bir kavram olmaktan çıkarak, tabii ortamda bir nesne haline gelmesi ve insanla beraberliği, mücadele ve korunma düşüncesinin uygulamaya konulması ile başlar. Tabiat şartlarına uyum ve bu uyumun doğurduğu direnişte ilk insan, bir yandan taş, kemik, ağaç ve diğer doğal araçları kullanmış; diğer yandan da akıl, zeka, mantık üstünlüğü sayesinde, bu araçların yapımında, büyük bir dikkatle tabiat olaylarını ve diğer canlıları izleyerek onlardan da esinlenmiştir. Mızraklar, zehirli iğne okları, ortaçağda kale kapılarını kırmak için kullanılan koçbaşları hiç şüphesiz bu titiz ve dikkatli gözlem ile esinlenmelerin sonucudur (Göçer, 1995).

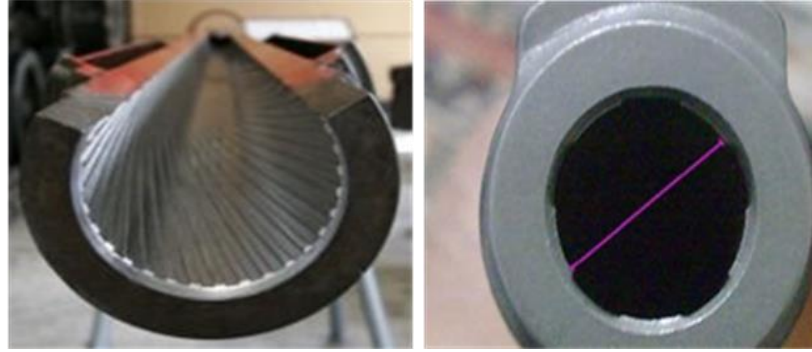
Silahın gelişiminde hız grafiğinin ani yükselmesinde en büyük faktör, hiç şüphesiz Ortaçağın sonunda barutun bulunması ve bunun sonucu ateşli silahların ortaya çıkışı olmuştur. Tarihte silah olarak kullanılan ilk araçlar taş ve sopa iken, daha sonra uygun biçimde yontulmuş taşlar sopaların ucuna bağlanarak ilk mızrak ve baltalar yapılmıştır. Taş, sopa ve mızrakların daha uzaklara fırlatılabilmesi gereksinimi doğunca önce sapan, ardından da yay ve ok geliştirilmiştir. İlkel insan topluluklarının metal işlemeyi öğrenmesi ile birlikte, silah yapımında metal de kullanılmaya başlanmıştır. İlk olarak metal uçlu ok ve mızraklar, daha sonra kama ve kılıçlar yapılmıştır. Savaşlarda at, eşek, fil, deve gibi hayvanlardan yararlanılmaya başlanması, bir insanın taşıyamayacağı kadar ağır silahların da yapılmasına zemin hazırlamıştır. Böylece savaşlarda mancınık gibi ağır silahlar yer almaya başlamıştır. 13. yüzyılda Araplar ve Tatarlar silah yapımında barut kullanmaya başlayarak saldırı amaçlı ilk roket örneklerini yapmışlardır. İlk ateşli silahlar da 14. yüzyıl başlarında

Araplar tarafından geliştirilmiştir. Günümüzde kullanılan topların ilk örnekleri olan bu silahlar kısa sürede Avrupa'da da kullanılmaya başlanmıştır. Makineli tüfek 18. yüzyılın sonlarına doğru bulunurken 19. yüzyılda tüfek, tabanca ve top tasarımlarında önemli ilerlemeler sağlanmıştır. 20. yüzyılın başlarında tırmanan savaş tehlikesi ile birlikte Avrupa ülkeleri yeni silahlar geliştirmeye yönelik çalışmaları hızlandırmıştır. Bu çalışmalar sonucunda tüfek ve topların erişim mesafeleri ve isabet oranları arttırılmıştır. Zırh ve beton delici silahlar da bu dönemde ortaya çıkmıştır. El bombası, kara mayını ve bubi tuzağı gibi silahlar ilk kez I. Dünya Savaşında yaygın olarak kullanılmıştır. I. Dünya Savaşı'nda hava silahlarının öneminin ortaya çıkmasıyla bu konuyla ilgili çalışmalar hızlanmıştır. II. Dünya Savaşı'ndan sonraki yıllarda füzeler geliştirilmiş, saldırı gücü yüksek helikopterler ve süpersonik uçaklar yapılmıştır. Biyolojik silahlar ve nötron bombası gibi nükleer silahlarda II. Dünya Savaşı sırasında ve sonrasında geliştirilen silahlar olarak yerini almıştır. Silahlar ilk insan topluluklarından bu yana hızlı bir gelişme göstermiş ve bugünkü teknolojik düzeye ulaşmıştır. Bugün silah yeryüzünde çok önemli sanayi dallarından biri olarak karşımıza çıkmıştır (Göçer, 1995).

### **1.1. Ateşli Silahlar**

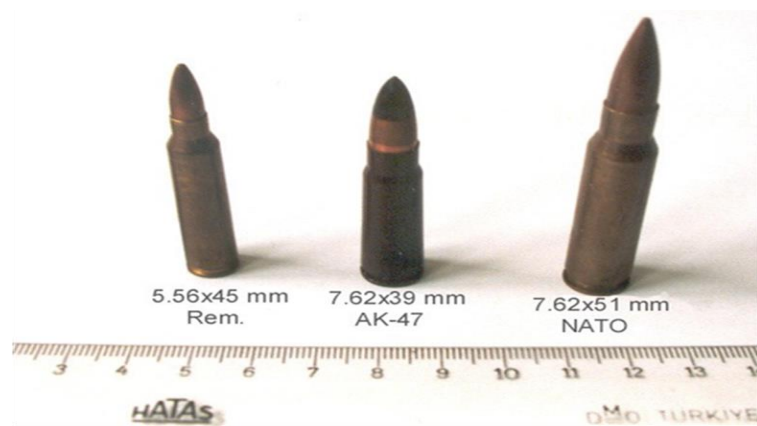
Ateşli silah, barut gaz basıncının etkisi ile mermi veya mermi çekirdeği adı verilen özel şekil ve nitelikteki maddeleri uzak mesafelere atan büyük toplardan, tüfek, av tüfeği ve tabancaya kadar çeşitli tür ve boyutta silahlara denir (Özdemir ve ark, 1999).

Ateşli silahların sınıflandırılması yapılırken namlu boyları, yiv ve set taşıması, çap, ateşli silahın çalışma sistemi ve kullanma şekli gibi özellikleri göz önüne alınır.



**Resim 1.1.** Yiv-Set ve Namlu Ucu Görüntüsü

Silahın önemli parçalarından olan namlu, mermi çekirdeğine hız, dönüş ve yön vererek hedefe göndermeye yarayan içi boş madeni bir borudur. Bazı av tüfekleri dışında tüm tabanca, makineli tabanca ve tüfeklerin namluları içerisinde helezon şeklinde girinti ve çıkıntılar vardır. Girintilere yiv, çıkıntılara set adı verilir. Yiv ve setler mermi çekirdeğine kendi etrafında dönüş kazandırarak atış menzilinin uzamasını, hedefe önce uç kısmının çarpmasını ve delme gücünün artmasını sağlar. Çap hesabı iki set arası mesafe ölçülerek yapılır. Çapın isimlendirilmesi “metrik system” (7.65 mm. gibi) veya “Anglo-Sakson sistemi”ne göre (38 kalibre gibi) yapılır (Cin, 2006; Çetin ve ark. , 1999).



**Resim 1.2.** Çeşitli Fişek Çap ve Cinsleri

## 1.2. Ateşli Silah Türleri

Ateşli silahlar genel olarak iki ana başlık altında toplanırlar. Bunlar ağır ateşli silahlar ve hafif ateşli silahlardır. Ağır ateşli silahlar tahrip gücü yüksek, menzili uzun, birden fazla kişi tarafından veya çeşitli vasıtalar yardımıyla kullanılabilen ağır silahlardır. Tezimin konusu olan hafif ateşli silahlar ise bir kişi tarafından kullanılan daha az tahrip gücüne sahip silahlardır. Hafif ateşli silahlar kendi aralarında namlu boyuna göre kısa ve uzun namlulu silahlar olarak iki alt gruba ayrılır (Di Maio, 1999).

### 1.2.1. Kısa Namlulu Silahlar (Tabancalar)

Namlu boyları fişek yatağı hariç 15 cm'yi, tüm uzunluğu 50 cm'yi geçmeyen ateşli silahlar, tabanca olarak adlandırılır. Tabancalar savunma maksatlı küçük silahlar olarak tasarlanmıştır. Tabancaların diğer silahlara göre avantajı küçük ebatla ve hafif olması, bu nedenle kolay taşınabilir ve saklanabilir olmasıdır. Kullanım kolaylığı açısından değişik ebat ve şekillerde birçok tabanca çeşidi geliştirilmiştir. Tabancalar 3 ana grupta sınıflandırılmıştır (Üner ve ark. 2007).



**Resim 1.3.** Çeşitli Tabanca Resimleri

#### **1.2.1.1. Tek Atışlı Tabancalar**

Bunlar ateşleme odacığı namlusuna entegre olan ve her atıştan sonra tekrar manüel olarak doldurulması gereken ilkel tabancalardır. Tek atışlı tabancaların iki namluya sahip olan tipine de “Derringer” denilmektedir (Soysal ve ark., 1999).

#### **1.2.1.2. Toplu Tabancalar (Revolver)**

1857 yılından itibaren ABD’de üretilmeye başlanmıştır. Bu tür silahlarda mermiler, top adı verilen ve genellikle 5, 6 veya 7 mermi yuvası bulunan silindirlere yerleştirilir. Her atıştan sonra silindir dönerek yeni bir mermi namlu hizasına gelip atışa hazır olur. Toplu tabancaların tek hareketli ve çift hareketli tipleri bulunmaktadır. Tek hareketli tipinde ateşten önce horozun manüel olarak geri çekilmesi gerekmekte, bu da silindirin dönmesini ve merminin namlu ile aynı doğrultuya gelmesini sağlamaktadır. Çift hareketli tipte ise sadece tetiğe basarak horoz geriye çekilmekte, silindir dönmekte ve horozun düşmesiyle ateşleme gerçekleşmektedir. Toplu tabancaların diğer tabancalara üstünlükleri; ucuz ve basit dizayna sahip olmalarıdır. Dezavantajları ise doldurmanın nispeten yavaş olması, emniyet tertibatının olmaması ve silindirin rahatça dönebilmesi için namlu ile silindir arasındaki aralığın silahın etkinliğini azaltmasıdır (Soysal ve ark., 1999).

#### **1.2.1.3. Otomatik Tabancalar**

Bu tür silahlarda mermiler şarjör denilen içi yaylı bir düzeneğe yerleştirilir. Şarjör silahın kabzasına alttan yerleştirilip sürgünün çekilmesi suretiyle ilk mermi namlunun arka kısmında bulunan mermi (fışek) yatağına sürülür. Bu işlem sırasında horoz da kurulmuş olup silah atışa hazır hale getirilmiştir. Tetiğin çekilmesiyle gerçekleşen atış sonrası ani geri tepme sonucunda ateşlenen mermiye ait boş kovan dışarı atılır ve yeni mermi namluya sürülür. Bunların yarı ve tam otomatik türleri

vardır. İlk dolduruluş kullanıcı tarafından yapıldıktan sonra her tetiği çekişte bir atış yapan ve ikinci atışa hazır hale gelen tabancalara yarı otomatik tabancalar denir. İlk dolduruluş kullanıcı tarafından yapıldıktan sonra tetik bir defa çekilip bırakılmadığı zaman şarjöründeki tüm mermileri bitirinceye kadar ateş eden tabancalara ise tam otomatik tabancalar denir (Di Maio, 1999).

#### **1.2.1.4. Makineli Tabancalar**

Dipçikli silahlardan oluşturulan makineli tabancalar hafif olması, yakın savaş gücünün bulunması, yarım ve tam otomatiğe ayarlanabilmesi, dakikada 100-200 mermiyi hedefe gönderebilmesi nedeni ile yakın savaş silahı olarak kullanılır. Türkiye’de kullanılan MP5 buna örnek olarak verilebilir (Kar, 2002)

#### **1.2.1.5. Diğer Tabanca Çeşitleri**

Yukarıda belirtilen tabanca türleri dışında spor ve eğitim maksatlı üretilen “Havali Tabancalar”, işaret fişegi ile haberleşme ve aydınlatma maksatlı üretilen “İşaret Tabancaları”, caydırıcı ve etkisiz hale getirme maksatlı üretilen “Gaz Tabancaları (Kurusıkı Tabancalar)” gibi tabanca çeşitleri de bulunmaktadır (Hancı, 2002).

Tarlalara dadanan ve ürüne hasar veren köstebek gibi hayvanlarla mücadele etmek üzere yapılmış olan köstebek tabancaları da vardır. Bu tabancalar av fişegi atarlar. Son yıllarda bu silahların kriminal olaylarda da kullanılmaya başlandığı görülmektedir (Di Maio, 1999).

### 1.2.2. Uzun Namlulu Silahlar (Tüfekler)

Tüfekler, başlangıçtan beri av ve saldırı amacıyla üretilmiştir. Tabancalardan farkları namlularının daha uzun olması ve kundak (dipçik) bulundurmalarıdır. Daha ağır ve büyük olmaları nedeniyle taşınmaları ve gizlenmeleri zordur. Ancak fişekleri daha güçlü ve istikrarlıdır (Üner, 2007).

#### 1.2.2.1. Savaş (Harp) Tüfekleri

Bu silahlar; namlusu yivli-setli olup, uzun menzile ve delici güce sahip yüksek enerjili silahlardır. Başlangıçta ağızdan dolmalı ve tek atışlı olarak imal edilmişlerdir. Günümüzde ise otomatik ve makineli tüfek olarak değişik çap ve markalarda imal edilmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Genellikle tüm Dünyaki ordularda kullanılan piyade tüfekleri bu sınıfa girer. Örneğin Türkiye’de kullanılan G-3 piyade tüfeği buna örnek olarak verilebilir. Ayrıca, M 16 A2 (çapı 5.56x45 mm, namlu boyu 51 cm), G3 A3 (çapı 7.62x51 mm, namlu boyu 45 cm), AK 47 Kalaşnikof (çapı 7.62x39 mm, namlu boyu 41.4 cm) tüfekleri de bu türün tanınmış silahlarındandır (www.ruag.com; Gass, 2000; Dudley, 1975).



**Resim 1.4.** G-3 Piyade Tüfeği

### 1.2.2.2. Av Tüfekleri

Av tüfekleri genellikle yivsiz-setsizdir. Tek veya çift namlulu, sürgülü, manivelalı, pompalı ve otomatik tipleri bulunmaktadır. Çok sayıda saçma tanesi veya tek küresel/silindirik kurşun atmak için tasarlanmışlardır. Bu tüfeklerin yivli setli olanları da vardır. Av tüfekleri içinde en çok kullanılan Lefauchaux kırmalı tüfeğidir (Üner, 2007; Hancı, 2002).



**Resim 1.5.** Av Tüfeği Resmi

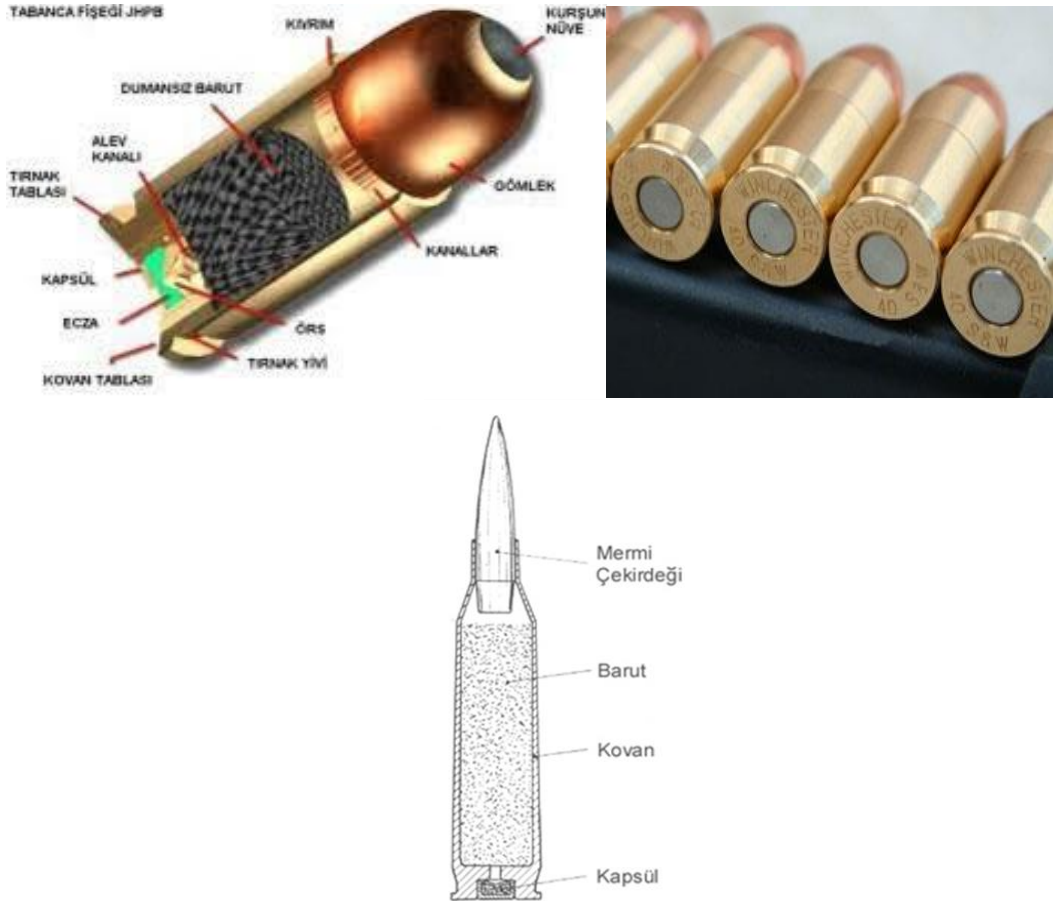
### 1.2.2.3. Diğer Tüfek Çeşitleri

Yukarıda belirtilen tüfek türleri dışında gaz basıncı ile çalışan “Havalı Tüfekler”, işaret fişegi ile haberleşme ve aydınlatma maksatlı üretilen “İşaret Tüfekleri”, caydırıcı ve gazla etkisiz hale getirici maksatlı üretilen “Gaz Tüfekleri” gibi tüfek çeşitleri de bulunmaktadır

## 1.3. Tabanca Fişegi Kavramı ve Kısımları

Fişek, ateşli silahlarda canlı ve cansız hedefler üzerinde tahribat yapmak maksadıyla kullanılan, çekirdek, barut, kapsül ve kovandan oluşan aksamaların bütünüdür. Farklı kavramlar olmasına rağmen ülkemizde ve dünyada halk arasında fişek yerine mermi ve kurşun terimlerin kullanıldığı görülmektedir. Oysa “Fişek” denilince, tüm unsurları bir arada ve ateşlemeye elverişli dört ayrı bölümün (çekirdek, barut, kapsül ve kovan) bir araya getirilmiş şekli anlaşılmalıdır. Mermi teriminden fişegin ucunda

bulunan “çekirdek” anlaşılmalıdır. Kurşun ise çekirdeğin yapısında kullanılan metal kısımdır (Kaya, 1995).



**Resim 1.6.** Tabanca Fişegi ve Bölümleri

Bir ateşli silah yaralanması ve ölüm olgusunun adli açısından daha iyi değerlendirilebilmesi için fişegin yapısının bilinmesi gerektiği düşünülmektedir.

### 1.3.1. Mermi (Çekirdek)

Mermi veya Çekirdek, kovanın üst kısmında, barutun üzerinde bulunan ve hedefe giderek tahribat oluşturan bölümdür. Merminin yapımında genellikle kurşun elementi

kullanılmaktadır. Sadece kurşun veya sertleştirmek amacıyla kalay ya da antimon ilave edilen kurşunlara *gömleksiz kurşun*; üzeri nikel, krom, bakır gibi elementlerle kaplanmış kurşunlara *gömlekli kurşun*; ucu çizilmek suretiyle çarpma anında parçalanma etkisinin arttırılması amaçlanan kurşunlara *dumdum kurşunları* denilmektedir (Kaya, 1995).

### 1.3.2. Kovan

Kovan, fişeğe ait diğer kısımlar olan barut, çekirdek ve kapsülü bir arada tutan, barut ile kapsülü dış etkilerden koruyan silindir şeklinde pirinçten yapılmış parçadır

### 1.3.3. Kapsül

Kapsül, kovanın alt (tabla) kısmında bulunur ve içeriye doğru girintilidir. İçerisinde kurşun, antimon ve baryum bileşiklerinden biri veya birkaçı bulunur. Bunlar çok kolay alev alabilen maddelerdir. Kendisine çarpan iğnenin etkisiyle oluşan alev vasıtası ile barutun yanmasını sağlar. Kapsülün durumuna göre fişikler ikiye ayrılmaktadır. Merkezi vuruşlu olarak adlandırılan fişeklerde kapsül, kovan tablasının ortasında ayrı bir bölüm olarak bulunmaktadır (Kar, 2002). Çevresel (kenar) vuruşlu fişek olarak adlandırılan ikinci türde ise, kovan tablasında ayrıca bir kapsül bölümü yoktur. Kapsül bileşimi tablanın kenarında yer almaktadır. Atış sırasında ateşleme iğnesi kovan tablasının kenarına çarpar ve ateşleme bu şekilde meydana gelir (Can, 2003).

### 1.3.4. Barut

Kolay alev alabilen, yanıcı, sıkışık ortamda yandığında ise patlayıcı olan, katı bir maddedir. Kovanın içerisinde belirli miktarlarda ve sıkışık halde bulunan barut, ateşlendiğinde yanarak kendi hacminden yüzlerce kat fazla gaz haline gelir. Bu gazın

oluşturduğu basınç kovanın uç kısmındaki mermi çekirdeğini fırlatır ve hedefe ulaştırır. Bileşimi açısından iki türü bulunmaktadır (Can, 2003).

#### **1.3.4.1. Kara (Dumanlı) Barut**

Kara barut, yandığı zaman fazla miktarda duman çıkarır ve fazla artık bırakır. Yanması anidir. Yandığı zaman hacminin 300 katı kadar gaz meydana getirir. Bazı av tüfekleri ve toplu tabancalar dışında günümüzde kullanılmamaktadır.

#### **1.3.4.2. 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. Yandığında hacminin yaklaşık 900-1000 misli hacmine ulaşabilmektedir (Can, 2003; Balcı, 2008).

### **1.4. Av Tüfeği Fişeği ve Yapısı**

Av tüfeklerinde kullanılan fişekler silindirik şekilde olup genellikle boyları 6-8 cm'dir. Pirinçten yapılmış bir diplik ve küçük bir kısmı diplik içinde kalan plastik veya kartondan yapılmış bir tüp, fişeğin dış görünümünü oluşturur. Diplik fişeğin ileri giderek fişek yatağına düşmesine engel olur. Dipliğin taban kısmına tabla denir. Tablanın ortasında kapsül bulunur. Bu kapsülde tabanca fişeğinde olduğu gibi patlayıcı bir karışım vardır. Fişeğin içyapısında ise kapsülün önünde barut, barutun önünde plastik ya da keçeden yapılmış tapa, tapanın önünde saçma taneleri veya tek parça kurşun (küresel veya silindirik) bulunur. Saçma tanelerinin üstü de tüpün kıvrılması veya karton bir pul vasıtasıyla kapatılmıştır. Saçmalar genel olarak kurşundan yapılmıştır ve kuş saçması denilen küçük saçmalar ve şevrotin denilen iri saçmalar olarak ikiye ayrılır. Saçma numarası küçüldükçe saçma çapı artar. İri taneli

saçmalar 6 mm ile 9 mm arasında değişen büyüklüklerde üretilmektedir. Olaylarda, orijinal dolu (fabrikasyon) av fişeklerinin yanında, kişilerin kendilerinin doldurdukları av fişekleri de kullanılmaktadır. Dolayısıyla atış mesafesinin saptanmasında elde bulunan standart fişeklere ait verilerden farklı sonuçlar çıkmaktadır. Av tüfeklerinde şok, namlunun uç kısmında, iç çapın küçültülmesi sonucu oluşan daralmadır. Av tüfeklerinde şok genellikle namlu ucuna 2.5-15 cm mesafede başlar ve 1.3-2.5 cm mesafede biter. Bu sayede saçmaların daha uzun mesafe toplu gitmeleri sağlanarak dağılmaları engellenmiş olur (Kinght, 1995).

### 1.5. Atış Artıkları

Ateşli silah fişeği, yukarıda detayıyla belirtildiği üzere, mermi çekirdeği, sevk barutu, kapsül ve kovan olmak üzere 4 ana bölümden oluşmaktadır. Kovanın arka kısmındaki kapsül içerisinde başlatıcı, yükseltgen ve yakıt olarak görev yapan Kurşun Stifnat, Baryum Nitrat ve Antimon Sülfür gibi darbeye hassas patlayıcı maddeler bulunmaktadır. Ateşleme iğnesinin kapsüle çarpmasıyla kapsüldeki darbeye hassas patlayıcı maddeler ilk kıvılcımı oluşturarak barutu tutuşturması sonucu ortaya çıkan sıcak gaz basıncının mermi çekirdeğini ileriye doğru itmesiyle çekirdek amlu ağzından büyük bir hızla hedefe doğru fırlatılır.

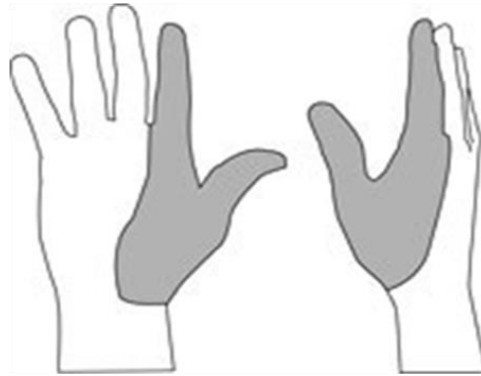


**Resim 1.7.** Bir ateşli silah ateşlendiğinde oluşan gaz bulutu ve hedefteki etkisi

Atış artıkları, bir ateşli silah ateşlendiğinde reaksiyona giren kapsül ve sevk barutu bileşenleri ile fişek ve ateşli silahın metalik bileşenlerinden oluşan gaz ve katı maddelerin hızla soğuması sonucu meydana gelen partiküllerdir (Akman, 2012).

Ateşli silah ateşlendiğinde oluşan gazların büyük bir kısmı küresel şekilde yoğunlaşmasına karşın bir kısmı katı artıklar ile etkileşim gösterdiklerinden karmaşık ve kümelenmiş biçimleri oluşturabilirler. Bazı artıklar çok az veya hiçbir fiziksel-kimyasal değişikliğe uğramadan oluşmasına rağmen, atış artıklarının çoğu çok yüksek sıcaklık ve basınç etkisine maruz kaldıklarından özel morfolojiye sahiptir.

Atış artıklarının büyük bir kısmı namlu ağzından hedefe doğru atılmak suretiyle, az orandaki kısmı ise silahın mekanizma yapısına bağlı olarak mekanizma hareketi esnasında, silah üzerindeki mevcut aralıklardan ve kovan atma boşluğundan silahın çevresine saçılabilir. Genellikle de silahı tutan el veya ellerin üstüne, yüze, saçlara bulaşır.



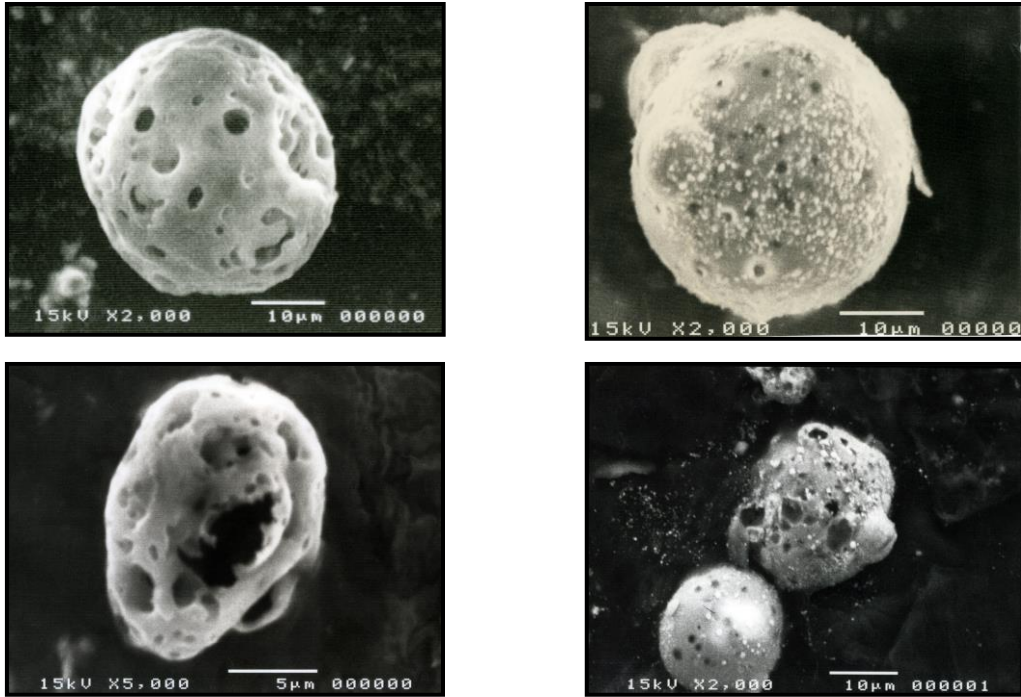
**Resim 1.8.** Atış artıklarının genellikle ele bulaştığı bölgeler

Bu partiküller kimyasal anlamda yanma (patlama) sonrasında Kurşun (Pb), Antimon (Sb) ve Baryum (Ba) elementlerinin kombinasyonlarını oluşturmaktadır. Kombinasyon içinde, atış artıklarını oluşturan bu birincil elementler dışında farklı kaynaklardan gelebilecek başka elementler de bulunabilir. Bunlar;

Kovandan Bakır (Cu), Çinko (Zn) ve Nikel (Ni),  
 Gömleksiz mermi çekirdeğinden Kalay (Sn) ve Bakır (Cu),  
 Gömlekli mermi çekirdeğinden Bakır (Cu), Nikel (Ni), Çinko (Zn) ve Krom (Cr),  
 Kara baruttan Kükürt (S) ve Potasyum (K). (Meng, Caddy, 1997).

Kombinasyonlar içerisinde ayrıca; mühimmatın bileşimine bağlı olarak Kalsiyum (Ca), Alüminyum (Al), Demir (Fe), Fosfor (P), Klor (Cl), Zirkonyum (Zr), Titanyum (Ti) ve Silikon gibi ilave element ve maddeler de bulunabilir (JKDB Adli Bilimler, 2011).

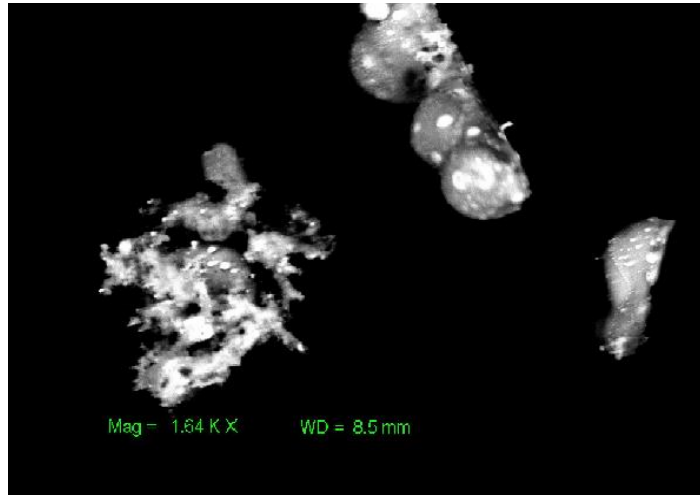
Ayrıca daha önceden ateş edilmiş silahta kalan atış artıkları bir sonraki atış esnasında açığa çıkabilir ve buna hafıza etkisi (memory effect) denir (Akman, 2012).



**Resim 1.9.** Küresel atış artıklarının elektron mikroskobu görüntüsü.

Bu elementlerin, kapsülün yüksek sıcaklıkta yanması sonrasında buharlaşarak hızla soğuması sonucu oluşan atış artışı partikülleri üç kategoride tanımlanır.

- Büyüklükleri 1-10 mikrometre arasında değişen düzgün kürecikler,
- Küçük ve büyük partiküllerin birleşmesiyle oluşan düzensiz partiküller,
- Baryum ve Antimondan oluşan çekirdeği çevreleyen bir kurşun tabakasının oluşturduğu partiküller.



**Resim 1.10.** Karmaşık ve Kümelenmiş atış artıkları.

Atış yapan elden atış artıklarını toplamak için en yaygın yol çift taraflı yapışkan bantların monte edildiği stubların kullanımıdır. Ancak bu işlem sırasında epidermis hücreleri de toplanabilir, hatta bunlar stub üzerinde düzgün bir yüzey oluşturabilir, atış artıklarını gizleyebilirler. Bu durumda "PlasmaAshing" metodu ile bu organik artıklar temizlenir, sonra normal SEM/ EDS metodu uygulanır). (Varetta L, 1990) Eğer yıkanmamışlarsa saçlardan atıştan sonraki 24 saat içinde atış artıkları elde edilebilmektedir (Zeichner ve ark., 1999).

### **1.5.1. Atış Artıkları Analiz Yöntemleri**

Ateşli silahların yaygın bir şekilde kullanımının artmasıyla birlikte, yaralanma ve ölümle sonuçlanan olaylarda, olayın kaynağı, atış artıklarının hedefte ve ateş eden elde tespiti büyük önem taşımaktadır. Burada amaç; yapılan soruşturmaya yardımcı olmak için şüphelinin ateş edip etmediğini kanıtlamak ve gözaltına alınıp alınmamasına karar vermek, suçunu itiraf etmesi durumunda bunu desteklemek, olayın intihar veya cinayet olup olmadığını ve ayrıca çok sayıda şüpheli arasından ateş eden kişiyi belirlemek olarak sayılabilir (Erden, 2010). Bir kişinin ateş edip etmediğini belirlemek için atış artıkları analizi yapılır. Bu amaçla, ateşli silahların kullanımıyla ilgili kriminal olayların çözümlenmesinde çok çeşitli biyolojik, fiziksel ve kimyasal yöntemlerin kullanımı da hız kazanmıştır (Fatteh 1976; Kolusayın vd.1985; Üner 1993). Atış artığı analiz yöntemlerinin gelişimine sırayla bakacak olursak:

#### **1.5.1.1. Parafin Testi**

Atış artıkları analizi, ateşli silah kullanımını yaygınlaşması ile birlikte 1933 yılında dermal nitrat veya difenil amin testi olarak da bilinen parafin testinin uygulanması ile başlamıştır. Bu yöntemde el, parafinle sıvanıp soğuduktan sonra kalıp çıkarılıp difenil aminin asidik çözeltisi ile ekstrakte edilir. Ateş sonucu baruttan kaynaklanan ve deride atış artığı olarak kalan nitrat ve nitritlerin parafin üzerinde mavi benekler oluşturması ile tespit edilmiş olur. Bu test sonucunda nitrat ve nitritin çevremizde yaygın olarak bulunması nedeniyle ateş etmeyen kişilerin ellerinde de pozitif sonuçlar vermesi nedeniyle olayın çözümlenmesi adına yanlış neticeler vermesine sebep olabilmektedir (JKDB Adli Bilimler, 2011).

#### **1.5.1.2. Kolorimetrik Tayini**

1959'da ateş eden kişilerin ellerinde baryum, kurşun ve antimonun kalitatif olarak kolorimetrik tayini uygulanmaya başlamıştır. Bu yöntemde kare şeklinde kesilen beyaz pamuk kumaş asitle ıslatıldıktan sonra elden svap almak için kullanılır. Svap antimon tayini için trifenilmetil arsonium iyodür; baryum ve kurşun tayini için sodyum rodizonat ile muamele edilir. Bu yöntemde kullanılan özellikle sodyum rodizonat çözeltisinin metallerle etkileşiminde de aynı sonucu verebileceği tespit edilmiştir (JKDB Adli Bilimler, 2011).

#### **1.5.1.3. Nötron Aktivasyon Analizi (NAA) (Reed et al. 1990)**

Bu yöntemde nitrik asitle ıslatılmış süzgeç kâğıdıyla el üzerinden örnekler alınıp nötron bombardımanına tutularak baryum ve antimon seviyeleri belirlenmektedir. NAA 1960-1990 yılları arasında birçok vakayı aydınlatmak için destekleyici delil olarak kullanılmıştır. Ancak bu yöntemin, kurşun için uygun olmaması ve nötron kaynağı sağlayan bir nükleer reaktöre ihtiyaç duyulması gibi nedenlerle sınırlayıcı özelliği olduğu söylenebilir (JKDB Adli Bilimler, 2011).

#### **1.5.1.4. Atomik Absorpsiyon Spektrometresi**

Atomik absorpsiyon spektrometresi eser element analizinde çözelti formu üzerinden kullanılan bir tekniktir. Bu metotla atış artığı analizleri yapışkan bant tekniği ile gerçekleştirilmektedir. ET-AAS metodunda uygun çalışma sıcaklıkları belirlendikten sonra ilgili elementin analizi kurutma, kül etme, atomlaşma basamakları üzerinden gerçekleştirilmektedir ve atomlaşma basamağı sırasında, örnek içindeki analit miktarına bağlı olarak absorpsiyon sinyali ölçülür (JKDB Adli Bilimler, 2011).

Kimyasal analiz yöntemlerinin gelişmesi ile orantılı olarak 1960 lı yıllardan itibaren atış artıklarının analizi için Alevsiz AAS (GFAAS veya ETAAS);- SEM-enerji dağılımlı x-ışınları spektroskopi (SEM-EDX), Nötron aktivasyon analizi gibi farklı yöntemler kullanılmaya başlamıştır.

#### **1.5.1.5. Diğer Atış Artığı Tespit Yöntemleri**

Burada detaylıca açıklamaya gerek görmediğimiz ve özellikle atış yapan el veya hedef üzerindeki (giysi, cilt, araba kaportası, cam, mobilya v.b.) atış artıklarının ve niteliklerinin belirlenmesinde kullanılan diğer yöntemler sıralanacak olursa: Bunlar, PIXE (Proton-İnduced x-ray Emission Analysis, OES (Optical Emission Spectroscopy) MECC (Micellar Electrokinetic Capillary Chromatography) HPLC (High Performance Liquid Chromatography), ASV (Anodic Stripping Voltametry) (Reed et al. 1990), FAAS (Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry), MGT (Modified Griess Test), STR (Sodium Rhodizonate Test), X-ışını analizörlü elektron mikroskobu (SEM/EDX) (Gökdemir ve Seven 1999), görüntü analizi yöntemi (Brown et al. 1999, Tuğcu 2001), alevsiz atomik absorpsiyon spektrometri (AAAS) (Koons et al. 1987), anodik sıyırma voltametrisi gibi yöntemlerdir (Liu ve ark. 1980, Brihaye and Machiroux 1982) (Bora,2013). Ancak bunların sadece bazıları hassasiyet ve uygulanabilirlikleri bakımından pratikte kullanılmaktadırlar. Örneğin hedef üzerindeki atış artıkları için Modifiye Griess testi ve Sodyum Rodizonat Testi gibi kromoforik testler hassasiyetleri, kullanım kolaylıkları ve yorumlanmalarındaki avantajları nedeniyle hemen hemen tüm kriminal laboratuvarlarda uygulanırlarken, aynı zamanda, atış yapan eldeki atış artıklarının saptanmasında Alevsiz Atomik Absorpsiyon Spektrofometrisi (FAAS) ve X Işını analizörlü taramalı elektron mikroskop (SEM/ EDS) yaygın kullanım alanı bulmuştur (Bora,2013). Araştırmamızda kullanılan cihazın ilk versiyonu olması sebebiyle Taramalı Elektron Mikroskobuna aşağıda ayrıca değinmenin yararlı olduğunu düşünmekteyiz.

### 1.5.1.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Serbest elektronlarla yüklü partiküller elektromanyetik veya elektrostatik alanda diğer yüklü partiküller gibi yön değiştirilebilir. Bu elektronlar aynı zamanda çok kısa boylu dalgalar gibi davranır ve kırınımına uğrayabilir, absorplanabilir veya saçılabilir ve karşılaştığı noktaya bir miktar enerji taşırlar (CHAMOT ve ark. 1958). Bu prensiplerden yola çıkılarak Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope) (SEM), 1950'li yıllarda geliştirilmesi ile birlikte birçok bilim dalında geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Çünkü SEM büyük çeşitlilikte numunenin incelenebilmesine olanak sağlamıştır. Bir maddeye ait birçok özelliğinin cihazın yardımcı tekniklerle birlikte kullanılmasıyla elde edilebilmesinin yanında numune yüzeyinin görüntülenmesi ve bileşiminin belirlenmesi de sağlanmıştır (Heinrich, K.F.J. 1981).

Taramalı elektron mikroskopta, katı numune yüzeyi raster düzeninde yüksek enerjili bir elektron demetiyle taranır. Raster, bir katot ışınları tüpü veya bir televizyondaki tarama düzeni ilkesine benzer bir tarama şekli olup, bu sistemde bir elektron demetiyle önce yüzey boyunca düz bir doğru üzerinde (x yönünde) tarama yapılır, sonra demet başlangıç pozisyonuna döner ve son olarak aşağı doğru (y yönünde) belirlenmiş bir miktar kadar kaydırılır. Bu işlem söz konusu yüzey alanı tamamen taranana kadar tekrarlanır. Bu tarama işlemi sırasında yüzey üstünde (z yönü) bir sinyal alınır ve görüntüye dönüştürüleceği bir bilgisayar sisteminde toplanır (Skoog, D.A. ve ark. 1998).

Bütün mikroskoplarda ana unsur büyütme derecesi ve görüntü netliğidir. Bir optik mikroskopta ışık dalgalarının odaklanmasında lensler kullanılır. SEM'de ise ekrandaki görüntüyü oluşturan elektron demetinin odaklanmasında elektromıknatıslar kullanılır. Elektromıknatısların kullanımı operatöre daha yüksek büyütme derecelerinde çalışma olanağı sağlar. Aynı zamanda elektron demeti daha net bir görüntü oluşturur.

SEM, katı madde yüzeylerinde direkt olarak çalışmak için tasarlanmış bir cihazdır. Cihaz tarafından sağlanan ve odaklanan elektron demeti ile yapılan tarama ile TV'dekine benzer bir görüntü oluşur. SEM optik mikroskoplara nazaran daha derin bir odaklama sağlar. Bu özellikleri nedeniyle, SEM ile bir numunenin üç boyutlu görüntüsü elde edilebilir.

SEM, daha çok görüntüleme amacı ile üretilmiştir. Çözünürlük topografik 10 nm ve kompozisyonda 100nm'den daha iyi düzeyde elde edilebilir (CHAMOT, E.M. ve ark. 1958). İyi bir görüntü ve çalışması için numunelerin elektriksel olarak iletken olmaları tercih edilir. Ayrıca elektrikçe iyi iletken numuneler genellikle ısıyı iyi ilettilerinden ısısal bozunma olasılığı en az düzeydedir. İletken olmayan numunelerin SEM görüntülerini elde etmek için numune yüzeyine vakumlu bir ortamda ince bir metalik film tabakası kaplanır (Skoog, D.A. ve ark. 1998).

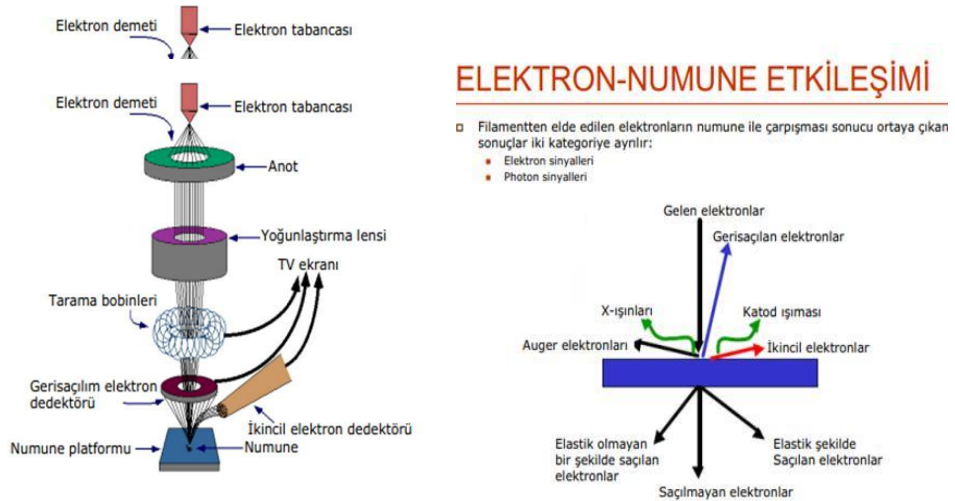
#### 1.5.1.7. SEM/EDS

Taramalı elektron mikroskobuna bir X-ışını spektrometresi ekleyerek, karakteristik X-ışınlarıyla bir görüntü elde edilebilir ve istenildiği takdirde bir noktanın elementel analizi yapılabilir (Skoog, D.A. ve ark. 1998). Bu sistem 1950'li yıllarda Raymond Castaing'in elektron mikroskobu ile X-ışını spektrometresini bir araya getirerek geliştirdi. Bu sistem çok az miktardaki materyallerin ( $\sim 10^{13}$ g) hidrojen, helyum ve lityum haricinde bütün elementlerin tanımlanarak incelenmesine olanak sağlamıştır (Mcalister JJ ve ark. 1995).

Prensip olarak bu cihaz elektron demetleri sayesinde görüntülenen bir alanda yine elektronlar tarafından sağlanan enerji ile elde edilen X-Işınının spektrometrik olarak enerji dağılımı saptanarak incelenen yüzeyin hangi atomlardan oluştuğu ortaya çıkarılır. Bu amaç ve ilke ile birlikte oluşturulan sistem SEM-EDS kısa adı ile bilinmektedir.



**Resim 1.11.** Enerji Dağılımlı X-ışını Analizörlü Taramalı Elektron Mikroskobu

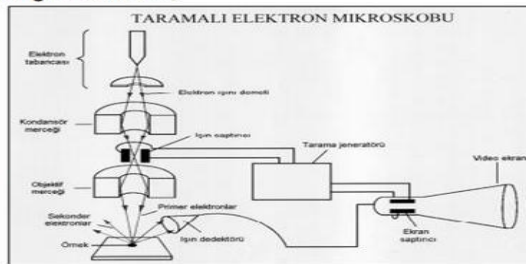


**Resim 1.12.** SEM-EDS Cihazı Kolon Şeması ve Elektron Numune Etkileşimi

## SEM'in Yapısı ve Görüntü Oluşturma

SEM'de görüntü oluşturmada görev alanlar;

- Elektron Tabancası
- Kondansör Mercekleri
- Işın Saptırıcı
- Objektif Mercekleri
- Dedektörler
- PMT (Photo Multiplier Tube)
- Vakum Sistemi



**Resim 1.13.** SEM-EDS Yapısı ve Görüntü Oluşumu

SEM incelemelerinde Backscater Electron Image (BEI)'nin, atış artıklarını çevredeki diğer partiküllerden daha belirgin görülebilmesini sağladığı gözlenmiştir (Bora,2013). Gömleksiz mermilerle yapılan atışlarda atış artıklarının % 70-100 arasında Pb'den oluştuğu saptanmıştır (Bora,2013). 22 kalibre mermilerle yapılan atışlarda % 73,6 oranında kurşun, az miktarda Cu ve Si bulunduğu belirtilmektedir (Bora,2013).

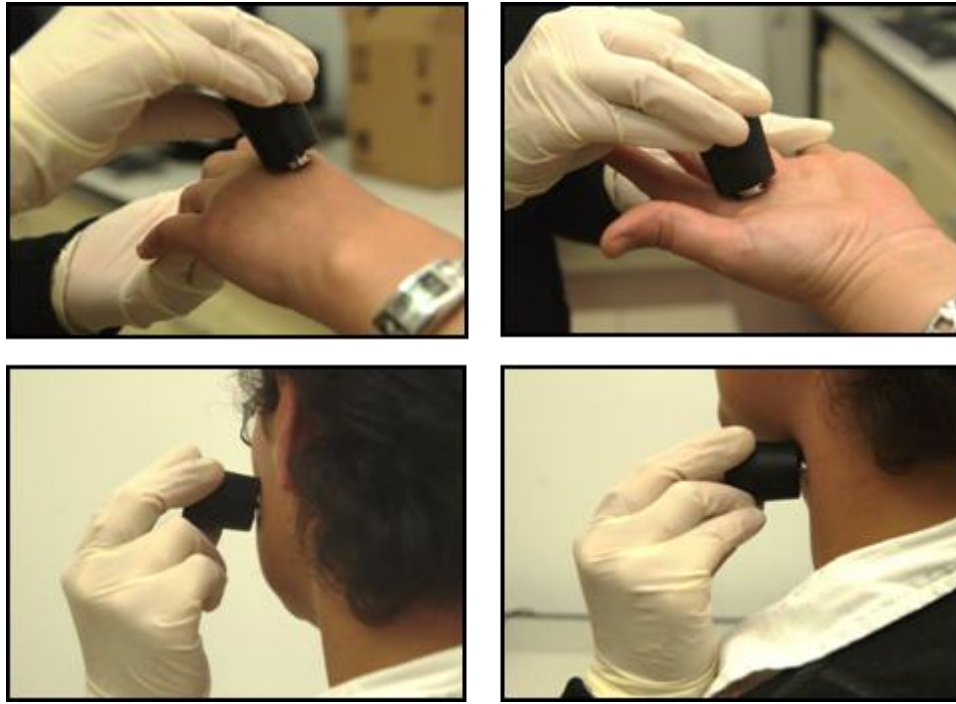
Aynı tabanca ile farklı marka mermi kullanılarak yapılan atışlarda SEM/ EDS ile atış artıklarının incelenmesiyle ele edilen sonuçlar olaya ait önemli ipuçları verebilir. Farklı markalarda fişeklerin kapsül bileşimleri de farklılık gösterebilmekte ve bunların artıkları da farklı maddelerden oluşmaktadır. Dolayısıyla artıkların incelenmesi yoluyla kullanılan merminin markası hakkında fikir sahibi olunabilir .Bakır yönünden zengin gömlekli mermilerde atış artıklarında kayda değer miktarda bakıra rastlanmıştır (Bora,2013).

Yaşayan insanların atış yaptıkları ellerindeki atış artıklarının birkaç saat sonra kaybolmalarına karşın, elbise, çanta içi, cep gibi yerlerdeki atış artıklarının kalma süreleri zamanla sınırlı değildir. Silahın saklandığı cep, çanta içi gibi yerlerden çift filtreli emme cihazı ile atış artıkları toplanıp, daha sonra SEM/ EDS ile incelenebilirler (Bora,2013).

Otopsi sırasında elde edilen mermi çekirdeklerinin bir ara hedeften geçip vücuda girmesi halinde, gömleksiz veya gömlekli olup da tabanı açık bir mermi çekirdeği kullanılmışsa, bunlar üzerinde cam, tahta, boya, kumaş gibi kalıntılar bulunabilir. Bunlar SEM/ EDS ile incelenip değerlendirilirler (Bora,2013).

Ateşli silah mermilerinin kapsüllerinde çok yaygın olarak Pb, Ba, Sb bulunur. Son yıllarda üretimi artan kurşunsuz (Lead-free) mermiler olan Sintox'larda temel maddeler Ti ve Zn dir. Bunlarda SEM/ EDS ile başarılı bir şekilde saptanabilirler (Bora-55). SEM/ EDS uygulaması, atış yapan eldeki atış artıklarının saptanmasında temel metod haline gelmiştir (Bora,2013).

Çift taraflı yapışkan bantlarla toplanan örnekler SEM/ EDS yöntemi ile başarılı bir şekilde incelenebilmektedir (Zeichner A ve ark. 1990) Örneğin, SEM/EDX ile yapılan bir çalışmada, 22 çeşit mühimmattaki dumansız barutun analizi anlatılmıştır (Miyauchi et al. 1998). Cu, S, K, Si, Al, Ca, Fe, Cl ve Ba elementleri tayin edilmiştir. Ayrıca, bütün numunelerde bakır, sadece bir numunede de yüksek miktarda baryum tespit edilmiştir. Bundan dolayı, dumansız barutun atış artıklarında bulunan bazı elementlerin kaynağı olabileceği belirtilmiştir (Romolo and Margot 2001). Ayrıca olay yerinde bulunan atış artığı örnekleri ile hedef üzerinde kalan artıklar SEM/ EDS ile incelenmiş ve aralarında anlamlı bağlantılar bulunmuştur. (Moaura A ve ark.1993)



**Resim 1.14.** Atış artığının el ve yüz üzerinden toplanması

Atış yapan bir eldeki atış artıklarının tespiti için SEM/EDS; FAAS ve NAA'ne göre daha avantajlı olarak değerlendirilip daha çok kabul görmüştür. Amerika ve Kanada'da 80 kriminal laboratuvarda yapılan bir araştırmada atış yapan elden atış

artıklarının tespitinde SEM/EDS'e büyük ölçüde bir dönüşüm olduğu gözlenmiştir (Bora 2013).

Jandarma Kriminal Daire Başkanlığı Laboratuvarında, atış artıkları analizi, atış artıkları transfer kiti vasıtasıyla alınan atış artıkları svapları üzerinde X-Ray Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) ile belirlenmektedir.

### **1.5.2. Atış Artıklarının Sınıflandırılması**

Ülkemizde bulunan Türk Standartlar Enstitüsü (TSE) muadili ve adli bilimlerle ilgili olarak standartlar yayınlayan American Society for Testing and Materials (ASTM), 1995 yılında ilk standartını yayımlamıştır. 2001 yılında revize edilen standart, 2010 yılında ASTM Designation: E1588-10<sup>E1</sup> Standard Guide for Gunshot Residue Analysis by Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-Ray Spectrometry adı altında güncellenerek son halini almıştır. Elementel kombinasyonların tanımlanmasında characteristic (karakteristik) ve consistent (uyumlu) tanımlaması yapılmıştır.

**Çizelge 1.1.** ASTM Designation: E1588-10<sup>E1</sup> Standard Guide for Gunshot Residue Analysis by Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-Ray Spectrometry

| Characteristic (Karakteristik)                         | Consistent (Uyumlu)                         |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| SbBaPb                                                 | BaCaSi/(hiç yada eser miktarda S)           |
|                                                        | SbBa/(eser miktarda Fe veya S)              |
|                                                        | PbSb                                        |
|                                                        | PbBa                                        |
|                                                        | BaAl/(hiç yada eser miktarda S)             |
|                                                        | Ba/(hiç yada eser miktarda S)               |
|                                                        | Pb                                          |
|                                                        | Sb                                          |
| Kurşunsuz Fişekler İçin Characteristic (Karakteristik) | Kurşunsuz Fişekler İçin Consistent (Uyumlu) |
| GdTiZn                                                 | TiZn/(Al, Si, Ca, Cu veya Sn)               |
| GaCuSn                                                 | Sr                                          |

Uluslararası hukuk kuralları çerçevesinde ülkeler açısından yükümlülükler doğuran nitelikte bir kuruluş olmayan Avrupa Kriminal Lâboratuvarlar Organizasyonu (ENFSI) Avrupa'nın önde gelen lâboratuvar yöneticileri tarafından 20 Ekim 1995'de kurulmuş olup, faaliyetlerini ENFSI Tüzüğüne göre yürütmektedir.

Avrupa Birliği (AB)'ne üye ülke lâboratuvarlarının yanı sıra teknik kapasite ve personel açısından AB ölçütlerine ulaşan ancak AB üyesi olmayan ülke lâboratuvarlarının da üye olabildiği ENFSI'nin 2014 yılı itibarıyla (35) ülkeden (62) lâboratuvar üyesi bulunmaktadır. Jandarma Genel Komutanlığının izni ve İçişleri Bakanlığının onayıyla, Jandarma Kriminal Daire Başkanlığı (JKDB), 1998 yılının Mayıs ayında Portekiz'in başkenti Lizbon'da yapılan toplantıda oy çokluğu ile üyeliğe kabul edilmiştir. Daha sonra Türkiye'den, ENFSI'ye 2000 yılında İstanbul

Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü (ATE), 2002 yılında Kriminal Polis Lâboratuvarları Dairesi Başkanlığı (KPL) ve 2005 yılında ise Adli Tıp Kurumu (ATK) üye olmuştur.

ENFSI, Adli bilim uzmanlık alanları ile ilgili bilimsel çalışmaların yürütüldüğü 17 çalışma grubundan oluşmaktadır. Bunlardan bir tanesi de atış artığı incelemeleri ile ilgili çalışma grubu olan Ateşli Silahlar/Atış Artıkları Çalışma Grubudur.

ENFSI Ateşli Silahlar/Atış Artıkları Çalışma Grubu da ASTM standardındaki sınıflandırmayı onaylamıştır (Çizelge 1.1).

### **1.6. Validasyon**

Metodun ilgili performans kriterlerine uygunluğunun saptanması için metod parametrelerinin belirlenip incelendiği bir geçerlilik çalışmasıdır. Tek bir laboratuvar veya birden çok laboratuvarın katıldığı laboratuvarlar arası çalışmayla gerçekleştirilebilir. Kapsamlı geçerli kılma rutin kullanım öncesi metod performans kriterlerinden tümünün veya belirli bir kısmının incelenip dökümanite edilmesi anlamına gelirken tam iç geçerli kılma metodun tüm performans kriterlerinin değerlendirilmesidir.

### **1.7. Optimizasyon**

Optimizasyon, bir sistemde varolan işgücü, zaman, kapital, süreçler hammaddeler, kapasite, ekipman gibi kaynakların en verimli şekilde kullanılarak maliyet azaltılması, kâr ençoklanması, kapasite kullanımının enyükseltilmesi ve verimliliğin artırılması gibi belirli amaçlara ulaşmayı sağlayan bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır (Gass, 2000).

### 1.8. Çalışmanın Amacı

Planlanan bu çalışmada, X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu ile ENFSI tarafından hazırlanan ve içerisinde miktarı, boyutu, bölgesi gizlenen karbon bant içerisine yerleştirilmiş sentetik Standart GSR atış artığı numunesini inceleyerek, doğru, sistematik ve tutarlı bir analiz için cihaza ait en doğru ve uygun analiz parametrelerinin elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışmayla hedefimiz atış artığı analizlerinde cihaz ve program parametre değişimlerinin sonuçları nasıl etkilediği ve optimum çalışma parametre değerlerinin belirlenmesidir. Optimum çalışma koşullarının belirlenmesi ile adli bilimler alanında çalışan bilgi ve tecrübe farklılığı gösteren, adli kimya uzmanlarının çalışmalarının standardize edilmesi, bununla birlikte akredite olmak isteyen laboratuvarlara kaynak yöntem teşkil etmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca atış artığı konusunda verilen bilgiler sayesinde yargı mensubu kişilerin atış artıkları konusunda bilinçlendirilmesi ve farkındalık oluşturulması ikincil hedef olarak düşünülmüş, şüpheli veya mağdur kişilerin teknik tespit yetersizliği ya da farklılığı nedeni ile maruz kalabilecekleri mağduriyetin önlenmesinde önemli bir parametre olabileceği değerlendirilmiştir.

Ayrıca standartlaştırılmış çalışmalar neticesinde uzman personelin birim zamanda yapabileceği iş yükü tespit edilerek zamanın verimli kullanılmasına katkı sağlaması beklenmektedir.

Bu kapsamda ülkemizde gerçekleştirilen ilk çalışma olma niteliği taşımaktadır.

## 2. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamız, Ankara Jandarma Kriminal Daire Başkanlığında bulunan ve Kimyasal İnceleme Laboratuvarında çeşitli analizlerde kullanılan X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskopları ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma için ENFSI'den elde edilen ve kendileri tarafından yapay olarak hazırlanan, içerisinde Laboratuvar çalışanları tarafından sayıları ve büyüklükleri bilinmeyen artış artığı parçacıklarının yer aldığı standart GSR numunesi kullanılmış, numune üzerindeki analizler Jandarma Kriminal Daire Başkanlığı Kimyasal İnceleme Laboratuvarı Elektron Mikroskobu Laboratuvarında oda sıcaklığında yapılmıştır. Kontaminasyonu önlemek üzere söz konusu laboratuvar da önlüklü, eldivenli ve galoşlu olarak analiz yapılması sağlanmıştır. Sabit laboratuvar şartlarında SEM-03, SEM-04, SEM-05 ve SEM-06 kodlu 4 farklı X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskopu kullanılmış, mikroskoplarda tekrar üretilebilirliği sağlamak üzere aynı ortam şartları altında, farklı zamanlarda ayrı uzmanlarla analiz yapılmıştır.

### 2.1. Gereç

#### 2.1.1. X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS)

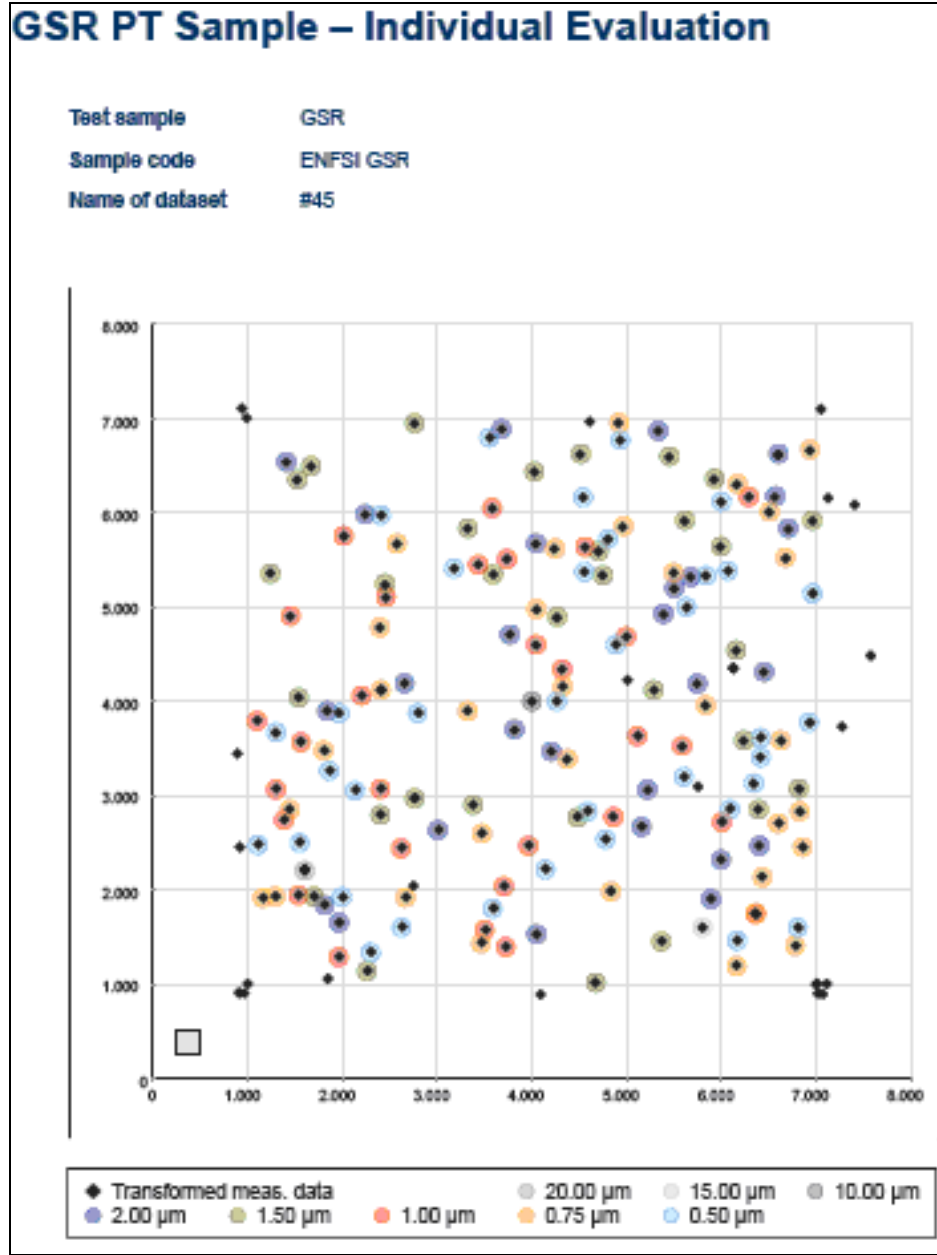
Çalışmamızda, Ankara Jandarma Kriminal Daire Başkanlığı Kimyasal İnceleme Laboratuvarında çeşitli analizlerde kullanılan ve SEM-03, SEM-04, SEM-05 ve SEM-06 kodlu 4 farklı X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu kullanılmıştır.

Elementel analiz ve mikro yapı incelemelerinde kullanılan metotla; atış artıklarının ihtiva ettiği elementler tespit edilmektedir. Numunenin otomatik yüzey taraması

yapılarak, numune üzerine X ışını gönderilmekte ve elementel analizler gerçekleştirilmektedir. Numune üzerine hızlandırılarak gönderilen elektron demeti, numuneye tek bir noktadan çarpmakta, elektron demetinin numune ile etkileşmesi sonucu birçok sinyal oluşmakta ve bu sinyallerin büyüklüğü uygun detektör ile ölçülmektedir.

### **2.1.2. GSR (ENFSI GSR-2013 PT) Yeterlilik Test Kiti**

Projede kullanılan atış artıklarını ihtiva eden kit; ENFSI kapsamında elde edilen standart GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) numunesi olup, karbon bant içerisine yerleştirilmiş, miktarı, boyutu, bölgesi ENFSI tarafından bilinen, ancak yeterliliğe katılacak laboratuvarlar tarafından bilinmeyen sentetik olarak hazırlanan kittir. Çalışmada kullanılan kontrol kitinin özellikleri, çalışmamızdan sonra ENFSI tarafından gönderilmiş ve aşağıda bulunan grafikte gösterilmiştir.



**Grafik 2.1.** ENFSI GSR numunesi içerisinde bulunan atış artığı partiküllerinin boyutunun ve bölgesinin gösterimi.

### Number of particles correctly detected

| Particle size | Particles on sample | Particles correctly detected |            |       |            | Average diameter |
|---------------|---------------------|------------------------------|------------|-------|------------|------------------|
|               |                     | Characteristic               | Consistent | Total | Percentage |                  |
| 20.00 µm      | 1                   | 1                            | 0          | 1     | 100.0 %    | 21.34 µm         |
| 15.00 µm      | 1                   | 1                            | 0          | 1     | 100.0 %    | 14.68 µm         |
| 10.00 µm      | 1                   | 1                            | 0          | 1     | 100.0 %    | 9.85 µm          |
| 2.00 µm       | 27                  | 27                           | 0          | 27    | 100.0 %    | 1.96 µm          |
| 1.50 µm       | 31                  | 31                           | 0          | 31    | 100.0 %    | 1.44 µm          |
| 1.00 µm       | 29                  | 29                           | 0          | 29    | 100.0 %    | 1.03 µm          |
| 0.75 µm       | 32                  | 32                           | 0          | 32    | 100.0 %    | 0.80 µm          |
| 0.50 µm       | 36                  | 36                           | 0          | 36    | 100.0 %    | 0.68 µm          |

Number of multiple detections: 4

Maximum distance between measured and true particle position: 14.98 µm

### Z scores

| Description                                   | True value | Lab result | Z score* |
|-----------------------------------------------|------------|------------|----------|
| Count of 0.50 µm particles correctly detected | 36         | 36         | 0.00     |
| Count of 0.75 µm particles correctly detected | 32         | 32         | 0.00     |
| Count of 1.00 µm particles correctly detected | 29         | 29         | 0.00     |
| Count of 1.50 µm particles correctly detected | 31         | 31         | 0.00     |
| Count of 2.00 µm particles correctly detected | 27         | 27         | 0.00     |

\*) The z score calculation is based on the assigned values of the GSR2013 PT.

|                   |                |
|-------------------|----------------|
| -2 ≤ z score ≤ 0  | satisfactory   |
| -3 ≤ z score ≤ -2 | questionable   |
| z score < -3      | unsatisfactory |

**Grafik 2.2.** ENFSI GSR numunesi içerisinde bulunan atış artığı partiküllerinin miktarının ve boyutunun gösterimi.

## 2.2. Yöntem

İlk olarak, X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskopi tekniği ile ENFSI kapsamında elde edilen kit üzerindeki karbon bant üzerine yerleştirilmiş, sayısı, ebatları ve yerleri belli olan, ancak teste katılan laboratuvarlar tarafından bilinmeyen atış artıklarının analizi araştırmacı tarafından laboratuvardaki SEM-03 mikroskobunda yapılarak optimum parametre değerleri tespit edilmiştir.

Optimum değerler belirlendikten sonra, Laboratuvardaki 4 mikroskop belirlenen optimum parametre değerlerine göre ayarlanmış ve 4 farklı teknisyen tarafından aynı numune incelenmiştir. Çalışmamızda farklı zamanlarda 4 farklı cihazda 2 farklı kalibrasyon standartı ile 3 tekrarlı 24 analiz yapılmış, elde edilen sonuçlar değerlendirilmek üzere ENFSI'ya gönderilmiştir.

Analiz sonuçları, ENFSI tarafından değerlendirilmiş ve sonuçları tarafımıza bildirilmiştir. Bu sonuçlar aşağıdaki bölümlerde detaylıca sunulacaktır.

Bu sonuçlarla birlikte, aynı teste Türkiye dışında 27 farklı ülkeden katılan toplam 56 laboratuvarın analiz sonuçları da belirtilecek ve sonuçlar arasında karşılaştırma yapılarak değerlendirmelerde bulunulacaktır.

### 2.2.1 Atış Artığı Analizini Etkileyen Parametreler

#### 2.2.1.1. SEM/EDS Cihaz Parametreleri

*a. Dedektör Cinsi;* Elektron mikroskobunda mevcut olan ve farklı amaçlar için kullanılan dedektörlerdir (SE1 ve BSD).

b. Constrast/Brightness; Analiz edilen elementlerin dedektör tarafından algılanabilmesi için gerekli olan numune üzerine düşürülen ışığın kuvveti.

c. Çözünürlük; İki nokta arasında algılanabilir minimum uzaklık olarak tanımlanır ve aydınlatmanın dalga boyuna bağlıdır.

ç. EHT; İletken ve iletken olmayan numuneler için uygulanması gereken voltaj.

d. Spot Size; Elektronların dedektörde toplanarak algılanma süresinin ayarlanması için gerekli parametre.

e. Magnification; Büyütme katsayısı.

f. Working Distance; Dedektörle numune arasındaki çalışma aralığı.

g. Scan Speed; Tarama hızı.

ğ. Kalibrasyon Standardı; Farklı analizler için kullanılan değişik elementel yapıya sahip standartlar. Çalışmamızda “Co-Rd-Au” ve “Cu-Grid” olmak üzere iki standart ele alınmıştır. Bu standartlar, görüntü kalibrasyonu yapmak ve cihazın yapacağı analiz koşullarını sabitleştirmek için kullanılan standartlardır.

#### **2.2.1.2. INCA Software Parametreleri**

a. Process Time; Metot uygulama zamanı.

b. First Pass Image; İlk geçiş görüntüsü.

c. Dead Time; Elektronların dedektörde toplanarak algılanması için gerekli asgari süre.

ç. Threshold; Eşik değeri.

#### **2.2.2. X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskopi Tekniğiyle Analizlerin Yorumlanması**

Mikroskop altında tespit edilen partiküller, elementel kombinasyon ve morfoloji temelinde değerlendirilecektir. Morfoloji incelemesi önemli olmasına karşın,

yaklaşık 1 mikrona kadar küçük partiküllerin morfolojik özelliklerini ayırt etmek çok zordur.

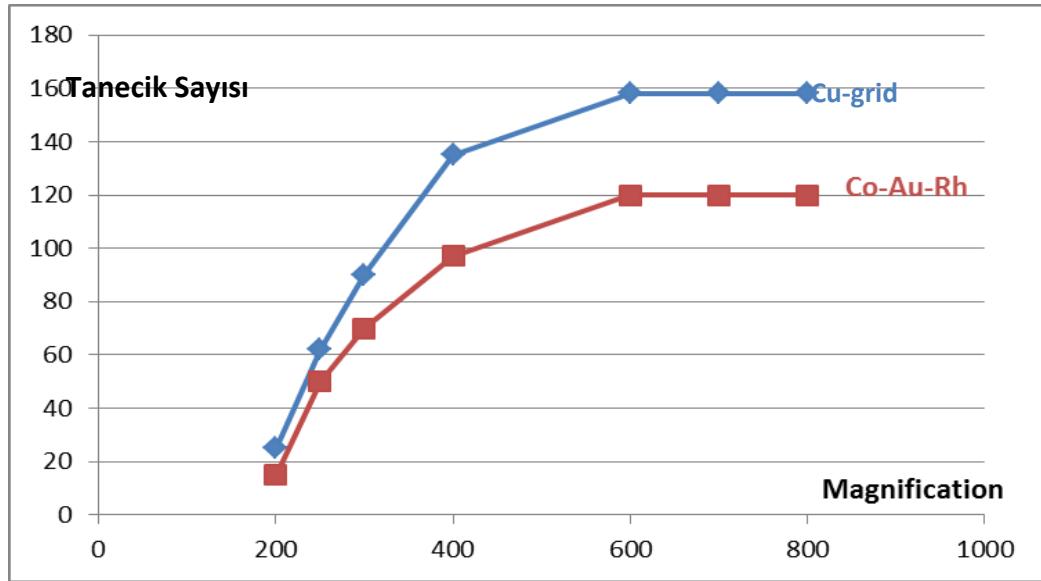
Yukarıda da belirtildiği üzere, tespit edilen partiküllerin “karakteristik” ve “uyumlu” tanımlaması yapılacak, atış artıkları partiküllerin sayısı, toplam partikül sayısı, atış artıklarında bulunmayan elementlerin olup olmaması, olayda atış artığı benzeri diğer kaynakların olup olmaması, partiküllerin çok yüksek sıcaklıklarda oluşumunu gösteren morfolojilerin olması yorumlamada dikkat edilecek hususlardır.

### 3. BULGULAR

Kontrol kiti üzerindeki atış artıklarının analizi, yukarıda belirtilen parametreler doğrultusunda önce optimum değerleri bulmak üzere yapılmış, bulunan optimum parametre değerleri kullanılarak toplam 4 cihazda tekrar çalışılmıştır. Yapılan tüm analiz sonuçları Çizelge halinde aşağıda ayrı ayrı sunulmuştur.

#### 3.1. Optimum Parametre Değerinin Tespitine İlişkin Analiz Sonuçları

##### 3.1.1. Magnification Parametresi ve İki Ayrı Kalibrasyon Standardına Göre Yapılan Analiz Sonuçları



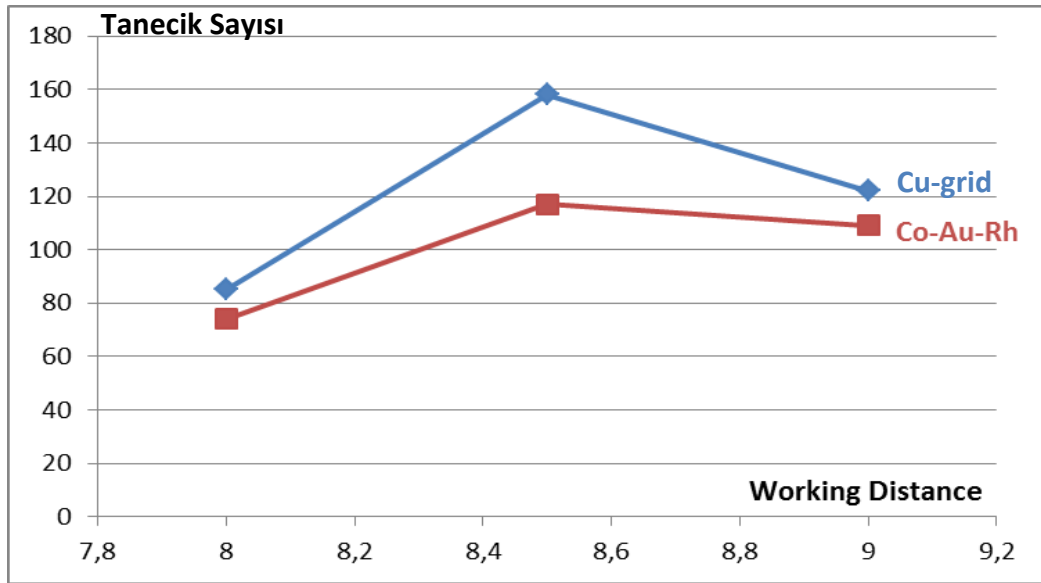
**Grafik 3.1.** Tanecik Sayısının Magnification değeriyle değişim grafiği

Çalışma parametrelerinin analiz sonuçlarına etkisi yönünden Grafik 3.1’de bulunan Tanecik Sayısının Magnification (Mag) değeriyle değişim grafiği incelendiğinde magnification parametre değerinin artması ile birlikte numune üzerinde tespit edilen

tanecik sayısının arttığı görülmektedir. Cu-grid kalibrasyon standartı ile yapılan analizlerde 200 magnification değerinde 25 partikül tespit edilebilirken, 250 magnification değerinde 62 partikül, 300 magnification değerinde 90 ve 400 magnification değerinde ise 135 partikül tespit edilebilmiştir. Bununla birlikte, 600 magnification değeri ile çalışıldığında tespit edilen tanecik sayısı 158'e çıkmış, bundan sonra magnification değeri artırılrsa da bulunan tanecik sayısının değişmediği görülmüştür. Dolayısıyla bulunabilecek en fazla tanecik sayısının 158 olduğu kabul edilmiş ve daha yüksek magnification değerleri ile çalışmaya gerek görülmemiştir.

Ayrıca, 600 Mag değerinden büyük değerler kullanıldığında analiz süresinin uzamakta olduğu görülmüştür. Co-Au-Rh kalibrasyon standartı ile yapılan analizlerde de benzer doğrusallıkta sonuçlar alınmış ve 600 magnification değerinde 122 adet partikül bulunabilmiştir. Bu nedenle her iki kalibrasyon standardında da optimum magnification değerinin 600 olduğu değerlendirilmiştir.

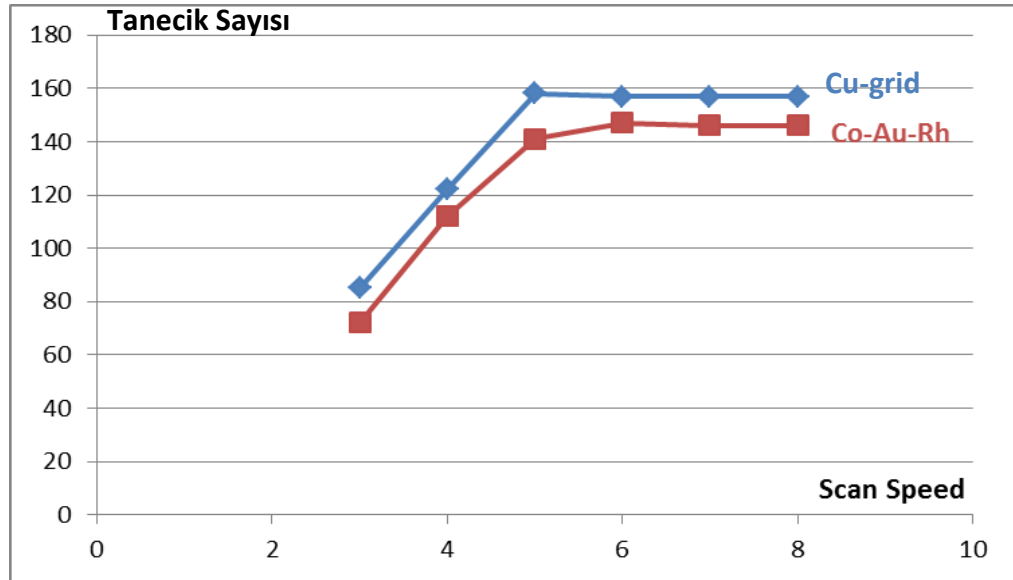
### 3.1.2. Working Distance Parametresi ve İki Ayrı Kalibrasyon Standardına Göre Yapılan Analiz Sonuçları



**Grafik 3.2.** Tanecik Sayısının Working Distance değeriyle değişim grafiği

Grafik 3.2’de, tanecik sayısının working distance (WD) değeriyle değişimi gösterilmektedir. Grafik incelendiğinde, numune ile dedektör arasındaki mesafeyi gösteren WD değeri önce 8 olarak uygulanmış, Cu-grid kalibrasyon standartı ile yapılan analizlerde toplam 85 partikül tespit edilmiş, Co-Au-Rh kalibrasyon standartında ise tespit edilen tanecik sayısının 76 olduğu görülmüştür. WD değeri 8.5 olarak alındığında ise Cu-grid kalibrasyon standartında toplam 158 partikülün tespit edildiği saptanmıştır. WD değerinin 9 yapılması ile birlikte tespit edilen partikül sayısının 122’ye düştüğü gözlemlenmiştir. Co-Au-Rh kalibrasyon standartı ile yapılan analizlerde bu sonucu teyit etmiş, ancak 8.5 WD değerinde en fazla 117 partikül tespit edilebilmiştir. Bu nedenle her iki kalibrasyon standardında da optimum WD değerinin 8.5 olduğu değerlendirilmiştir.

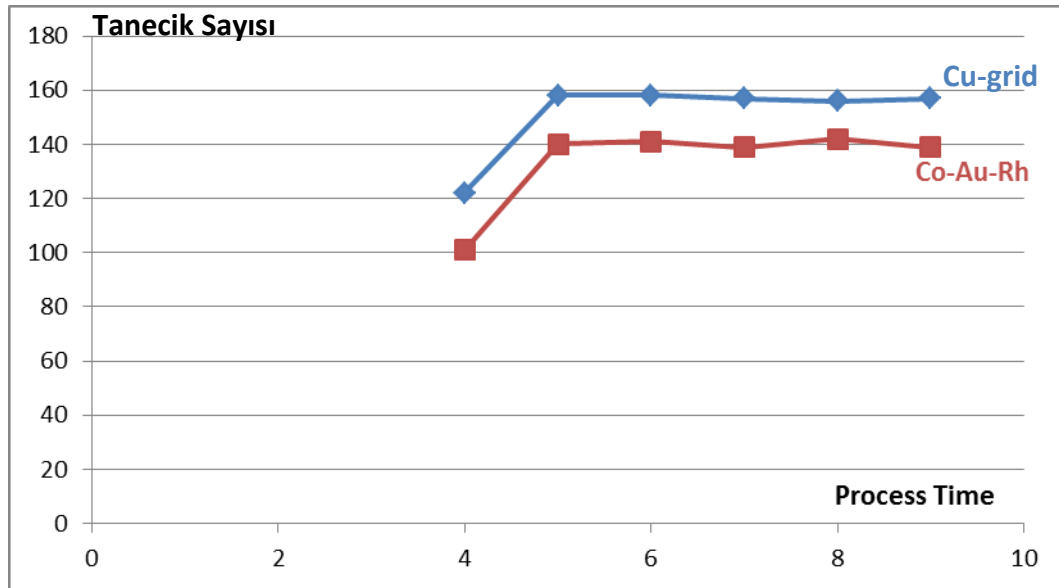
### 3.1.3. Scan Speed Parametresi ve İki Ayrı Kalibrasyon Standardına Göre Yapılan Analiz Sonuçları



**Grafik 3.3.** Tanecik Sayısının Scan Speed değeriyle değişim grafiği

Grafik 3.3'te, tanecik sayısının scan speed değeriyle değişimi gösterilmektedir. Cu-grid kalibrasyon standartı ile yapılan analizlerde dedektörün numuneyi tarama hızının 5'te optimum koşulları oluşturduğu ve ancak bu değerde en fazla olarak 158 partikülün tespit edildiği, bu değerden daha düşük 3 tarama hızında 85 partikülün, 4 tarama hızında 122 partikülün tespit edildiği ve 5 tarama hızından daha büyük scan speed değerleri ile analizlerde ise dedektörün bazı partikülleri atlayarak analiz ettiği gözlemlenmiştir. Co-Au-Rh kalibrasyon standartı ile yapılan analizlerde 3'ten 5'e doğru scan speed değeri artırıldıkça bulunan tanecik sayısının da arttığı gözlemlenmiş, Co-Au-Rh kalibrasyon standardında 6 değerinde bulunan tanecik sayısının Cu-grid kalibrasyon standartı ile yapılan analizlerle benzer çıktığı gözlemlenmiştir. Daha büyük scan speed değerleri ile analizlerde ise bulunan tanecik sayısının artmadığı görülmüştür. Bu nedenle her iki kalibrasyon standardında da scan speedin en az 5 olması, hatta Cu-Grid'de optimum scan speed değerinin 5 olduğu değerlendirilmiştir.

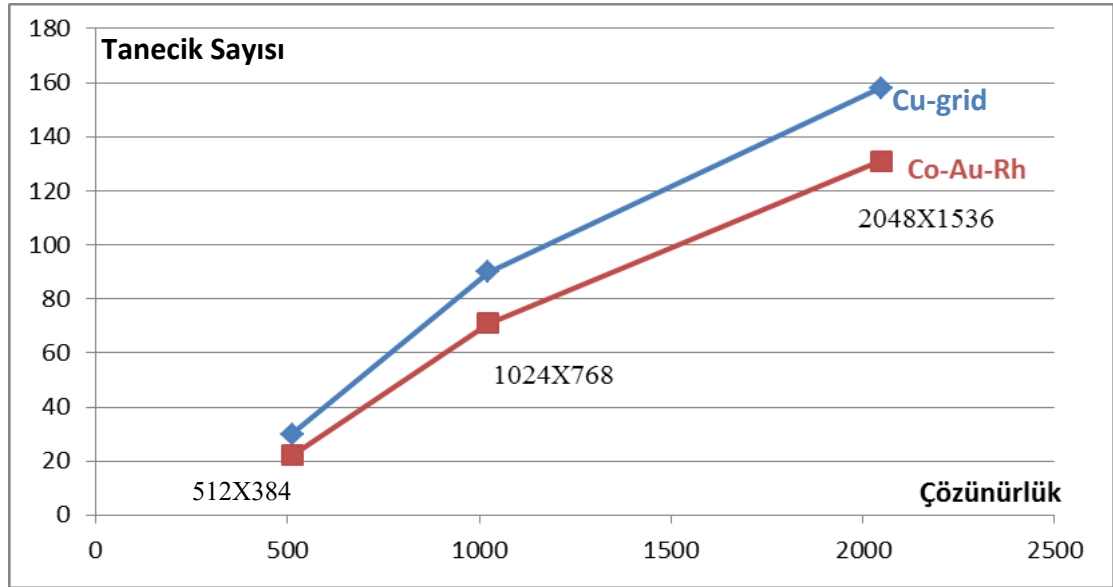
#### 3.1.4. Process Time Parametresi ve İki Ayrı Kalibrasyon Standardına Göre Yapılan Analiz Sonuçları



**Grafik 3.4.** Tanecik Sayısının Process Time değeriyle değişim grafiği

Grafik 3.4'deki tanecik sayısının process time değeriyle değişim grafiğinde görüldüğü üzere, Cu-grid kalibrasyon standartı ile yapılan analizlerde en fazla olan 158 tanecik sayısının process time parametresinin 5 olduğunda tespit edilebildiği, bu değerden küçük olarak 4 alındığında tanecik sayısının 122'ye düştüğü, ancak 6 ve daha büyük process time değerlerinde ise tanecik sayısının 158'i geçemediği ve aynı tanecik sayısının bulunduğu görülmüştür. Benzer ilişki Co-Au-Rh kalibrasyon standardında görülmüş, process time 5 olduğunda en fazla tanecik sayısı olarak 140 değerinin bulunduğu belirlenmiştir. Yine bu standard ta da 5'ten büyük process time değerlerinde anlamlı bir değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle her iki kalibrasyon standardında da optimum process time değerinin 5 olduğu anlaşılmıştır.

### 3.1.5. Çözünürlük Parametresi ve İki Ayrı Kalibrasyon Standardına Göre Yapılan Analiz Sonuçları

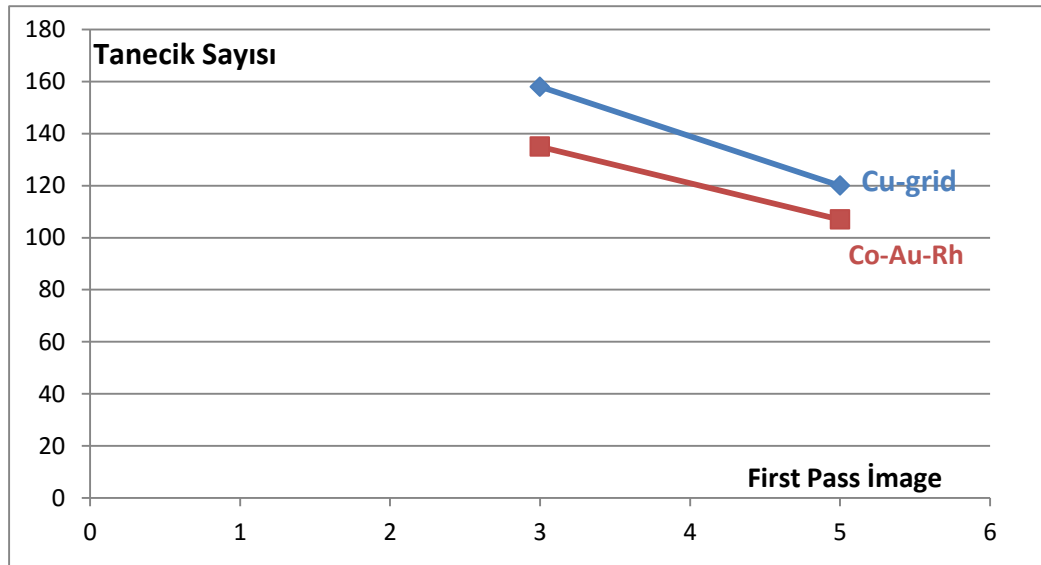


**Grafik 3.5.** Tanecik Sayısının Çözünürlük değeriyle değişim grafiği

Cu-grid kalibrasyon standartı ile yapılan analizlerde Grafik 3.5'deki tanecik sayısının çözünürlük değeriyle değişim grafiğinden görüleceği üzere, en fazla olarak 158

partikülün tespit edebilmesi için 2048\*1536 çözünürlük değerinde olması gerektiği görülmektedir. Co-Au-Grid kalibrasyon standardında da 2048\*1536 çözünürlük değerinde en fazla tanecik sayısı bulunmuş, bulunabilen tanecik sayısının 130 olduğu belirlenmiştir. Bu tespitlerden anlaşılabacağı üzere, çözünürlük değerinin yüksek olması ile birlikte dedektörün tanecikleri daha net tespit edebileceği değerlendirilmiştir. Bu nedenle her iki kalibrasyon standardında da optimum çözünürlük değerinin cihazın en yüksek çözünürlük değeri olduğu, bunun da 2048\*1536 çözünürlükte olduğu anlaşılmıştır.

### 3.1.6. First Pass İmage Parametresi ve İki Ayrı Kalibrasyon Standardına Göre Yapılan Analiz Sonuçları



**Grafik 3.6.** Tanecik Sayısının First Pass İmage değeriyle değişim grafiği

Tanecik sayısının first pass image değeriyle değişimi gösteren Grafik 3.6'dan da görüleceği üzere, Cu-grid kalibrasyon standardı ile yapılan analizlerde, ilk geçiş görüntüsü değerinin 3 olması ile birlikte partikül sayısının 158 olarak bulunduğu, bu parametre değerinin yükselmesi ile birlikte elektron numune etkileşiminin ters orantılı

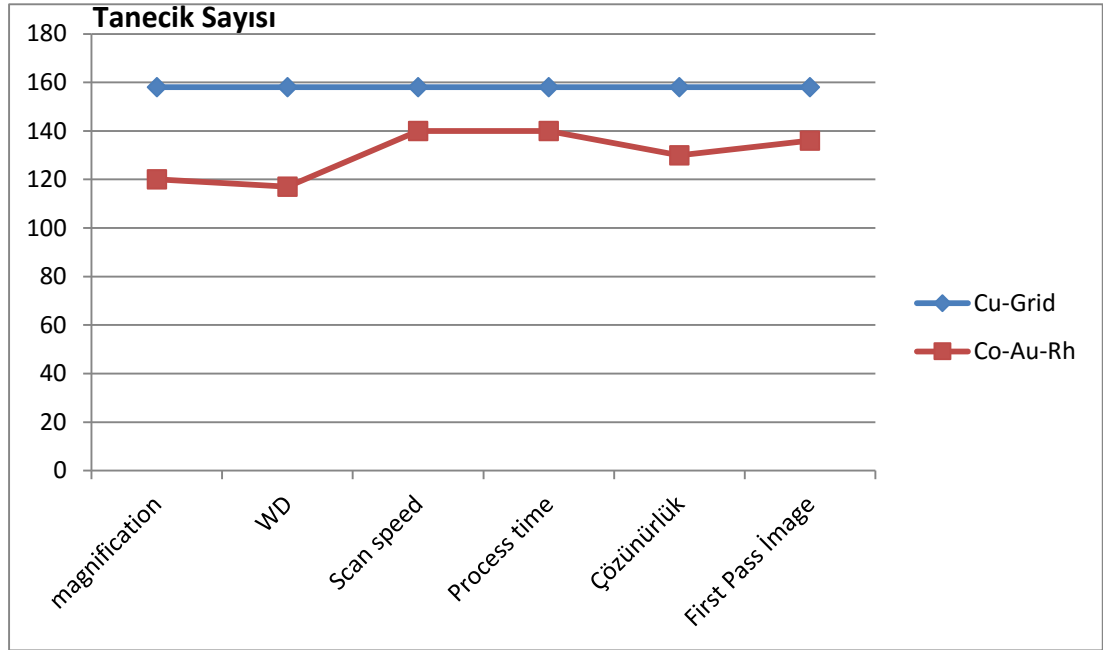
olarak bulunan tanecik sayısını düşürdüğü, dolayısıyla dedektörün partikül üzerindeki etkileşim süresinin kısılması ile birlikte tespit edilen tanecik sayısının azalmasına sebep olduğu anlaşılmaktadır. Co-Au-Rh kalibrasyon standardı ile yapılan analizlerde de first pass image değerinin 3 olduğu anda en fazla tanecik sayısının bulunduğu, first pass image değeri arttıkça tespit edilen partikül sayısının 110'a kadar düştüğü belirlenmiştir. Bu nedenle her iki kalibrasyon standardında da optimum first pass image değerinin 3 olduğu anlaşılmıştır.

### **3.1.7. Dead Time, Spot Size, Constrast/Brightness Parametreleri ve İki Ayrı Kalibrasyon Standardına Göre Yapılan Analiz Sonuçları**

X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskopuna ait dead time, spot size ve Contrast/Brightness parametreleri ile yapılan analizlerde bulunan tanecik sayısında anlamlı değişimler yaşanmamıştır. Bu nedenle optimum değer olarak sırasıyla olağan kullanıma uygun olarak Dead Time: %30-50 Spot size:450 Constrast/Brightness:30-50/40-60 değerleri alınmıştır. Bu parametre değerlerinin bu aralıklarda bulunmasını filament ömrü gibi farklı etkenler belirlemektedir.

### **3.1.8. Optimum Değerlere Göre Tespit Edilen Tanecik Sayı Analiz Sonuçları**

Optimize edilmiş parametre değerleriyle iki farklı kalibrasyon standartına göre tespit edilen tanecik sayısının değişimi gösteren değerler Grafik 3.7'de sunulmuştur.



**Grafik 3.7.** Tanecik Sayısının iki farklı kalibrasyon standardı ile değişim grafiği

Grafik 3.7’den de görüleceği üzere, Cu-Grid kalibrasyon standardında tüm optimum değerlerde 158 adet atış artığı partikül bulunmuş, ancak Co-Au-Rh kalibrasyon standardında ise optimum değerlerde bulunan tabecik sayısı 117-140 aralığında dağılım göstermiştir. Co-Au-Rd standardı kullanılan analizlerde özellikle 0,75 mikron boyutlu partiküllerin altında kalan boyutlardaki partiküllerin bazılarının tespit edilemediği belirlenmiştir.

### 3.1.9. Parametrelere Ait Optimum Değer Sonuçları

Bulgulardan elde edilen sonuca göre, ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) numunesinde toplam partikül sayısının 158 olduğu değerlendirilmiş ve X-Ray Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) ile atış artığı analizinde optimum çalışma koşulları aşağıdaki Çizelge 3.1’de gösterildiği şekliyle oluşmuştur.

**Çizelge 3.1.** Parametrelere ait Belirlenen Optimum Değerler

| <b>SEM-EDS</b>                                      | <b>INCA Software</b>                 |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Dedektör Cinsi: BSD (Back Scattered Dedektör): High | Process Time: 5                      |
| Contrast/Brightness:30-50/40-60                     | Spectrum range(Kev):0-20             |
| Çözünürlük:2048x1536                                | Number of Channels: 1K               |
| Filament:Tungsten                                   | Whole Feature: OK                    |
| Apertueresa Size: 30 µm                             | Passes:1                             |
| EHT:20kV                                            | Pass 1 livetime (Secs): 2            |
| Spot size:450                                       | Pass 2 Additional livetime (Secs): 5 |
| Magnification:600                                   | Magnification:600                    |
| Working Distance:8,5-9 mm                           | First Pass İmage:3 Microsecond       |
| Scan Speed:5 (4-5)                                  | Second Pass İmage:30 Microsecond     |
| Dead Time: %30-50                                   | Dead Time: %30-50                    |
| Kalibrasyon Standardı                               | Cu-Grid / Co-Au-Rh                   |

X-Işınlı Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) ile yapılan atış artışı analizlerinde ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) numunesi içerisinde sentetik olarak yerleştirilen partiküllerin tamamının PbSbBa element kombinasyonundan oluşan karakteristik şekilde tanımlanan partiküller olduğu görülmüş ve tamamının atış artışı olduğu anlaşılmıştır.

### 3.2. Optimum Değerler Kullanılarak 4 Farklı Cihazla Yapılan Analiz Sonuçları

Cihaza ait parametrelerin optimum değerlerinin belirlenmesi analizlerinin bitirilmesi sonrası, belirlenen optimum değerlerin laboratuvarındaki 4 farklı cihazla aynı numune üzerinde analizleri yapılmıştır. Aşağıda sadece Cu-Grid kalibrasyon standardında

yapılan analiz sonuçları verilmiş, Co-Rh-Au kalibrasyon standardı ile elde edilen sonuçlar Ek'te ayrıca sunulmuştur.

### 3.2.1. SEM-03 Kodlu Cihazda Cu-Grid Kalibrasyon Standartı ile Optimum Koşullarda Yapılan Analizlerde Elde Edilen Sonuçlar

SEM-03 kodlu cihazda Cu-Grid kalibrasyon standardı kullanılarak numune üzerinde yapılan artış analizine ait bulgular Çizelge 3.2'de gösterilmiştir. Toplam 158 partükül belirlenmiş, hepsinin yapasının “characteristic” olduğu ve atış artığı şeklinde değerlendirildiği belirlenmiştir.

**Çizelge 3.2.** Optimum Koşullarda SEM-03 cihazı ile analiz sonucu bulunan tanecik boyutunun ve bölgesinin gösterimi.

| Field | Rank           | Sb<br>Ba<br>Pb | Ba<br>Sb | Pb<br>Sb | Pb | Fe | Stage X<br>(mm) | Stage Y<br>(mm) | ECD<br>( $\mu$ m) | Sb<br>(Wt%) | Ba<br>(Wt%) | Pb<br>(Wt%) |
|-------|----------------|----------------|----------|----------|----|----|-----------------|-----------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| 126   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,579          | 73,542          | 0,50              | 21,75       | 30,62       | 20,88       |
| 141   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,238          | 73,768          | 0,50              | 26,82       | 23,39       | 25,99       |
| 145   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,180          | 74,167          | 0,50              | 20,63       | 32,18       | 21,74       |
| 172   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,643          | 74,827          | 0,50              | 26,30       | 20,97       | 27,84       |
| 187   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,068          | 75,154          | 0,50              | 24,47       | 26,22       | 25,35       |
| 200   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,691          | 75,874          | 0,50              | 25,76       | 24,79       | 24,22       |
| 243   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,058          | 70,579          | 0,50              | 20,84       | 23,15       | 22,11       |
| 252   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,187          | 71,433          | 0,50              | 27,98       | 25,62       | 19,22       |
| 258   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,938          | 72,321          | 0,50              | 27,72       | 17,95       | 26,98       |
| 261   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,671          | 72,736          | 0,50              | 26,27       | 21,70       | 28,44       |
| 266   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,740          | 73,516          | 0,50              | 27,05       | 22,90       | 10,38       |
| 268   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,117          | 73,676          | 0,50              | 20,41       | 20,72       | 28,56       |
| 275   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,378          | 74,352          | 0,50              | 25,28       | 23,53       | 25,87       |
| 278   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,219          | 74,362          | 0,50              | 21,76       | 30,42       | 15,79       |
| 279   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,903          | 74,577          | 0,50              | 23,04       | 22,52       | 24,31       |
| 280   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,419          | 74,438          | 0,50              | 22,74       | 20,66       | 23,59       |
| 281   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,500          | 74,579          | 0,50              | 26,27       | 25,76       | 27,03       |
| 282   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,922          | 74,505          | 0,50              | 21,95       | 19,65       | 23,24       |
| 284   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,125          | 74,687          | 0,50              | 21,91       | 29,28       | 21,87       |
| 285   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,727          | 74,800          | 0,50              | 21,40       | 22,45       | 24,21       |
| 286   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,351          | 75,130          | 0,50              | 24,69       | 25,58       | 23,63       |

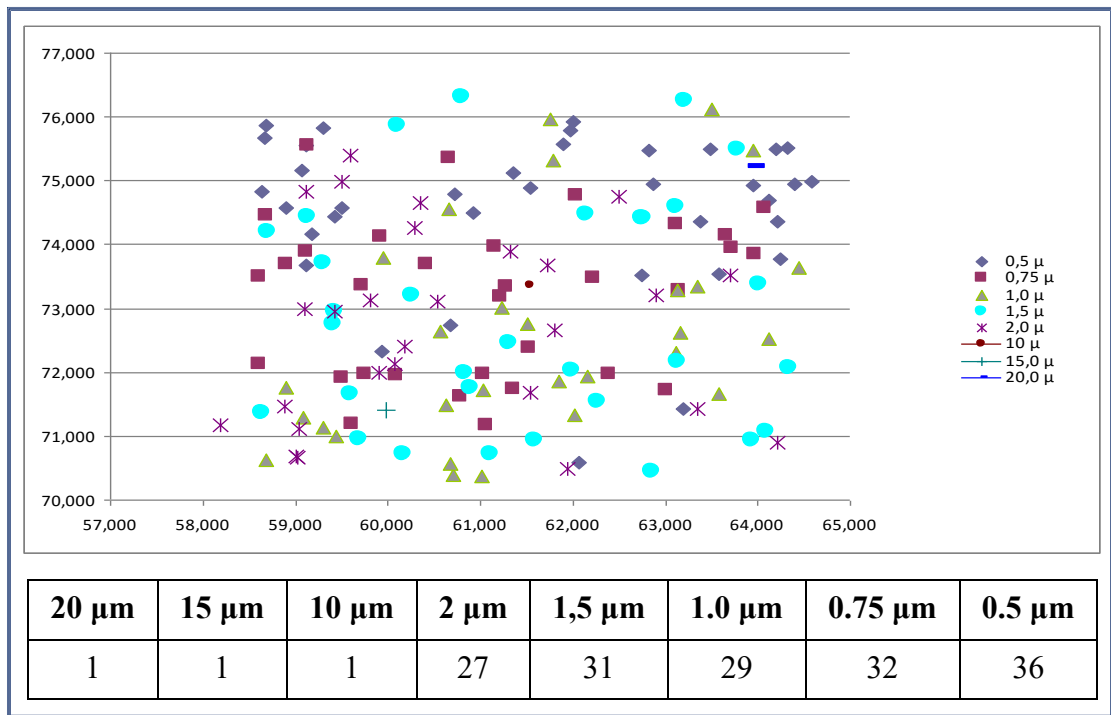
|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 287 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,538 | 74,888 | 0,50 | 22,66 | 24,48 | 21,56 |
| 288 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,875 | 74,948 | 0,50 | 25,72 | 26,56 | 25,03 |
| 289 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,953 | 74,920 | 0,50 | 25,73 | 26,18 | 23,80 |
| 290 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,391 | 74,955 | 0,50 | 23,85 | 22,72 | 22,11 |
| 291 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,587 | 74,991 | 0,50 | 24,59 | 28,33 | 17,37 |
| 292 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,819 | 75,475 | 0,50 | 21,56 | 23,35 | 22,49 |
| 293 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,483 | 75,489 | 0,50 | 24,92 | 18,58 | 29,61 |
| 298 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,191 | 75,501 | 0,50 | 24,04 | 28,74 | 21,24 |
| 299 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,325 | 75,522 | 0,50 | 27,14 | 25,11 | 21,43 |
| 300 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,668 | 75,680 | 0,50 | 23,63 | 23,34 | 24,90 |
| 301 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,119 | 75,547 | 0,50 | 23,08 | 26,06 | 24,00 |
| 302 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,308 | 75,833 | 0,50 | 26,53 | 28,31 | 19,70 |
| 303 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,892 | 75,566 | 0,50 | 20,31 | 21,06 | 24,86 |
| 304 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,970 | 75,796 | 0,50 | 22,26 | 26,48 | 21,14 |
| 305 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,006 | 75,932 | 0,50 | 22,66 | 23,75 | 23,48 |
| 34  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,605 | 71,191 | 0,75 | 28,55 | 22,10 | 26,18 |
| 62  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,743 | 71,978 | 0,75 | 27,59 | 27,52 | 24,54 |
| 65  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,349 | 71,738 | 0,75 | 25,90 | 28,39 | 21,35 |
| 107 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,224 | 73,196 | 0,75 | 22,14 | 23,72 | 27,69 |
| 118 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,711 | 73,354 | 0,75 | 25,39 | 27,75 | 25,33 |
| 123 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,220 | 73,481 | 0,75 | 23,91 | 27,25 | 29,21 |
| 125 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,142 | 73,285 | 0,75 | 29,53 | 24,09 | 23,67 |
| 130 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,902 | 73,705 | 0,75 | 27,35 | 25,90 | 25,46 |
| 131 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,118 | 73,887 | 0,75 | 27,47 | 22,40 | 28,18 |
| 135 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,158 | 73,964 | 0,75 | 29,04 | 26,44 | 20,83 |
| 158 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,683 | 74,451 | 0,75 | 22,78 | 21,36 | 34,49 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,035 | 74,773 | 0,75 | 21,96 | 30,50 | 24,08 |
| 169 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,072 | 74,575 | 0,75 | 17,43 | 25,84 | 27,63 |
| 190 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,660 | 75,350 | 0,75 | 27,07 | 30,61 | 23,02 |
| 201 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,126 | 75,545 | 0,75 | 21,73 | 21,76 | 29,82 |
| 247 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,059 | 71,182 | 0,75 | 23,37 | 21,72 | 23,58 |
| 248 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,784 | 71,622 | 0,75 | 23,17 | 22,15 | 22,84 |
| 250 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,011 | 71,730 | 0,75 | 24,00 | 24,88 | 23,48 |
| 253 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,508 | 71,922 | 0,75 | 24,35 | 17,82 | 28,96 |
| 254 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,083 | 71,957 | 0,75 | 21,63 | 26,64 | 27,65 |
| 255 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,025 | 71,972 | 0,75 | 26,11 | 19,42 | 29,65 |
| 256 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,397 | 71,974 | 0,75 | 26,19 | 17,89 | 25,44 |
| 257 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,607 | 72,136 | 0,75 | 28,10 | 20,38 | 22,67 |
| 259 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,520 | 72,388 | 0,75 | 24,25 | 23,30 | 26,65 |
| 264 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,605 | 73,502 | 0,75 | 22,71 | 20,76 | 25,06 |
| 265 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,279 | 73,351 | 0,75 | 24,66 | 22,17 | 24,47 |
| 269 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,416 | 73,694 | 0,75 | 31,80 | 27,02 | 7,94  |
| 270 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,973 | 73,858 | 0,75 | 25,82 | 28,62 | 23,79 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 271 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,721 | 73,943 | 0,75 | 19,28 | 27,50 | 24,45 |
| 276 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,111 | 74,327 | 0,75 | 24,81 | 27,93 | 24,09 |
| 277 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,657 | 74,153 | 0,75 | 24,99 | 26,93 | 22,79 |
| 273 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,917 | 74,117 | 0,75 | 26,74 | 18,26 | 27,02 |
| 8   | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,708 | 70,384 | 1,00 | 25,83 | 20,92 | 27,10 |
| 18  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,677 | 70,621 | 1,00 | 30,69 | 18,45 | 28,63 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,440 | 71,004 | 1,00 | 19,61 | 26,23 | 28,71 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,092 | 71,287 | 1,00 | 27,14 | 26,11 | 28,24 |
| 38  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,012 | 71,325 | 1,00 | 24,06 | 28,71 | 24,34 |
| 50  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,634 | 71,485 | 1,00 | 24,82 | 28,59 | 24,90 |
| 55  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,573 | 71,666 | 1,00 | 23,54 | 28,67 | 24,05 |
| 60  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,905 | 71,768 | 1,00 | 22,06 | 25,19 | 24,41 |
| 66  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,847 | 71,863 | 1,00 | 25,39 | 27,40 | 22,38 |
| 67  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,151 | 71,929 | 1,00 | 22,66 | 28,93 | 24,51 |
| 83  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,114 | 72,304 | 1,00 | 21,45 | 31,32 | 26,13 |
| 85  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,116 | 72,529 | 1,00 | 22,39 | 31,74 | 26,98 |
| 93  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,517 | 72,761 | 1,00 | 25,53 | 25,66 | 27,07 |
| 97  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,167 | 72,624 | 1,00 | 28,02 | 29,29 | 22,28 |
| 107 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,237 | 73,013 | 1,00 | 26,37 | 27,30 | 27,19 |
| 125 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,342 | 73,349 | 1,00 | 24,28 | 27,39 | 25,68 |
| 127 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,439 | 73,645 | 1,00 | 22,62 | 28,93 | 22,98 |
| 132 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,947 | 73,794 | 1,00 | 24,47 | 24,55 | 29,44 |
| 162 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,657 | 74,561 | 1,00 | 24,10 | 31,20 | 22,96 |
| 192 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,783 | 75,327 | 1,00 | 20,13 | 29,91 | 25,13 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,953 | 75,483 | 1,00 | 21,42 | 30,82 | 24,13 |
| 220 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,750 | 75,970 | 1,00 | 29,50 | 25,18 | 23,74 |
| 223 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,509 | 76,125 | 1,00 | 22,11 | 30,49 | 23,00 |
| 241 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,011 | 70,377 | 1,00 | 30,33 | 14,28 | 18,75 |
| 242 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,682 | 70,567 | 1,00 | 23,01 | 21,53 | 22,04 |
| 246 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,309 | 71,131 | 1,00 | 23,47 | 24,37 | 22,25 |
| 249 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,026 | 71,711 | 1,00 | 21,50 | 24,59 | 23,82 |
| 260 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,561 | 72,647 | 1,00 | 23,93 | 22,62 | 29,30 |
| 262 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,135 | 73,283 | 1,00 | 24,76 | 23,43 | 26,19 |
| 12  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,860 | 70,449 | 1,50 | 24,64 | 28,52 | 24,44 |
| 21  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,166 | 70,731 | 1,50 | 26,08 | 29,40 | 24,04 |
| 23  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,104 | 70,730 | 1,50 | 29,08 | 27,22 | 24,08 |
| 24  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,580 | 70,929 | 1,50 | 27,64 | 29,61 | 23,24 |
| 34  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,687 | 70,957 | 1,50 | 24,21 | 30,92 | 25,05 |
| 42  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,084 | 71,084 | 1,50 | 19,89 | 24,82 | 23,62 |
| 46  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,635 | 71,368 | 1,50 | 21,80 | 19,97 | 24,40 |
| 48  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,597 | 71,667 | 1,50 | 23,43 | 30,91 | 23,13 |
| 53  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,269 | 71,550 | 1,50 | 25,09 | 33,05 | 21,51 |
| 64  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,886 | 71,755 | 1,50 | 21,67 | 30,00 | 21,46 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 64  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,831 | 72,004 | 1,50 | 23,26 | 27,33 | 25,83 |
| 66  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,985 | 72,026 | 1,50 | 27,26 | 26,82 | 24,02 |
| 71  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,340 | 72,080 | 1,50 | 23,80 | 25,09 | 26,86 |
| 79  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,303 | 72,464 | 1,50 | 24,78 | 32,06 | 23,61 |
| 83  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,128 | 72,168 | 1,50 | 23,10 | 31,35 | 25,42 |
| 89  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,402 | 72,762 | 1,50 | 30,10 | 29,19 | 24,90 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,430 | 72,950 | 1,50 | 29,50 | 25,48 | 23,46 |
| 105 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,256 | 73,205 | 1,50 | 27,88 | 30,45 | 22,19 |
| 131 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,301 | 73,717 | 1,50 | 24,24 | 28,15 | 26,86 |
| 144 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,698 | 74,213 | 1,50 | 25,30 | 29,25 | 24,46 |
| 152 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,752 | 74,420 | 1,50 | 17,80 | 23,86 | 24,15 |
| 159 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,124 | 74,438 | 1,50 | 25,06 | 31,02 | 23,88 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,137 | 74,476 | 1,50 | 22,24 | 28,94 | 26,61 |
| 166 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,756 | 74,424 | 1,50 | 26,39 | 26,83 | 27,01 |
| 167 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,110 | 74,604 | 1,50 | 25,78 | 29,32 | 26,16 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,787 | 75,490 | 1,50 | 24,97 | 33,48 | 22,09 |
| 203 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,106 | 75,866 | 1,50 | 25,05 | 29,05 | 23,11 |
| 223 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,205 | 76,265 | 1,50 | 28,76 | 32,00 | 24,49 |
| 232 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,797 | 76,324 | 1,50 | 24,52 | 34,08 | 21,93 |
| 244 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,941 | 70,936 | 1,50 | 26,49 | 42,77 | 2,95  |
| 267 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,006 | 73,386 | 1,50 | 25,79 | 25,37 | 24,13 |
| 10  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,938 | 70,483 | 2,00 | 23,64 | 28,35 | 24,45 |
| 18  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,005 | 70,677 | 2,00 | 23,20 | 28,80 | 25,36 |
| 19  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,017 | 70,673 | 2,00 | 25,91 | 31,03 | 25,60 |
| 29  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,205 | 70,898 | 2,00 | 22,95 | 34,97 | 21,86 |
| 31  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,191 | 71,178 | 2,00 | 25,77 | 33,40 | 21,83 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,038 | 71,121 | 2,00 | 27,03 | 31,31 | 22,12 |
| 46  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,883 | 71,460 | 2,00 | 24,06 | 31,96 | 23,80 |
| 77  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,075 | 72,127 | 2,00 | 23,70 | 21,61 | 21,48 |
| 77  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,180 | 72,401 | 2,00 | 25,12 | 30,63 | 25,17 |
| 94  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,796 | 72,660 | 2,00 | 24,41 | 29,23 | 23,97 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,429 | 72,948 | 2,00 | 23,65 | 28,20 | 22,89 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,106 | 72,982 | 2,00 | 26,20 | 30,87 | 24,00 |
| 104 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,806 | 73,124 | 2,00 | 20,64 | 27,65 | 24,36 |
| 106 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,542 | 73,110 | 2,00 | 31,63 | 32,79 | 27,20 |
| 110 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,893 | 73,207 | 2,00 | 23,61 | 25,81 | 20,82 |
| 126 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,704 | 73,521 | 2,00 | 26,19 | 29,57 | 24,30 |
| 135 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,327 | 73,888 | 2,00 | 28,06 | 29,96 | 24,15 |
| 147 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,296 | 74,264 | 2,00 | 21,72 | 30,25 | 26,37 |
| 161 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,348 | 74,653 | 2,00 | 24,04 | 34,45 | 21,95 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,494 | 74,749 | 2,00 | 26,68 | 30,74 | 22,30 |
| 173 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,109 | 74,825 | 2,00 | 21,39 | 28,14 | 21,65 |
| 174 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,505 | 74,981 | 2,00 | 22,68 | 30,97 | 27,77 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |       |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 188 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,601 | 75,403 | 2,00  | 25,16 | 27,21 | 19,24 |
| 51  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,546 | 71,691 | 2,00  | 24,92 | 29,27 | 24,99 |
| 55  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,354 | 71,432 | 2,00  | 28,69 | 29,73 | 24,72 |
| 62  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,904 | 71,997 | 2,00  | 26,12 | 28,05 | 22,58 |
| 136 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,722 | 73,670 | 2,00  | 25,22 | 30,06 | 26,62 |
| 122 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,543 | 73,360 | 10,00 | 26,27 | 33,69 | 23,39 |
| 48  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,981 | 71,406 | 15,00 | 27,30 | 27,76 | 22,69 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,896 | 75,225 | 20,00 | 28,53 | 31,00 | 24,17 |

Analizde bulunan atış artıklarının numune üzerindeki yeri, sayısı ve büyüklükleri Grafik 3.8’de gösterilmiştir.



**Grafik 3.8.** Optimizasyon koşulları ile yapılan analiz sonucu bulunan tanecik boyutunun ve bölgesinin gösterimi

Grafik 3.8’den de görüleceği üzere, bulunan 158 atış artığının 1’er tanesi 20, 15 ve 10  $\mu\text{m}$  boyutlarında, 27 tanesi 2  $\mu\text{m}$  boyutunda, 31 tanesi 1.5  $\mu\text{m}$ , 29 tanesi 1  $\mu\text{m}$ , 32 tanesi 0.75  $\mu\text{m}$  ve 36 tanesi de 0,5  $\mu\text{m}$  boyutunda olduğu tespit edilmiştir.

### 3.2.2. SEM-04 Kodlu Cihazda Cu-Grid Kalibrasyon Standartı ile Optimum Koşullarda Yapılan Analizlerde Elde Edilen Sonuçlar

SEM-04 kodlu cihazda Cu-Grid kalibrasyon standardı kullanılarak numune üzerinde yapılan artış analizine ait bulgular Çizelge 3.3’de gösterilmiştir. Toplam 158 partükül belirlenmiş, hepsinin yapasının “characteristic” olduğu ve atış artığı şeklinde değerlendirildiği belirlenmiştir.

**Çizelge 3.3** Optimum Koşullarda SEM-04 cihazı ile analiz sonucu bulunan tanecik boyutunun ve bölgesinin gösterimi.

| Field | Rank           | Sb<br>Ba<br>Pb | Ba<br>Sb | Pb<br>Sb | Pb | Fe | Stage X<br>(mm) | Stage Y<br>(mm) | ECD<br>( $\mu\text{m}$ ) | Sb<br>(Wt%) | Ba<br>(Wt%) | Pb<br>(Wt%) |
|-------|----------------|----------------|----------|----------|----|----|-----------------|-----------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 126   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,579          | 73,542          | 0,50                     | 21,75       | 30,62       | 20,88       |
| 141   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,238          | 73,768          | 0,50                     | 26,82       | 23,39       | 25,99       |
| 145   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,180          | 74,167          | 0,50                     | 20,63       | 32,18       | 21,74       |
| 172   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,643          | 74,827          | 0,50                     | 26,30       | 20,97       | 27,84       |
| 187   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,068          | 75,154          | 0,50                     | 24,47       | 26,22       | 25,35       |
| 200   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,691          | 75,874          | 0,50                     | 25,76       | 24,79       | 24,22       |
| 243   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,058          | 70,579          | 0,50                     | 20,84       | 23,15       | 22,11       |
| 252   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,187          | 71,433          | 0,50                     | 27,98       | 25,62       | 19,22       |
| 258   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,938          | 72,321          | 0,50                     | 27,72       | 17,95       | 26,98       |
| 261   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,671          | 72,736          | 0,50                     | 26,27       | 21,70       | 28,44       |
| 266   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,740          | 73,516          | 0,50                     | 27,05       | 22,90       | 10,38       |
| 268   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,117          | 73,676          | 0,50                     | 20,41       | 20,72       | 28,56       |
| 275   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,378          | 74,352          | 0,50                     | 25,28       | 23,53       | 25,87       |
| 278   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,219          | 74,362          | 0,50                     | 21,76       | 30,42       | 15,79       |
| 279   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,903          | 74,577          | 0,50                     | 23,04       | 22,52       | 24,31       |
| 280   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,419          | 74,438          | 0,50                     | 22,74       | 20,66       | 23,59       |
| 281   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,500          | 74,579          | 0,50                     | 26,27       | 25,76       | 27,03       |
| 282   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,922          | 74,505          | 0,50                     | 21,95       | 19,65       | 23,24       |
| 284   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,125          | 74,687          | 0,50                     | 21,91       | 29,28       | 21,87       |
| 285   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,727          | 74,800          | 0,50                     | 21,40       | 22,45       | 24,21       |

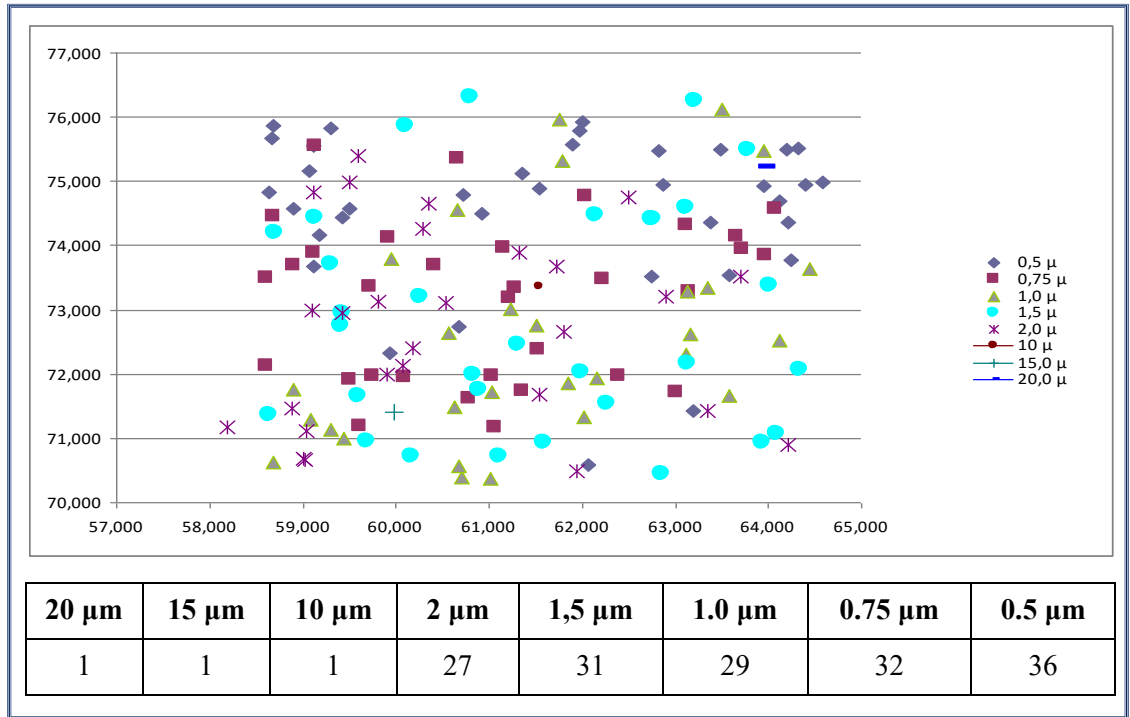
|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 286 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,351 | 75,130 | 0,50 | 24,69 | 25,58 | 23,63 |
| 287 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,538 | 74,888 | 0,50 | 22,66 | 24,48 | 21,56 |
| 288 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,875 | 74,948 | 0,50 | 25,72 | 26,56 | 25,03 |
| 289 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,953 | 74,920 | 0,50 | 25,73 | 26,18 | 23,80 |
| 290 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,391 | 74,955 | 0,50 | 23,85 | 22,72 | 22,11 |
| 291 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,587 | 74,991 | 0,50 | 24,59 | 28,33 | 17,37 |
| 292 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,819 | 75,475 | 0,50 | 21,56 | 23,35 | 22,49 |
| 293 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,483 | 75,489 | 0,50 | 24,92 | 18,58 | 29,61 |
| 298 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,191 | 75,501 | 0,50 | 24,04 | 28,74 | 21,24 |
| 299 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,325 | 75,522 | 0,50 | 27,14 | 25,11 | 21,43 |
| 300 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,668 | 75,680 | 0,50 | 23,63 | 23,34 | 24,90 |
| 301 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,119 | 75,547 | 0,50 | 23,08 | 26,06 | 24,00 |
| 302 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,308 | 75,833 | 0,50 | 26,53 | 28,31 | 19,70 |
| 303 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,892 | 75,566 | 0,50 | 20,31 | 21,06 | 24,86 |
| 304 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,970 | 75,796 | 0,50 | 22,26 | 26,48 | 21,14 |
| 305 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,006 | 75,932 | 0,50 | 22,66 | 23,75 | 23,48 |
| 34  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,605 | 71,191 | 0,75 | 28,55 | 22,10 | 26,18 |
| 62  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,743 | 71,978 | 0,75 | 27,59 | 27,52 | 24,54 |
| 65  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,349 | 71,738 | 0,75 | 25,90 | 28,39 | 21,35 |
| 107 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,224 | 73,196 | 0,75 | 22,14 | 23,72 | 27,69 |
| 118 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,711 | 73,354 | 0,75 | 25,39 | 27,75 | 25,33 |
| 123 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,220 | 73,481 | 0,75 | 23,91 | 27,25 | 29,21 |
| 125 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,142 | 73,285 | 0,75 | 29,53 | 24,09 | 23,67 |
| 130 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,902 | 73,705 | 0,75 | 27,35 | 25,90 | 25,46 |
| 131 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,118 | 73,887 | 0,75 | 27,47 | 22,40 | 28,18 |
| 135 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,158 | 73,964 | 0,75 | 29,04 | 26,44 | 20,83 |
| 158 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,683 | 74,451 | 0,75 | 22,78 | 21,36 | 34,49 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,035 | 74,773 | 0,75 | 21,96 | 30,50 | 24,08 |
| 169 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,072 | 74,575 | 0,75 | 17,43 | 25,84 | 27,63 |
| 190 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,660 | 75,350 | 0,75 | 27,07 | 30,61 | 23,02 |
| 201 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,126 | 75,545 | 0,75 | 21,73 | 21,76 | 29,82 |
| 247 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,059 | 71,182 | 0,75 | 23,37 | 21,72 | 23,58 |
| 248 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,784 | 71,622 | 0,75 | 23,17 | 22,15 | 22,84 |
| 250 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,011 | 71,730 | 0,75 | 24,00 | 24,88 | 23,48 |
| 253 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,508 | 71,922 | 0,75 | 24,35 | 17,82 | 28,96 |
| 254 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,083 | 71,957 | 0,75 | 21,63 | 26,64 | 27,65 |
| 255 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,025 | 71,972 | 0,75 | 26,11 | 19,42 | 29,65 |
| 256 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,397 | 71,974 | 0,75 | 26,19 | 17,89 | 25,44 |
| 257 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,607 | 72,136 | 0,75 | 28,10 | 20,38 | 22,67 |
| 259 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,520 | 72,388 | 0,75 | 24,25 | 23,30 | 26,65 |
| 264 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,605 | 73,502 | 0,75 | 22,71 | 20,76 | 25,06 |
| 265 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,279 | 73,351 | 0,75 | 24,66 | 22,17 | 24,47 |
| 269 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,416 | 73,694 | 0,75 | 31,80 | 27,02 | 7,94  |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 270 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,973 | 73,858 | 0,75 | 25,82 | 28,62 | 23,79 |
| 271 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,721 | 73,943 | 0,75 | 19,28 | 27,50 | 24,45 |
| 276 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,111 | 74,327 | 0,75 | 24,81 | 27,93 | 24,09 |
| 277 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,657 | 74,153 | 0,75 | 24,99 | 26,93 | 22,79 |
| 273 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,917 | 74,117 | 0,75 | 26,74 | 18,26 | 27,02 |
| 8   | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,708 | 70,384 | 1,00 | 25,83 | 20,92 | 27,10 |
| 18  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,677 | 70,621 | 1,00 | 30,69 | 18,45 | 28,63 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,440 | 71,004 | 1,00 | 19,61 | 26,23 | 28,71 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,092 | 71,287 | 1,00 | 27,14 | 26,11 | 28,24 |
| 38  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,012 | 71,325 | 1,00 | 24,06 | 28,71 | 24,34 |
| 50  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,634 | 71,485 | 1,00 | 24,82 | 28,59 | 24,90 |
| 55  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,573 | 71,666 | 1,00 | 23,54 | 28,67 | 24,05 |
| 60  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,905 | 71,768 | 1,00 | 22,06 | 25,19 | 24,41 |
| 66  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,847 | 71,863 | 1,00 | 25,39 | 27,40 | 22,38 |
| 67  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,151 | 71,929 | 1,00 | 22,66 | 28,93 | 24,51 |
| 83  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,114 | 72,304 | 1,00 | 21,45 | 31,32 | 26,13 |
| 85  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,116 | 72,529 | 1,00 | 22,39 | 31,74 | 26,98 |
| 93  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,517 | 72,761 | 1,00 | 25,53 | 25,66 | 27,07 |
| 97  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,167 | 72,624 | 1,00 | 28,02 | 29,29 | 22,28 |
| 107 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,237 | 73,013 | 1,00 | 26,37 | 27,30 | 27,19 |
| 125 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,342 | 73,349 | 1,00 | 24,28 | 27,39 | 25,68 |
| 127 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,439 | 73,645 | 1,00 | 22,62 | 28,93 | 22,98 |
| 132 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,947 | 73,794 | 1,00 | 24,47 | 24,55 | 29,44 |
| 162 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,657 | 74,561 | 1,00 | 24,10 | 31,20 | 22,96 |
| 192 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,783 | 75,327 | 1,00 | 20,13 | 29,91 | 25,13 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,953 | 75,483 | 1,00 | 21,42 | 30,82 | 24,13 |
| 220 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,750 | 75,970 | 1,00 | 29,50 | 25,18 | 23,74 |
| 223 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,509 | 76,125 | 1,00 | 22,11 | 30,49 | 23,00 |
| 241 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,011 | 70,377 | 1,00 | 30,33 | 14,28 | 18,75 |
| 242 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,682 | 70,567 | 1,00 | 23,01 | 21,53 | 22,04 |
| 246 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,309 | 71,131 | 1,00 | 23,47 | 24,37 | 22,25 |
| 249 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,026 | 71,711 | 1,00 | 21,50 | 24,59 | 23,82 |
| 260 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,561 | 72,647 | 1,00 | 23,93 | 22,62 | 29,30 |
| 262 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,135 | 73,283 | 1,00 | 24,76 | 23,43 | 26,19 |
| 12  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,860 | 70,449 | 1,50 | 24,64 | 28,52 | 24,44 |
| 21  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,166 | 70,731 | 1,50 | 26,08 | 29,40 | 24,04 |
| 23  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,104 | 70,730 | 1,50 | 29,08 | 27,22 | 24,08 |
| 24  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,580 | 70,929 | 1,50 | 27,64 | 29,61 | 23,24 |
| 34  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,687 | 70,957 | 1,50 | 24,21 | 30,92 | 25,05 |
| 42  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,084 | 71,084 | 1,50 | 19,89 | 24,82 | 23,62 |
| 46  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,635 | 71,368 | 1,50 | 21,80 | 19,97 | 24,40 |
| 48  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,597 | 71,667 | 1,50 | 23,43 | 30,91 | 23,13 |
| 53  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,269 | 71,550 | 1,50 | 25,09 | 33,05 | 21,51 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 64  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,886 | 71,755 | 1,50 | 21,67 | 30,00 | 21,46 |
| 64  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,831 | 72,004 | 1,50 | 23,26 | 27,33 | 25,83 |
| 66  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,985 | 72,026 | 1,50 | 27,26 | 26,82 | 24,02 |
| 71  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,340 | 72,080 | 1,50 | 23,80 | 25,09 | 26,86 |
| 79  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,303 | 72,464 | 1,50 | 24,78 | 32,06 | 23,61 |
| 83  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,128 | 72,168 | 1,50 | 23,10 | 31,35 | 25,42 |
| 89  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,402 | 72,762 | 1,50 | 30,10 | 29,19 | 24,90 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,430 | 72,950 | 1,50 | 29,50 | 25,48 | 23,46 |
| 105 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,256 | 73,205 | 1,50 | 27,88 | 30,45 | 22,19 |
| 131 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,301 | 73,717 | 1,50 | 24,24 | 28,15 | 26,86 |
| 144 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,698 | 74,213 | 1,50 | 25,30 | 29,25 | 24,46 |
| 152 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,752 | 74,420 | 1,50 | 17,80 | 23,86 | 24,15 |
| 159 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,124 | 74,438 | 1,50 | 25,06 | 31,02 | 23,88 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,137 | 74,476 | 1,50 | 22,24 | 28,94 | 26,61 |
| 166 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,756 | 74,424 | 1,50 | 26,39 | 26,83 | 27,01 |
| 167 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,110 | 74,604 | 1,50 | 25,78 | 29,32 | 26,16 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,787 | 75,490 | 1,50 | 24,97 | 33,48 | 22,09 |
| 203 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,106 | 75,866 | 1,50 | 25,05 | 29,05 | 23,11 |
| 223 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,205 | 76,265 | 1,50 | 28,76 | 32,00 | 24,49 |
| 232 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,797 | 76,324 | 1,50 | 24,52 | 34,08 | 21,93 |
| 244 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,941 | 70,936 | 1,50 | 26,49 | 42,77 | 2,95  |
| 267 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,006 | 73,386 | 1,50 | 25,79 | 25,37 | 24,13 |
| 10  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,938 | 70,483 | 2,00 | 23,64 | 28,35 | 24,45 |
| 18  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,005 | 70,677 | 2,00 | 23,20 | 28,80 | 25,36 |
| 19  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,017 | 70,673 | 2,00 | 25,91 | 31,03 | 25,60 |
| 29  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,205 | 70,898 | 2,00 | 22,95 | 34,97 | 21,86 |
| 31  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,191 | 71,178 | 2,00 | 25,77 | 33,40 | 21,83 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,038 | 71,121 | 2,00 | 27,03 | 31,31 | 22,12 |
| 46  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,883 | 71,460 | 2,00 | 24,06 | 31,96 | 23,80 |
| 77  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,075 | 72,127 | 2,00 | 23,70 | 21,61 | 21,48 |
| 77  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,180 | 72,401 | 2,00 | 25,12 | 30,63 | 25,17 |
| 94  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,796 | 72,660 | 2,00 | 24,41 | 29,23 | 23,97 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,429 | 72,948 | 2,00 | 23,65 | 28,20 | 22,89 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,106 | 72,982 | 2,00 | 26,20 | 30,87 | 24,00 |
| 104 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,806 | 73,124 | 2,00 | 20,64 | 27,65 | 24,36 |
| 106 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,542 | 73,110 | 2,00 | 31,63 | 32,79 | 27,20 |
| 110 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,893 | 73,207 | 2,00 | 23,61 | 25,81 | 20,82 |
| 126 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,704 | 73,521 | 2,00 | 26,19 | 29,57 | 24,30 |
| 135 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,327 | 73,888 | 2,00 | 28,06 | 29,96 | 24,15 |
| 147 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,296 | 74,264 | 2,00 | 21,72 | 30,25 | 26,37 |
| 161 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,348 | 74,653 | 2,00 | 24,04 | 34,45 | 21,95 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,494 | 74,749 | 2,00 | 26,68 | 30,74 | 22,30 |
| 173 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,109 | 74,825 | 2,00 | 21,39 | 28,14 | 21,65 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |       |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 174 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,505 | 74,981 | 2,00  | 22,68 | 30,97 | 27,77 |
| 188 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,601 | 75,403 | 2,00  | 25,16 | 27,21 | 19,24 |
| 51  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,546 | 71,691 | 2,00  | 24,92 | 29,27 | 24,99 |
| 55  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,354 | 71,432 | 2,00  | 28,69 | 29,73 | 24,72 |
| 62  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,904 | 71,997 | 2,00  | 26,12 | 28,05 | 22,58 |
| 136 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,722 | 73,670 | 2,00  | 25,22 | 30,06 | 26,62 |
| 122 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,543 | 73,360 | 10,00 | 26,27 | 33,69 | 23,39 |
| 48  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,981 | 71,406 | 15,00 | 27,30 | 27,76 | 22,69 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,896 | 75,225 | 20,00 | 28,53 | 31,00 | 24,17 |

Analizde bulunan atış artıklarının numune üzerindeki yeri, sayısı ve büyüklükleri Grafik 3.9’da gösterilmiştir.



**Grafik 3.9.** Optimizasyon koşulları ile yapılan analiz sonucu bulunan tanecik boyutunun ve bölgesinin gösterimi.

Grafik 3.9’den da görüleceği üzere, bulunan 158 atış artığının 1’er tanesi 20, 15 ve 10  $\mu\text{m}$  boyutlarında, 27 tanesi 2  $\mu\text{m}$  boyutunda, 31 tanesi 1.5  $\mu\text{m}$ , 29 tanesi 1  $\mu\text{m}$ , 32 tanesi 0.75  $\mu\text{m}$  ve 36 tanesi de 0,5  $\mu\text{m}$  boyutunda olduğu tespit edilmiştir.

### 3.2.3. SEM-05 Kodlu Cihazda Cu-Grid Kalibrasyon Standartı ile Optimum Koşullarda Yapılan Analizlerde Elde Edilen Sonuçlar

SEM-05 kodlu cihazda Cu-Grid kalibrasyon standardı kullanılarak numune üzerinde yapılan artış analizine ait bulgular Çizelge 3.4’de gösterilmiştir. Toplam 158 partükül belirlenmiş, hepsinin yapasının “characteristic” olduğu ve atış artığı şeklinde değerlendirildiği belirlenmiştir.

**Çizelge 3.4.** Optimum Koşullarda SEM-05 cihazı ile analiz sonucu bulunan tanecik boyutunun ve bölgesinin gösterimi.

| Field | Rank           | Sb<br>Ba<br>Pb | Ba<br>Sb | Pb<br>Sb | Pb | Fe | Stage X<br>(mm) | Stage Y<br>(mm) | ECD<br>( $\mu\text{m}$ ) | Sb<br>(Wt%) | Ba<br>(Wt%) | Pb<br>(Wt%) |
|-------|----------------|----------------|----------|----------|----|----|-----------------|-----------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 126   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,579          | 73,542          | 0,50                     | 21,75       | 30,62       | 20,88       |
| 141   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,238          | 73,768          | 0,50                     | 26,82       | 23,39       | 25,99       |
| 145   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,180          | 74,167          | 0,50                     | 20,63       | 32,18       | 21,74       |
| 172   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,643          | 74,827          | 0,50                     | 26,30       | 20,97       | 27,84       |
| 187   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,068          | 75,154          | 0,50                     | 24,47       | 26,22       | 25,35       |
| 200   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,691          | 75,874          | 0,50                     | 25,76       | 24,79       | 24,22       |
| 243   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,058          | 70,579          | 0,50                     | 20,84       | 23,15       | 22,11       |
| 252   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,187          | 71,433          | 0,50                     | 27,98       | 25,62       | 19,22       |
| 258   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,938          | 72,321          | 0,50                     | 27,72       | 17,95       | 26,98       |
| 261   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,671          | 72,736          | 0,50                     | 26,27       | 21,70       | 28,44       |
| 266   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,740          | 73,516          | 0,50                     | 27,05       | 22,90       | 10,38       |
| 268   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,117          | 73,676          | 0,50                     | 20,41       | 20,72       | 28,56       |
| 275   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,378          | 74,352          | 0,50                     | 25,28       | 23,53       | 25,87       |
| 278   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,219          | 74,362          | 0,50                     | 21,76       | 30,42       | 15,79       |
| 279   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,903          | 74,577          | 0,50                     | 23,04       | 22,52       | 24,31       |
| 280   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,419          | 74,438          | 0,50                     | 22,74       | 20,66       | 23,59       |
| 281   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,500          | 74,579          | 0,50                     | 26,27       | 25,76       | 27,03       |
| 282   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,922          | 74,505          | 0,50                     | 21,95       | 19,65       | 23,24       |
| 284   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,125          | 74,687          | 0,50                     | 21,91       | 29,28       | 21,87       |

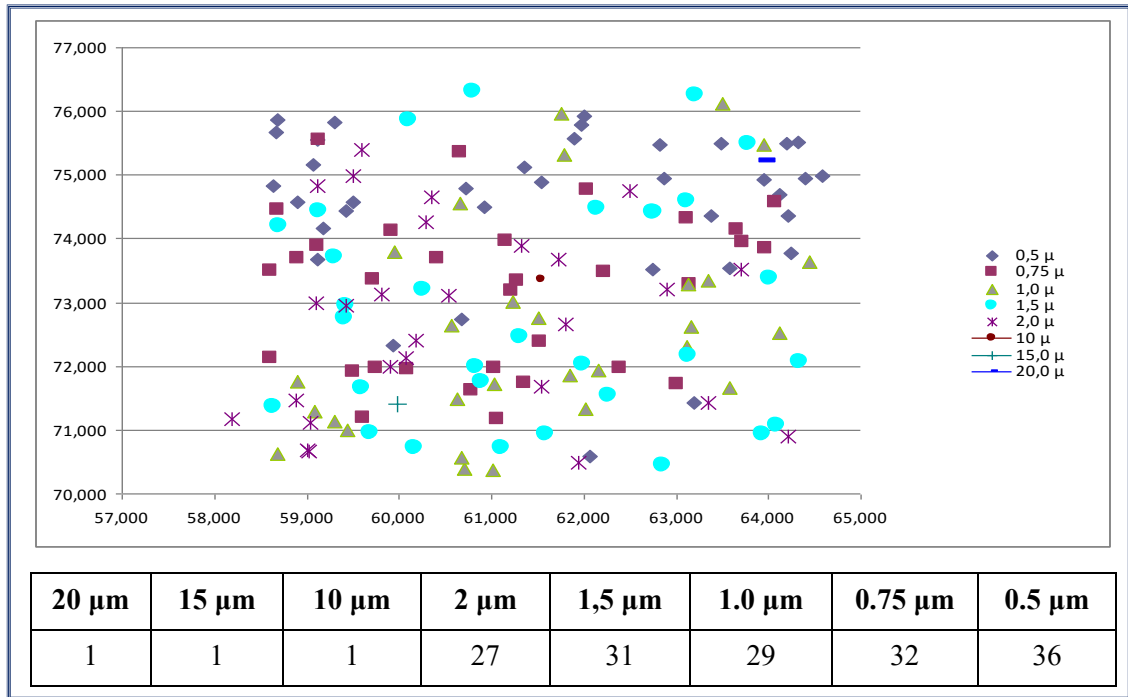
|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 285 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,727 | 74,800 | 0,50 | 21,40 | 22,45 | 24,21 |
| 286 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,351 | 75,130 | 0,50 | 24,69 | 25,58 | 23,63 |
| 287 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,538 | 74,888 | 0,50 | 22,66 | 24,48 | 21,56 |
| 288 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,875 | 74,948 | 0,50 | 25,72 | 26,56 | 25,03 |
| 289 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,953 | 74,920 | 0,50 | 25,73 | 26,18 | 23,80 |
| 290 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,391 | 74,955 | 0,50 | 23,85 | 22,72 | 22,11 |
| 291 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,587 | 74,991 | 0,50 | 24,59 | 28,33 | 17,37 |
| 292 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,819 | 75,475 | 0,50 | 21,56 | 23,35 | 22,49 |
| 293 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,483 | 75,489 | 0,50 | 24,92 | 18,58 | 29,61 |
| 298 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,191 | 75,501 | 0,50 | 24,04 | 28,74 | 21,24 |
| 299 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,325 | 75,522 | 0,50 | 27,14 | 25,11 | 21,43 |
| 300 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,668 | 75,680 | 0,50 | 23,63 | 23,34 | 24,90 |
| 301 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,119 | 75,547 | 0,50 | 23,08 | 26,06 | 24,00 |
| 302 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,308 | 75,833 | 0,50 | 26,53 | 28,31 | 19,70 |
| 303 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,892 | 75,566 | 0,50 | 20,31 | 21,06 | 24,86 |
| 304 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,970 | 75,796 | 0,50 | 22,26 | 26,48 | 21,14 |
| 305 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,006 | 75,932 | 0,50 | 22,66 | 23,75 | 23,48 |
| 34  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,605 | 71,191 | 0,75 | 28,55 | 22,10 | 26,18 |
| 62  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,743 | 71,978 | 0,75 | 27,59 | 27,52 | 24,54 |
| 65  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,349 | 71,738 | 0,75 | 25,90 | 28,39 | 21,35 |
| 107 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,224 | 73,196 | 0,75 | 22,14 | 23,72 | 27,69 |
| 118 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,711 | 73,354 | 0,75 | 25,39 | 27,75 | 25,33 |
| 123 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,220 | 73,481 | 0,75 | 23,91 | 27,25 | 29,21 |
| 125 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,142 | 73,285 | 0,75 | 29,53 | 24,09 | 23,67 |
| 130 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,902 | 73,705 | 0,75 | 27,35 | 25,90 | 25,46 |
| 131 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,118 | 73,887 | 0,75 | 27,47 | 22,40 | 28,18 |
| 135 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,158 | 73,964 | 0,75 | 29,04 | 26,44 | 20,83 |
| 158 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,683 | 74,451 | 0,75 | 22,78 | 21,36 | 34,49 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,035 | 74,773 | 0,75 | 21,96 | 30,50 | 24,08 |
| 169 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,072 | 74,575 | 0,75 | 17,43 | 25,84 | 27,63 |
| 190 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,660 | 75,350 | 0,75 | 27,07 | 30,61 | 23,02 |
| 201 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,126 | 75,545 | 0,75 | 21,73 | 21,76 | 29,82 |
| 247 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,059 | 71,182 | 0,75 | 23,37 | 21,72 | 23,58 |
| 248 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,784 | 71,622 | 0,75 | 23,17 | 22,15 | 22,84 |
| 250 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,011 | 71,730 | 0,75 | 24,00 | 24,88 | 23,48 |
| 253 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,508 | 71,922 | 0,75 | 24,35 | 17,82 | 28,96 |
| 254 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,083 | 71,957 | 0,75 | 21,63 | 26,64 | 27,65 |
| 255 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,025 | 71,972 | 0,75 | 26,11 | 19,42 | 29,65 |
| 256 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,397 | 71,974 | 0,75 | 26,19 | 17,89 | 25,44 |
| 257 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,607 | 72,136 | 0,75 | 28,10 | 20,38 | 22,67 |
| 259 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,520 | 72,388 | 0,75 | 24,25 | 23,30 | 26,65 |
| 264 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,605 | 73,502 | 0,75 | 22,71 | 20,76 | 25,06 |
| 265 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,279 | 73,351 | 0,75 | 24,66 | 22,17 | 24,47 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 269 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,416 | 73,694 | 0,75 | 31,80 | 27,02 | 7,94  |
| 270 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,973 | 73,858 | 0,75 | 25,82 | 28,62 | 23,79 |
| 271 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,721 | 73,943 | 0,75 | 19,28 | 27,50 | 24,45 |
| 276 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,111 | 74,327 | 0,75 | 24,81 | 27,93 | 24,09 |
| 277 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,657 | 74,153 | 0,75 | 24,99 | 26,93 | 22,79 |
| 273 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,917 | 74,117 | 0,75 | 26,74 | 18,26 | 27,02 |
| 8   | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,708 | 70,384 | 1,00 | 25,83 | 20,92 | 27,10 |
| 18  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,677 | 70,621 | 1,00 | 30,69 | 18,45 | 28,63 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,440 | 71,004 | 1,00 | 19,61 | 26,23 | 28,71 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,092 | 71,287 | 1,00 | 27,14 | 26,11 | 28,24 |
| 38  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,012 | 71,325 | 1,00 | 24,06 | 28,71 | 24,34 |
| 50  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,634 | 71,485 | 1,00 | 24,82 | 28,59 | 24,90 |
| 55  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,573 | 71,666 | 1,00 | 23,54 | 28,67 | 24,05 |
| 60  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,905 | 71,768 | 1,00 | 22,06 | 25,19 | 24,41 |
| 66  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,847 | 71,863 | 1,00 | 25,39 | 27,40 | 22,38 |
| 67  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,151 | 71,929 | 1,00 | 22,66 | 28,93 | 24,51 |
| 83  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,114 | 72,304 | 1,00 | 21,45 | 31,32 | 26,13 |
| 85  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,116 | 72,529 | 1,00 | 22,39 | 31,74 | 26,98 |
| 93  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,517 | 72,761 | 1,00 | 25,53 | 25,66 | 27,07 |
| 97  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,167 | 72,624 | 1,00 | 28,02 | 29,29 | 22,28 |
| 107 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,237 | 73,013 | 1,00 | 26,37 | 27,30 | 27,19 |
| 125 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,342 | 73,349 | 1,00 | 24,28 | 27,39 | 25,68 |
| 127 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,439 | 73,645 | 1,00 | 22,62 | 28,93 | 22,98 |
| 132 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,947 | 73,794 | 1,00 | 24,47 | 24,55 | 29,44 |
| 162 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,657 | 74,561 | 1,00 | 24,10 | 31,20 | 22,96 |
| 192 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,783 | 75,327 | 1,00 | 20,13 | 29,91 | 25,13 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,953 | 75,483 | 1,00 | 21,42 | 30,82 | 24,13 |
| 220 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,750 | 75,970 | 1,00 | 29,50 | 25,18 | 23,74 |
| 223 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,509 | 76,125 | 1,00 | 22,11 | 30,49 | 23,00 |
| 241 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,011 | 70,377 | 1,00 | 30,33 | 14,28 | 18,75 |
| 242 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,682 | 70,567 | 1,00 | 23,01 | 21,53 | 22,04 |
| 246 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,309 | 71,131 | 1,00 | 23,47 | 24,37 | 22,25 |
| 249 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,026 | 71,711 | 1,00 | 21,50 | 24,59 | 23,82 |
| 260 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,561 | 72,647 | 1,00 | 23,93 | 22,62 | 29,30 |
| 262 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,135 | 73,283 | 1,00 | 24,76 | 23,43 | 26,19 |
| 12  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,860 | 70,449 | 1,50 | 24,64 | 28,52 | 24,44 |
| 21  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,166 | 70,731 | 1,50 | 26,08 | 29,40 | 24,04 |
| 23  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,104 | 70,730 | 1,50 | 29,08 | 27,22 | 24,08 |
| 24  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,580 | 70,929 | 1,50 | 27,64 | 29,61 | 23,24 |
| 34  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,687 | 70,957 | 1,50 | 24,21 | 30,92 | 25,05 |
| 42  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,084 | 71,084 | 1,50 | 19,89 | 24,82 | 23,62 |
| 46  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,635 | 71,368 | 1,50 | 21,80 | 19,97 | 24,40 |
| 48  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,597 | 71,667 | 1,50 | 23,43 | 30,91 | 23,13 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 53  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,269 | 71,550 | 1,50 | 25,09 | 33,05 | 21,51 |
| 64  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,886 | 71,755 | 1,50 | 21,67 | 30,00 | 21,46 |
| 64  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,831 | 72,004 | 1,50 | 23,26 | 27,33 | 25,83 |
| 66  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,985 | 72,026 | 1,50 | 27,26 | 26,82 | 24,02 |
| 71  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,340 | 72,080 | 1,50 | 23,80 | 25,09 | 26,86 |
| 79  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,303 | 72,464 | 1,50 | 24,78 | 32,06 | 23,61 |
| 83  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,128 | 72,168 | 1,50 | 23,10 | 31,35 | 25,42 |
| 89  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,402 | 72,762 | 1,50 | 30,10 | 29,19 | 24,90 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,430 | 72,950 | 1,50 | 29,50 | 25,48 | 23,46 |
| 105 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,256 | 73,205 | 1,50 | 27,88 | 30,45 | 22,19 |
| 131 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,301 | 73,717 | 1,50 | 24,24 | 28,15 | 26,86 |
| 144 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,698 | 74,213 | 1,50 | 25,30 | 29,25 | 24,46 |
| 152 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,752 | 74,420 | 1,50 | 17,80 | 23,86 | 24,15 |
| 159 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,124 | 74,438 | 1,50 | 25,06 | 31,02 | 23,88 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,137 | 74,476 | 1,50 | 22,24 | 28,94 | 26,61 |
| 166 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,756 | 74,424 | 1,50 | 26,39 | 26,83 | 27,01 |
| 167 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,110 | 74,604 | 1,50 | 25,78 | 29,32 | 26,16 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,787 | 75,490 | 1,50 | 24,97 | 33,48 | 22,09 |
| 203 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,106 | 75,866 | 1,50 | 25,05 | 29,05 | 23,11 |
| 223 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,205 | 76,265 | 1,50 | 28,76 | 32,00 | 24,49 |
| 232 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,797 | 76,324 | 1,50 | 24,52 | 34,08 | 21,93 |
| 244 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,941 | 70,936 | 1,50 | 26,49 | 42,77 | 2,95  |
| 267 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,006 | 73,386 | 1,50 | 25,79 | 25,37 | 24,13 |
| 10  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,938 | 70,483 | 2,00 | 23,64 | 28,35 | 24,45 |
| 18  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,005 | 70,677 | 2,00 | 23,20 | 28,80 | 25,36 |
| 19  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,017 | 70,673 | 2,00 | 25,91 | 31,03 | 25,60 |
| 29  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,205 | 70,898 | 2,00 | 22,95 | 34,97 | 21,86 |
| 31  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,191 | 71,178 | 2,00 | 25,77 | 33,40 | 21,83 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,038 | 71,121 | 2,00 | 27,03 | 31,31 | 22,12 |
| 46  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,883 | 71,460 | 2,00 | 24,06 | 31,96 | 23,80 |
| 77  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,075 | 72,127 | 2,00 | 23,70 | 21,61 | 21,48 |
| 77  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,180 | 72,401 | 2,00 | 25,12 | 30,63 | 25,17 |
| 94  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,796 | 72,660 | 2,00 | 24,41 | 29,23 | 23,97 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,429 | 72,948 | 2,00 | 23,65 | 28,20 | 22,89 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,106 | 72,982 | 2,00 | 26,20 | 30,87 | 24,00 |
| 104 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,806 | 73,124 | 2,00 | 20,64 | 27,65 | 24,36 |
| 106 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,542 | 73,110 | 2,00 | 31,63 | 32,79 | 27,20 |
| 110 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,893 | 73,207 | 2,00 | 23,61 | 25,81 | 20,82 |
| 126 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,704 | 73,521 | 2,00 | 26,19 | 29,57 | 24,30 |
| 135 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,327 | 73,888 | 2,00 | 28,06 | 29,96 | 24,15 |
| 147 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,296 | 74,264 | 2,00 | 21,72 | 30,25 | 26,37 |
| 161 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,348 | 74,653 | 2,00 | 24,04 | 34,45 | 21,95 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,494 | 74,749 | 2,00 | 26,68 | 30,74 | 22,30 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |       |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 173 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,109 | 74,825 | 2,00  | 21,39 | 28,14 | 21,65 |
| 174 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,505 | 74,981 | 2,00  | 22,68 | 30,97 | 27,77 |
| 188 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,601 | 75,403 | 2,00  | 25,16 | 27,21 | 19,24 |
| 51  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,546 | 71,691 | 2,00  | 24,92 | 29,27 | 24,99 |
| 55  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,354 | 71,432 | 2,00  | 28,69 | 29,73 | 24,72 |
| 62  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,904 | 71,997 | 2,00  | 26,12 | 28,05 | 22,58 |
| 136 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,722 | 73,670 | 2,00  | 25,22 | 30,06 | 26,62 |
| 122 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,543 | 73,360 | 10,00 | 26,27 | 33,69 | 23,39 |
| 48  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,981 | 71,406 | 15,00 | 27,30 | 27,76 | 22,69 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,896 | 75,225 | 20,00 | 28,53 | 31,00 | 24,17 |

Analizde bulunan atış artıklarının numune üzerindeki yeri, sayısı ve büyüklükleri Grafik 3.10'da gösterilmiştir.



**Grafik 3.10.** Optimizasyon koşulları ile yapılan analiz sonucu bulunan tanecik boyutunun ve bölgesinin gösterimi.

Grafik 3.10'dan da görüleceği üzere, bulunan 158 atış artığının 1'er tanesi 20, 15 ve 10  $\mu\text{m}$  boyutlarında, 27 tanesi 2  $\mu\text{m}$  boyutunda, 31 tanesi 1.5  $\mu\text{m}$ , 29 tanesi 1  $\mu\text{m}$ , 32 tanesi 0.75  $\mu\text{m}$  ve 36 tanesi de 0,5  $\mu\text{m}$  boyutunda olduğu tespit edilmiştir.

### 3.2.4. SEM-06 Kodlu Cihazda Cu-Grid Kalibrasyon Standartı ile Optimum Koşullarda Yapılan Analizlerde Elde Edilen Sonuçlar

SEM-06 kodlu cihazda Cu-Grid kalibrasyon standardı kullanılarak numune üzerinde yapılan artış analizine ait bulgular Çizelge 3.5'de gösterilmiştir. Toplam 158 partükül belirlenmiş, hepsinin yapasının "characteristic" olduğu ve atış artığı şeklinde değerlendirildiği belirlenmiştir.

**Çizelge 3.5.** Optimum Koşullarda SEM-06 cihazı ile analiz sonucu bulunan tanecik boyutunun ve bölgesinin gösterimi.

| Field | Rank           | Sb<br>Ba<br>Pb | Ba<br>Sb | Pb<br>Sb | Pb | Fe | Stage X<br>(mm) | Stage Y<br>(mm) | ECD<br>( $\mu\text{m}$ ) | Sb<br>(Wt%) | Ba<br>(Wt%) | Pb<br>(Wt%) |
|-------|----------------|----------------|----------|----------|----|----|-----------------|-----------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 126   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,579          | 73,542          | 0,50                     | 21,75       | 30,62       | 20,88       |
| 141   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,238          | 73,768          | 0,50                     | 26,82       | 23,39       | 25,99       |
| 145   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,180          | 74,167          | 0,50                     | 20,63       | 32,18       | 21,74       |
| 172   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,643          | 74,827          | 0,50                     | 26,30       | 20,97       | 27,84       |
| 187   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,068          | 75,154          | 0,50                     | 24,47       | 26,22       | 25,35       |
| 200   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,691          | 75,874          | 0,50                     | 25,76       | 24,79       | 24,22       |
| 243   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,058          | 70,579          | 0,50                     | 20,84       | 23,15       | 22,11       |
| 252   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,187          | 71,433          | 0,50                     | 27,98       | 25,62       | 19,22       |
| 258   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,938          | 72,321          | 0,50                     | 27,72       | 17,95       | 26,98       |
| 261   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,671          | 72,736          | 0,50                     | 26,27       | 21,70       | 28,44       |
| 266   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,740          | 73,516          | 0,50                     | 27,05       | 22,90       | 10,38       |
| 268   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,117          | 73,676          | 0,50                     | 20,41       | 20,72       | 28,56       |
| 275   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,378          | 74,352          | 0,50                     | 25,28       | 23,53       | 25,87       |
| 278   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,219          | 74,362          | 0,50                     | 21,76       | 30,42       | 15,79       |
| 279   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,903          | 74,577          | 0,50                     | 23,04       | 22,52       | 24,31       |
| 280   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,419          | 74,438          | 0,50                     | 22,74       | 20,66       | 23,59       |
| 281   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,500          | 74,579          | 0,50                     | 26,27       | 25,76       | 27,03       |
| 282   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,922          | 74,505          | 0,50                     | 21,95       | 19,65       | 23,24       |
| 284   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,125          | 74,687          | 0,50                     | 21,91       | 29,28       | 21,87       |
| 285   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,727          | 74,800          | 0,50                     | 21,40       | 22,45       | 24,21       |

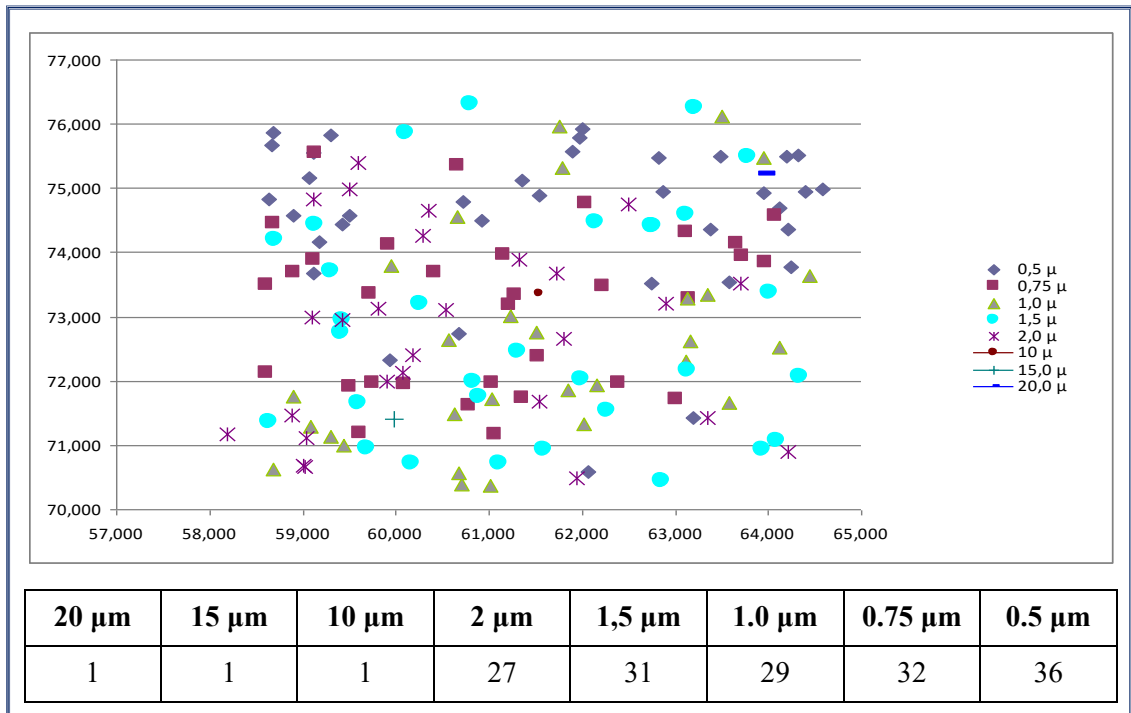
|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 286 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,351 | 75,130 | 0,50 | 24,69 | 25,58 | 23,63 |
| 287 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,538 | 74,888 | 0,50 | 22,66 | 24,48 | 21,56 |
| 288 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,875 | 74,948 | 0,50 | 25,72 | 26,56 | 25,03 |
| 289 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,953 | 74,920 | 0,50 | 25,73 | 26,18 | 23,80 |
| 290 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,391 | 74,955 | 0,50 | 23,85 | 22,72 | 22,11 |
| 291 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,587 | 74,991 | 0,50 | 24,59 | 28,33 | 17,37 |
| 292 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,819 | 75,475 | 0,50 | 21,56 | 23,35 | 22,49 |
| 293 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,483 | 75,489 | 0,50 | 24,92 | 18,58 | 29,61 |
| 298 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,191 | 75,501 | 0,50 | 24,04 | 28,74 | 21,24 |
| 299 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,325 | 75,522 | 0,50 | 27,14 | 25,11 | 21,43 |
| 300 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,668 | 75,680 | 0,50 | 23,63 | 23,34 | 24,90 |
| 301 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,119 | 75,547 | 0,50 | 23,08 | 26,06 | 24,00 |
| 302 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,308 | 75,833 | 0,50 | 26,53 | 28,31 | 19,70 |
| 303 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,892 | 75,566 | 0,50 | 20,31 | 21,06 | 24,86 |
| 304 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,970 | 75,796 | 0,50 | 22,26 | 26,48 | 21,14 |
| 305 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,006 | 75,932 | 0,50 | 22,66 | 23,75 | 23,48 |
| 34  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,605 | 71,191 | 0,75 | 28,55 | 22,10 | 26,18 |
| 62  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,743 | 71,978 | 0,75 | 27,59 | 27,52 | 24,54 |
| 65  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,349 | 71,738 | 0,75 | 25,90 | 28,39 | 21,35 |
| 107 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,224 | 73,196 | 0,75 | 22,14 | 23,72 | 27,69 |
| 118 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,711 | 73,354 | 0,75 | 25,39 | 27,75 | 25,33 |
| 123 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,220 | 73,481 | 0,75 | 23,91 | 27,25 | 29,21 |
| 125 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,142 | 73,285 | 0,75 | 29,53 | 24,09 | 23,67 |
| 130 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,902 | 73,705 | 0,75 | 27,35 | 25,90 | 25,46 |
| 131 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,118 | 73,887 | 0,75 | 27,47 | 22,40 | 28,18 |
| 135 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,158 | 73,964 | 0,75 | 29,04 | 26,44 | 20,83 |
| 158 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,683 | 74,451 | 0,75 | 22,78 | 21,36 | 34,49 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,035 | 74,773 | 0,75 | 21,96 | 30,50 | 24,08 |
| 169 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,072 | 74,575 | 0,75 | 17,43 | 25,84 | 27,63 |
| 190 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,660 | 75,350 | 0,75 | 27,07 | 30,61 | 23,02 |
| 201 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,126 | 75,545 | 0,75 | 21,73 | 21,76 | 29,82 |
| 247 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,059 | 71,182 | 0,75 | 23,37 | 21,72 | 23,58 |
| 248 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,784 | 71,622 | 0,75 | 23,17 | 22,15 | 22,84 |
| 250 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,011 | 71,730 | 0,75 | 24,00 | 24,88 | 23,48 |
| 253 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,508 | 71,922 | 0,75 | 24,35 | 17,82 | 28,96 |
| 254 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,083 | 71,957 | 0,75 | 21,63 | 26,64 | 27,65 |
| 255 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,025 | 71,972 | 0,75 | 26,11 | 19,42 | 29,65 |
| 256 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,397 | 71,974 | 0,75 | 26,19 | 17,89 | 25,44 |
| 257 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,607 | 72,136 | 0,75 | 28,10 | 20,38 | 22,67 |
| 259 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,520 | 72,388 | 0,75 | 24,25 | 23,30 | 26,65 |
| 264 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,605 | 73,502 | 0,75 | 22,71 | 20,76 | 25,06 |
| 265 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,279 | 73,351 | 0,75 | 24,66 | 22,17 | 24,47 |
| 269 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,416 | 73,694 | 0,75 | 31,80 | 27,02 | 7,94  |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 270 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,973 | 73,858 | 0,75 | 25,82 | 28,62 | 23,79 |
| 271 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,721 | 73,943 | 0,75 | 19,28 | 27,50 | 24,45 |
| 276 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,111 | 74,327 | 0,75 | 24,81 | 27,93 | 24,09 |
| 277 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,657 | 74,153 | 0,75 | 24,99 | 26,93 | 22,79 |
| 273 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,917 | 74,117 | 0,75 | 26,74 | 18,26 | 27,02 |
| 8   | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,708 | 70,384 | 1,00 | 25,83 | 20,92 | 27,10 |
| 18  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,677 | 70,621 | 1,00 | 30,69 | 18,45 | 28,63 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,440 | 71,004 | 1,00 | 19,61 | 26,23 | 28,71 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,092 | 71,287 | 1,00 | 27,14 | 26,11 | 28,24 |
| 38  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,012 | 71,325 | 1,00 | 24,06 | 28,71 | 24,34 |
| 50  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,634 | 71,485 | 1,00 | 24,82 | 28,59 | 24,90 |
| 55  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,573 | 71,666 | 1,00 | 23,54 | 28,67 | 24,05 |
| 60  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,905 | 71,768 | 1,00 | 22,06 | 25,19 | 24,41 |
| 66  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,847 | 71,863 | 1,00 | 25,39 | 27,40 | 22,38 |
| 67  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,151 | 71,929 | 1,00 | 22,66 | 28,93 | 24,51 |
| 83  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,114 | 72,304 | 1,00 | 21,45 | 31,32 | 26,13 |
| 85  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,116 | 72,529 | 1,00 | 22,39 | 31,74 | 26,98 |
| 93  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,517 | 72,761 | 1,00 | 25,53 | 25,66 | 27,07 |
| 97  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,167 | 72,624 | 1,00 | 28,02 | 29,29 | 22,28 |
| 107 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,237 | 73,013 | 1,00 | 26,37 | 27,30 | 27,19 |
| 125 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,342 | 73,349 | 1,00 | 24,28 | 27,39 | 25,68 |
| 127 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,439 | 73,645 | 1,00 | 22,62 | 28,93 | 22,98 |
| 132 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,947 | 73,794 | 1,00 | 24,47 | 24,55 | 29,44 |
| 162 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,657 | 74,561 | 1,00 | 24,10 | 31,20 | 22,96 |
| 192 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,783 | 75,327 | 1,00 | 20,13 | 29,91 | 25,13 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,953 | 75,483 | 1,00 | 21,42 | 30,82 | 24,13 |
| 220 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,750 | 75,970 | 1,00 | 29,50 | 25,18 | 23,74 |
| 223 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,509 | 76,125 | 1,00 | 22,11 | 30,49 | 23,00 |
| 241 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,011 | 70,377 | 1,00 | 30,33 | 14,28 | 18,75 |
| 242 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,682 | 70,567 | 1,00 | 23,01 | 21,53 | 22,04 |
| 246 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,309 | 71,131 | 1,00 | 23,47 | 24,37 | 22,25 |
| 249 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,026 | 71,711 | 1,00 | 21,50 | 24,59 | 23,82 |
| 260 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,561 | 72,647 | 1,00 | 23,93 | 22,62 | 29,30 |
| 262 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,135 | 73,283 | 1,00 | 24,76 | 23,43 | 26,19 |
| 12  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,860 | 70,449 | 1,50 | 24,64 | 28,52 | 24,44 |
| 21  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,166 | 70,731 | 1,50 | 26,08 | 29,40 | 24,04 |
| 23  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,104 | 70,730 | 1,50 | 29,08 | 27,22 | 24,08 |
| 24  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,580 | 70,929 | 1,50 | 27,64 | 29,61 | 23,24 |
| 34  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,687 | 70,957 | 1,50 | 24,21 | 30,92 | 25,05 |
| 42  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,084 | 71,084 | 1,50 | 19,89 | 24,82 | 23,62 |
| 46  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,635 | 71,368 | 1,50 | 21,80 | 19,97 | 24,40 |
| 48  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,597 | 71,667 | 1,50 | 23,43 | 30,91 | 23,13 |
| 53  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,269 | 71,550 | 1,50 | 25,09 | 33,05 | 21,51 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 64  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,886 | 71,755 | 1,50 | 21,67 | 30,00 | 21,46 |
| 64  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,831 | 72,004 | 1,50 | 23,26 | 27,33 | 25,83 |
| 66  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,985 | 72,026 | 1,50 | 27,26 | 26,82 | 24,02 |
| 71  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,340 | 72,080 | 1,50 | 23,80 | 25,09 | 26,86 |
| 79  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,303 | 72,464 | 1,50 | 24,78 | 32,06 | 23,61 |
| 83  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,128 | 72,168 | 1,50 | 23,10 | 31,35 | 25,42 |
| 89  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,402 | 72,762 | 1,50 | 30,10 | 29,19 | 24,90 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,430 | 72,950 | 1,50 | 29,50 | 25,48 | 23,46 |
| 105 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,256 | 73,205 | 1,50 | 27,88 | 30,45 | 22,19 |
| 131 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,301 | 73,717 | 1,50 | 24,24 | 28,15 | 26,86 |
| 144 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,698 | 74,213 | 1,50 | 25,30 | 29,25 | 24,46 |
| 152 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,752 | 74,420 | 1,50 | 17,80 | 23,86 | 24,15 |
| 159 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,124 | 74,438 | 1,50 | 25,06 | 31,02 | 23,88 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,137 | 74,476 | 1,50 | 22,24 | 28,94 | 26,61 |
| 166 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,756 | 74,424 | 1,50 | 26,39 | 26,83 | 27,01 |
| 167 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,110 | 74,604 | 1,50 | 25,78 | 29,32 | 26,16 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,787 | 75,490 | 1,50 | 24,97 | 33,48 | 22,09 |
| 203 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,106 | 75,866 | 1,50 | 25,05 | 29,05 | 23,11 |
| 223 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,205 | 76,265 | 1,50 | 28,76 | 32,00 | 24,49 |
| 232 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,797 | 76,324 | 1,50 | 24,52 | 34,08 | 21,93 |
| 244 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,941 | 70,936 | 1,50 | 26,49 | 42,77 | 2,95  |
| 267 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,006 | 73,386 | 1,50 | 25,79 | 25,37 | 24,13 |
| 10  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,938 | 70,483 | 2,00 | 23,64 | 28,35 | 24,45 |
| 18  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,005 | 70,677 | 2,00 | 23,20 | 28,80 | 25,36 |
| 19  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,017 | 70,673 | 2,00 | 25,91 | 31,03 | 25,60 |
| 29  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,205 | 70,898 | 2,00 | 22,95 | 34,97 | 21,86 |
| 31  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,191 | 71,178 | 2,00 | 25,77 | 33,40 | 21,83 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,038 | 71,121 | 2,00 | 27,03 | 31,31 | 22,12 |
| 46  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,883 | 71,460 | 2,00 | 24,06 | 31,96 | 23,80 |
| 77  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,075 | 72,127 | 2,00 | 23,70 | 21,61 | 21,48 |
| 77  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,180 | 72,401 | 2,00 | 25,12 | 30,63 | 25,17 |
| 94  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,796 | 72,660 | 2,00 | 24,41 | 29,23 | 23,97 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,429 | 72,948 | 2,00 | 23,65 | 28,20 | 22,89 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,106 | 72,982 | 2,00 | 26,20 | 30,87 | 24,00 |
| 104 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,806 | 73,124 | 2,00 | 20,64 | 27,65 | 24,36 |
| 106 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,542 | 73,110 | 2,00 | 31,63 | 32,79 | 27,20 |
| 110 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,893 | 73,207 | 2,00 | 23,61 | 25,81 | 20,82 |
| 126 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,704 | 73,521 | 2,00 | 26,19 | 29,57 | 24,30 |
| 135 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,327 | 73,888 | 2,00 | 28,06 | 29,96 | 24,15 |
| 147 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,296 | 74,264 | 2,00 | 21,72 | 30,25 | 26,37 |
| 161 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,348 | 74,653 | 2,00 | 24,04 | 34,45 | 21,95 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,494 | 74,749 | 2,00 | 26,68 | 30,74 | 22,30 |
| 173 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,109 | 74,825 | 2,00 | 21,39 | 28,14 | 21,65 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |       |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 174 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,505 | 74,981 | 2,00  | 22,68 | 30,97 | 27,77 |
| 188 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,601 | 75,403 | 2,00  | 25,16 | 27,21 | 19,24 |
| 51  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,546 | 71,691 | 2,00  | 24,92 | 29,27 | 24,99 |
| 55  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,354 | 71,432 | 2,00  | 28,69 | 29,73 | 24,72 |
| 62  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,904 | 71,997 | 2,00  | 26,12 | 28,05 | 22,58 |
| 136 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,722 | 73,670 | 2,00  | 25,22 | 30,06 | 26,62 |
| 122 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,543 | 73,360 | 10,00 | 26,27 | 33,69 | 23,39 |
| 48  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,981 | 71,406 | 15,00 | 27,30 | 27,76 | 22,69 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,896 | 75,225 | 20,00 | 28,53 | 31,00 | 24,17 |

Analizde bulunan atış artıklarının numune üzerindeki yeri, sayısı ve büyüklükleri Grafik 3.11’de gösterilmiştir.

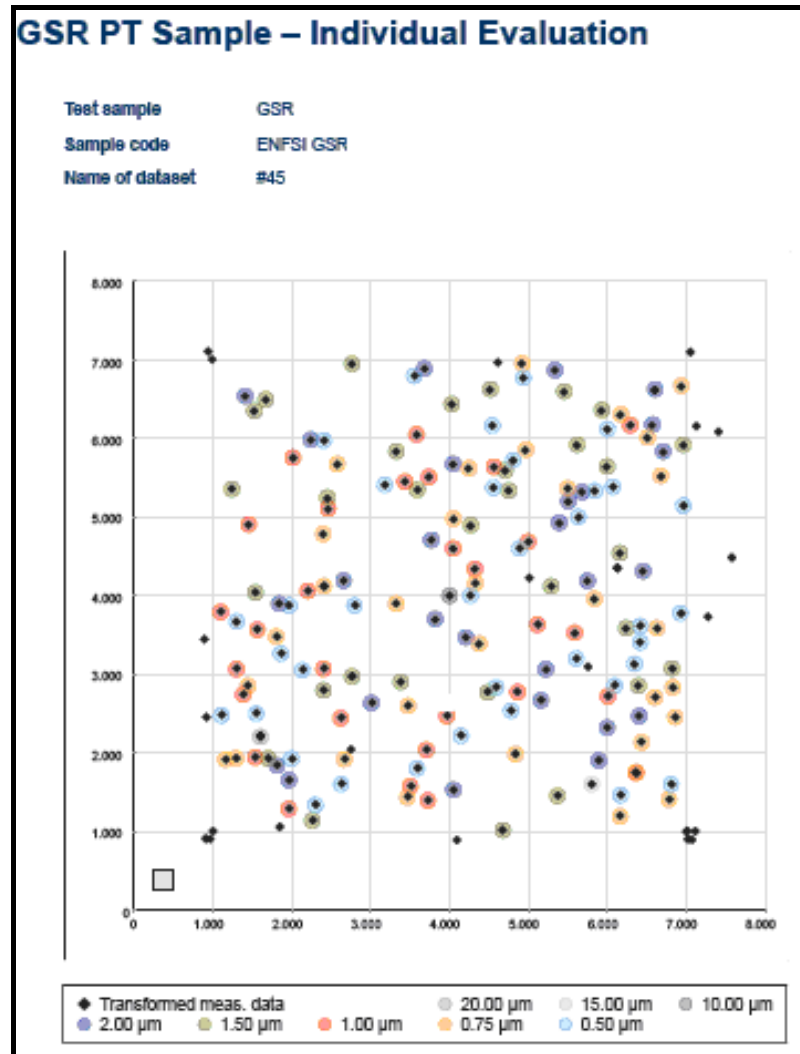


**Grafik 3.11.** Optimizasyon koşulları ile yapılan analiz sonucu bulunan tanecik boyutunun ve bölgesinin gösterimi.

Grafik 3.11’den de görüleceği üzere, bulunan 158 atış artığının 1’er tanesi 20, 15 ve 10 µm boyutlarında, 27 tanesi 2 µm boyutunda, 31 tanesi 1,5 µm, 29 tanesi 1 µm, 32 tanesi 0,75 µm ve 36 tanesi de 0,5 µm boyutunda olduğu tespit edilmiştir.

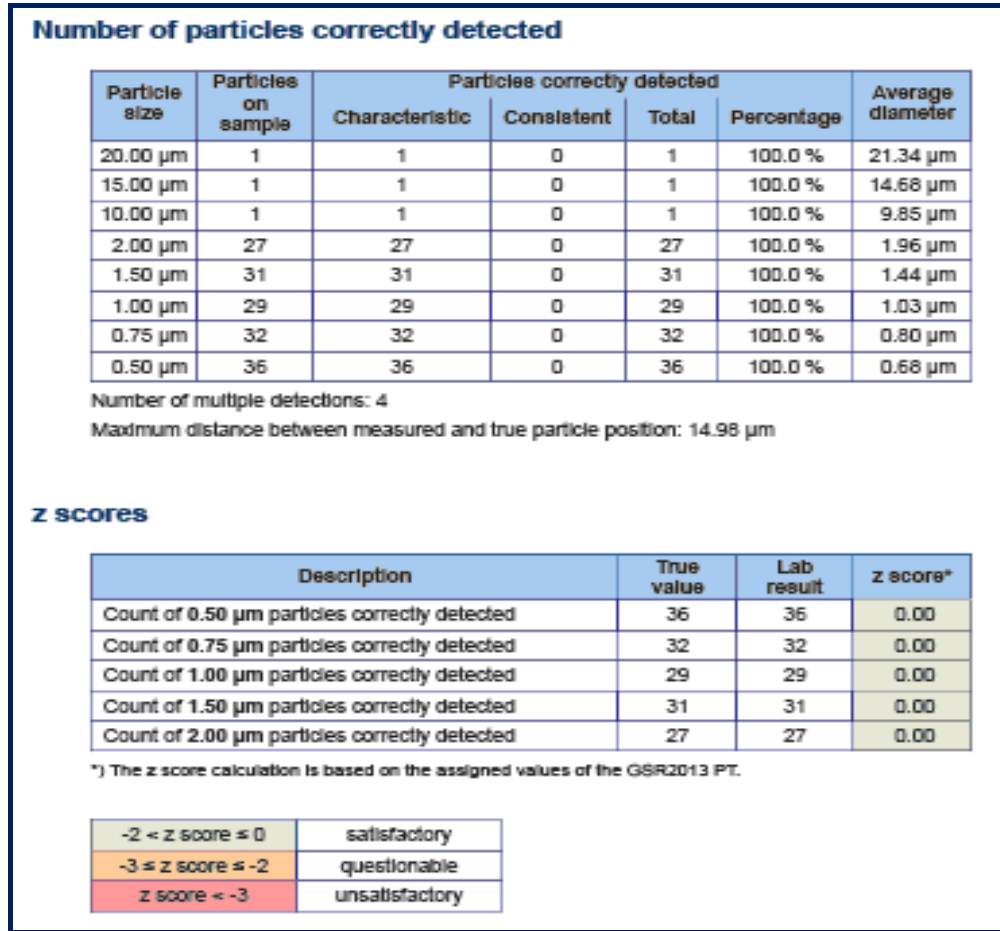
### 3.3. Cu-Grid Kalibrasyon Standardı İle Optimum Koşullarda 4 Farklı Cihazda Tespit Edilen Tanecik Sayısı

Mikroskoba ait parametrelerin optimum değerleri belirlendikten sonra bu değerlerle 4 farklı cihazla yapılan analizler ENFSI'ye gönderilmiştir. ENFSI'nin cevabına dair grafikler aşağıda verilmiştir. Grafik 3.12 ve 3.13'de tespit edilen partiküllerin durumu gösterilmekte olup 45 laboratuvar koduyla tüm partiküllerin tespit edildiği görülmektedir.



**Grafik 3.12.** ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) numunesi içerisinde bulunan atış artığı partiküllerinin boyutunun ve bölgesinin, analiz sonuçlarımızla birlikte gösterimi.

Grafik 3.12’de farklı renklerde, daire şeklinde ve farklı boyuttaki partiküller gösterilmekte, yapmış olduğumuz analizler neticesinde koordinatları tespit edilerek bildirilen partiküller ise daireler içerisindeki siyah noktalarla gösterilmektedir.



**Grafik 3.13.** ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) numunesi içerisinde bulunan atış artığı partiküllerinin miktarının ve boyutunun gösterimi ve analiz sonuçlarımızla karşılaştırılması

Özetle, Cu-Grid kalibrasyon standardına göre yapılan analizlerde bulunan tanecik sayı ve büyüklükleri ENFSI’nin cevabına göre karşılaştırmalı olarak Çizelge 3.6’da sunulmuştur.

**Çizelge 3.6.** SEM-03, SEM-04, SEM-05 ve SEM-06 kodlu X-Ray Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) ile standart GSR numunesinin analizinde elde edilen analiz sonuçları.

|               | 20 µm<br>(+/*) | 15 µm<br>(+/*) | 10 µm<br>(+/*) | 2 µm<br>(+/*) | 1,5 µm<br>(+/*) | 1.0 µm<br>(+/*) | 0.75 µm<br>(+/*) | 0.5 µm<br>(+/*) |
|---------------|----------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| <b>SEM-03</b> | 1/1            | 1/1            | 1/1            | 27/27         | 31/31           | 29/29           | 32/32            | 36/36           |
| <b>SEM-04</b> | 1/1            | 1/1            | 1/1            | 27/27         | 31/31           | 29/29           | 32/32            | 36/36           |
| <b>SEM-05</b> | 1/1            | 1/1            | 1/1            | 27/27         | 31/31           | 29/29           | 32/32            | 36/36           |
| <b>SEM-06</b> | 1/1            | 1/1            | 1/1            | 27/27         | 31/31           | 29/29           | 32/32            | 36/36           |

+ Analizler neticesinde bulunan tanecik sayısı.

\* ENFSI tarafından numune üzerinde bulunduğu bildirilen tanecik sayısı.

Çizelge 3.6'dan görüleceği üzere belirlenen optimum parametre değerleriyle Cu-Grid kalibrasyon standardında numune üzerindeki her boyuttaki artış artığının tamamı her 4 cihazda da bulunmuştur. Dolayısıyla yukarıdaki elde edilen sonuçların uyumlu, tekrarlanabilir, tekrar üretilebilir ve doğru sonuçlar verdiği görülmüştür.

### 3.4. Co-Au-Rh Kalibrasyon Standardı İle Optimum Koşullarda 4 Farklı Cihazda Tespit Edilen Tanecik Sayısı

Mikroskoba ait parametrelerin optimum değeri belirlendikten sonra bu değerlerle 4 farklı cihazla Co-Au-Rh kalibrasyon standardında yapılan ve sonuç çıktıları ekte bulunan analizlerde bulunan tanecik sayı ve büyüklükleri özet olarak Çizelge 3.7'de sunulmuştur. Bu Çizelgede ayrıca, analiz sonuçları ENFSI'ye gönderildikten sonra ENFSI'in kendi numunesi üzerine yerleştirdiği tanecik sayıları da bildirildiğinden, numune üzerindeki taneciklerin kaçının bulunabildiği hususu da gösterilmiştir.

**Çizelge 3.7.** SEM-03, SEM-04, SEM-05 ve SEM-06 kodlu X-Ray Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) ile standart GSR numunesinin analizinde elde edilen analiz sonuçları.

|               | 20 µm<br>(+/*) | 15 µm<br>(+/*) | 10 µm<br>(+/*) | 2 µm<br>(+/*) | 1,5 µm<br>(+/*) | 1.0 µm<br>(+/*) | 0.75 µm<br>(+/*) | 0.5 µm<br>(+/*) |
|---------------|----------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| <b>SEM-03</b> | 1/1            | 1/1            | 1/1            | 27/27         | 31/31           | 29/29           | 32/32            | 19/36           |
| <b>SEM-04</b> | 1/1            | 1/1            | 1/1            | 27/27         | 31/31           | 29/29           | 32/32            | 19/36           |
| <b>SEM-05</b> | 1/1            | 1/1            | 1/1            | 27/27         | 31/31           | 29/29           | 32/32            | 19/36           |
| <b>SEM-06</b> | 1/1            | 1/1            | 1/1            | 27/27         | 31/31           | 29/29           | 32/32            | 19/36           |

+ Analizler neticesinde bulunan tanecik sayısı.

\* ENFSI tarafından numune üzerinde bulunduğu bildirilen tanecik sayısı.

Çizelge 3.7’den görüleceği üzere, belirlenen optimum parametre değerleriyle Co-Au-Rh kalibrasyon standardında numune üzerindeki 0.5 µm hariç daha büyük diğer artış artıklarının tamamı her 4 cihazda da bulunmuştur. Dolayısıyla yukarıdaki elde edilen sonuçların uyumlu, tekrarlanabilir, tekrar üretilebilir ve doğru sonuçlar verdiği görülmüştür. Ancak yukarıdaki elde edilen sonuçlara göre 0.5 µm boyutundaki küçük partiküllerin bazılarının tespit edilemediği görülmektedir.

#### 4. TARTIŞMA

Ateşli silahların yaygın bir şekilde kullanımının artmasıyla birlikte, yaralanma ve ölümle sonuçlanan olaylarda, olaya karışan veya ateş eden şahısların giysileri üzerindeki ve söz konusu şahıslardan belirli bir süre içerisinde alınan el ve yüz svapları üzerindeki atış artıklarının tespiti bu tür olayların aydınlatılması bakımından önem taşımaktadır (Sarıbey ve Tarımcı 2006).

Çalışmamızın giriş bölümünde detayıyla verildiği üzere atış artığı analizlerinde farklı enstrümental analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Atış artığı analizinde kullanılan PIXE, MECC, HPLC, ASV, FAAS, MGT, STR, görüntü analizi yöntemi, AAAS, anodik sıyırma voltametrisi gibi yöntemler günümüzde pratik ve güvenilir sonuçlar vermemesi nedeniyle tercih edilmeyen yöntemlerdir. Jandarma Kriminal Daire Başkanlığı Laboratuvarlarında ve gelişmiş laboratuvarların birçoğunda X-Işınlı Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu ile atış artığı analiz yöntemi kullanılmaktadır.

Ateşli silahların kullanıldığı kriminal bir olayda, tanık ve sanık ifadelerinin gerçeklerle örtüşüp örtüşmediği, adaletten gizlenen unsurların olup olmadığı konularında atışın türü, fişegin çeşidi, atış mesafesi artıkları ve nitelikleri, olayda kullanılan ateşli silah ve atış yönü soruşturmacıya ışık tutar (Wenz 1991). Bu nedenle atış artıkları olay yeri incelemecileri için önemli bir delil, kriminal laboratuvarları için ise sürekli araştırılması ve hakkında çalışmalar yapılması gereken bir konudur. Bu çalışma ile de, Jandarma Kriminal Daire Başkanlığında atış artıkları analizi ile ilgili olarak en güncel ve bilimsel yöntem olan SEM/EDS cihazı ile atış artığı yöntemine yakın zamanda geçildiği için, bu analizin sağlıklı ve güvenilir şekilde yapıp yapılmadığını belirlemek, tüm delilleri güvenilir şekilde ortaya çıkaran cihaza ait parametre değerlerini tespit etmek için araştırmamızda bu yöntem ele alınmıştır. Bu çalışmayla, atış artığı analizlerinde cihaz ve program parametre değişimlerinin sonuçları nasıl etkilediği gösterilmiş ve optimum çalışma parametre değerleri belirlenmiştir. Ayrıca belirlenen parametre optimum değerleri kullanılarak 4 farklı

X-Işınlı Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) cihazı ve farklı uzmanlarla çalışarak, standart numune üzerinde yaklaşık 300'e yakın analiz yapılarak sonuçların uyumlu, tekrarlanabilir, tekrar üretilebilir ve doğru sonuçlar verdiği görülmüştür.

SEM-03 kodlu X-Ray Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) ile standart GSR numunesi üzerinde her bir parametre değeri ile 4 farklı cihazda, 2 farklı kalibrasyon standartı ile 3 tekrarlı çalışmalar yapılmış maksimum tanecik sayısı tespit edilen değerler belirlenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Bulgular bölümünde Çizelge olarak verilmeyen Apertueresa Size: 30  $\mu$ m, EHT: 20kV, Filament: Tungsten, Constrast/Brightness:30-50/40-60, Spot size:450, Dead Time: %30-50 parametre değerlerinin sonuçlar üzerinde çok farklı etkilerinin olmadığı görülmüş filament ömrü ile ilgili olarak bu değerlerin değişkenlik gösterebileceği tecrübe edilmiş ve aşağıdaki değer aralıklarında olmasının yeterli olduğu görülmüştür.

**Tablo 4.1.** Parametrelere ait Belirlenen Optimum Değerler

| SEM-EDS                                             | INCA Software                        |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Dedektör Cinsi: BSD (Back Scattered Dedektör): High | Process Time: 5                      |
| Constrast/Brightness:30-50/40-60                    | Spectrum range(Kev):0-20             |
| Çözünürlük:2048x1536                                | Number of Channels: 1K               |
| Filament:Tungsten                                   | Whole Feature: OK                    |
| Apertueresa Size: 30 $\mu$ m                        | Passes:1                             |
| EHT:20kV                                            | Pass 1 livetime (Secs): 2            |
| Spot size:450                                       | Pass 2 Additional livetime (Secs): 5 |
| Magnification:600                                   | Magnification:600                    |
| Working Distance:8,5-9 mm                           | First Pass İmage:3 Microsecond       |
| Scan Speed:5 (4-5)                                  | Second Pass İmage:30 Microsecond     |
| Dead Time: %30-50                                   | Dead Time: %30-50                    |
| Kalibrasyon Standardı                               | Cu-Grid                              |

Adli bilimler alanında ülkemizde kullanılan AAS gibi diğer yöntemlerin hızlı bir şekilde terkedilerek X-Işınlı Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) ile atış artığı analiz yöntemine geçilmesi gerekmektedir. Çünkü X-Işınlı Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) ile atış artığı yönteminde uluslararası ASTM standardı kullanılmakta bu standart gereği ateşli silahtan kaynaklı artıklar karakteristik ve uyumlu partiküller olarak tanımlanmaktadır. Karakteristik olarak belirlenen yapıların sadece ateşli silahtan kaynaklanabilecek artıklar olduğu belirtilmektedir. Bu durum adli vakalarda bulaşma ve çevresel kaynaklı olabilecek tespitleri ortadan kaldırmaktadır. Ancak özellikle ülkemizde bulunan adli bilimler laboratuvarında kullanılan AAS yönteminde elementlerin tek tek analiz edilmesi çevresel kaynaklı bulaşmalara sebebiyet vereceğini bu durumda adli makamlarca yanlış sonuçların alınmasına neden olabileceği görülmektedir. Çalışmamızda da her boyuttaki atış artıklarının tamamı bulunarak, bu yöntemin uygun ve geçerli olduğu gösterilmiştir. Tüm bulunan partiküllerin “karakteristik” oldukları ve atış artıkları olduğu görülmüştür.

Diğer yöntemlerin kullanılmasından kaynaklı daha önceden karşılaşılan problemlerin olduğu bilinmektedir. Özellikle FBI tarafından atış artığı analizlerinin hatalı yapıldığı belirlenerek belli bir süre bu analizleri yapamama kararı alınmıştır. Bu da tüm yargı sisteminde ve özellikle önemli davalarda şüpheli durumlar yaratmıştır. Çünkü, FBI’ın halen Türkiye’de de yaygın şekilde kullanılmakta olan FAAS ile analiz yaptığından, bu yöntemin duyarlılığın yeterli olmaması, ateş edildikten 2-3 saat içerisinde ellerden örnek alınamazsa bir şey bulunamaması, ayrıca ellerin yıkanması, hatta birbirine sürtülmesi bile sonuçların negatif çıkmasına yol açması ve kişinin ateş etmiş olduğu halde saptanamaması, öte yandan da bu tekniğin metalleri ayrı ayrı saptadığından, el üzerinde bulunmaları, mutlaka bir silahtan kaynaklandığını kanıtlayamaması gibi nedenlerle analizlerinin güvenilirliği ve geçerliliği sorgulanmış ve analiz yapmamaya kadar götürmüş bir durumdur. Bu nedenle, analizler için 300.000’e varan büyütme gücü ile tek bir atış artığı taneciğini gösterebilecek kadar duyarlı ve bu tanecikteki elementlerin, yani kurşun, antimon ve baryumun oranını belirleyecek niteliğe sahip olduğundan SEM-EDS’lerin kullanımına geçilmesi ile birlikte FBI tekrar atış artığı

incelemesi yapmaya başlamıştır. Ülkemizde adli bilim laboratuvarlarının halen eski analiz yöntemlerini kullandıkları göz önünde bulundurulduğunda bu çalışmanın önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) ile atış artığı analiz yöntemi ülkemizde sadece Jandarma Kriminal Laboratuvarında kullanılmaktadır. Bu çalışmayla, ülkemizde bu analizlerin standartının oluşturulması sağlanmış, bu yöntemi kullanmaya başlayacaklara geçerli ve güvenilir analiz yapmaları için rehber oluşturulmuştur.

ASTM Designation:E1588-10E1 Standard Guide for Gunshot Residue Analysis by Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-Ray Spectrometry standardı gereği atış artığı partikülleri karakteristik ve uyumlu partiküller olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlamada sadece ateşli silahtan kaynaklı oluşabilecek üçlü kombinasyon dediğimiz Pb, Sb ve Ba elementinin karakteristik olarak tanımlandığını, bunun sebebinin ise bu üçlü yapının ateşli silah kaynağı dışında herhangi bir yapıda bulunma olasılığının olmadığı, çevresel bulaşma gibi nedenlerden kaynaklanma olasılığı bulunmadığıdır. Uyumlu partiküller ise ikili kombinasyonlar olan Pb-Sb, Pb-Ba, Sb-Ba, Pb-Al vb. gibi çevresel kaynaklarda bulunma olasılığı yüksek olan partiküllerdir. Elde edilen tecrübeler sonucunda adli raporlama sürecinde atış artığı tespiti yapabilmek için tek karakteristik yapının olması gerektiği tarafımızca değerlendirilmektedir.

Atış artığı incelemelerinde AAS yönteminde kullanılan atış artığı transferini sağlayan flaster bantların bulaşmaya açık olması ve tek analiz sonucunda tekrar kullanılabilme durumunun olmaması X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) ile atış artığı analizlerine kıyasla dezavantaj oluşturmaktadır. X-Ray Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) ile yapılan analizlerde numuneler birçok kez analize tabi tutulabilmektedir.

Ayrıca X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) yöntemini kullanan adli laboratuvarlara gelen numunelerinin sağ el iç – sağ el dış, sol el iç –sol el dış, sağ yüz ve sol yüz olacak şekilde incelenerek “silahı tutmuştur” veya “bu kişi ateş etmiştir” şeklinde yapılan yorumların yanlış olduğu düşünülmektedir. Çünkü küçük el hareketleri ile atış artıkları elin içi veya dışına bulaşabilmektedir. Bu durumun adli makamları yanlış yönlendirmeye sebebiyet vereceğinden dolayı adli vakalarda sağ el, sol el ve yüz şeklinde svap alınmasının yeterli olacağı değerlendirilmektedir.

Adli laboratuvarlar tarafından raporlama sürecinde atomik absorpsiyon spektrometresi yöntemi ile atış artığı analizlerinde yapılan değerlendirmelerde gönderilen svaplar üzerinde “sb elementi” veya “sb, pb, ba elementleri”nin tespit edildiği şeklinde raporlar verilmektedir. Bu durum mahkemeler tarafından yanlış yorumlanmakta veya çevresel kaynaklı olma ihtimalinde muhtemel olması neticesinde olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Ancak X-ışını analizörlü enerji dağılımlı otomatik taramalı elektron mikroskopi tekniği raporlama sürecinde ise ateşli silah kaynağı dışında bulaşma ihtimali olmayan karakteristik yapılar tespit edildiği için “atış artığı tespit edilmiştir” şeklinde daha net sonuç bildirilerek uzman haricinde yapılabilecek farklı yorumlamaları ortadan kaldırmaktadır.

Belirlemiş olduğumuz bu çalışmadaki parametre değerleri sayesinde, kişi kullanım farkından kaynaklanabilecek farklılıklar kaldırılarak, yöntem sistematik hale getirilmiştir. Diğer laboratuvarlar tarafından da çalışmamızda elde ettiğimiz standardize edilmiş koşullar uygulandığı takdirde % 100 başarılı sonuçlar alınabileceği değerlendirilmiştir.

Bizim yöntemimizde de olduğu gibi iki kalibrasyon standartı ile atış artığı analizleri yapılabilmektedir. Co-Au-Rh veya CU-grid kalibrasyon standartlarından hangisinin kullanılacağına ise olayın türü, olayın oluş şekli, aciliyet durumu, hızlı sonuç istenmesi gibi koşul ve şartlara göre tercih edilebilir olması önemlidir. Co-Au-Rh kalibrasyon standartı kullanılacak olaylarda küçük mikron çapındaki partikülleri

tespit edebilmek için uygun standart olmayacağından Cu-Grid tercih edilmelidir. Örneğin intihar vakalarında birçok karakteristik yapı tespit edilebilmekte bu tür olay numunelerinin analizinde Co-Au-Rh kalibrasyon standardı kullanılabilir. Bu durum adli laboratuvarın iş yükü ve yoğunluğuna göre belirlenmelidir.

Her ne kadar analiz sonuçlarına göre kit üzerindeki tüm artış artıkları bulunmuş ve parametrelerin geçerliliği ve güvenilirliği test edilmiş ise de; 27 farklı ülkeden 57 adli bilimler laboratuvarları ile karşılaştırma yapılarak başarı durumumuzun bir kez daha gösterilmesinde fayda görülmektedir.

Grafik 4.1’de ENFSI kapsamında aynı cihazla atış artığı analizi yapan 28 ülkeden 57 adli bilimler laboratuvarının listesi sunulmaktadır. Türkiye’den tek Jandarma Kriminal Daire Başkanlığı Laboratuvarı katılmış ve ülke sıralamasına göre 50’nci sırada ismi yer almaktadır. Ancak analiz sonuçlarında laboratuvarımız, 45 kod numarasıyla belirtilmiş durumdadır.

| 7 Appendices                                      |  |  | No. | Laboratory / Agency                                                   | Country        |
|---------------------------------------------------|--|--|-----|-----------------------------------------------------------------------|----------------|
| 7.1 List of all participating laboratories        |  |  | 29  | Arma dei Carabinieri, Reparto Investigazioni Scientifiche di Cagliari | Italy          |
| Table 7-1: List of all participating laboratories |  |  | 30  | Arma dei Carabinieri, Reparto Investigazioni Scientifiche di Messina  | Italy          |
|                                                   |  |  | 31  | Arma dei Carabinieri, Reparto Investigazioni Scientifiche di Parma    | Italy          |
|                                                   |  |  | 32  | Arma dei Carabinieri, Reparto Investigazioni Scientifiche di Roma     | Italy          |
|                                                   |  |  | 33  | Direzione Centrale Anticrimine, Servizio polizia scientifica          | Italy          |
|                                                   |  |  | 34  | Gabinetto Interregionale di Polizia Scientifica per Campania e Molise | Italy          |
|                                                   |  |  | 35  | Forensic Center Montenegro                                            | Montenegro     |
|                                                   |  |  | 36  | Nederlands Forensisch Instituut                                       | Netherlands    |
|                                                   |  |  | 37  | National Criminal Investigation Service, Norway                       | Norway         |
|                                                   |  |  | 38  | Laboratorio de Policia Cientifica                                     | Portugal       |
|                                                   |  |  | 39  | Health Science Authority                                              | Singapore      |
|                                                   |  |  | 40  | National Forensic Laboratory, Police                                  | Slovenia       |
|                                                   |  |  | 41  | Advanced Laboratory Solutions                                         | South Africa   |
|                                                   |  |  | 42  | Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses                 | Spain          |
|                                                   |  |  | 43  | Policia de la Generalitat de Catalunya - Mossos d'Esquadra            | Spain          |
|                                                   |  |  | 44  | Servicio de Criminalística de la Guardia Civil                        | Spain          |
|                                                   |  |  | 45  | Swedish National Laboratory of Forensic Science                       | Sweden         |
|                                                   |  |  | 46  | Forensisches Institut Zürich                                          | Switzerland    |
|                                                   |  |  | 47  | Kantonspolizei Aargau                                                 | Switzerland    |
|                                                   |  |  | 48  | Kantonspolizei St. Gallen                                             | Switzerland    |
|                                                   |  |  | 49  | Microscan Service SA                                                  | Switzerland    |
|                                                   |  |  | 50  | Gendarmerie Forensic Institute                                        | Turkey         |
|                                                   |  |  | 51  | Forensic Science Northern Ireland                                     | United Kingdom |
|                                                   |  |  | 52  | Key Forensic Services Limited                                         | United Kingdom |
|                                                   |  |  | 53  | LGC Forensics LTD                                                     | United Kingdom |
|                                                   |  |  | 54  | Orchid Cellmark Ltd                                                   | United Kingdom |
|                                                   |  |  | 55  | Scottish Police Services Authority Forensic Services Glasgow          | United Kingdom |
|                                                   |  |  | 56  | Illinois State Police                                                 | USA            |
|                                                   |  |  | 57  | Sacramento County Crime Lab                                           | USA            |

**Grafik 4.1.** ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) testine katılım sağlayan laboratuvarlar.

Grafik 4.2'te de laboratuvarların 0.5-2 mikron aralığındaki atış artıklarını bulma durumları gösterilmiştir.

| Lab code | 2.0 µm | 1.5 µm | 1.0 µm | 0.75 µm | 0.5 µm |
|----------|--------|--------|--------|---------|--------|
| #01      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| #02      | 0.00   | -1.32  | -0.44  |         |        |
| #03      | -1.48  | -2.63  | -0.44  | -0.63   | -1.11  |
| #04      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| #05      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    |        |
| #06      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | -0.31   | -1.94  |
| #07      | 0.00   | -0.66  | 0.00   | 0.00    | -0.28  |
| #08      | 0.00   | 0.00   | -0.44  | 0.00    | 0.00   |
| #09      | -2.96  | 0.00   | -0.87  |         |        |
| #10      | 0.00   | -1.97  | 0.00   | -1.25   | -6.94  |
| #11      | -1.48  | -1.32  |        |         |        |
| #12      | 0.00   | -0.66  | -0.44  | -0.31   | -3.61  |
| #13      | 0.00   | -0.66  | -0.44  | -1.56   | -10.00 |
| #14      | 0.00   | -0.66  | 0.00   |         |        |
| #15      | -1.48  | -1.97  | -1.31  | -3.13   | -9.72  |
| #16      | -1.48  | 0.00   | 0.00   |         |        |
| #17      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| #18      | -1.48  | -3.29  | -11.80 | -10.00  | -10.00 |
| #19      | -1.48  | -1.97  | -9.61  | -8.44   | -10.00 |
| #20      | -1.48  | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| #21      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| #22      | -2.96  | -1.97  | -5.68  | -9.69   | -10.00 |
| #23      | 0.00   | 0.00   | -0.44  | -0.31   | -1.39  |
| #24      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | -8.61  |
| #25      | 0.00   | 0.00   | -4.37  |         |        |
| #26      | -7.40  | -1.97  |        |         |        |
| #27      | 0.00   | 0.00   | -0.44  |         |        |
| #28      | 0.00   | -1.97  | -10.49 | -9.69   | -10.00 |
| #29      | -4.44  | -10.52 | -12.67 | -10.00  | -10.00 |
| #30      | 0.00   | -0.66  | -0.44  | -9.69   | -10.00 |

\* Due to a too small analysis area the assessment of the laboratories' performance in GSR2013 was negatively affected since several particles have not been detected.

| Lab code | 2.0 µm | 1.5 µm | 1.0 µm | 0.75 µm | 0.5 µm |
|----------|--------|--------|--------|---------|--------|
| #31      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | -0.31   | -6.11  |
| #32      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | -0.28  |
| #33      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | -4.72  |
| #34      | 0.00   | -1.32  | 0.00   | -0.63   | -8.89  |
| #35      | 0.00   | 0.00   | -3.50  |         |        |
| #36      | -1.48  | -6.57  | -12.23 |         |        |
| #37      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | -2.62   |        |
| #38      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | -5.83  |
| #39      | 0.00   | 0.00   | 0.00   |         |        |
| #40      | 0.00   | -0.66  | 0.00   | -0.63   | 0.00   |
| #42      | -1.48  | -1.32  | -1.75  | -8.75   |        |
| #43      | 0.00   | 0.00   | 0.00   |         |        |
| #44      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| #45      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| #46      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | -3.44   | -10.00 |
| #47      | -1.48  | -7.89  | -11.80 | -9.38   | -10.00 |
| #48      | 0.00   | -3.29  |        |         |        |
| #49      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| #50      | 0.00   | 0.00   | -0.44  | -4.69   |        |
| #51      | 0.00   | 0.00   | -11.80 |         |        |
| #52      | -1.48  | -1.32  | -2.62  |         |        |
| #53      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    |        |
| #54      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| #55      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | -0.28  |
| #56      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | -3.89  |
| #57      | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   |

\* Due to a too small analysis area the assessment of the laboratories' performance in GSR2013 was negatively affected since several particles have not been detected.

**Grafik 4.2.** ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) testine katılım sağlayan laboratuvarların başarısını gösteren grafik.

Bu Grafik 4.2'de belirtilen rakamlar herbir laboratuvar için hesaplanan z skorunu göstermektedir. Eğer;

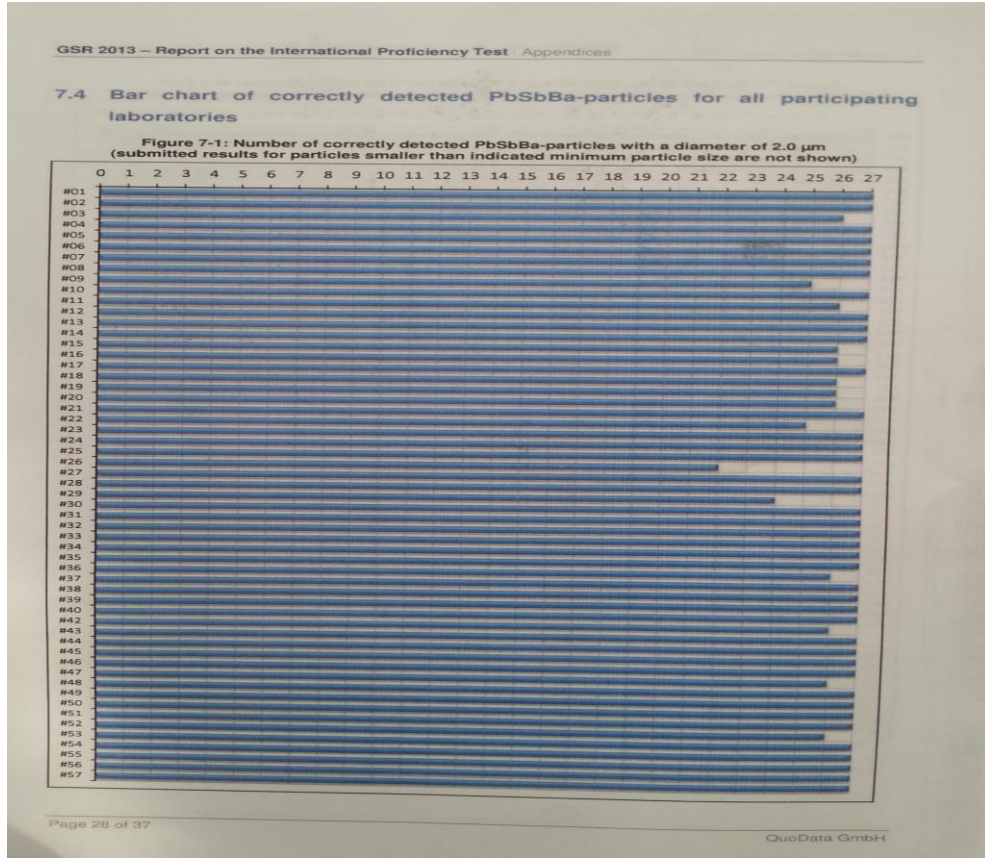
-2 < z skoru ≤ 0 ise Laboratuvar başarılı sayılmakta,

-3 ≤ z skoru ≤ -2 ise Laboratuvarın analizi tartışmalı kalmakta,

z skoru < -3 ise Laboratuvar başarılı kabul edilmektedir.

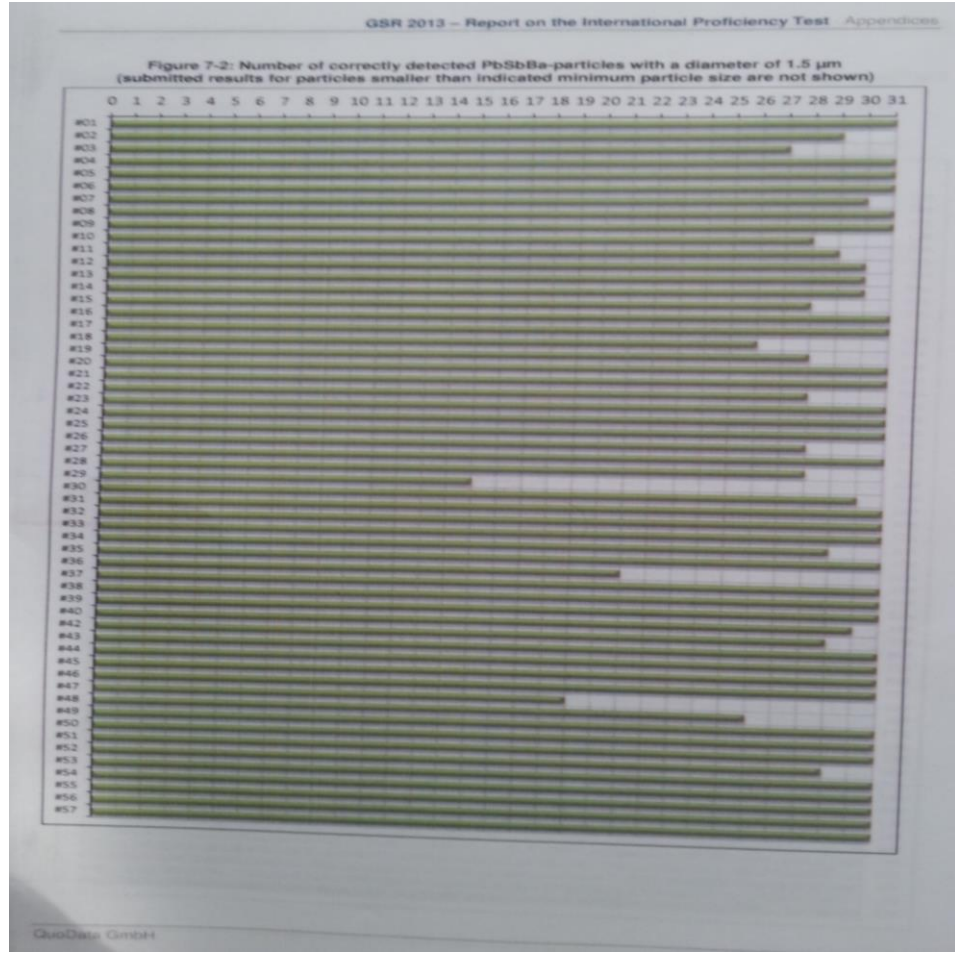
Bu sonuçlar incelendiğinde bazı laboratuvarların 0,5 mikron ve 0,75 mikronluk partikülleri tespit edemedikleri, bazılarının en büyük partikül boyutu olan 2 mikronluk partikülleri dahi tespit edemedikleri görülmüş ve bu laboratuvarların yetersiz oldukları tespit edilmiştir. 45 laboratuvar koduyla laboratuvarımızın değerlerine bakıldığında tüm boyutlardaki partiküllerin tespit edildiği görülmektedir.

Buradaki veriler, her bir mikron seviyesindeki analiz sonuçlarına göre tartışılırsa durumun daha da netlik kazanacağı değerlendirilmektedir.



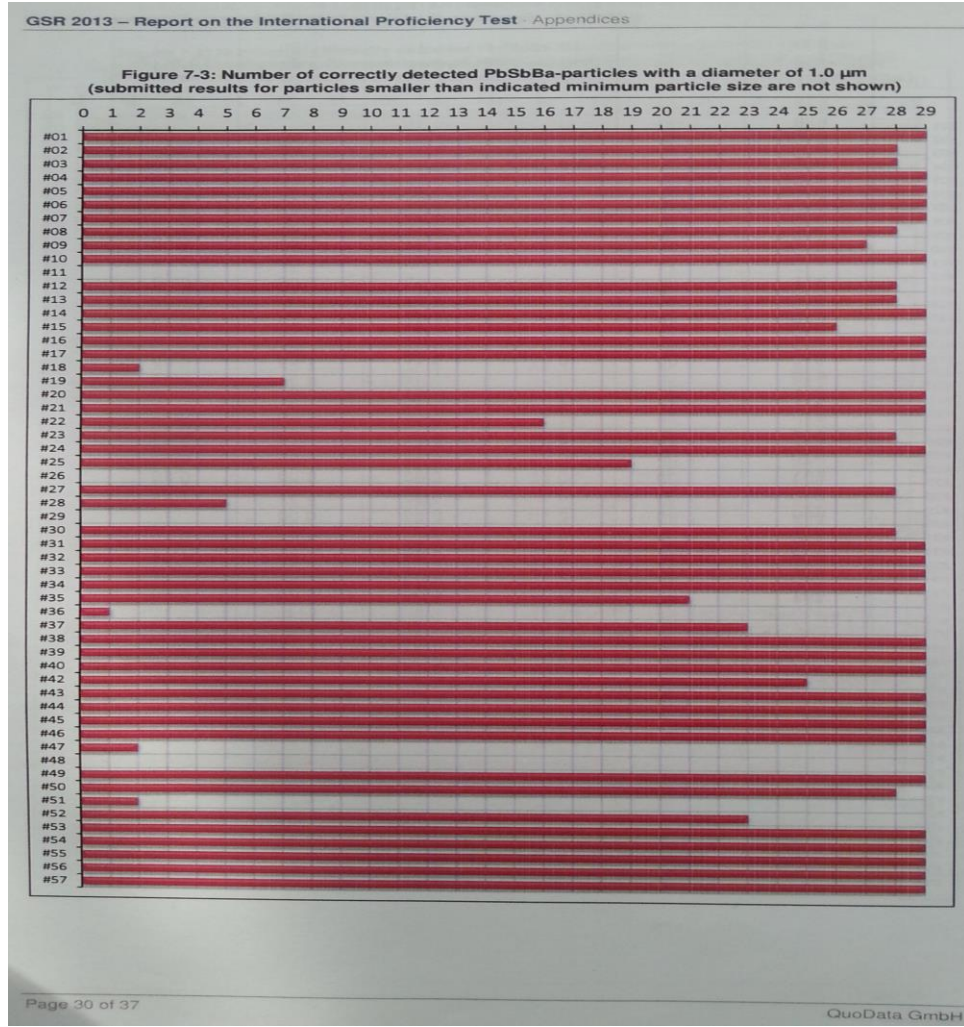
**Grafik 4.3.** ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) testine katılım sağlayan 57 laboratuvardan 2 mikron büyüklüğündeki partikülleri tespit edebilen laboratuvarları gösteren grafik.

Grafik 4.3 incelendiğinde, teste katılım sağlayan 57 laboratuvarın sadece %71'i 2 µm büyüklüğündeki partiküllerin tamamını tespit edebilmiştir. Diğer laboratuvarlar cihazları için optimum çalışma koşullarını belirlemedikleri için göndermiş oldukları sonuçlarda eksik bulmuşlardır.



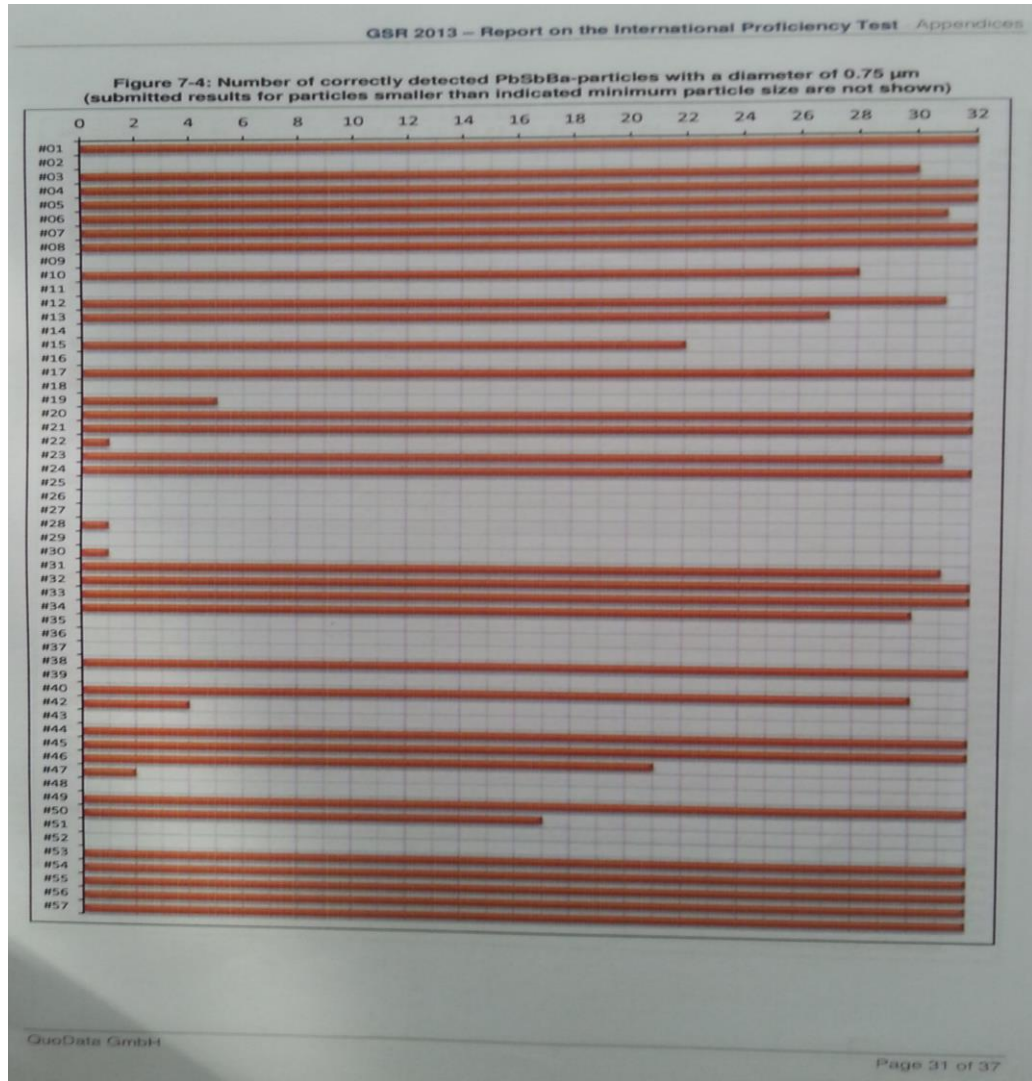
**Grafik 4.4.** ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) testine katılım sağlayan 57 laboratuvardan 1,5 mikron büyüklüğündeki partikülleri tespit edebilen laboratuvarları gösteren grafik.

Grafik 4.4 incelendiğinde teste katılım sağlayan 57 laboratuvar içerisinde 1,5  $\mu\text{m}$  büyüklüğündeki partiküllerin tamamını laboratuvarların %57'si tespit edebilmiş ve 2  $\mu\text{m}$ 'luk partiküllerin tamamını bulan bazı laboratuvarların 1,5  $\mu\text{m}$  partikülleri tespit edemedikleri belirlenmiştir. 45 laboratuvar koduyla bakıldığında %100 başarı sağlandığı görülmektedir.



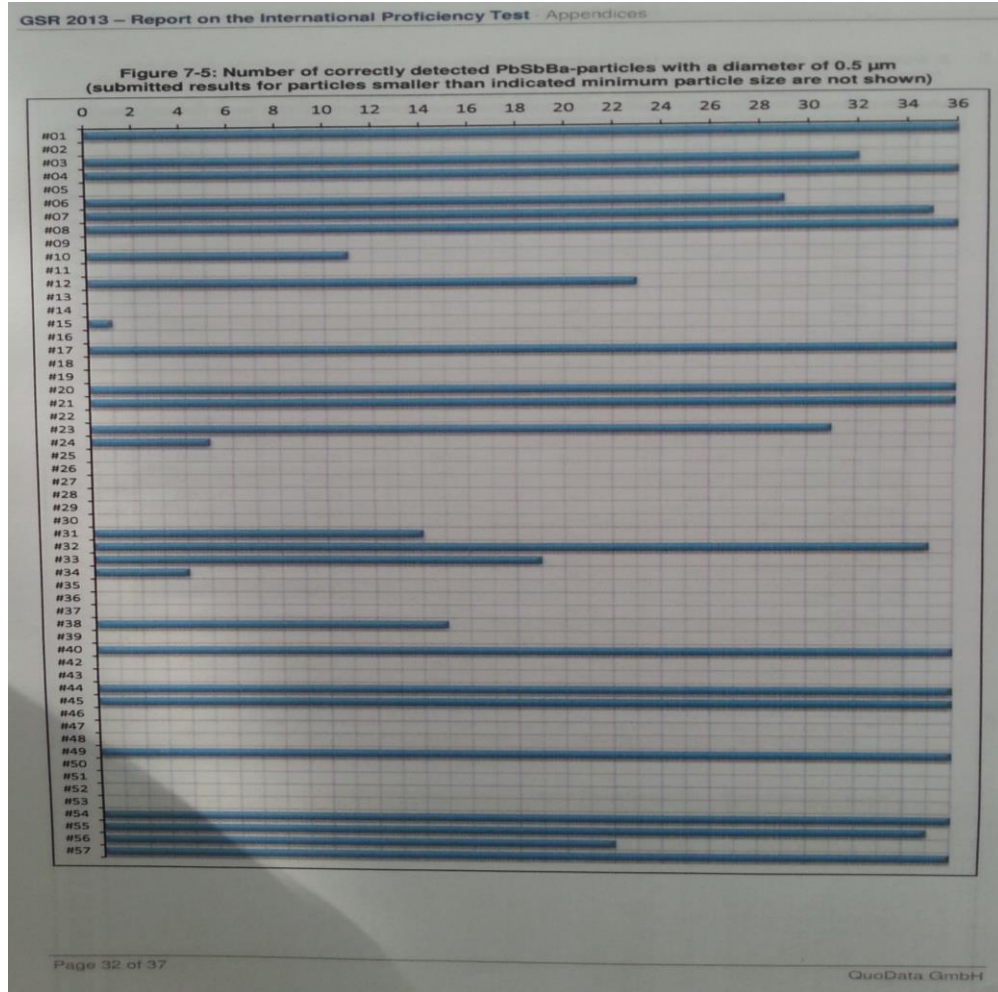
**Grafik 4.5.** ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) testine katılım sağlayan 57 laboratuvarın 1 mikron büyüklüğündeki partikülleri tespit edebilen laboratuvarları gösteren grafik.

Grafik 4.5 incelendiğinde, teste katılım sağlayan 57 laboratuvar içerisinde sadece 29 tanesi, yani neredeyse yarısı 1  $\mu\text{m}$  büyüklüğündeki partiküllerin tamamını tespit edebilmiş ve partikül boyutunun küçülmesi ile birlikte tespitin daha da zorlaştığı görülmüştür. Yine 45 laboratuvar koduna bakıldığında %100 başarı sağlandığı görülmektedir.



**Grafik 4.6.** ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) testine katılım sağlayan 57 laboratuvarдан 0,75 mikron büyüklüğündeki partikülleri tespit edebilen laboratuvarları gösteren grafik.

Grafik 4.6 incelendiğinde ise, 0,75  $\mu\text{m}$  büyüklüğündeki partiküllerin tamamını tespit eden laboratuvar sayısının 20 (%35) olduğu görülmektedir.



**Grafik 4.7.** ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) testine katılım sağlayan 57 laboratuvardan 0,5 mikron büyüklüğündeki partikülleri tespit edebilen laboratuvarları gösteren grafik.

Grafik 4.7 incelendiğinde ise, 0,5  $\mu\text{m}$  büyüklüğündeki partiküllerin tamamını bulan laboratuvar sayısının sadece 12 (% 21) olduğu, bunlar arasında 45 laboratuvar kodlu laboratuvarımızın da bulunduğu görülmektedir. Bir çok laboratuvarın 0,5  $\mu\text{m}$  büyüklüğündeki partikülleri hiç bulamadığı veya çok az miktarını bulabildikleri anlaşılmıştır.

Bu veriler ışığında, yöntemin doğruluğu ortaya konmuş ve ülkemizdeki diğer adli bilim laboratuvarlarına örnek teşkil edeceği kanaatine varılmıştır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskopi tekniği ile atış artıkları transfer kiti vasıtasıyla alınan atış artıkları analizlerinde deney metodunun geçerli kılınmasını sağlamak amacıyla SEM/EDS cihazı ve OXFORD INCA atış artığı tarama programı üzerinde optimum çalışma koşulları sağlanarak ENFSI kapsamında elde edilen kit üzerindeki karbon bant üzerine yerleştirilmiş sayısı, ebatları ve yerleri belli olan (ancak sonuçlar açıklanıncaya kadar laboratuvarlar tarafından bilinmeyen) atış artıklarının analizi yapılmış olup aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Çalışmamızda SEM-03, SEM-04, SEM-05 ve SEM-06 kodlu 4 farklı X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) cihazları ile standart GSR numunesi ile farklı zamanlarda 4 farklı cihazda 2 farklı kalibrasyon standardı ile 3 tekrarlı çalışmalardan elde edilen sonuçların uyumlu olduğu tespit edilmiştir.
2. Bu veriler ışığında optimum koşulları sağlamak ve uluslararası yeterliliği sağlamak için ASTM Designation:E1588-10<sup>E1</sup> Standard Guide for Gunshot Residue Analysis by Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-Ray Spectrometry standartının kullanılması ve sürekli takip edilip güncellenmesi tecrübe edilmiştir.
3. Cu-Grid kalibrasyon standardı ile yapılan analizlerde Co-Rh-Au kalibrasyon standardı ile yapılan analizlere göre süre uzundur. Laboratuvar yoğunluğu ve olay türüne bakılarak hangi kalibrasyon standardı ile analiz yapılacağına karar verilmelidir.
4. ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) testine katılım sağlayan ve özellikle küçük boyuttaki partikülleri tespit edemeyen laboratuvarlar tarafından 1 mikron altındaki taneciklerin atış artığı olup olmadığına dair tartışmalar devam

ettirilmektedir. Yapılan analizler neticesinde morfolojik değerlendirme de önem arz etmektedir, ancak atış esnasında kapsüldeki patlama ve yanmanın hangi ölçüde olduğu tam olarak tespit edilemeyeceğinden hareketle oluşan atış artığı partiküllerinin olasıklar dahilinde farklı boyutlarda olabileceği değerlendirilmektedir. Bu sebepten ötürü bu alanda çalışma yapan laboratuvarların boyutu ne olursa olsun en küçük partikülleri tespit edebilecek yeterlilikte olması gerekir.

5. Yapılan çalışmalar sonucunda, SEM/EDS cihazı ile atış artığı analizini etkileyen 6 farklı cihaz ve yazılım programı parametreleri (Magnification, Working Distance, Scan Speed, Process Time, First Pass Image ve Çözünürlük) tarafımızca tespit edilmiş ve bu çalışmalarda iki farklı Kalibrasyon Standardı (Co-Rh-Au ve Cu-Grid) kullanılmıştır. Cu-Grid standardı ile yapılan çalışmalarda atış artığı olarak bilinen minimum 0,5  $\mu\text{m}$  büyüklüğündeki karakteristik yapı gözlenebilmesine rağmen Co-Rh-Au standardı ile yapılan analizlerde 0,5  $\mu\text{m}$  luk bazı partiküllerin tespit edilemediği görülmüştür.

6. Tartışma bölümünde bulunan grafiklerdende görüleceği gibi 57 laboratuvar içerisinde;

2  $\mu\text{m}$  büyüklüğündeki partiküllerin tamamını laboratuvarların %71'i,

1,5  $\mu\text{m}$  büyüklüğündeki partiküllerin tamamını laboratuvarların %57'si,

0,75  $\mu\text{m}$  büyüklüğündeki partiküllerin tamamını laboratuvarların %35'i,

0,5  $\mu\text{m}$  büyüklüğündeki partiküllerin tamamını laboratuvarların %21'i

tespit edebilmiştir. Bu sonuçlara bakıldığında tüm adli bilim laboratuvarların optimum çalışma parametre değerlerini belirlemesi gerektiği ortaya konmuş ve teste katılım sağlayan laboratuvarların % 80'inin yetersiz olduğu ve laboratuvarımızın %

100 başarı sağladığı göz önünde bulundurulduğunda yapmış olduğumuz bu çalışmanın ülkemizdeki ve uluslararası diğer laboratuvarlara kaynak teşkil edebilecek bir çalışma olduğu ispatlanmıştır.

7. 45 laboratuvar koduyla katılım sağladığımız ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) testinde z skor değeri 0 (sıfır) olarak hesaplanmış ve bunun sonucunda optimize etmiş olduğumuz parametre değerlerinin doğruluğu ispatlanmıştır.

8. Optimum çalışma koşulları neticesinde ENFSI GSR2013 (ENFSI GSR-2013 PT) testinde yer alan (uygulayıcı tarafından miktarı bilinmeyen) farklı boyuttaki tüm partiküller tespit edilmiştir.

9. Optimum çalışma koşulları neticesinde elde edilen verilerin, ENFSI GSR2013 yeterlilik testi sonuçları ile %100 uygunluk gösterdiği tespiti bildirilmiş olup, ülkemizde yer aldığı 28 ülke 57 laboratuvar sonuçlarıyla karşılaştırıldığında uluslararası yeterlilik koşullarını sağladığımız onaylanmıştır.

10. Ülkemizde halen atış artığı analizleri için Jandarma Kriminal Laboratuvarı haricinde Atomik Absorpsiyon Spektrometresi yöntemi kullanılmaktadır. X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskopi tekniği aşağıdaki nedenlerle atış artıkları analizi için kullanılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

-Atomik Absorpsiyon Spektrometresi yönteminde numunenin analizi sonrasında delil olma özelliğini kaybetmesi nedeniyle tekrar bir analize imkan kalmamakta X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskopi tekniği ile tahribatsız analiz yapılabilmektedir. Bunun neticesinde adli makamlar ya da kişiler numunelerin tekrar veya başka laboartuvarda analiz edilebilmesini isteyebilmekte bu durum adli laboratuvarların kendini sürekli olarak uluslararası standart yeterliliğini sağlaması sonucunu doğurmaktadır.

-Atomik Absorpsiyon Spektrometresi ve diğer yöntemlerde numunenin ekstrakte edilmesi ve ön hazırlık aşaması gerekmektedir. Bu durum kontaminasyon oluşmasına sebebiyet verebilmekte ve sonuçların güvenilirliğine kuşku uyandırmaktadır. X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskopi tekniği ile numune ön hazırlama işlemi gerekmemektedir. Bu durum, ön hazırlama işleminden kaynaklı ölçüm belirsizliklerini ortadan kaldırmaktadır.

-Absorpsiyon Spektrometresi ve diğer yöntemlerde analiz sonuçlarının çevresel nedenlerle var olan partiküller mi olduğu ya da atış artığı mı olduğu konusunda değerlendirme yapmak çok zor iken, X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskopi tekniği ile partiküller tek tek ayrıntılı analiz edilebilir ve morfolojik açıdan değerlendirme yapılabilir.

-X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskopi tekniği atış artıklarının element yapısı ve morfolojisi birlikte incelenebildiğinden en güvenilir tekniktir. Çevresel kaynaklı olabilecek partikülleri tespit edebilme olanağı vardır.

- X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskopi tekniği diğer yöntemlere göre pahalı bir yöntemdir. Ancak, daha doğru ve güvenilir sonuçlar açısından bakıldığında bu yöntemin kullanılması gerekmektedir.

**11.** Adli laboratuvarlar tarafından raporlama sürecinde atomik absorpsiyon spektrometresi yöntemi ile atış artığı analizlerinde yapılan değerlendirmelerde gönderilen svaplar üzerinde sb elementi veya sb, pb, ba elementlerinin tespit edildiği şeklinde raporlar verilmektedir. Bu durum mahkemeler tarafından yanlış yorumlanmakta veya çevresel kaynaklı olma ihtimalinin de muhtemel olması neticesinde olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Ancak X-Işını analizörlü enerji dağılımlı otomatik taramalı elektron mikroskobu tekniği raporlama sürecinde ise, ateşli silah kaynağı dışında bulaşma ihtimali olmayan karakteristik yapılar tespit

edildiği için “atış artığı tespit edilmiştir” şeklinde daha net sonuç bildirilerek uzman haricinde yapılabilecek farklı yorumlamaları ortadan kaldırmaktadır.

**12. Adli Laboratuvarlar açısından bu çalışma değerlendirildiğinde;**

-Ülkemizde bulunan tüm laboratuvarların atış artığı analizinde uluslararası yeterlilik seviyesine ulaşabilmelerini,

-Adli Bilim laboratuvarları için olmazsa olmaz olan akreditasyon faaliyetlerinde X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) ile atış artığı analizi deney metotunda akredite olmalarını,

-Adli olaylarda kullanılan diğer analiz yöntemlerinin sorgulanması gerekliliğini ve bizim çalışmamızdaki gibi uluslararası yeterlilik testlerine katılım sağlanması gerekliliği ortaya konmuş, ancak bu şekilde eksikliklerin giderileceği kanıtlanmıştır.

**13.** Bu çalışmalar neticesinde Jandarma Kriminal Laboratuvarı X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskopi tekniği ile atış artığı analizi deney metodundan akredite olmuştur. Dolayısıyla en ufak atış artığının dahi bu analiz yöntemiyle kesin olarak bulunabildiği gösterilmiş, böylelikle adalete olan güvenin artmasına, adli olayların ortaya çıkarılmasına mutlak katkı sağlayacağı değerlendirilmiştir.

**14.** Yine belirlenen yöntem ve parametre değerleriyle vatandaşın veya adli olaylara karışan tarafların atış artığı ile ilgili delillerin tespit edilmesindeki akıllarında oluşabilecek kuşkuların giderilebileceği düşünülmüştür.

**15.** Bununla birlikte, ülkemizdeki laboratuvarlarda SEM/EDS cihazının yaygın olarak kullanılmaması nedeniyle, bu cihazı ve yöntemi kullanacak tüm laboratuvarlar için bu yöntemin optimum çalışma koşullarının belirlenmesi ile adli bilimler alanında

alışan bilgi ve tecrübe farklılığı gösteren adli kimya uzmanlarının çalışmalarının standardize edilmesi, bununla birlikte akredite olmak isteyen laboratuvarlara kaynak teşkil edecek bir çalışma ortaya konmuştur.

## ÖZET

Ateşli silah fişegi, mermi çekirdeği, sevk barutu ve kovan olmak üzere 3 ana bölümden oluşmaktadır. Kovanın arka kısmındaki kapsül içerisinde başlatıcı, yükseltgen ve yakıt olarak görev yapan Kurşun Stifnat, Baryum Nitrat ve Antimon Sülfür gibi darbeye hassas patlayıcı maddeler bulunmaktadır. Ateşleme iğnesinin kapsüle çarpmasıyla kapsüldeki darbeye hassas patlayıcı maddeler ilk kıvılcımı oluşturarak barutu tutuşturması sonucu ortaya çıkan sıcak gaz basıncının mermi çekirdeğini ileriye doğru itmesiyle çekirdek namı ağzından büyük bir hızla hedefe doğru fırlatılır. Atış artıkları, bir ateşli silah ateşlendiğinde reaksiyona giren kapsül ve sevk barutu bileşenleri ile fişek ve ateşli silahın metalik bileşenlerinden oluşan gaz ve katı maddelerin hızla soğuması sonucu meydana gelen partiküllerdir.

Atış artığı analizleri ateşli silahların kullanıldığı olaylarda şüpheli veya mağdur şahısların ateşli silahla olan irtibatını ortaya koyabilmek açısından önemlidir. Ateşli silahların yaygın bir şekilde artması ve mühimmatların çeşitlilik kazanmasıyla birlikte atış artığı analiz yöntemlerinin de bu gelişmeler doğrultusunda yenilenmesi ve analitik yöntemlerdeki gelişmelerin yakından takip edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada X-Işını Analizörlü Enerji Dağılımlı Otomatik Taramalı Elektron Mikroskopi tekniği ile ENFSI /GSR PT kit üzerindeki karbon bant üzerine yerleştirilmiş sayısı, ebatları ve yerleri bilinen atış artıkları üzerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Atış artığı analizinde kullanılan X-Ray Analizörlü Enerji Dağılımlı Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) ile Standart ENFSI-GSR (European Network Forensic Science Institute-Gunshot Residue) yeterlilik test numunesinde atış artıklarının analizi ile değişkenlik gösteren cihaz ve parametre değişimlerinin sonuçları nasıl etkilediği ortaya konularak optimum çalışma parametreleri belirlenmiştir.

Elde edilen veriler doğrultusunda validasyon çalışmalarında yöntem olarak kullanılmasına ve adli kimya uzmanlarının çalışmalarının standartlaştırılmasına olanak sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Atış Artığı, SEM/EDS, ENFSI Yeterlilik Testi

## SUMMARY

A round of a firearm mainly consists of three parts; bullet lead, casing and propellant(black or smokeless powder). The primer which is located on the base of the casing includes shock sensitive explosives like lead styphnate, barium nitrate or antimony sulfide. When the striker hits the primer those shock sensitive explosive mixture creates a spark which ignites the propellant. The hot gas pressure created by the burning propellant pushes the lead forward towards the target at a high speed. The gun shot residue are the particles formed by the rapid cooling of gas and rigid materials which includes the compounds of propellant and the metallic parts of the firearm.

GSR analysis helps to prove the link between the firearm and the suspect/victim. As the variety and prevalence of firearms and their ammunitions increase everyday therefore the GSR analysis methods should be developed and new methods should be followed closely.

In this study we will conduct examinations on GSR material located on the carbon tape of ENFSI/GSR PT kit by utilizing the SEM/EDS technic and the number, size and the location of the material will be known before the test.

By the analysis of GSR on standard ENFSI-GSR (European Network Forensic Science Institute-Gunshot Residue) proficiency test sample, the results of changeable variations in device and parameters will be introduced and then the optimum working parameters will be determined. The outputs of this study will be used as a method for validation works and also will help forensic chemistry experts to standardize their examinations.

**Keywords:** Gunshot Residue, SEM/EDS, ENFSI-GSR Proficiency Test

## KAYNAKLAR

1. Akman M. (2012) Farklı Ülke İmali Av Tüfeği Fişekleri İle Yapılan Atışlar Sonucunda Elde Edilen Kartuşlar Ve El-Yüz Svapları Üzerinde Atış Artıklarının SEM/EDS İle Analizi Ve Sonuçların Birbiriyle Karşılaştırılması
2. Göçer S. Silah kavramı ve hukuki incelemesi. Adalet dergisi, 1995; Sayı 18: 119– 127
3. Özdemir A, Yavuz M, Göktepe F, Candemir E. Silah ve Atış. Başkent Klişe Matbacılık, Ankara, 1999;84-150,39-43,37-100 55
4. Cin Ö. Feth-i Kabir yapılan Olgularda Ateşli Silah Yaralarının Değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi. Adli Tıp Kurumu. İstanbul, 2006.
5. Çetin G, Yorulmaz C. Ateşli Silah Yaraları. Adli Tıp Ders Kitabı. 1. Baskı, Cilt II. Ed.
6. Soysal Z, Çakalır C. İ.Ü Cerrahpaşa Tıp Fak. Yayınları, İstanbul, 1999: 561-586
7. Di Maio VJM. Gunshot Wounds, practical Aspects of Firearms, Ballistics and forensic techniques. 2nd Ed. CRC Press. LCL, 1999
8. Üner HB, Çakır İ, Adli Balistik, Arıkan Basım Yayım Dağıtım, İstanbul 2007.
9. Kar H. Ateşli Silah Yaralarında Karboksihemoglobin Analizi. Uzmanlık Tezi. Adli Tıp Kurumu. İstanbul, 2002.
10. Gök Ş. Adli Tıp. 4. Baskı, Filiz Kitapevi, İstanbul, 1980: 207-245

11. Hancı İH. Adli Tıp ve Adli Bilimler, 1. Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2002: 71-131
12. Kaya M, Silah Bilgisi ve Atış, Bilim Yayıncılık, Ankara, 1995: 11-12
13. Can M. MKE Kurumu yapımı tabanca mermileriyle yapılan atışlarda el üzerinde kalan atış artıklarının alevsiz atomik absorpsiyon spektrofotometri yöntemiyle tespiti. Uzmanlık tezi, adli Tıp Kurumu, İstanbul, 2003
14. Balcı Y, Herkes için Adli Tıp Cep Kitabı, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi yayınları, Eskişehir, 2008: 13-19
15. Kinght B. Simpson. Adli Tıp. Birgen N. Ed. Bilimsel ve Teknik Yayınları Çeviri Vakfı, 1995:117-130
16. Jandarma Genel Komutanlığı, (2011) Adli Bilimler 2
17. Dalby O., Butler D., Birkett J.W.,(2010) Analysis of Gunshot Residue and Associated Materials-A Review
18. SWGGSR-Guide for Primer Gunshot Residue Analysis by Scanning Electron Microscopy /Energy Dispersive X-Ray Spectrometry 11-29-11
19. ASTM Designation: E1588-10E1 5) Standard Guide for Gunshot Residue Analysis by Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-Ray Spectrometry.
20. ENFSI-Guide for Gunshot Residue Analysis by Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-Ray Spectrometry.
21. Schowebler A.J., Exline D.L., “Current Methods in Forensic Gunshot Residue Analysis”, CRC Press, 2000;

22. Romolo F.S., MargoT P., (2000) Identification of Gunshot Residue: A Critical Review.
23. Meng H., Caddy B., (1997) Gunshot Residue Analysis- A Review
24. www.ruag.com (Resim 1-14)
25. Shakır A. Koehler S.A., Wecht C., (2003) A Review of Nail Gun Suicides and an Atypical Case Report.
26. Gass, S.I. (2000), Making Decisions with Precision, Business Week October 30,2000([http://www.businessweek.com/archives/2000/b3705139.arc.htm?campaign\\_id=search#B3705139](http://www.businessweek.com/archives/2000/b3705139.arc.htm?campaign_id=search#B3705139)), son erişim tarihi: 1 Şubat 2006
27. Dudley RJ., The use of colorin the discrimination between soils. Forensic Sci Soc. (1975) Jul; 15(3): 209-218CHAMOT, E.M., MASON, C.W. (1958) Handbook of Chemical Microscopy, 3rd edition, Volume:1, pp.258-269, John Wiley&Sons,Inc., USA.
28. Heinrich, K.F.J. (1981) Electron Beam X-ray Microanalysis, pp.467-515, Van Nostrand Reinhold Company, New York, N.Y.
29. Skoog, D.A., Holler, F.J., Nieman, T.A. (1998) Principles of Instrumental Analysis, 5th Edition,
30. Kılıç E., Köseoğlu F., Yılmaz H., Eds.) Enstrümantal Analiz İlkeleri, 1.baskı, s.272-296-561, Bilim Kitap Kırtasiye Ltd.Şti., Ankara.
31. Zeichner A, Levin N. Collection Efficiency of Gunshot Residue (GSR) Particles from Hair and Handsllsing Double-Side Adhesive Tape. J. Forensic Sci, 1999; 38: 571-84

32. Varetta L. The Use of Plasma Ashing on Samples for Detection of Gunshot Residues with Scanning Electron Microscopy and Energy-Dispersive X-Ray Analysis (SEM-EDS). *J. Forensic Sci*, 1990; 35: 964-70.
33. Moaura A, Falso G. Identification of Ammunitions Used in a Lethal Robbery. Comparison Between Scanning Electron Microscopy/ Energy Dispersive X-Ray analysis *J. Forensic Sci*, 1993; 35: 964-70.

## EKLER

### Ek-1: Co-Rh-Au Kalibrasyon Standardı ile Optimum Koşullarda Elde Edilen Sonuçlar

### Sem-03 Co-Au-Rh Kalibrasyon Standardı ile Optimum Koşullarda Elde Edilen Sonuçlar

| Field | Rank           | Sb<br>Ba<br>Pb | Ba<br>Sb | Pb<br>Sb | Pb | Fe | Stage<br>X<br>(mm) | Stage<br>Y<br>(mm) | ECD<br>( $\mu$ m) | Sb<br>(Wt%) | Ba<br>(Wt%) | Pb<br>(Wt%) |
|-------|----------------|----------------|----------|----------|----|----|--------------------|--------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| 126   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,579             | 73,542             | 0,50              | 21,75       | 30,62       | 20,88       |
| 141   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,238             | 73,768             | 0,50              | 26,82       | 23,39       | 25,99       |
| 145   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,180             | 74,167             | 0,50              | 20,63       | 32,18       | 21,74       |
| 172   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,643             | 74,827             | 0,50              | 26,30       | 20,97       | 27,84       |
| 187   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,068             | 75,154             | 0,50              | 24,47       | 26,22       | 25,35       |
| 200   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,691             | 75,874             | 0,50              | 25,76       | 24,79       | 24,22       |
| 243   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,058             | 70,579             | 0,50              | 20,84       | 23,15       | 22,11       |
| 252   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,187             | 71,433             | 0,50              | 27,98       | 25,62       | 19,22       |
| 258   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,938             | 72,321             | 0,50              | 27,72       | 17,95       | 26,98       |
| 261   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,671             | 72,736             | 0,50              | 26,27       | 21,70       | 28,44       |
| 266   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,740             | 73,516             | 0,50              | 27,05       | 22,90       | 10,38       |
| 268   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,117             | 73,676             | 0,50              | 20,41       | 20,72       | 28,56       |
| 275   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,378             | 74,352             | 0,50              | 25,28       | 23,53       | 25,87       |
| 278   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,219             | 74,362             | 0,50              | 21,76       | 30,42       | 15,79       |
| 279   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,903             | 74,577             | 0,50              | 23,04       | 22,52       | 24,31       |
| 280   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,419             | 74,438             | 0,50              | 22,74       | 20,66       | 23,59       |
| 281   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,500             | 74,579             | 0,50              | 26,27       | 25,76       | 27,03       |
| 282   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,922             | 74,505             | 0,50              | 21,95       | 19,65       | 23,24       |
| 284   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,125             | 74,687             | 0,50              | 21,91       | 29,28       | 21,87       |
| 285   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,727             | 74,800             | 0,50              | 21,40       | 22,45       | 24,21       |
| 286   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,351             | 75,130             | 0,50              | 24,69       | 25,58       | 23,63       |
| 287   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,538             | 74,888             | 0,50              | 22,66       | 24,48       | 21,56       |
| 288   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,875             | 74,948             | 0,50              | 25,72       | 26,56       | 25,03       |
| 289   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,953             | 74,920             | 0,50              | 25,73       | 26,18       | 23,80       |
| 290   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,391             | 74,955             | 0,50              | 23,85       | 22,72       | 22,11       |
| 291   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,587             | 74,991             | 0,50              | 24,59       | 28,33       | 17,37       |
| 292   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,819             | 75,475             | 0,50              | 21,56       | 23,35       | 22,49       |
| 293   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,483             | 75,489             | 0,50              | 24,92       | 18,58       | 29,61       |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 298 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,191 | 75,501 | 0,50 | 24,04 | 28,74 | 21,24 |
| 299 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,325 | 75,522 | 0,50 | 27,14 | 25,11 | 21,43 |
| 300 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,668 | 75,680 | 0,50 | 23,63 | 23,34 | 24,90 |
| 301 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,119 | 75,547 | 0,50 | 23,08 | 26,06 | 24,00 |
| 302 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,308 | 75,833 | 0,50 | 26,53 | 28,31 | 19,70 |
| 303 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,892 | 75,566 | 0,50 | 20,31 | 21,06 | 24,86 |
| 304 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,970 | 75,796 | 0,50 | 22,26 | 26,48 | 21,14 |
| 305 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,006 | 75,932 | 0,50 | 22,66 | 23,75 | 23,48 |
| 34  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,605 | 71,191 | 0,75 | 28,55 | 22,10 | 26,18 |
| 62  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,743 | 71,978 | 0,75 | 27,59 | 27,52 | 24,54 |
| 65  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,349 | 71,738 | 0,75 | 25,90 | 28,39 | 21,35 |
| 107 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,224 | 73,196 | 0,75 | 22,14 | 23,72 | 27,69 |
| 118 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,711 | 73,354 | 0,75 | 25,39 | 27,75 | 25,33 |
| 123 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,220 | 73,481 | 0,75 | 23,91 | 27,25 | 29,21 |
| 125 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,142 | 73,285 | 0,75 | 29,53 | 24,09 | 23,67 |
| 130 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,902 | 73,705 | 0,75 | 27,35 | 25,90 | 25,46 |
| 131 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,118 | 73,887 | 0,75 | 27,47 | 22,40 | 28,18 |
| 135 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,158 | 73,964 | 0,75 | 29,04 | 26,44 | 20,83 |
| 158 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,683 | 74,451 | 0,75 | 22,78 | 21,36 | 34,49 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,035 | 74,773 | 0,75 | 21,96 | 30,50 | 24,08 |
| 169 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,072 | 74,575 | 0,75 | 17,43 | 25,84 | 27,63 |
| 190 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,660 | 75,350 | 0,75 | 27,07 | 30,61 | 23,02 |
| 201 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,126 | 75,545 | 0,75 | 21,73 | 21,76 | 29,82 |
| 12  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,860 | 70,449 | 1,50 | 24,64 | 28,52 | 24,44 |
| 21  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,166 | 70,731 | 1,50 | 26,08 | 29,40 | 24,04 |
| 23  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,104 | 70,730 | 1,50 | 29,08 | 27,22 | 24,08 |
| 24  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,580 | 70,929 | 1,50 | 27,64 | 29,61 | 23,24 |
| 34  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,687 | 70,957 | 1,50 | 24,21 | 30,92 | 25,05 |
| 42  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,084 | 71,084 | 1,50 | 19,89 | 24,82 | 23,62 |
| 46  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,635 | 71,368 | 1,50 | 21,80 | 19,97 | 24,40 |
| 48  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,597 | 71,667 | 1,50 | 23,43 | 30,91 | 23,13 |
| 53  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,269 | 71,550 | 1,50 | 25,09 | 33,05 | 21,51 |
| 64  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,886 | 71,755 | 1,50 | 21,67 | 30,00 | 21,46 |
| 64  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,831 | 72,004 | 1,50 | 23,26 | 27,33 | 25,83 |
| 66  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,985 | 72,026 | 1,50 | 27,26 | 26,82 | 24,02 |
| 71  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,340 | 72,080 | 1,50 | 23,80 | 25,09 | 26,86 |
| 79  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,303 | 72,464 | 1,50 | 24,78 | 32,06 | 23,61 |
| 83  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,128 | 72,168 | 1,50 | 23,10 | 31,35 | 25,42 |
| 89  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,402 | 72,762 | 1,50 | 30,10 | 29,19 | 24,90 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,430 | 72,950 | 1,50 | 29,50 | 25,48 | 23,46 |
| 105 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,256 | 73,205 | 1,50 | 27,88 | 30,45 | 22,19 |
| 131 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,301 | 73,717 | 1,50 | 24,24 | 28,15 | 26,86 |
| 247 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,059 | 71,182 | 0,75 | 23,37 | 21,72 | 23,58 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 248 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,784 | 71,622 | 0,75 | 23,17 | 22,15 | 22,84 |
| 250 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,011 | 71,730 | 0,75 | 24,00 | 24,88 | 23,48 |
| 253 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,508 | 71,922 | 0,75 | 24,35 | 17,82 | 28,96 |
| 254 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,083 | 71,957 | 0,75 | 21,63 | 26,64 | 27,65 |
| 255 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,025 | 71,972 | 0,75 | 26,11 | 19,42 | 29,65 |
| 256 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,397 | 71,974 | 0,75 | 26,19 | 17,89 | 25,44 |
| 257 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,607 | 72,136 | 0,75 | 28,10 | 20,38 | 22,67 |
| 259 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,520 | 72,388 | 0,75 | 24,25 | 23,30 | 26,65 |
| 264 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,605 | 73,502 | 0,75 | 22,71 | 20,76 | 25,06 |
| 265 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,279 | 73,351 | 0,75 | 24,66 | 22,17 | 24,47 |
| 269 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,416 | 73,694 | 0,75 | 31,80 | 27,02 | 7,94  |
| 270 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,973 | 73,858 | 0,75 | 25,82 | 28,62 | 23,79 |
| 271 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,721 | 73,943 | 0,75 | 19,28 | 27,50 | 24,45 |
| 276 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,111 | 74,327 | 0,75 | 24,81 | 27,93 | 24,09 |
| 277 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,657 | 74,153 | 0,75 | 24,99 | 26,93 | 22,79 |
| 273 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,917 | 74,117 | 0,75 | 26,74 | 18,26 | 27,02 |
| 8   | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,708 | 70,384 | 1,00 | 25,83 | 20,92 | 27,10 |
| 18  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,677 | 70,621 | 1,00 | 30,69 | 18,45 | 28,63 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,440 | 71,004 | 1,00 | 19,61 | 26,23 | 28,71 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,092 | 71,287 | 1,00 | 27,14 | 26,11 | 28,24 |
| 38  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,012 | 71,325 | 1,00 | 24,06 | 28,71 | 24,34 |
| 50  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,634 | 71,485 | 1,00 | 24,82 | 28,59 | 24,90 |
| 55  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,573 | 71,666 | 1,00 | 23,54 | 28,67 | 24,05 |
| 60  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,905 | 71,768 | 1,00 | 22,06 | 25,19 | 24,41 |
| 66  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,847 | 71,863 | 1,00 | 25,39 | 27,40 | 22,38 |
| 67  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,151 | 71,929 | 1,00 | 22,66 | 28,93 | 24,51 |
| 83  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,114 | 72,304 | 1,00 | 21,45 | 31,32 | 26,13 |
| 85  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,116 | 72,529 | 1,00 | 22,39 | 31,74 | 26,98 |
| 93  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,517 | 72,761 | 1,00 | 25,53 | 25,66 | 27,07 |
| 97  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,167 | 72,624 | 1,00 | 28,02 | 29,29 | 22,28 |
| 107 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,237 | 73,013 | 1,00 | 26,37 | 27,30 | 27,19 |
| 125 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,342 | 73,349 | 1,00 | 24,28 | 27,39 | 25,68 |
| 127 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,439 | 73,645 | 1,00 | 22,62 | 28,93 | 22,98 |
| 132 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,947 | 73,794 | 1,00 | 24,47 | 24,55 | 29,44 |
| 162 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,657 | 74,561 | 1,00 | 24,10 | 31,20 | 22,96 |
| 192 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,783 | 75,327 | 1,00 | 20,13 | 29,91 | 25,13 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,953 | 75,483 | 1,00 | 21,42 | 30,82 | 24,13 |
| 220 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,750 | 75,970 | 1,00 | 29,50 | 25,18 | 23,74 |
| 223 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,509 | 76,125 | 1,00 | 22,11 | 30,49 | 23,00 |
| 241 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,011 | 70,377 | 1,00 | 30,33 | 14,28 | 18,75 |
| 242 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,682 | 70,567 | 1,00 | 23,01 | 21,53 | 22,04 |
| 246 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,309 | 71,131 | 1,00 | 23,47 | 24,37 | 22,25 |
| 249 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,026 | 71,711 | 1,00 | 21,50 | 24,59 | 23,82 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 260 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,561 | 72,647 | 1,00 | 23,93 | 22,62 | 29,30 |
| 262 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,135 | 73,283 | 1,00 | 24,76 | 23,43 | 26,19 |
| 12  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,860 | 70,449 | 1,50 | 24,64 | 28,52 | 24,44 |
| 21  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,166 | 70,731 | 1,50 | 26,08 | 29,40 | 24,04 |
| 23  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,104 | 70,730 | 1,50 | 29,08 | 27,22 | 24,08 |
| 24  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,580 | 70,929 | 1,50 | 27,64 | 29,61 | 23,24 |
| 34  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,687 | 70,957 | 1,50 | 24,21 | 30,92 | 25,05 |
| 42  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,084 | 71,084 | 1,50 | 19,89 | 24,82 | 23,62 |
| 46  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,635 | 71,368 | 1,50 | 21,80 | 19,97 | 24,40 |
| 48  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,597 | 71,667 | 1,50 | 23,43 | 30,91 | 23,13 |
| 53  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,269 | 71,550 | 1,50 | 25,09 | 33,05 | 21,51 |
| 64  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,886 | 71,755 | 1,50 | 21,67 | 30,00 | 21,46 |
| 64  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,831 | 72,004 | 1,50 | 23,26 | 27,33 | 25,83 |
| 66  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,985 | 72,026 | 1,50 | 27,26 | 26,82 | 24,02 |
| 71  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,340 | 72,080 | 1,50 | 23,80 | 25,09 | 26,86 |
| 79  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,303 | 72,464 | 1,50 | 24,78 | 32,06 | 23,61 |
| 83  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,128 | 72,168 | 1,50 | 23,10 | 31,35 | 25,42 |
| 89  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,402 | 72,762 | 1,50 | 30,10 | 29,19 | 24,90 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,430 | 72,950 | 1,50 | 29,50 | 25,48 | 23,46 |
| 105 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,256 | 73,205 | 1,50 | 27,88 | 30,45 | 22,19 |
| 131 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,301 | 73,717 | 1,50 | 24,24 | 28,15 | 26,86 |
| 144 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,698 | 74,213 | 1,50 | 25,30 | 29,25 | 24,46 |
| 152 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,752 | 74,420 | 1,50 | 17,80 | 23,86 | 24,15 |
| 159 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,124 | 74,438 | 1,50 | 25,06 | 31,02 | 23,88 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,137 | 74,476 | 1,50 | 22,24 | 28,94 | 26,61 |

| <b>20 µm</b> | <b>15 µm</b> | <b>10 µm</b> | <b>2 µm</b> | <b>1,5 µm</b> | <b>1.0 µm</b> | <b>0.75 µm</b> | <b>0.5 µm</b> |
|--------------|--------------|--------------|-------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 1/1          | 1/1          | 1/1          | 27/27       | 31/31         | 29/29         | 32/32          | 36/19         |

**Sem-04 Co-Au-Rh Kalibrasyon Standartı ile Optimum Koşullarda Elde Edilen Sonuçlar**

| Field | Rank           | Sb<br>Ba<br>Pb | Ba<br>Sb | Pb<br>Sb | Pb | Fe | Stage<br>X<br>(mm) | Stage<br>Y<br>(mm) | ECD<br>( $\mu$ m) | Sb<br>(Wt%) | Ba<br>(Wt%) | Pb<br>(Wt%) |
|-------|----------------|----------------|----------|----------|----|----|--------------------|--------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| 34    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,605             | 71,191             | 0,75              | 28,55       | 22,10       | 26,18       |
| 62    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,743             | 71,978             | 0,75              | 27,59       | 27,52       | 24,54       |
| 65    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,349             | 71,738             | 0,75              | 25,90       | 28,39       | 21,35       |
| 107   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,224             | 73,196             | 0,75              | 22,14       | 23,72       | 27,69       |
| 118   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,711             | 73,354             | 0,75              | 25,39       | 27,75       | 25,33       |
| 123   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,220             | 73,481             | 0,75              | 23,91       | 27,25       | 29,21       |
| 125   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,142             | 73,285             | 0,75              | 29,53       | 24,09       | 23,67       |
| 130   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,902             | 73,705             | 0,75              | 27,35       | 25,90       | 25,46       |
| 131   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,118             | 73,887             | 0,75              | 27,47       | 22,40       | 28,18       |
| 135   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,158             | 73,964             | 0,75              | 29,04       | 26,44       | 20,83       |
| 158   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,683             | 74,451             | 0,75              | 22,78       | 21,36       | 34,49       |
| 165   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,035             | 74,773             | 0,75              | 21,96       | 30,50       | 24,08       |
| 169   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,072             | 74,575             | 0,75              | 17,43       | 25,84       | 27,63       |
| 190   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,660             | 75,350             | 0,75              | 27,07       | 30,61       | 23,02       |
| 201   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,126             | 75,545             | 0,75              | 21,73       | 21,76       | 29,82       |
| 247   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,059             | 71,182             | 0,75              | 23,37       | 21,72       | 23,58       |
| 248   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,784             | 71,622             | 0,75              | 23,17       | 22,15       | 22,84       |
| 250   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,011             | 71,730             | 0,75              | 24,00       | 24,88       | 23,48       |
| 253   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,508             | 71,922             | 0,75              | 24,35       | 17,82       | 28,96       |
| 254   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,083             | 71,957             | 0,75              | 21,63       | 26,64       | 27,65       |
| 255   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,025             | 71,972             | 0,75              | 26,11       | 19,42       | 29,65       |
| 256   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,397             | 71,974             | 0,75              | 26,19       | 17,89       | 25,44       |
| 257   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,607             | 72,136             | 0,75              | 28,10       | 20,38       | 22,67       |
| 12    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,860             | 70,449             | 1,50              | 24,64       | 28,52       | 24,44       |
| 21    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,166             | 70,731             | 1,50              | 26,08       | 29,40       | 24,04       |
| 23    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,104             | 70,730             | 1,50              | 29,08       | 27,22       | 24,08       |
| 24    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,580             | 70,929             | 1,50              | 27,64       | 29,61       | 23,24       |
| 34    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,687             | 70,957             | 1,50              | 24,21       | 30,92       | 25,05       |
| 42    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,084             | 71,084             | 1,50              | 19,89       | 24,82       | 23,62       |
| 46    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,635             | 71,368             | 1,50              | 21,80       | 19,97       | 24,40       |
| 48    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,597             | 71,667             | 1,50              | 23,43       | 30,91       | 23,13       |
| 53    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,269             | 71,550             | 1,50              | 25,09       | 33,05       | 21,51       |
| 64    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,886             | 71,755             | 1,50              | 21,67       | 30,00       | 21,46       |
| 64    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,831             | 72,004             | 1,50              | 23,26       | 27,33       | 25,83       |
| 66    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,985             | 72,026             | 1,50              | 27,26       | 26,82       | 24,02       |
| 71    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,340             | 72,080             | 1,50              | 23,80       | 25,09       | 26,86       |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 79  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,303 | 72,464 | 1,50 | 24,78 | 32,06 | 23,61 |
| 83  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,128 | 72,168 | 1,50 | 23,10 | 31,35 | 25,42 |
| 89  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,402 | 72,762 | 1,50 | 30,10 | 29,19 | 24,90 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,430 | 72,950 | 1,50 | 29,50 | 25,48 | 23,46 |
| 105 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,256 | 73,205 | 1,50 | 27,88 | 30,45 | 22,19 |
| 131 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,301 | 73,717 | 1,50 | 24,24 | 28,15 | 26,86 |
| 259 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,520 | 72,388 | 0,75 | 24,25 | 23,30 | 26,65 |
| 264 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,605 | 73,502 | 0,75 | 22,71 | 20,76 | 25,06 |
| 265 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,279 | 73,351 | 0,75 | 24,66 | 22,17 | 24,47 |
| 269 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,416 | 73,694 | 0,75 | 31,80 | 27,02 | 7,94  |
| 270 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,973 | 73,858 | 0,75 | 25,82 | 28,62 | 23,79 |
| 271 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,721 | 73,943 | 0,75 | 19,28 | 27,50 | 24,45 |
| 276 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,111 | 74,327 | 0,75 | 24,81 | 27,93 | 24,09 |
| 277 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,657 | 74,153 | 0,75 | 24,99 | 26,93 | 22,79 |
| 273 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,917 | 74,117 | 0,75 | 26,74 | 18,26 | 27,02 |
| 8   | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,708 | 70,384 | 1,00 | 25,83 | 20,92 | 27,10 |
| 18  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,677 | 70,621 | 1,00 | 30,69 | 18,45 | 28,63 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,440 | 71,004 | 1,00 | 19,61 | 26,23 | 28,71 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,092 | 71,287 | 1,00 | 27,14 | 26,11 | 28,24 |
| 38  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,012 | 71,325 | 1,00 | 24,06 | 28,71 | 24,34 |
| 50  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,634 | 71,485 | 1,00 | 24,82 | 28,59 | 24,90 |
| 55  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,573 | 71,666 | 1,00 | 23,54 | 28,67 | 24,05 |
| 60  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,905 | 71,768 | 1,00 | 22,06 | 25,19 | 24,41 |
| 66  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,847 | 71,863 | 1,00 | 25,39 | 27,40 | 22,38 |
| 67  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,151 | 71,929 | 1,00 | 22,66 | 28,93 | 24,51 |
| 83  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,114 | 72,304 | 1,00 | 21,45 | 31,32 | 26,13 |
| 85  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,116 | 72,529 | 1,00 | 22,39 | 31,74 | 26,98 |
| 93  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,517 | 72,761 | 1,00 | 25,53 | 25,66 | 27,07 |
| 97  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,167 | 72,624 | 1,00 | 28,02 | 29,29 | 22,28 |
| 107 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,237 | 73,013 | 1,00 | 26,37 | 27,30 | 27,19 |
| 125 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,342 | 73,349 | 1,00 | 24,28 | 27,39 | 25,68 |
| 127 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,439 | 73,645 | 1,00 | 22,62 | 28,93 | 22,98 |
| 132 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,947 | 73,794 | 1,00 | 24,47 | 24,55 | 29,44 |
| 162 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,657 | 74,561 | 1,00 | 24,10 | 31,20 | 22,96 |
| 192 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,783 | 75,327 | 1,00 | 20,13 | 29,91 | 25,13 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,953 | 75,483 | 1,00 | 21,42 | 30,82 | 24,13 |
| 220 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,750 | 75,970 | 1,00 | 29,50 | 25,18 | 23,74 |
| 223 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,509 | 76,125 | 1,00 | 22,11 | 30,49 | 23,00 |
| 241 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,011 | 70,377 | 1,00 | 30,33 | 14,28 | 18,75 |
| 242 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,682 | 70,567 | 1,00 | 23,01 | 21,53 | 22,04 |
| 246 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,309 | 71,131 | 1,00 | 23,47 | 24,37 | 22,25 |
| 249 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,026 | 71,711 | 1,00 | 21,50 | 24,59 | 23,82 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 260 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,561 | 72,647 | 1,00 | 23,93 | 22,62 | 29,30 |
| 262 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,135 | 73,283 | 1,00 | 24,76 | 23,43 | 26,19 |
| 12  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,860 | 70,449 | 1,50 | 24,64 | 28,52 | 24,44 |
| 21  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,166 | 70,731 | 1,50 | 26,08 | 29,40 | 24,04 |
| 23  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,104 | 70,730 | 1,50 | 29,08 | 27,22 | 24,08 |
| 24  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,580 | 70,929 | 1,50 | 27,64 | 29,61 | 23,24 |
| 34  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,687 | 70,957 | 1,50 | 24,21 | 30,92 | 25,05 |
| 42  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,084 | 71,084 | 1,50 | 19,89 | 24,82 | 23,62 |
| 46  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,635 | 71,368 | 1,50 | 21,80 | 19,97 | 24,40 |
| 48  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,597 | 71,667 | 1,50 | 23,43 | 30,91 | 23,13 |
| 53  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,269 | 71,550 | 1,50 | 25,09 | 33,05 | 21,51 |
| 64  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,886 | 71,755 | 1,50 | 21,67 | 30,00 | 21,46 |
| 64  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,831 | 72,004 | 1,50 | 23,26 | 27,33 | 25,83 |
| 66  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,985 | 72,026 | 1,50 | 27,26 | 26,82 | 24,02 |
| 71  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,340 | 72,080 | 1,50 | 23,80 | 25,09 | 26,86 |
| 79  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,303 | 72,464 | 1,50 | 24,78 | 32,06 | 23,61 |
| 83  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,128 | 72,168 | 1,50 | 23,10 | 31,35 | 25,42 |
| 89  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,402 | 72,762 | 1,50 | 30,10 | 29,19 | 24,90 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,430 | 72,950 | 1,50 | 29,50 | 25,48 | 23,46 |
| 105 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,256 | 73,205 | 1,50 | 27,88 | 30,45 | 22,19 |
| 131 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,301 | 73,717 | 1,50 | 24,24 | 28,15 | 26,86 |
| 144 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,698 | 74,213 | 1,50 | 25,30 | 29,25 | 24,46 |
| 152 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,752 | 74,420 | 1,50 | 17,80 | 23,86 | 24,15 |
| 159 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,124 | 74,438 | 1,50 | 25,06 | 31,02 | 23,88 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,137 | 74,476 | 1,50 | 22,24 | 28,94 | 26,61 |
| 166 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,756 | 74,424 | 1,50 | 26,39 | 26,83 | 27,01 |
| 167 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,110 | 74,604 | 1,50 | 25,78 | 29,32 | 26,16 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,787 | 75,490 | 1,50 | 24,97 | 33,48 | 22,09 |
| 203 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,106 | 75,866 | 1,50 | 25,05 | 29,05 | 23,11 |
| 223 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,205 | 76,265 | 1,50 | 28,76 | 32,00 | 24,49 |
| 232 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,797 | 76,324 | 1,50 | 24,52 | 34,08 | 21,93 |
| 244 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,941 | 70,936 | 1,50 | 26,49 | 42,77 | 2,95  |
| 267 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,006 | 73,386 | 1,50 | 25,79 | 25,37 | 24,13 |
| 10  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,938 | 70,483 | 2,00 | 23,64 | 28,35 | 24,45 |
| 18  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,005 | 70,677 | 2,00 | 23,20 | 28,80 | 25,36 |
| 19  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,017 | 70,673 | 2,00 | 25,91 | 31,03 | 25,60 |
| 29  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,205 | 70,898 | 2,00 | 22,95 | 34,97 | 21,86 |
| 31  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,191 | 71,178 | 2,00 | 25,77 | 33,40 | 21,83 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,038 | 71,121 | 2,00 | 27,03 | 31,31 | 22,12 |
| 46  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,883 | 71,460 | 2,00 | 24,06 | 31,96 | 23,80 |
| 77  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,075 | 72,127 | 2,00 | 23,70 | 21,61 | 21,48 |
| 77  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,180 | 72,401 | 2,00 | 25,12 | 30,63 | 25,17 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |       |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 94  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,796 | 72,660 | 2,00  | 24,41 | 29,23 | 23,97 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,429 | 72,948 | 2,00  | 23,65 | 28,20 | 22,89 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,106 | 72,982 | 2,00  | 26,20 | 30,87 | 24,00 |
| 104 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,806 | 73,124 | 2,00  | 20,64 | 27,65 | 24,36 |
| 106 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,542 | 73,110 | 2,00  | 31,63 | 32,79 | 27,20 |
| 110 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,893 | 73,207 | 2,00  | 23,61 | 25,81 | 20,82 |
| 126 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,704 | 73,521 | 2,00  | 26,19 | 29,57 | 24,30 |
| 135 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,327 | 73,888 | 2,00  | 28,06 | 29,96 | 24,15 |
| 147 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,296 | 74,264 | 2,00  | 21,72 | 30,25 | 26,37 |
| 161 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,348 | 74,653 | 2,00  | 24,04 | 34,45 | 21,95 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,494 | 74,749 | 2,00  | 26,68 | 30,74 | 22,30 |
| 173 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,109 | 74,825 | 2,00  | 21,39 | 28,14 | 21,65 |
| 174 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,505 | 74,981 | 2,00  | 22,68 | 30,97 | 27,77 |
| 188 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,601 | 75,403 | 2,00  | 25,16 | 27,21 | 19,24 |
| 51  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,546 | 71,691 | 2,00  | 24,92 | 29,27 | 24,99 |
| 55  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,354 | 71,432 | 2,00  | 28,69 | 29,73 | 24,72 |
| 62  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,904 | 71,997 | 2,00  | 26,12 | 28,05 | 22,58 |
| 136 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,722 | 73,670 | 2,00  | 25,22 | 30,06 | 26,62 |
| 122 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,543 | 73,360 | 10,00 | 26,27 | 33,69 | 23,39 |
| 48  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,981 | 71,406 | 15,00 | 27,30 | 27,76 | 22,69 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,896 | 75,225 | 20,00 | 28,53 | 31,00 | 24,17 |

| <b>20 µm</b> | <b>15 µm</b> | <b>10 µm</b> | <b>2 µm</b> | <b>1,5 µm</b> | <b>1.0 µm</b> | <b>0.75 µm</b> | <b>0.5 µm</b> |
|--------------|--------------|--------------|-------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 1/1          | 1/1          | 1/1          | 27/27       | 31/31         | 29/29         | 32/32          | 36/19         |

**Sem-05 Co-Au-Rh Kalibrasyon Standartı ile Optimum Koşullarda Elde Edilen Sonuçlar**

| Field | Rank           | Sb<br>Ba<br>Pb | Ba<br>Sb | Pb<br>Sb | Pb | Fe | Stage X<br>(mm) | Stage Y<br>(mm) | ECD (μm) | Sb<br>(Wt%) | Ba<br>(Wt%) | Pb<br>(Wt%) |
|-------|----------------|----------------|----------|----------|----|----|-----------------|-----------------|----------|-------------|-------------|-------------|
| 34    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,605          | 71,191          | 0,75     | 28,55       | 22,10       | 26,18       |
| 62    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,743          | 71,978          | 0,75     | 27,59       | 27,52       | 24,54       |
| 65    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,349          | 71,738          | 0,75     | 25,90       | 28,39       | 21,35       |
| 107   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,224          | 73,196          | 0,75     | 22,14       | 23,72       | 27,69       |
| 118   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,711          | 73,354          | 0,75     | 25,39       | 27,75       | 25,33       |
| 123   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,220          | 73,481          | 0,75     | 23,91       | 27,25       | 29,21       |
| 12    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,860          | 70,449          | 1,50     | 24,64       | 28,52       | 24,44       |
| 21    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,166          | 70,731          | 1,50     | 26,08       | 29,40       | 24,04       |
| 23    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,104          | 70,730          | 1,50     | 29,08       | 27,22       | 24,08       |
| 24    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,580          | 70,929          | 1,50     | 27,64       | 29,61       | 23,24       |
| 34    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,687          | 70,957          | 1,50     | 24,21       | 30,92       | 25,05       |
| 42    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,084          | 71,084          | 1,50     | 19,89       | 24,82       | 23,62       |
| 46    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,635          | 71,368          | 1,50     | 21,80       | 19,97       | 24,40       |
| 48    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,597          | 71,667          | 1,50     | 23,43       | 30,91       | 23,13       |
| 53    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,269          | 71,550          | 1,50     | 25,09       | 33,05       | 21,51       |
| 64    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,886          | 71,755          | 1,50     | 21,67       | 30,00       | 21,46       |
| 64    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,831          | 72,004          | 1,50     | 23,26       | 27,33       | 25,83       |
| 66    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,985          | 72,026          | 1,50     | 27,26       | 26,82       | 24,02       |
| 71    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,340          | 72,080          | 1,50     | 23,80       | 25,09       | 26,86       |
| 79    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,303          | 72,464          | 1,50     | 24,78       | 32,06       | 23,61       |
| 83    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,128          | 72,168          | 1,50     | 23,10       | 31,35       | 25,42       |
| 89    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,402          | 72,762          | 1,50     | 30,10       | 29,19       | 24,90       |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,430 | 72,950 | 1,50 | 29,50 | 25,48 | 23,46 |
| 105 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,256 | 73,205 | 1,50 | 27,88 | 30,45 | 22,19 |
| 131 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,301 | 73,717 | 1,50 | 24,24 | 28,15 | 26,86 |
| 125 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,142 | 73,285 | 0,75 | 29,53 | 24,09 | 23,67 |
| 130 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,902 | 73,705 | 0,75 | 27,35 | 25,90 | 25,46 |
| 131 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,118 | 73,887 | 0,75 | 27,47 | 22,40 | 28,18 |
| 135 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,158 | 73,964 | 0,75 | 29,04 | 26,44 | 20,83 |
| 158 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,683 | 74,451 | 0,75 | 22,78 | 21,36 | 34,49 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,035 | 74,773 | 0,75 | 21,96 | 30,50 | 24,08 |
| 169 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,072 | 74,575 | 0,75 | 17,43 | 25,84 | 27,63 |
| 190 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,660 | 75,350 | 0,75 | 27,07 | 30,61 | 23,02 |
| 201 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,126 | 75,545 | 0,75 | 21,73 | 21,76 | 29,82 |
| 247 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,059 | 71,182 | 0,75 | 23,37 | 21,72 | 23,58 |
| 248 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,784 | 71,622 | 0,75 | 23,17 | 22,15 | 22,84 |
| 250 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,011 | 71,730 | 0,75 | 24,00 | 24,88 | 23,48 |
| 253 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,508 | 71,922 | 0,75 | 24,35 | 17,82 | 28,96 |
| 254 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,083 | 71,957 | 0,75 | 21,63 | 26,64 | 27,65 |
| 255 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,025 | 71,972 | 0,75 | 26,11 | 19,42 | 29,65 |
| 256 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,397 | 71,974 | 0,75 | 26,19 | 17,89 | 25,44 |
| 257 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,607 | 72,136 | 0,75 | 28,10 | 20,38 | 22,67 |
| 259 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,520 | 72,388 | 0,75 | 24,25 | 23,30 | 26,65 |
| 264 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,605 | 73,502 | 0,75 | 22,71 | 20,76 | 25,06 |
| 265 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,279 | 73,351 | 0,75 | 24,66 | 22,17 | 24,47 |
| 269 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,416 | 73,694 | 0,75 | 31,80 | 27,02 | 7,94  |
| 270 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,973 | 73,858 | 0,75 | 25,82 | 28,62 | 23,79 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 271 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,721 | 73,943 | 0,75 | 19,28 | 27,50 | 24,45 |
| 276 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,111 | 74,327 | 0,75 | 24,81 | 27,93 | 24,09 |
| 277 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,657 | 74,153 | 0,75 | 24,99 | 26,93 | 22,79 |
| 273 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,917 | 74,117 | 0,75 | 26,74 | 18,26 | 27,02 |
| 8   | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,708 | 70,384 | 1,00 | 25,83 | 20,92 | 27,10 |
| 18  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,677 | 70,621 | 1,00 | 30,69 | 18,45 | 28,63 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,440 | 71,004 | 1,00 | 19,61 | 26,23 | 28,71 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,092 | 71,287 | 1,00 | 27,14 | 26,11 | 28,24 |
| 38  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,012 | 71,325 | 1,00 | 24,06 | 28,71 | 24,34 |
| 50  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,634 | 71,485 | 1,00 | 24,82 | 28,59 | 24,90 |
| 55  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,573 | 71,666 | 1,00 | 23,54 | 28,67 | 24,05 |
| 60  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,905 | 71,768 | 1,00 | 22,06 | 25,19 | 24,41 |
| 66  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,847 | 71,863 | 1,00 | 25,39 | 27,40 | 22,38 |
| 67  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,151 | 71,929 | 1,00 | 22,66 | 28,93 | 24,51 |
| 83  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,114 | 72,304 | 1,00 | 21,45 | 31,32 | 26,13 |
| 85  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,116 | 72,529 | 1,00 | 22,39 | 31,74 | 26,98 |
| 93  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,517 | 72,761 | 1,00 | 25,53 | 25,66 | 27,07 |
| 97  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,167 | 72,624 | 1,00 | 28,02 | 29,29 | 22,28 |
| 107 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,237 | 73,013 | 1,00 | 26,37 | 27,30 | 27,19 |
| 125 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,342 | 73,349 | 1,00 | 24,28 | 27,39 | 25,68 |
| 127 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,439 | 73,645 | 1,00 | 22,62 | 28,93 | 22,98 |
| 132 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,947 | 73,794 | 1,00 | 24,47 | 24,55 | 29,44 |
| 162 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,657 | 74,561 | 1,00 | 24,10 | 31,20 | 22,96 |
| 192 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,783 | 75,327 | 1,00 | 20,13 | 29,91 | 25,13 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,953 | 75,483 | 1,00 | 21,42 | 30,82 | 24,13 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 220 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,750 | 75,970 | 1,00 | 29,50 | 25,18 | 23,74 |
| 223 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,509 | 76,125 | 1,00 | 22,11 | 30,49 | 23,00 |
| 241 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,011 | 70,377 | 1,00 | 30,33 | 14,28 | 18,75 |
| 242 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,682 | 70,567 | 1,00 | 23,01 | 21,53 | 22,04 |
| 246 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,309 | 71,131 | 1,00 | 23,47 | 24,37 | 22,25 |
| 249 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,026 | 71,711 | 1,00 | 21,50 | 24,59 | 23,82 |
| 260 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,561 | 72,647 | 1,00 | 23,93 | 22,62 | 29,30 |
| 262 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,135 | 73,283 | 1,00 | 24,76 | 23,43 | 26,19 |
| 12  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,860 | 70,449 | 1,50 | 24,64 | 28,52 | 24,44 |
| 21  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,166 | 70,731 | 1,50 | 26,08 | 29,40 | 24,04 |
| 23  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,104 | 70,730 | 1,50 | 29,08 | 27,22 | 24,08 |
| 24  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,580 | 70,929 | 1,50 | 27,64 | 29,61 | 23,24 |
| 34  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,687 | 70,957 | 1,50 | 24,21 | 30,92 | 25,05 |
| 42  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,084 | 71,084 | 1,50 | 19,89 | 24,82 | 23,62 |
| 46  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,635 | 71,368 | 1,50 | 21,80 | 19,97 | 24,40 |
| 48  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,597 | 71,667 | 1,50 | 23,43 | 30,91 | 23,13 |
| 53  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,269 | 71,550 | 1,50 | 25,09 | 33,05 | 21,51 |
| 64  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,886 | 71,755 | 1,50 | 21,67 | 30,00 | 21,46 |
| 64  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,831 | 72,004 | 1,50 | 23,26 | 27,33 | 25,83 |
| 66  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,985 | 72,026 | 1,50 | 27,26 | 26,82 | 24,02 |
| 71  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,340 | 72,080 | 1,50 | 23,80 | 25,09 | 26,86 |
| 79  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,303 | 72,464 | 1,50 | 24,78 | 32,06 | 23,61 |
| 83  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,128 | 72,168 | 1,50 | 23,10 | 31,35 | 25,42 |
| 89  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,402 | 72,762 | 1,50 | 30,10 | 29,19 | 24,90 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,430 | 72,950 | 1,50 | 29,50 | 25,48 | 23,46 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 105 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,256 | 73,205 | 1,50 | 27,88 | 30,45 | 22,19 |
| 131 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,301 | 73,717 | 1,50 | 24,24 | 28,15 | 26,86 |
| 144 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,698 | 74,213 | 1,50 | 25,30 | 29,25 | 24,46 |
| 152 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,752 | 74,420 | 1,50 | 17,80 | 23,86 | 24,15 |
| 159 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,124 | 74,438 | 1,50 | 25,06 | 31,02 | 23,88 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,137 | 74,476 | 1,50 | 22,24 | 28,94 | 26,61 |
| 166 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,756 | 74,424 | 1,50 | 26,39 | 26,83 | 27,01 |
| 167 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,110 | 74,604 | 1,50 | 25,78 | 29,32 | 26,16 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,787 | 75,490 | 1,50 | 24,97 | 33,48 | 22,09 |
| 203 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,106 | 75,866 | 1,50 | 25,05 | 29,05 | 23,11 |
| 223 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,205 | 76,265 | 1,50 | 28,76 | 32,00 | 24,49 |
| 232 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,797 | 76,324 | 1,50 | 24,52 | 34,08 | 21,93 |
| 244 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,941 | 70,936 | 1,50 | 26,49 | 42,77 | 2,95  |
| 267 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,006 | 73,386 | 1,50 | 25,79 | 25,37 | 24,13 |
| 10  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,938 | 70,483 | 2,00 | 23,64 | 28,35 | 24,45 |
| 18  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,005 | 70,677 | 2,00 | 23,20 | 28,80 | 25,36 |
| 19  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,017 | 70,673 | 2,00 | 25,91 | 31,03 | 25,60 |
| 29  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,205 | 70,898 | 2,00 | 22,95 | 34,97 | 21,86 |
| 31  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,191 | 71,178 | 2,00 | 25,77 | 33,40 | 21,83 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,038 | 71,121 | 2,00 | 27,03 | 31,31 | 22,12 |
| 46  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,883 | 71,460 | 2,00 | 24,06 | 31,96 | 23,80 |
| 77  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,075 | 72,127 | 2,00 | 23,70 | 21,61 | 21,48 |
| 77  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,180 | 72,401 | 2,00 | 25,12 | 30,63 | 25,17 |
| 94  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,796 | 72,660 | 2,00 | 24,41 | 29,23 | 23,97 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,429 | 72,948 | 2,00 | 23,65 | 28,20 | 22,89 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |       |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,106 | 72,982 | 2,00  | 26,20 | 30,87 | 24,00 |
| 104 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,806 | 73,124 | 2,00  | 20,64 | 27,65 | 24,36 |
| 106 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,542 | 73,110 | 2,00  | 31,63 | 32,79 | 27,20 |
| 110 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,893 | 73,207 | 2,00  | 23,61 | 25,81 | 20,82 |
| 126 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,704 | 73,521 | 2,00  | 26,19 | 29,57 | 24,30 |
| 135 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,327 | 73,888 | 2,00  | 28,06 | 29,96 | 24,15 |
| 147 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,296 | 74,264 | 2,00  | 21,72 | 30,25 | 26,37 |
| 161 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,348 | 74,653 | 2,00  | 24,04 | 34,45 | 21,95 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,494 | 74,749 | 2,00  | 26,68 | 30,74 | 22,30 |
| 173 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,109 | 74,825 | 2,00  | 21,39 | 28,14 | 21,65 |
| 174 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,505 | 74,981 | 2,00  | 22,68 | 30,97 | 27,77 |
| 188 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,601 | 75,403 | 2,00  | 25,16 | 27,21 | 19,24 |
| 51  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,546 | 71,691 | 2,00  | 24,92 | 29,27 | 24,99 |
| 55  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,354 | 71,432 | 2,00  | 28,69 | 29,73 | 24,72 |
| 62  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,904 | 71,997 | 2,00  | 26,12 | 28,05 | 22,58 |
| 136 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,722 | 73,670 | 2,00  | 25,22 | 30,06 | 26,62 |
| 122 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,543 | 73,360 | 10,00 | 26,27 | 33,69 | 23,39 |
| 48  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,981 | 71,406 | 15,00 | 27,30 | 27,76 | 22,69 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,896 | 75,225 | 20,00 | 28,53 | 31,00 | 24,17 |

| 20 µm | 15 µm | 10 µm | 2 µm  | 1,5 µm | 1.0 µm | 0.75 µm | 0.5 µm |
|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|--------|
| 1/1   | 1/1   | 1/1   | 27/27 | 31/31  | 29/29  | 32/32   | 36/19  |

**Sem-06 Co-Au-Rh Kalibrasyon Standartı ile Optimum Koşullarda Elde Edilen Sonuçlar**

| Field | Rank           | Sb<br>Ba<br>Pb | Ba<br>Sb | Pb<br>Sb | Pb | Fe | Stage<br>X<br>(mm) | Stage<br>Y<br>(mm) | ECD<br>( $\mu$ m) | Sb<br>(Wt%) | Ba<br>(Wt%) | Pb<br>(Wt%) |
|-------|----------------|----------------|----------|----------|----|----|--------------------|--------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| 34    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,605             | 71,191             | 0,75              | 28,55       | 22,10       | 26,18       |
| 62    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,743             | 71,978             | 0,75              | 27,59       | 27,52       | 24,54       |
| 65    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,349             | 71,738             | 0,75              | 25,90       | 28,39       | 21,35       |
| 107   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,224             | 73,196             | 0,75              | 22,14       | 23,72       | 27,69       |
| 118   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,711             | 73,354             | 0,75              | 25,39       | 27,75       | 25,33       |
| 123   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,220             | 73,481             | 0,75              | 23,91       | 27,25       | 29,21       |
| 125   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,142             | 73,285             | 0,75              | 29,53       | 24,09       | 23,67       |
| 130   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,902             | 73,705             | 0,75              | 27,35       | 25,90       | 25,46       |
| 131   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,118             | 73,887             | 0,75              | 27,47       | 22,40       | 28,18       |
| 135   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,158             | 73,964             | 0,75              | 29,04       | 26,44       | 20,83       |
| 158   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,683             | 74,451             | 0,75              | 22,78       | 21,36       | 34,49       |
| 12    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,860             | 70,449             | 1,50              | 24,64       | 28,52       | 24,44       |
| 21    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,166             | 70,731             | 1,50              | 26,08       | 29,40       | 24,04       |
| 23    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,104             | 70,730             | 1,50              | 29,08       | 27,22       | 24,08       |
| 24    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,580             | 70,929             | 1,50              | 27,64       | 29,61       | 23,24       |
| 34    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,687             | 70,957             | 1,50              | 24,21       | 30,92       | 25,05       |
| 42    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,084             | 71,084             | 1,50              | 19,89       | 24,82       | 23,62       |
| 46    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 58,635             | 71,368             | 1,50              | 21,80       | 19,97       | 24,40       |
| 48    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,597             | 71,667             | 1,50              | 23,43       | 30,91       | 23,13       |
| 53    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,269             | 71,550             | 1,50              | 25,09       | 33,05       | 21,51       |
| 64    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,886             | 71,755             | 1,50              | 21,67       | 30,00       | 21,46       |
| 64    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,831             | 72,004             | 1,50              | 23,26       | 27,33       | 25,83       |
| 66    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,985             | 72,026             | 1,50              | 27,26       | 26,82       | 24,02       |
| 71    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,340             | 72,080             | 1,50              | 23,80       | 25,09       | 26,86       |
| 79    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,303             | 72,464             | 1,50              | 24,78       | 32,06       | 23,61       |
| 83    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 63,128             | 72,168             | 1,50              | 23,10       | 31,35       | 25,42       |
| 89    | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,402             | 72,762             | 1,50              | 30,10       | 29,19       | 24,90       |
| 103   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,430             | 72,950             | 1,50              | 29,50       | 25,48       | 23,46       |
| 105   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,256             | 73,205             | 1,50              | 27,88       | 30,45       | 22,19       |
| 131   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,301             | 73,717             | 1,50              | 24,24       | 28,15       | 26,86       |
| 165   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 62,035             | 74,773             | 0,75              | 21,96       | 30,50       | 24,08       |
| 169   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 64,072             | 74,575             | 0,75              | 17,43       | 25,84       | 27,63       |
| 190   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 60,660             | 75,350             | 0,75              | 27,07       | 30,61       | 23,02       |
| 201   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 59,126             | 75,545             | 0,75              | 21,73       | 21,76       | 29,82       |
| 247   | characteristic | 1              | 0        | 0        | 0  | 0  | 61,059             | 71,182             | 0,75              | 23,37       | 21,72       | 23,58       |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 248 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,784 | 71,622 | 0,75 | 23,17 | 22,15 | 22,84 |
| 250 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,011 | 71,730 | 0,75 | 24,00 | 24,88 | 23,48 |
| 253 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,508 | 71,922 | 0,75 | 24,35 | 17,82 | 28,96 |
| 254 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,083 | 71,957 | 0,75 | 21,63 | 26,64 | 27,65 |
| 255 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,025 | 71,972 | 0,75 | 26,11 | 19,42 | 29,65 |
| 256 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,397 | 71,974 | 0,75 | 26,19 | 17,89 | 25,44 |
| 257 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,607 | 72,136 | 0,75 | 28,10 | 20,38 | 22,67 |
| 259 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,520 | 72,388 | 0,75 | 24,25 | 23,30 | 26,65 |
| 264 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,605 | 73,502 | 0,75 | 22,71 | 20,76 | 25,06 |
| 265 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,279 | 73,351 | 0,75 | 24,66 | 22,17 | 24,47 |
| 269 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,416 | 73,694 | 0,75 | 31,80 | 27,02 | 7,94  |
| 270 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,973 | 73,858 | 0,75 | 25,82 | 28,62 | 23,79 |
| 271 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,721 | 73,943 | 0,75 | 19,28 | 27,50 | 24,45 |
| 276 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,111 | 74,327 | 0,75 | 24,81 | 27,93 | 24,09 |
| 277 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,657 | 74,153 | 0,75 | 24,99 | 26,93 | 22,79 |
| 273 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,917 | 74,117 | 0,75 | 26,74 | 18,26 | 27,02 |
| 8   | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,708 | 70,384 | 1,00 | 25,83 | 20,92 | 27,10 |
| 18  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,677 | 70,621 | 1,00 | 30,69 | 18,45 | 28,63 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,440 | 71,004 | 1,00 | 19,61 | 26,23 | 28,71 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,092 | 71,287 | 1,00 | 27,14 | 26,11 | 28,24 |
| 38  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,012 | 71,325 | 1,00 | 24,06 | 28,71 | 24,34 |
| 50  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,634 | 71,485 | 1,00 | 24,82 | 28,59 | 24,90 |
| 55  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,573 | 71,666 | 1,00 | 23,54 | 28,67 | 24,05 |
| 60  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,905 | 71,768 | 1,00 | 22,06 | 25,19 | 24,41 |
| 66  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,847 | 71,863 | 1,00 | 25,39 | 27,40 | 22,38 |
| 67  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,151 | 71,929 | 1,00 | 22,66 | 28,93 | 24,51 |
| 83  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,114 | 72,304 | 1,00 | 21,45 | 31,32 | 26,13 |
| 85  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,116 | 72,529 | 1,00 | 22,39 | 31,74 | 26,98 |
| 93  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,517 | 72,761 | 1,00 | 25,53 | 25,66 | 27,07 |
| 97  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,167 | 72,624 | 1,00 | 28,02 | 29,29 | 22,28 |
| 107 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,237 | 73,013 | 1,00 | 26,37 | 27,30 | 27,19 |
| 125 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,342 | 73,349 | 1,00 | 24,28 | 27,39 | 25,68 |
| 127 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,439 | 73,645 | 1,00 | 22,62 | 28,93 | 22,98 |
| 132 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,947 | 73,794 | 1,00 | 24,47 | 24,55 | 29,44 |
| 162 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,657 | 74,561 | 1,00 | 24,10 | 31,20 | 22,96 |
| 192 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,783 | 75,327 | 1,00 | 20,13 | 29,91 | 25,13 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,953 | 75,483 | 1,00 | 21,42 | 30,82 | 24,13 |
| 220 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,750 | 75,970 | 1,00 | 29,50 | 25,18 | 23,74 |
| 223 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,509 | 76,125 | 1,00 | 22,11 | 30,49 | 23,00 |
| 241 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,011 | 70,377 | 1,00 | 30,33 | 14,28 | 18,75 |
| 242 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,682 | 70,567 | 1,00 | 23,01 | 21,53 | 22,04 |
| 246 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,309 | 71,131 | 1,00 | 23,47 | 24,37 | 22,25 |
| 249 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,026 | 71,711 | 1,00 | 21,50 | 24,59 | 23,82 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |      |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| 260 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,561 | 72,647 | 1,00 | 23,93 | 22,62 | 29,30 |
| 262 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,135 | 73,283 | 1,00 | 24,76 | 23,43 | 26,19 |
| 12  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,860 | 70,449 | 1,50 | 24,64 | 28,52 | 24,44 |
| 21  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,166 | 70,731 | 1,50 | 26,08 | 29,40 | 24,04 |
| 23  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,104 | 70,730 | 1,50 | 29,08 | 27,22 | 24,08 |
| 24  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,580 | 70,929 | 1,50 | 27,64 | 29,61 | 23,24 |
| 34  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,687 | 70,957 | 1,50 | 24,21 | 30,92 | 25,05 |
| 42  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,084 | 71,084 | 1,50 | 19,89 | 24,82 | 23,62 |
| 46  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,635 | 71,368 | 1,50 | 21,80 | 19,97 | 24,40 |
| 48  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,597 | 71,667 | 1,50 | 23,43 | 30,91 | 23,13 |
| 53  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,269 | 71,550 | 1,50 | 25,09 | 33,05 | 21,51 |
| 64  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,886 | 71,755 | 1,50 | 21,67 | 30,00 | 21,46 |
| 64  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,831 | 72,004 | 1,50 | 23,26 | 27,33 | 25,83 |
| 66  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,985 | 72,026 | 1,50 | 27,26 | 26,82 | 24,02 |
| 71  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,340 | 72,080 | 1,50 | 23,80 | 25,09 | 26,86 |
| 79  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,303 | 72,464 | 1,50 | 24,78 | 32,06 | 23,61 |
| 83  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,128 | 72,168 | 1,50 | 23,10 | 31,35 | 25,42 |
| 89  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,402 | 72,762 | 1,50 | 30,10 | 29,19 | 24,90 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,430 | 72,950 | 1,50 | 29,50 | 25,48 | 23,46 |
| 105 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,256 | 73,205 | 1,50 | 27,88 | 30,45 | 22,19 |
| 131 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,301 | 73,717 | 1,50 | 24,24 | 28,15 | 26,86 |
| 144 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,698 | 74,213 | 1,50 | 25,30 | 29,25 | 24,46 |
| 152 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,752 | 74,420 | 1,50 | 17,80 | 23,86 | 24,15 |
| 159 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,124 | 74,438 | 1,50 | 25,06 | 31,02 | 23,88 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,137 | 74,476 | 1,50 | 22,24 | 28,94 | 26,61 |
| 166 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,756 | 74,424 | 1,50 | 26,39 | 26,83 | 27,01 |
| 167 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,110 | 74,604 | 1,50 | 25,78 | 29,32 | 26,16 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,787 | 75,490 | 1,50 | 24,97 | 33,48 | 22,09 |
| 203 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,106 | 75,866 | 1,50 | 25,05 | 29,05 | 23,11 |
| 223 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,205 | 76,265 | 1,50 | 28,76 | 32,00 | 24,49 |
| 232 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,797 | 76,324 | 1,50 | 24,52 | 34,08 | 21,93 |
| 244 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,941 | 70,936 | 1,50 | 26,49 | 42,77 | 2,95  |
| 267 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,006 | 73,386 | 1,50 | 25,79 | 25,37 | 24,13 |
| 10  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,938 | 70,483 | 2,00 | 23,64 | 28,35 | 24,45 |
| 18  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,005 | 70,677 | 2,00 | 23,20 | 28,80 | 25,36 |
| 19  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,017 | 70,673 | 2,00 | 25,91 | 31,03 | 25,60 |
| 29  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64,205 | 70,898 | 2,00 | 22,95 | 34,97 | 21,86 |
| 31  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,191 | 71,178 | 2,00 | 25,77 | 33,40 | 21,83 |
| 33  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,038 | 71,121 | 2,00 | 27,03 | 31,31 | 22,12 |
| 46  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58,883 | 71,460 | 2,00 | 24,06 | 31,96 | 23,80 |
| 77  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,075 | 72,127 | 2,00 | 23,70 | 21,61 | 21,48 |
| 77  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,180 | 72,401 | 2,00 | 25,12 | 30,63 | 25,17 |
| 94  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,796 | 72,660 | 2,00 | 24,41 | 29,23 | 23,97 |

|     |                |   |   |   |   |   |        |        |       |       |       |       |
|-----|----------------|---|---|---|---|---|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,429 | 72,948 | 2,00  | 23,65 | 28,20 | 22,89 |
| 103 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,106 | 72,982 | 2,00  | 26,20 | 30,87 | 24,00 |
| 104 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,806 | 73,124 | 2,00  | 20,64 | 27,65 | 24,36 |
| 106 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,542 | 73,110 | 2,00  | 31,63 | 32,79 | 27,20 |
| 110 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,893 | 73,207 | 2,00  | 23,61 | 25,81 | 20,82 |
| 126 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,704 | 73,521 | 2,00  | 26,19 | 29,57 | 24,30 |
| 135 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,327 | 73,888 | 2,00  | 28,06 | 29,96 | 24,15 |
| 147 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,296 | 74,264 | 2,00  | 21,72 | 30,25 | 26,37 |
| 161 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,348 | 74,653 | 2,00  | 24,04 | 34,45 | 21,95 |
| 165 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62,494 | 74,749 | 2,00  | 26,68 | 30,74 | 22,30 |
| 173 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,109 | 74,825 | 2,00  | 21,39 | 28,14 | 21,65 |
| 174 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,505 | 74,981 | 2,00  | 22,68 | 30,97 | 27,77 |
| 188 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,601 | 75,403 | 2,00  | 25,16 | 27,21 | 19,24 |
| 51  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,546 | 71,691 | 2,00  | 24,92 | 29,27 | 24,99 |
| 55  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,354 | 71,432 | 2,00  | 28,69 | 29,73 | 24,72 |
| 62  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,904 | 71,997 | 2,00  | 26,12 | 28,05 | 22,58 |
| 136 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,722 | 73,670 | 2,00  | 25,22 | 30,06 | 26,62 |
| 122 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61,543 | 73,360 | 10,00 | 26,27 | 33,69 | 23,39 |
| 48  | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59,981 | 71,406 | 15,00 | 27,30 | 27,76 | 22,69 |
| 196 | characteristic | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63,896 | 75,225 | 20,00 | 28,53 | 31,00 | 24,17 |

| 20 µm | 15 µm | 10 µm | 2 µm  | 1,5 µm | 1.0 µm | 0.75 µm | 0.5 µm |
|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|--------|
| 1/1   | 1/1   | 1/1   | 27/27 | 31/31  | 29/29  | 32/32   | 36/19  |

## ÖZGEÇMİŞ

### I- Bireysel Bilgiler

Adı : Emrah  
Soyadı : Coşkunsu  
Doğum Yeri ve Tarihi : Kayseri 01.06.1986  
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti  
Medeni Durumu : Evli  
Askerlik Durumu : Yok  
İletişim Adresi ve Telefonu : JKDB Kimyasal İnceleme Laboratuvarı (312) 464 72

15

### II- Eğitimi

Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Lisans

### III- Ünvanları

Kimyager

Kimyasal İnceleme Uzmanı

### IV- Mesleki Deneyimi

5 Yıl

### V- Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar

ENFSI, SWGDRUG

### VI- Bilimsel İlgi Alanları

Narkotik ve Psikotrop Maddeler.

### VII- Bilimsel Etkinlikleri

### VIII- Diğer Bilgiler