



T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



## YÜKSEK LİSANS TEZİ

### GÖKTAŞLARININ TİPLERİ VE ÖZELLİKLERİ

**Burak ÖZTÜRK**

**Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı**

**Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı**

**DANIŞMAN**

**Doç. Dr.Hasan Hüseyin ESENOĞLU**

**Eylül, 2019**

**İSTANBUL**

Bu çalışma, 12.09.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, Astronomi ve Uzay Bilimleri Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

**Tez Jürisi**



Doç. Dr. Hasan Hüseyin ESENOĞLU (Danışman)  
İstanbul Üniversitesi  
Fen Fakültesi



Dr. Öğr. Üyesi Cihan Yavuz ÖRNEK  
İstanbul Üniversitesi  
Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü



Prof. Dr. Şah İsmail KIRBAŞLAR  
İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa  
Mühendislik Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 690 (kodu: 32341) numaralı projesi ile desteklenmiştir.

## ÖNSÖZ

Yola çıktığımızda ilk kapıyı çaldığımız ve bilgi yardımı aldığımız adres İstanbul Üniversitesi (yeni ismi ile İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa) Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Sinan Öngen (şimdi emekli) olmuştur. Çanakkale göktaşının ilk incelenmesi mikroskop altına konularak başladı. Sinan hocanın göktaşları deneyiminden faydalandık, yol göstericiliği ile de uzun soluklu tezin başarıyla tamamlandığı günlere geldik. İnce kesitini ve yüksek duyarlıklı mikroskop görüntüleme ve ölçeklendirmeyi yine aynı Bölümden Doç. Dr. Nurullah Hanilçi gerçekleştirmiş ve Sinan hoca yorumlamıştır: göktaşı olduğunun izi olan kondrül yoğunlaşmasını görmüştür. İÜ İleri Analizler Laboratuvarına yönelen de Sinan hocadır. Burada element analizi gerçekleştirilmiş ve ilk sonuçların yorumlayanı Sinan hocadır. Benzer şekilde yurt dışı element bolluğu analizi için de Kanada'daki ACME laboratuvarına kendi taşlarının arasına katarak gönderen Nurullah hoca olmuştur. İlk gözağrısı sevgili hocalarımıza, imkânlarını açan burada adı geçen kurumlarımıza, yönetici ve çalışanlarına çok teşekkür ederiz.

İlerleyen yıllarda İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü öğretim üyelerinden Doç. Dr. Ozan Ünsalan (şimdi Ege Üniversitesinde) Çanakkale göktaşı ile ilgilenmiş ve Bölüm laboratuvar imkânlarında çeşitli yöntemlerle spektroskopik çalışma ile içerdiği elementler ortaya çıkartılmıştır. Kurum dışındaki laboratuvar imkânlarını da kullanmıştır ve uzman çevrelerle bilgi alış verişini sağlamıştır. Bu sayede elde edilen verilerin sonuçları çeşitli bilimsel toplantılarda sunulabilmiştir. Belki en önemlisi, ülkemizde ilk kez bir göktaşı SCI yayını bu Çanakkale göktaşı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Artan ivme ile ilerleyen zamanda göktaşı araştırma grubu da kurulmuştur. Genişleyen farklı disiplinlerden ve üniversitelerden göktaşı araştırmacıları bir TÜBİTAK projesinde buluşmuşlar ve Türkiye ölçeğinde gökyüzünü tarayarak göktaşı görüntüleyen bir ağ yapılanmasını gerçekleştirmişler de. Bu aşamadaki ağır göktaşı inceleme sorumluluğunda iş yüküne omuz veren Ozan hocamız ile birlikte çalışma arkadaşlarına ve araştırma ekibimize çok teşekkür ederiz.

Araştırmanın sonlarına doğru yol alırken hep merak konusu olan “uzayda canlı varmı?” sorusuna Çanakkale göktaşı üzerinden bir cevap bulma uğraşısı sunan İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü öğretim üyelerinden kimyacı Dr. Öğr. Üyesi Cihan Yavuz Örnek olmuştur. Uzun yıllar kaldığı Amerika Birleşik Devletleri'nde NASA'nın laboratuvarlarından tanıdığı bir meslektaşına Çanakkale göktaşının mini bir numunesi ile birlikte düştüğü yere ait bir miktar toprağı göndermiştir. Canlılığın izi olabilecek kriterler ve kritik değerler yayına dönüşecek kadar sonuca da yansımıştır. Bilgisini paylaşmakta cömert kritik yapmakta da evrensel standart arayan Yavuz hocaya ve yabancı meslektaşlarına çok teşekkür ederiz.

Nihayet maden mühendisliği ile astronomi bilimlerini buluşturan ve bize tez konusu olan Bölümümüzdeki Çanakkale göktaşını gün yüzüne çıkaran Prof. Dr. H. Gökmen Tektunalı olmuştur (şimdi emekli) ve çok teşekkür ederiz. Şimdilerde Çanakkale göktaşı dünya bilimine mal olmuş unvanıyla Bölümümüzdeki Ord. Prof. Dr. W. Gleissberg Astronomi Koleksiyonunda ziyaretçilerini bekliyor.

Ağustos 2019

Burak ÖZTÜRK

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ .....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ .....	vii
TABLO LİSTESİ.....	xi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....	xiii
ÖZET .....	xv
SUMMARY .....	xvi
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL KISIMLAR.....</b>	<b>4</b>
2.1. GÖKTAŞLARI.....	4
2.1.1. Genel Bilgi.....	4
2.2. GÖKTAŞLARININ SINIFLANDIRILMASI.....	5
2.2.1. Sınıflandırma Çeşitleri.....	5
2.2.1.1. Fiziksel Sınıflandırma-Taxonomik Düzenler.....	5
2.2.1.2. Kimyasal Sınıflandırma.....	5
2.2.1.3. Kozmokyasal Sınıflandırma.....	5
2.2.1.4. Geokimyasal Sınıflandırma.....	6
2.2.1.5. Oksijen İzotop Oranı (Birincil Çeşitlilik).....	6
2.2.1.6. Petrolojik Tipler (İkincil Çeşitlilik) .....	6
2.2.1.7. Şok Metamorfizması (Üçüncül Çeşitlilik).....	8
2.2.1.8. Bulunan Meteoritlerin Yersel Hava Koşullarında Aşınması-Weathering Scale.....	8
2.3. TÜRKİYE'DEKİ GÖKTAŞLARI .....	18
2.4. ÇANAKKALE GÖKTAŞI.....	19
<b>3. MALZEME VE YÖNTEM.....</b>	<b>22</b>
3.1. DENEYLER.....	22
3.1.1. Örnekleme .....	22
3.1.2. Mikro-Raman Spektrumları.....	23
3.2. ORTA (MİR) VE UZAK KIZILÖTESİ (FİR) SPEKTRUMLARI.....	23

3.3. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM) VE ELEKTRON DAĞITICI X-IŞINI (EDX) VERİLERİ.....	24
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>25</b>
4.1. RAMAN VERİLERİ.....	25
4.1.1. Olivin Varlığı.....	25
4.1.2. Piroksen Varlığı.....	26
4.1.3. Enstatit Varlığı.....	27
4.1.4. Feldspatların Varlığı.....	28
4.2. KIZILÖTESİ VERİLERİ.....	29
4.2.1. Orta IR verileri .....	29
4.2.2. Uzak IR Verileri .....	31
4.3. SEM-EDX VERİLERİ.....	32
4.3.1. İç Kısım .....	32
4.3.2. Dış Kısım.....	33
4.4. XRF VERİLERİ.....	34
4.5. İNCE KESİT VERİLERİ.....	38
4.6. AMİNO ASİT VERİLERİ .....	40
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>43</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>45</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>48</b>
EKLER: Çanakkale Göktaşının İç Kısımları için Ek Bilgiler.....	48
EKLER: Çanakkale Göktaşının Dış Kabukları için Ek Bilgiler .....	87
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>102</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Ordinary Kondritlerin İnce Kesitleri (Sırasıyla Tip 3, Tip 5, Tip 6).....	7
Şekil 2.2: Meteorite Sınıflandırma Şeması A.....	8
Şekil 2.3: Göktaşının atmosferde parçalanmasının temsili anlatımı. Çöl gibi yumuşak zemine derin gömülen ana göktaşı parçasına ancak daha yüzeyle kalabilmiş hafif kırıntılardan yardım alınarak ulaşılmaktadır. Göktaşlarının atmosfere giriş doğrultu veya yönleri de benzer şekilde tespit edilebilmektedir.....	11
Şekil 2.4: Meteorite Sınıflandırma Şeması B.....	12
Şekil 2.5: Çanakkale göktaşının düştüğü yerin geçmiş ölçekli haritası.....	20
Şekil 2.6: Çanakkale göktaşının düştüğü yerin ayrıntılı haritası. ....	20
Şekil 2.7: Çanakkale İÜ Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümündeki Çanakkale göktaşının numune alınmadan önceki orjinal görüntüsü.....	21
Şekil 2.8: İÜ (şimdi İÜ - Cerrahpaşa) Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarında Çanakkale göktaşının temel ölçümleri yapılırken. ....	21
Şekil 3.1: Çanakkale göktaşının spektroskopik incelemesi için alınan kısımlar belirtilmiştir	22
Şekil 4.1: Olivinin Raman spektrumları, Çanakkale göktaşının farklı noktalarından kaydedilmiştir. (a) Dış kabuktan, (b) ve (c) iç kısımlardan.....	26
Şekil 4.2: Pyroksenin Raman spektrumları, Çanakkale göktaşının farklı noktalarından kaydedilmiştir. (a) İç bölgeden, (b) Dış kabuktan, (c) ve (d) İç bölgeden. ....	27
Şekil 4.3: Enstatit'in Raman spektrumları, Çanakkale göktaşının farklı noktalarından (a)-(d) dış kabuktan ve iç kısmın tabanından kaydedilmiştir. ....	28
Şekil 4.4: Plajiyoklazın Raman spektrumları, Çanakkale göktaşının farklı noktalarından kaydedilmiştir. (a) İç kısımdan, (b) Dış kabuktan. ....	29
Şekil 4.5: Çanakkale göktaşının orta IR tayfi (dış kabuk). ....	30
Şekil 4.6: (a) Çanakkale göktaşının (iç kısım) uzak IR tayfi. (b) Çanakkale göktaşının (dış kabuk) FIR tayfi. ....	32
Şekil 4.7: Çanakkale göktaşından XRF cihazı (üstte) analizi için toz parçacıkları (altta) alındı. ....	34

<b>Şekil 4.8:</b> Çanakkale göktaşı mikroskop altında Prof. Dr. Sinan Öngen tarafından ilk kez incelerkenki görüntüsü.....	38
<b>Şekil 4.9:</b> Çanakkale göktaşında görüntülenen yuvarlak olivin kondrülü (üstteki renklendirilmiş ve aşağıdaki siyah beyaz). .....	39
<b>Şekil S1(EKLER):</b> Bölge1'in SEM görüntüsü (sarı kutudan yeşil olarak işaretlenmiş olan (R1))......	48
<b>Şekil S2(EKLER):</b> R2-R5'in SEM görüntüsü. ....	48
<b>Şekil S3(EKLER):</b> R6-R10'un SEM görüntüsü. ....	49
<b>Şekil S4(EKLER):</b> R11'in SEM görüntüsü. ....	49
<b>Şekil S5(EKLER):</b> R12-R17'nin SEM görüntüsü. ....	50
<b>Şekil S6(EKLER):</b> R18'in SEM görüntüsü. ....	50
<b>Şekil S7(EKLER):</b> R19-R22'nin SEM görüntüsü. ....	51
<b>Şekil S8(EKLER):</b> R1'in EDX spektrumu. ....	51
<b>Şekil S9(EKLER):</b> R2'nin EDX spektrumu. ....	52
<b>Şekil S10(EKLER):</b> R3'ün EDX spektrumu. ....	52
<b>Şekil S11(EKLER):</b> R4'ün EDX spektrumu. ....	53
<b>Şekil S12(EKLER):</b> R5'in EDX spektrumu. ....	53
<b>Şekil S13(EKLER):</b> R6'nın EDX spektrumu. ....	54
<b>Şekil S14(EKLER):</b> R7'nin EDX spektrumu. ....	54
<b>Şekil S15(EKLER):</b> R8'in EDX spektrumu. ....	55
<b>Şekil S16(EKLER):</b> R9'un EDX spektrumu. ....	55
<b>Şekil S17(EKLER):</b> R10'un EDX spektrumu. ....	56
<b>Şekil S18(EKLER):</b> R11'in EDX spektrumu .....	56
<b>Şekil S19(EKLER):</b> R12'nin EDX spektrumu. ....	57
<b>Şekil S20(EKLER):</b> R13'ün EDX spektrumu. ....	57
<b>Şekil S21(EKLER):</b> R14'ün EDX spektrumu. ....	58
<b>Şekil S22(EKLER):</b> R15'in EDX spektrumu. ....	58
<b>Şekil S23(EKLER):</b> R16'nın EDX spektrumu. ....	59

Şekil S24(EKLER): R17'nin EDX spektrumu. ....	59
Şekil S25(EKLER): R18'in EDX spektrumu. ....	60
Şekil S26(EKLER): R19'un EDX spektrumu. ....	60
Şekil S27(EKLER): R20'nin EDX spektrumu. ....	61
Şekil S28(EKLER): R21'in EDX spektrumu. ....	61
Şekil S29(EKLER): R22'nin EDX spektrumu. ....	62
Şekil S30(EKLER): R1'in renkli temel haritası (O).....	85
Şekil S31(EKLER): R1'in renkli temel haritası (Na). ....	85
Şekil S32(EKLER): R1'in renkli element haritası (Mg). ....	85
Şekil S33(EKLER): R1'in renkli temel haritası (Al).....	85
Şekil S34(EKLER): R1'in renkli temel haritası (Si). ....	85
Şekil S35(EKLER): R1'in renkli temel haritası (S).....	85
Şekil S36(EKLER): R1'in renkli temel haritası (Ca). ....	86
Şekil S37(EKLER): R1'in renkli temel haritası (Mn). ....	86
Şekil S38(EKLER): R1'in renkli temel haritası (Fe).....	86
Şekil S39(EKLER): R1'in renkli temel haritası (Ni).....	86
Şekil S40(EKLER): R1'in renkli temel haritası (Cr).....	86
Şekil S41(EKLER): R1'in SEM görüntüsü (dış kabuk). ....	87
Şekil S42(EKLER): R2'nin SEM görüntüsü (dış kabuk). ....	87
Şekil S43(EKLER): R3'ün SEM görüntüsü (dış kabuk). ....	88
Şekil S44(EKLER): R4-R7'nin SEM görüntüsü (dış kabuk). ....	88
Şekil S45(EKLER): R8'in SEM görüntüsü (dış kabuk). ....	89
Şekil S46(EKLER): R1'in EDX spektrumu (dış kabuk). ....	89
Şekil S47(EKLER): R2'nin EDX spektrumu (dış kabuk). ....	90
Şekil S48(EKLER): R3'ün EDX spektrumu (dış kabuk). ....	90
Şekil S49(EKLER): R4'ün EDX spektrumu (dış kabuk). ....	91
Şekil S50(EKLER): R5'in EDX spektrumu (dış kabuk).....	91

<b>Şekil S51(EKLER):</b> R6'nın EDX spektrumu (dış kısım).....	92
<b>Şekil S52(EKLER):</b> R7'nin EDX spektrumu (dış kısım).....	92
<b>Şekil S53(EKLER):</b> R8'in EDX spektrumu (dış kısım).....	93



## TABLO LİSTESİ

### Sayfa No

<b>Tablo 4.1:</b> Çanakkale göktaşının laboratuvar analiz sonuçları.....	36
<b>Tablo 4.2:</b> Çanakkale göktaşına ait iki adet numune ve toprak örneklerinde amino asit bollukları (nmol/g).....	41
<b>Tablo 4.3:</b> Çanakkale göktaşı ve toprak numunelerindeki amino asitler için bileşik spesifik kararlı izotop ölçümleri.....	42
<b>Tablo S1(EKLER):</b> R1'in element bileşimleri (Elementler ve bunların oksitleri).....	63
<b>Tablo S2(EKLER):</b> R2n'in element bileşimleri.....	64
<b>Tablo S3(EKLER):</b> R3'ün element bileşimleri.....	65
<b>Tablo S4(EKLER):</b> R4'ün element bileşimleri.....	66
<b>Tablo S5(EKLER):</b> R5'in element bileşimleri.....	67
<b>Tablo S6(EKLER):</b> R6'in element bileşimleri.....	68
<b>Tablo S7(EKLER):</b> R7'nin element bileşimleri.....	69
<b>Tablo S8(EKLER):</b> R8'in element bileşimleri.....	70
<b>Tablo S9(EKLER):</b> R9'in element bileşimleri.....	71
<b>Tablo S10(EKLER):</b> R10'un element bileşimleri.....	72
<b>Tablo S11(EKLER):</b> R11'in element bileşimleri.....	73
<b>Tablo S12(EKLER):</b> R12'nin element bileşimleri.....	74
<b>Tablo S13(EKLER):</b> R13'ün element bileşimleri.....	75
<b>Tablo S14(EKLER):</b> R14'ün element bileşimleri.....	76
<b>Tablo S15(EKLER):</b> R15'in element bileşimleri.....	77
<b>Tablo S16(EKLER):</b> R16'in element bileşimleri.....	78
<b>Tablo S17(EKLER):</b> R17'nin element bileşimleri.....	79
<b>Tablo S18(EKLER):</b> R18'in element bileşimleri.....	80
<b>Tablo S19(EKLER):</b> R19'un element bileşimleri.....	81

<b>Tablo S20(EKLER):</b> R20'nin element bileşimleri. ....	82
<b>Tablo S21(EKLER):</b> R21'in element bileşimleri. ....	83
<b>Tablo S22(EKLER):</b> R22'nin element bileşimleri. ....	84
<b>Tablo S23(EKLER):</b> R1'in element bileşimleri (elementler ve bunların oksitleri) (dış kabuk). ....	94
<b>Tablo S24(EKLER):</b> R2'nin element bileşimleri (dış kabuk). ....	95
<b>Tablo S25(EKLER):</b> R3'ün element bileşimleri (dış kabuk). ....	96
<b>Tablo S26(EKLER):</b> R4'ün element bileşimleri (dış kabuk). ....	97
<b>Tablo S27(EKLER):</b> R5'in elementel bileşimleri (dış kabuk). ....	98
<b>Tablo S28(EKLER):</b> R6'nın elementel bileşimleri (dış kabuk). ....	99
<b>Tablo S29(EKLER):</b> R7'nin element bileşimleri (dış kabuk). ....	100
<b>Tablo S30(EKLER):</b> R8'in element bileşimleri (dış kabuk). ....	101

## SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
<b>Al</b>	: Alüminyum (Aluminium)
<b>Fa</b>	: Fayalit
<b>Fe</b>	: Demir (Iron)
<b>Fo</b>	: Forsterit
<b>Ca</b>	: Kalsiyum (Calcium)
<b>Mg</b>	: Magnezyum (Magnesium)
<b>O</b>	: Oksijen (Oxygen)
<b>K</b>	: Potasyum (Potassium)
<b>Ni</b>	: Nikel (Nickel)
<b>Si</b>	: Silikon (Silicon)
<b>SiO<sub>4</sub></b>	: Tetrahedrada [Silika Tetrahedron olarak da isimlendirilir. Bir üçgen piramidin merkezinde yerleşik küçük bir silikon atomunu çevreleyen 4 atoma sahiptir. Tek başına tetrahedron bir iyonudur. Her oksijen atomunun üzerinde negatif yüklü bir iyonla (-4) temsil edilir]
<b>Na</b>	: Sodyum (Sodium)
<b>Ti</b>	: Titanyum (Titanium)
<b>U</b>	: Uranyum (Uranium)
<b>Th</b>	: Toryum (Thorium)
<b>Au</b>	: Altın (Gold)
<b>Mn</b>	: Manganez (Manganese)
<b>Pb</b>	: Kurşun (Lead)
<b>Bi</b>	: Bizmut (Bismuth)
<b>Cd</b>	: Kadmiyum (Cadmium)
<b>In</b>	: İndiyum (İndium)
<b>Hg</b>	: Civa (Mercury)
<b>Na</b>	: Sodyum (Sodium)
<b>S</b>	: Sülfür (Sulphur)
<b>Zn</b>	: Çinko (Zink)
<b>P</b>	: Fosfor (Phosphorus)
<b>Ir</b>	: İridyum (İridium)

<b>Ge</b>	: Germanyum (Germanium)
<b>Cu</b>	: Bakır (Copper)
<b>Se</b>	: Selenyum (Selenium)
<b>N</b>	: Azot (Nitrojen)
<b>MgSiO<sub>3</sub></b>	: Enstatite

## **Kısaltmalar**

## **Açıklama**

<b>ATR</b>	: Zayıflatılmış toplam yansıtma (Attenuated Total Reflection)
<b>EDX</b>	: Enerji dağıtıcı X-ışını
<b>FTIR</b>	: Fourier dönüşümü kızılötesi
<b>IR</b>	: Kızılötesi
<b>İÜ</b>	: İstanbul Üniversitesi
<b>MIR</b>	: Orta Kızılötesi
<b>nm</b>	: Nanometre
<b>S</b>	: Şok
<b>SCI</b>	: Science Sitation Index
<b>SEM</b>	: Elementel bileşimsel haritalama
<b>UV</b>	: morötesi
<b>XRF</b>	: X-ışını floresansı
<b>W</b>	: Ayrışma derecesi
<b>WG</b>	: Ayrışma derecesi
<b>EG</b>	: Dış kabuk (Exterior Grains)
<b>IG</b>	: İç kısımlar (Interior Grains)

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### GÖKTAŞLARININ TIPLERİ VE ÖZELLİKLERİ

**Burak ÖZTÜRK**

**İstanbul Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı**

**Danışman : Doç. Dr.Hasan Hüseyin ESENOĞLU**

Bu tez çalışmasında, Çanakkale'ye düşen (40°8'44''K; 26°24'23''D) göktaşının ilk kez spektroskopik tanımlaması araştırılmıştır. Olivin grubu [(Mg, Fe)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>], enstatit [Mg<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub>] (ortopiroksen minerallerinden biridir) ve plajiyoklaz, mikro-Raman ve FTIR spektroskopileri ve EDX-SEM analizleri ile tanımlandı. Çanakkale göktaşı, tez çalışmasından önce henüz Dünya Meteor Veritabanı'nda sınıflandırılmamıştı. Şimdi bu veri tabanında tüm ayrıntıları ile yer almaktadır. Ayrıca, bir kaç tane amino asit te bulunmuştur.

Eylül 2019, 101 sayfa.

**Anahtar kelimeler:**Çanakkale göktaşı, Mikro-Raman spektrumları, FTIR spektroskopisi, Olivin, Piroksen, Enstatit

## **SUMMARY**

### **M.Sc. THESIS**

#### **TYPES AND PROPERTIES OF METEORITES**

**Burak ÖZTÜRK**

**İstanbul University**

**Institute of Graduate Studies in Sciences**

**Department of Astronomy and Space Sciences**

**Supervisor : Assoc. Prof. Dr.Hasan Hüseyin ESENOĞLU**

In this thesis it was studied the first time the spectroscopic characterization of meteorite that fell at Çanakkale (40°8'44''K; 26°24'23''D). The olivine group  $[(Mg, Fe)_2SiO_4]$ , enstatite  $[Mg_2Si_2O_6]$  (one of the orthopyroxene minerals) and plagioclase were identified by the micro-Raman and FTIR spectroscopies and EDX-SEM analyses. This Çanakkale meteorite has not yet been classified in the World's Database of Meteorites before this thesis. This meteorite now lists in the World's Database of Meteorites in its all details. A number of amino acids were also found.

September 2019, 101 pages.

**Keywords:** Çanakkale meteorite, Micro-Raman spectra, FTIR spectroscopy, Olivine, Pyroxene, Enstatite.

## 1. GİRİŞ

Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümünde Yüksek Lisans öğrencisinin Maden Mühendisi olması sebebiyle Çanakkale'ye düşen ve Bölümde de bulunan ve henüz üzerinde araştırma yapılmamış bir göktaşının incelenmesi tez konusu seçilmiştir.

Göktaşları, Dünya'ya düşen metal ve kaya parçalarıdır. Neredeyse hepsi çarpışmalar sırasında asteroitlerden kırılan parçalardır. Göktaşları, Güneş sistemi oluşumundan gelen orijinal tozun, doğrudan çalışılmasını sağlayan Dünya üzerinde mevcut olan tek fiziksel malzemedir. Göktaşları, bulunan veya düşen yerlerinden isimlendirilirler. Bu yüzden bu tezde incelenen göktaşı, "Çanakkale Göktaşı" olarak adlandırılmıştır.

Bu göktaşı, 55 yıl önce Çanakkale yakınlarına (40° 8' 44" K; 26° 24' 23" D) düştü. Çanakkale göktaşı düştüğünde 3 parçaya ayrılmıştır. Çanakkale Valiliği tarafından üç parçadan biri İstanbul Üniversitesi Astronomi Bölümüne, bir diğeri Ege Üniversitesi Astronomi Bölümüne ve üçüncüsü de Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğüne (Ankara) incelenmek üzere gönderilmiştir. Literatür bilgilerimize göre Çanakkale göktaşı üzerinde spektroskopik (Kızılötesi, Raman, SEM-EDX) çalışmaları yapılmamıştır.

Yeni elde edilen göktaşların isimlendirilmesine ilişkin kurallar, Meteor Topluluğu İsimlendirme Komitesi tarafından standart hale getirilmiştir ve Derneğin internet sitesinde özetlenmiştir<sup>1</sup>.

Güneş bulutsusunun yakın komşuluğundaki bölgelerde meteoritler birikim yoluyla mı oluştu veya ısıtma, erime, farklılaşma ya da hidrotermal değişim gibi işlemlere mi maruz kaldı da oluştu türü yer ve zamanla ilişkili olabilecek materyalleri tanımlamanın bir yolu göktaşlarını gruplara ayırmaktır. Bununla birlikte, sınıflandırma şeması eksiktir ve çerçeveye rahatça uymayan birçok göktaşı bulunmaktadır<sup>2</sup>. Çanakkale göktaşı bu tez çalışmasından önce henüz resmi olarak sınıflandırılmamış, Dünya Meteor Veritabanı'nda ne kayıtlı ne de listelenmişti.

---

<sup>1</sup><https://meteoritical.org> (Ziyaret Tarihi: 31.07.2019, 13.47).

<sup>2</sup><https://www.nhm.ac.uk/our-science/data/metcat/search/bgintro.dsml> (Ziyaret Tarihi: 31.07.2019, 16.09).

Kızılötesi ve mikro-Raman spektroskopik çalışmaları, Sukarova ve Macedonian (2009) tarafından (Makedonya Cumhuriyetinde bulunan) Struga göktaşı üzerinde yapılmıştır. Raman spektroskopisinin ve özellikle mikro-Raman spektroskopisinin, gezegen ve asteroid incelemeleri alanındaki soruların çözümüne katkıda bulunabileceği ve önemli bir rol oynadığı gösterilmiştir (Popp ve Schmitt, 2004). Lherzolite (bir çeşit ultramafik magmatik kayaç) shergottite (Mars göktaşı ailesinin ilk örneğidir) Y-984028 göktaşının iç ve dış kısımlarının kapsamlı spektroskopik tanımlaması, altı teknikten elde edilen sonuçlar kullanılarak yapılmıştır. UV-görünür bölge/yakın-IR alınan verilerden yansıtma spektrumları, termal (orta-IR) emisyon spektrumları, zayıflatılmış toplam yansıtma (ATR) spektrumları, transmisyon FTIR spektrumları, Raman mikroprob spektrumları ve bu meteoritten bütün kaya ve minerallerin Mössbauer spektrumlarından elde edilen veriler birleştirildi ve karşılaştırıldı (Dyar ve diğ., 2011). Bir Mars meteoritinin mineralojik incelemesi Raman spektroskopisi ile yapıldı (Wang ve diğ., 2004). Farklı SNC (Shergotty-Nakhla-Chassigny) meteorit örneklerinin araştırılması, mikro-Raman spektroskopisinin dünya dışı malzemelerle başa çıkma yeteneğini test etmek için seçildi (Hochleitner ve diğ., 2004). Raman spektroskopisinin Mars'ın araştırılmasında astrobiyolojik bir araç olarak rolü de araştırıldı (Ellery ve diğ., 2004). Mahadevpur'daki olivin grubu, Fourier dönüşümü kızılötesi (FTIR), X-ışını floresansı (XRF) ve lazer-Raman spektroskopisi (RS) yöntemleri ile tanımlandı (Bhaskar ve diğ., 2009). Dergaon meteoritinin olivinleri rapor edilmiştir (Gohainbarua ve ark., 2003 ve Bhattacharyya ve diğ., 2004). Dergaon'un sınıflandırması, petrolojik ve kimyasal özellikleri de bildirilmiştir (Shukla ve diğ., 2005). Meteorit İsimlendirme Kılavuzuna<sup>3</sup>göre, bir göktaşını kaydettirmek için şunlar verilmelidir:

- Bir isim (ve/veya numara)
- Sınıf ve petrolojik tip
- Şok gösterip göstermediği (S)
- Ayrışma derecesi (W veya WG) ve
- Fayalit moleküler (% , Fa) veya forsterit moleküler (% , Fo).

Yukarıda verilen bilgilerden de anlaşılacağı üzere, Çanakkale göktaşı üzerinde en fazla spektroskopik araştırma yapılmıştır. Sonuçları SCI makale olarak da yayınlanmıştır (Unsalan

<sup>3</sup>MeteoriticsandPlanetaryScience, Journal of MeteoriticalSociety, University of Arizona, Department of Geosciences (<https://meteoritical.org/publications/meteoritics-and-planetary-science>) (Ziyaret Tarihi: 1.08.2019, 11.06).

ve diğ., 2012). Buyüzden tezin büyük çoğunluğu bu yayındaki bilgilerden oluşmuştur. Sonuç olarak Çanakkale göktaşı “taş meteoriti” grubunun altında bulunan kondritlerin alt grubu olan sıradan londritlerin L6 sınıfında yer almaktadır<sup>4</sup>.



---

<sup>4</sup><https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php> (Ziyaret tarihi: 5.08.2019, 11.15).

## 2. GENEL KISIMLAR

### 2.1. GÖKTAŞLARI

#### 2.1.1. Genel Bilgi

Güneş sistemi Güneş, gezegenler ve bilinen 32 uydudan, teleskopik gözlenebilen binlerce asteroid  $10^5$  'den daha çok kuyruklu yıldız, meteoridler, gezegenler arası toz ve seyrek ve geçici plazmadan (güneş rüzgârından) oluşur. Meteorit araştırmalarının temel amacı, Güneş sisteminin evrimini ve kökenini öğrenmektir. Meteoritler Güneş Sistemi süreçlerinin geniş bir çeşitliliği hakkında bilgi verir. Buna göre meteoritler,

- 1) Gezegenlerin oluşumunun öncesindeki Güneş Nebulası içerisinde meydana geldi.
- 2) Yer ve diğer gezegenlerin içlerinde meydana gelen süreçlere benzer şekilde gezegen benzeri yapılar içerisinde meydana geldi.
- 3) Gezegenler arası nesnelere, şok ve çarpma süreçleri arasında çarpışma etkileşiminden ortaya çıktılar.
- 4) Güneş ve galaktik kozmik ışınlar ile etkileşimi tarafından üretildi (Wasson, 1974).

Yukarıda adı geçen kuyruklu yıldızların güneşimizin etrafını dolanarak bıraktıkları irili ufaklı maddelerin içinden dünyamız geçerken atmosferimizden yanarak kayanları insanoğlunu sürekli etkilemiştir. Bunların yıl içerisinde periyodik olarak gerçekleşmesinden dolayı “göktaşı yağmurları” olarak isimlendiriliriz. Periyodik olmayan ve daha büyük göktaşlarını ise daha seyrek olarak gözlemleriz. Tez çalışmamıza konu olan göktaşları ise kuyruklu yıldızların bıraktıklarının dışında kalanlardır. Bunlar 3 sınıfta isimlendirilirler.

**Meteoroid:** Yaklaşık 100 metre çapa kadar ulaşabilen ve uzayda bir yörüngede hareket eden doğal bir nesnedir. Meteor görsel bir olgudur.

**Meteorite:** Meteoridlerin Dünya'nın atmosferinden geçtikten sonra parçalanmadan kalan ve yeryüzüne ulaşan parçalarıdır. Düşükleri ya da buldukları yer isimleri ile adlandırılırlar. Bu tez çalışmasında “meteorit” isminin Türkçe karşılığı “göktaşı” olarak kullandık.

**Mikrometeorite:** Gezegenler arası toz parçacıkları olan en küçük çaptaki meteoritlerdir. Büyüklükleri 2 mm'den çok küçük oldukları için, mıknatıs ile yerden kolaylıkla çok miktarda ayrı ayrı toplanması mümkündür.

## 2.2. GÖKTAŞLARININ SINIFLANDIRILMASI

### 2.2.1.Sınıflandırma Çeşitleri

Göktaşları sınıflandırılırken belirli özelliklerine göre değerlendirilirler. Göktaşlarını sınıflandırmada bize yol gösteren 8 çeşit sınıflandırma şekli aşağıda verilmiştir.

#### 2.2.1.1. Fiziksel Sınıflandırma-Taxonomik Düzenler

Ordinary Kondrit grupları Demir (Fe) içeriklerine göre isimlendirilirler.

H (Yüksek Demir)

L (Düşük Demir)

LL (Düşük Demir ve Düşük Metal)

#### 2.2.1.2. Kimyasal Sınıflandırma

Mg/Si, Al/Si, Ni/Si ve Ca/Si oranları dikkate alınarak sınıflandırma yapılır. Ordinary Kondritler orta derecede Mg/Si oranına sahiptir. Metalik ve Okside Demir'in her ikisinin önemli miktarını içerirler.

#### 2.2.1.3. Kozmikimyasal Sınıflandırma

Kimyasal elementler Güneş bileşiminin gazları içerisinde onların kararlılıklarının temelinde sınıflandırılır. Kondritler yoğunlaştırılabilir elementler olarak 3 gruba ayrılırlar.

#### Isıya Dayanıklı

Yaygın elementler Mg, Fe ve Si yüksek sıcaklıklarda yoğunlaşanlardır. Ayrıca Al, Ti, Ca, U ve Th da sayabilir.

### **Orta Uçucu**

Au, Mn ve alkali metaller.

### **Yüksek Uçucu**

Pb, Ti, Bi, Cd, In ve Hg'dir.

#### **2.2.1.4. Geokimyasal Sınıflandırma**

##### **Lithophile Elementler (Erimiş Silikat Zengini)**

Durağan halde Silikat yada Oksitlerdir. Kayaç sever anlamına gelir. Lithophile Elementler normalde kayaçların içerisinde meydana gelir. Na, Mg, Ca, Al, S, Fe, Zn ve P içerir.

##### **Siderophile Elementler (Demir-Nikel Zengini)**

Fe'den daha hızlı okside olmazlar ve metal sever anlamına gelir. Ir, Ni, Fe, P, Cu ve Ge içerir.

##### **Chalcophile Elementler (Erimiş Sülfür Zengini)**

Sülfür severler anlamına gelir. Se, F, Cu, Zn ve Pb içerir.

##### **Atmophile Elementler (Varolan Mevcut Serbest Gazlar)**

Sıklıkla gazlardan oluşur. Soygaz iyi bir örnek olarak verilebilir.

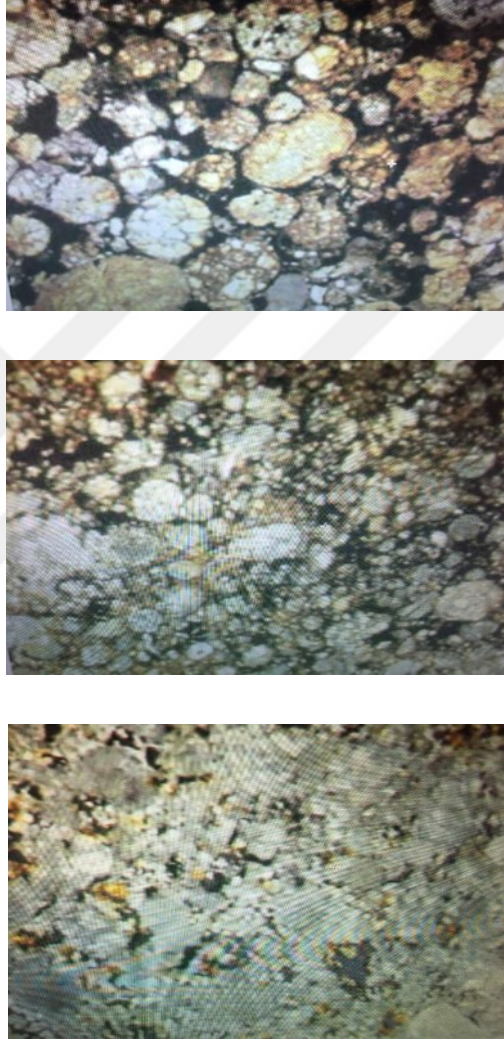
#### **2.2.1.5. Oksijen İzotop Oranı (Birincil Çeşitlilik)**

Kondritlerin bazıları Oksijenlerinin izotopik oranları ile ayırtedilebilecek 3 izotopa sahiptir. En bol  $O_{16}$ ,  $O_{18}$  ve nadir olarak  $O_{17}$  bulunmaktadır.

#### **2.2.1.6. Petrolojik Tipler (İkincil Çeşitlilik)**

Yapısal ve mineralojik kriterler üzerinde 6 petrolojik tip tanımlanmıştır. LL grup kondritlerin petrolojik Tip 3 içerisinde. Olivin ve Piroksen homojen değildir. Tip 3'den Tip 6'ya doğru kondrül matrix sınırlarının bulanıklaşması artar ve sonunda optik farkedilebilir kristal plajyoklaslar ortaya çıkar. Artan metamorfizma 3'den 7'ye doğru artar. Termal metamorfizma 950 C'ye kadar sınırlanmıştır. Petrografik Tip 3, Tip 5 ve Tip 6 ordinary kondritlerin ince kesit

görüntüleri Şekil 2.1’de gösterilmiştir (ayrıca, Şekil 2.2’ye de bakılabilir). Kondrül yapıları üzerinde termal metamorfizmanın çeşitli derecelerinin etkisi gözlenmektedir. Tip3’de ince taneli siyah matrix üzerinde küresel kondrüller net bir şekilde gözlemlenir. Matrix kondrül gibi benzer minerallerin oluşumudur. Tip5’de ise daha az kondrül yapısı gözlemlenirken Tip 6’ da ise sadece birkaç tane kondrül gözlemlenmektedir. Matrix ve kondrül sınırları bulanıklaşmıştır.



**Şekil 2.1:** Ordinary kondritlerin ince kesitleri (sırasıyla Tip 3, Tip 5 ve Tip 6).



W2: Oksidasyon tarafından etkilenen % 20-60 metal, yaygın Fe-Oksit ile damar ağı bulunmaktadır.

W3: Yüksek Oksidasyon gözlenir ve %60-95 Metal ve Sülfid içerir.

W4: Metal ve Sülfid'in tam Oksidasyonu mevcuttur (>% 95 oranında) ve Silikatlar etkilenmeden kalır.

W5: Mafic Silikatlar özellikle çatlak boyunca hafifçe altere olur. Olivinler altere olma eğilimindedir.

W6: Kil mineralleri ve Oksit tarafından Silikatların yer değiştirmesi.

### **Sınıflandırma**

Göktaşları metalik demir-nikel ve silikat minerallerinin oranlarına göre sınıflandırılırlar. Asıl sınıflandırma tüm diğer meteoritler ile kondritler olarak bilinen taş meteoritler arasındadır. Güneş sistemimizin geçmişine gidersek, gezegenler, merkezdeki Güneş'ten arta kalan gaz ve tozdan meydana geldi. Ortamdaki ilk yörünge hareketi toz ve gaz bulutunun Güneş'in çevresinde dönen bir disk biçimini alması ile gerçekleşti. İlkel Güneş sisteminde toz parçaları biraraya gelerek kondrülleri, kondrüller de birbirleriyle ve çevrelerindeki toz parçalarıyla birleşerek kondrit adı verilen göktaşlarını meydana getirdiler. Günümüzdeki göktaşlarının büyük bölümü kondritlerden oluşmaktadır. Kondritler birleşerek son aşamada gezegenimsi denilen ilkel gezegenlere dönüştüler (Kaynar, 2019).

Demir ve taş-demir göktaşlarının düşüş oranları çok küçüktür. Göktaşların bütününde yalnızca demir yaklaşık %5 ve taş-demir %1'dir. Kalanın %94'ü taş, bununda %86'sı Kondrit ve %8'i Akondrit'dir. Bu istatistikler çoğunlukla demir ve taş-demirlerden oluşan göktaşlarına müze sergilerinde bakan bir insana şaşırtıcı gelebilir. Göktaşı buluntularının içinde yer alan demirin taş oranı, düşüş oranlarına göre çok daha büyüktür. Çünkü demir, yersel hava süreçlerinde daha iyi yaşar ve bilim adamı olmayan insanlar tarafından olağandışı bir şey olarak tanımlanır. Demir göktaşları daha büyüktür ve kayalara oranla daha muhteşem bir görünüme sahiptirler. Dolayısıyla müze sergileri onları ön planda tutar. Düşen göktaşları tiplerinin oranı yüksek bir olasılıkla geçen yüzyıl boyunca uzaydan dünyaya düşen ve yere ulaşan cisimlerin oranlarını yansıttı, ama bu istatistikler uzaydaki göktaşı tiplerinin göreceli bolluğu hakkında bir öneme

sahip olup olmadığı şüphelidir. Göktaşı tiplerinin göreceli birikimleri hakkında bilgimizin olması daha bilgilendirici olabilirdi. Ama farklı göktaşı tiplerinin yoğun oranları bile milyonlarca yıllık periyotlar içinde dalgalanmalar göstermektedir (Norton ve Chitwood, 2008).

Göktaşlarını tanıma ve sınıflandırmada ilk değerlendirme görsel olarak yapılır. Taş, taş-demir ve demir türü göktaşları arasındaki fark kolay anlaşılır. Demir göktaşları aynı boyuttaki bazı yersel kayalardan daha ağırdır ve bir mıknatısı kolayca çekerler. İlk bakışta göktaşları yuvarlak nehir taşlarına benzer görünür ve göktaşları dünyadaki volkanik kayaların minerallerinden oluşur. Taş-demir göktaşları adından da anlaşılacağı gibi ikisinin karışımıdır. Ancak taş göktaşları ile demir göktaşlarını ayırt etmek o kadarda kolay olmayabilir. Çünkü bir taş göktaşlarını mıknatıs yaklaştırıldığında demir göktaşları kadar olmasada çekim gücü olduğu tespit edilmiştir. Bu önemli bir bulgudur. Çünkü demir elementi hemen hemen hiçbir yersel kayalık içerisinde bulunmaz. Bunun sebebi ise, demir paslanır, su ve oksijen varlığında hızla oksitlenir.

Göktaşları atmosfere girdiği zaman sürtünme ısısına neden olur. Isınmanın derecesi boyutuna, hızına ve giren nesnenin etki alanının açısına bağlıdır. Büyük ve hızlı göktaşları, dik yörüngeleri ile girişin sıyırma açısına bağlı olarak yavaş nesnelere olan küçüklerden daha güçlü ısıtılır. Büyük bir göktaşı (<100 ton), atmosfer boyunca dış yüzeyi erir ya da kaynar ve parlak bir ateş topu üretir. Atmosfer içinde sürüklenirken eriyik kısım, buhar haline gelen toz ve içerisinde soğuk kalan parçalar ısınmayı sürdürür. Bu arada hava direnci de nihayetinde çoğu göktaşını özellikle hafif olanlarını saniyede birkaç yüz metrelik hıza kadar yavaşlatır (terminal hız). Bu noktada göktaşı gövdesi tümüyle kozmik hızını yani boşlukta sahip olduğu hızını kaybeder ve yeryüzünün yerçekimi etkisi altına girmesinin önünde bir engel kalmaz. Atmosferde iken çoğu göktaşında görülen parçalanma olayı bu yavaşlama sırasında gerçekleşir. Örnek bir çizim Şekil 2.3'de gösterilmiştir. Göktaşı yüzeyi son erime ile birlikte, genellikle koyu gri ile siyah renk tonlarında katılarak kabuk oluşturur. Çoğu göktaşları siyah oldukları zaman soğukturlar. Aynı şekilde yere ulaştıklarında da soğukturlar. Bu yüzden özellikle “ormanlar için yangın çıkartma olasılıkları düşüktür” şeklinde yorum yapabiliriz.

Bu yoruma destek bir başka açıklama da şöyledir: erimiş materyalin büyük bir kısmı düşüşten önce erime ile zaten kaybedilmiştir ve göktaşı geriye sadece çok ince bastırılmış buz tutan füzyon kabuğu bırakmıştır. Füzyon kabuğunun bazı durumlarında hala sıcak olmasına rağmen bu cisimlerin içleri kesinlikle sıcak değildir. Göktaşları çok uzun zaman uzayın derin

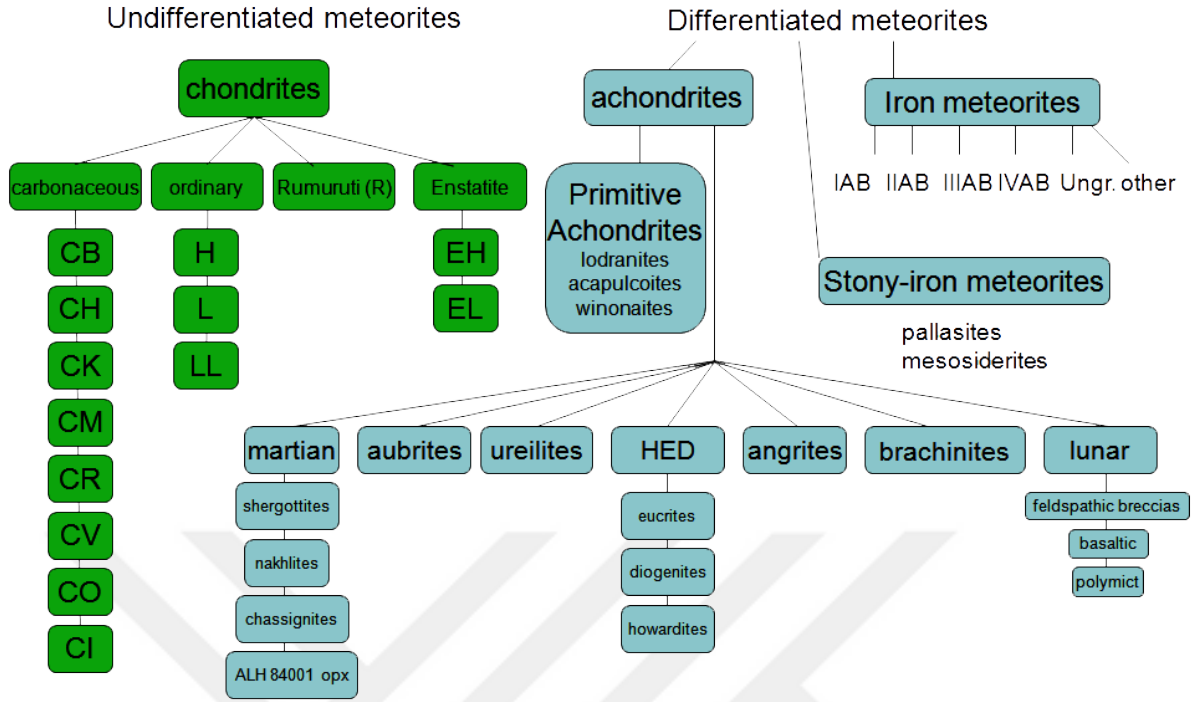
dondurucularında tutulurlar ve atmosferik ısınma iç kısımlarını önemli bir biçimde etkilemez çünkü taşınması ve hatta demir göktaşlarındaki atmosferik geçiş için gerekli ısı iletimi sadece bir dakika ya da biraz daha uzun sürebilir. Colby (Wisconsin) ve Dharmasala (Hindistan) göktaşlarının yaz ortasının sıcak günlerinde düşmüş olmalarına rağmen hızlı bir şekilde buzla kaplanmış oldukları rapor edilmiştir (McSween, 1999).

Bir göktaşı atmosfere ses hızını aşan bir hızla girdiğinde önündeki basınçlı hava (sıkıştırılmış madde gibi) bir şok dalgası yaratır. Bu etki bir merminin ya da süpersonik jet uçağının ürettiğine benzer bir etkidir. Böylesi şok dalgaları şimşeğe ya da patlamalara benzeyen ses olguları üretebilir. Düşen bir bombanın ürettiği gibi vınlama veya uğultu, korkunç ve gürleyen sesler ve süpersonik uçakların ürettiği patlamayı andıran seslere benzer şekilde göktaşı etkisinin görüldüğü noktaların yakınında pek çok gözlemci tutarlı ses örnekleri rapor etmişlerdir.

Nihayet, yanık kabuğun içinde kalan kısımları ile göktaşları, uzaydaki kendi tarihlerinin kayıtlarını muhafaza ederler (Hutchison, 2004). Meteoritlerin sınıflandırması Şekil 2.4'de ve takip eden alt başlıkta verilmiştir.



**Şekil 2.3:** Göktaşının atmosferde parçalanmasının temsili anlatımı. Çöl gibi yumuşak zemine derin gömülen ana göktaşı parçasına ancak daha yüzeyde kalabilmiş hafif kırıntılardan yardım alınarak ulaşılmaktadır. Göktaşlarının atmosfere giriş doğrultu veya yönleri de benzer şekilde tespit edilebilmektedir.



Şekil 2.4: Meteorite sınıflandırma şeması B.

## 1. Farklılaşmamış Meteoritler

### 1.1. Kondritler

Güneşin bileşimine yakın kimyasal bileşimler silikat, sülfür ve sıklıkla metalin aglomeralarıdır. H, He ve diğer uçucu elementleri daha azdır.

Silikat mineralleri, olivin ve piroksen ile metalik Fe-Ni ve sülfür parçacıkları bakımından zengindirler. Ayrıca Ca ve Al dairesel kapanımlarını içerirler. Bir çeşit kozmik çökelti ve erken güneş sistemi materyallerinin yığındır. Oluşumundan buyana az miktarda kimyasal değişime maruz kalmıştır. Kondritlerin içerisinde Kondrül denilen yuvarlak parlak cisimler sıkça bulunmaktadır.

Kondritler izotopik sistemin yavaşça yarılanmasından belirlendiği gibi yaklaşık 4.56 milyar yıl önce oluşmuşlardır.

Kondritlerin bütün karakterleri onları diğer meteoritlerden ayırt eder. Bu ayırteci özelliklerin en başında Kondrül denilen yapılar gelmektedir. Kondritler içerisindeki bu kondrüllerin yapı

ve oranları farklılıklar gösterir. Bazı kondritler neredeyse tamamen kondrülde oluşurken bazılarında ise çok az sayıda kondrül bulunmaktadır.

### **Kondrüller**

Kondrül sıklıkla küreye yakın, mm boyutunda silikat nesnelere ya da parçacıklar ya da ferromagnezyen minerallerle olivin ve pyroxene – (+ feldspatik) mesostasislerdir. Ana gövde kondrüllerinin bir kısmı meydana gelmeden önce termal işlemlere maruz kalarak büyüme periyoduna girerler. Bu süre boyunca veya önce tamamen ya da kısmen erimiş nesnelere.

Bilinen boyutları < 1mm - 5cm, küreye yakın olabilirler ya da düzensiz şekillerdedir. Ek olarak yaygın ferromagnezyen tipleri, onların bileşimsel oranı alüminyum, cam, silikatça zengin kromatik ve metalik çeşitlilik içerir.

Çoğu silikat kondrülleri 0.1-3.8 mm boyutlarında olup makrokondrüller olarak farkına varılırlar. Kondrüller camsı ve yarıküre şekilleri ile ayrıca mikro kristal yapıları ile hızlı kristalleşmeleri ve söndürülmüş silikat damlaları ile onları net bir şekilde tespit etmemize olanak sağlarlar. Metal ve sülfid çeşitli miktarlarına sahiptirler. Diğer kondrüller çok ya da az yuvarlak ana hatları ve kaba iç yapıya sahiptir. Onlar daha önceden varolmuş büyük nesnelere yıpranmış parçaları olarak tanınırlar. Kondrüllerin bu iki çeşidi farklı kökenlere sahip olduğu için Merrill (1920) "chondroids" olarak isimlendirmeyi önerir ama şimdi onlar sıklıkla kondrül damlaları ve parça (klast) kondrüller olarak bilinir.

### **Kondrüllerin Çeşitleri**

Kondrüller 5 ana sınıfa ayrılırlar:

**Droplet Kondrül;** söndürülmüş silikat bakımından zengindir. Metal ya da Sülfid küçük damlacıklarını içerebilir.

**Metallik Kondrül ve Metal-Sülfid Kondrülü;** silikat ile metal ya da sülfid ile silikat damla kondrüllerinin bir türevinin son üyesidir.

**Klast Kondrül;** büyük nesnelere aşınmış kalıntılarıdır.

**Agglomeratik ya da Dark-Zone Kondrül;** söndürülmüş sıvının en az içeriği ile bulgurumsu (granül yapı) bir nesnedir.

**Bileşik Kondrül;** iki ya da daha fazla kondrül tarafından oluşturulan bir nesnedir.

Göktaşları içerisinde hemen hemen 280 mineralin mevcut olduğu bilinmektedir. Bu mineraller sadece 8 önemli kimyasal elementin çeşitli bileşimleridir. Bunlar bolluk sırasına göre şöyledir: Oksijen (O), Silikon (Si), Sodyum (Na), Kalsiyum (Ca), Potasyum (K), Alüminyum (Al), Magnezyum (Mg) ve Demir (Fe).

Kondritler içerisindeki temel mineraller 4 çeşittir. Olivin, Piroksen, Demir-Nikel Mineraller, Yardımcı Mineraller dir. Yardımcı mineraller ise Troilite, Demir Oksit ve Plajiyoklas- Feldspar' dır.

### **Olivin**

Olivin basalt gibi yersel mafik kayaların içinde bolca bulunan sarımtırak zeytin yeşili gibi silikat mineralidir. Silikon oksijen Tetrahedralarla kombinasyon halinde değişen miktarlarda demir ve magnezyumdan oluşur. Kimyasal formülü şuna benzer  $(Fe, Mg)_2 SiO_4$ . Olivin benzer yapı ve kompozisyon ile aslında bir grup mineraldir.

### **Piroksen**

Bu silikat mineraller, onların her ikisinde katı çözeltiler içerisinde olivine benzer. HERNASILSA Piroksen magnezyum ve demire ek olarak kalsiyumun değişik miktarlarını içerir. Ordinary kondritler öncelikle düşük kalsiyum ortopiroksen, enstatite ( $MgSiO_3$ ) içerir. Olivin ve piroksen arasındaki en büyük fark olivinlerin piroksenden daha fazla metal sahibi olmalarıdır.

### **Demir-Nikel Mineraller**

#### **Yardımcı Mineraller**

#### **Troilite**

Çoğu taş meteoritler demirin ya da sülfitin küçük miktarlarını içerir. Triolit, bütün taş meteoritler içerisinde bir miktar her zaman mevcut olan demir-nikel alaşımı gümüş rengi ile karşılaştırıldığında genelde bronz benzeri renge sahip olarak tek başına göz ile sıklıkla kolay ayırtdılır. Triolit, demir sülfid Pyrrhotite çok benzer görünür, çoğunlukla yersel kayalar içerisinde bulunur. Temel fark Pyrrhotite magnetit özelliklere sahiptir oysa Triolit'te bu durum yoktur.

## **Demir Oksit**

Meteoritler içindeki demirin oksiti çoğu zaman Magnetitdir. Demir oksit dünya atmosferine girip yanmış oldukları gibi taş meteoritler çevresindeki formlar olan füzyon kabuğunun ana bileşenidir. Magnetit Karbon Kondritlerin matrisleri içerisinde de bulunmuştur. Magnetit kuvvetli mıknatıslık özelliği gösterir.

## **Plajiolklas- Feldspar**

Feldsparlar, Yer kabuğunda yaygın bulunan minerallerdir. Onlar Mesosiderites ve çoğu taş meteoritler içerisinde bulunurlar ama büyük miktarlarda bazaltik akondritler içerisindedirler.

Kondritler bütün meteoritlerin en ilkeli kabul edilmişlerdir. Onların elementel bileşimleri Güneş'inkine çok yakındır. Kütlece, Güneş yaklaşık %73.5 Hidrojen ve % 25 Helyum içerir. Eğer biz bu gazları kaldırırsak ve kalan uçucu bileşenler örneğin Oksijen, Azot, Karbon ve Neon'dur. Bize kalan uçucu olmayan elementler sadece yaklaşık %1.5'dir.

### **1.1.1. Karbonlu (C) Kondritler**

**CB**

**CH**

**CK**

**CM**

**CR**

**CV**

**CO**

**CI**

### **1.1.2. Ordinary Kondritler**

Dünya'ya düşen gözlenen taş meteoritlerin hepsinin büyük çoğunluğu (%85'i) Ordinary Kondritlerdir. Petrografik sınıfları 3-7 arasındadır. Kimyasal sınıfları ise H, L, LL'dir.

Bileşimleri başlıca silikat minerallerdir. Olivin, Piroksen ve demir-Nikel metal, 3 ayrı kimyasal grup içerisinde Ordinary Kondritleri sınıflandırmada kullanılır. H grubu kondritler ağırlıkça toplam %25-%30 demir içerir. Ayrıca, demirin %15 ve %19 arasındaki ağırlığı kalan kimyasalların silikatlara bağlanması ile bileşik olmayan element halindedir. Metalin en büyük miktarına sahip olan H kondritler mıknatısça çok iyi çekilirler. Metal her tarafına düzgün dağılmıştır. H Kondritler diğer iki gruptan kolayca ayırtebilir.

Ordinary Kondritlerin 2. Grubu L kondritlerdir, düşük demir içerdiği için L olarak isimlendirilir. Bu orta Ordinary Kondritler %20-25 aralığında demire sahiptir. Ama metalin miktarı çok düşüktür (ağırlık olarak %1-10 arasında). Demir taneleri güçlü bir mıknatıs çekici tarafından zor çekilir. Olivinin bileşimi Fa 21-25'dir ki Fayalit içeriği %21-25 mole aralığındadır. Daha fazla H Kondritle karşılaştırıldığında Okside edilmiş demir daha fazladır. 3 Ordinary Kondrit grup içerisinde L kondritler çok sıklıkla düşükleri için toplamda % 46 miktarındadır.

**H**

**L**

**LL**

### **1.1.3. Rumuruti Kondritler**

### **1.1.4. Enstatite Kondritler**

## **2. Farklılaşmış Meteoritler**

### **2.1. Akondritler**

#### **2.1.1. Primitive Akondritler**

#### **2.1.2. Martian**

##### **2.1.2.1 Shergottites**

##### **2.1.2.2. Nakhrites**

##### **2.1.2.3. Chassignites**

**2.1.2.4. ALH 84001 opx****2.1.3. Aubrites****2.1.4. Ureilites****2.1.5. HED****2.1.5.1. Eucrites****2.1.5.2. Diogenites****2.1.5.3. Howardites****2.1.6. Angrites****2.1.7. Brachinites****2.1.8. Lunar****2.1.8.1. Feldspathic Breccias****2.1.8.2. Basaltic****2.1.8.3. Polymict****2.2. Taş-Demir Meteoritler****2.2.1. Pallasites****2.2.2. Mesosiderites****2.3. Demir Meteoritler****2.3.1. IAB Demir Meteoritler****2.3.2. IIAB Demir Meteoritler****2.3.3. IIIAB Demir Meteoritler****2.3.4. IVAB Demir Meteoritler**

### 2.3.5. Gruplanmamış Demir Meteoritler

### 2.3.6. Diğer Demir Meteoritler

## 2.3. TÜRKİYE’DEKİ GÖKTAŞLARI

Ülkemiz göktaşları ile ilgi güncel internet adresinden şu bilgiler yorumlanarak alıntılanmıştır<sup>5</sup>: “Göktaşların ülkemizde bilimsel olarak araştırılmasını, 1933 yılında ilk kurulan bölümlerden olan İstanbul Üniversitesi Astronomi kürsüsünde başlatıldığını ifade edebiliriz. Bununla birlikte, yayın yapma bakımından, göktaşlarıyla ilk uğraşların ne olduklarını, son yıllarında bilim tarihi araştırmalarına ayıran Prof. Dr. Erdal İnönü’nün kitaplarından öğreniyoruz. Buna göre, ilkin 1940 yılında Dr. Nadir Doğan (Ankara Üniversitesi), yeryüzüne düşen mikro-göktaşların toplanması ve mıknatıs çekip çekmediği durumuna göre ayrıştırarak adet sayısı ve zaman analizi şeklinde çalışmalarının olduğu görülmektedir. Gerçekten göktaşları demir içeriği ile ilk araştırma aşamasını sağlamalıdır. Bir başka göktaşı araştırmacısı olarak, Prof. Dr. Abdullah Kızırmak’ı (Ege Üniversitesi) sayabiliriz; 1955’li yıllarda Türkiye’ye düşen göktaşlarını toplayarak tanımlarını yapmıştır. Bunlardan birisi de bu tez çalışmasına konu olan Çanakkale göktaşı olmuştur.

Yukarıdaki gökbilimciler dışında, yer bilimciler de göktaşlarını incelemişler ve bilimsel çıktılarını yayınlamışlardır. Bunlara iki örnek şöyle verilebilir: (1) K. Çolakoğlu ve M. Ceylan (1981, Ağrı-Akyumak göktaşı). (2) A. Çağatay ve İ. Çopuroğlu (1989, Sivas-Şeyhhalil göktaşı).

Yaklaşık son 20 yıl içerisinde gökbilimcilerimizden Prof. Dr. Mehmet Emin Özel, göktaşları üzerine eğilmiştir. Göktaşı çalışmasını daha da ileri götürmüş, ülkemiz sınırları içindeki göktaşı kraterlerini tarihi belgelerden bulup çıkartarak uzaktan algılama verileri yardımıyla araştırmıştır. Bunun üzerine lisansüstü tezleri de yönetmiştir. Mekke-Kabe’de ve İstanbul’un bazı tarihi camilerinde yer alan siyah taşların acaba göktaşı olmasınlar düşüncesini de seslendirmiştir. Didim (2007) ile Kemer (2008) göktaşlarını da incelemiş ve Uluslararası Göktaşı Bülteninde yer almasını sağlamıştır.

Maalesef ülkemizdeki göktaşı araştırmaları çok disiplinli gerçekleştirilmesi yapılamadığından istenen sayıda SCI makale üretilmesi sınırlı kalmıştır. Araştırma gruplarının kurulamaması

<sup>5</sup><http://meteoriticalismagrubu.org/turkiyede-meteorit-calismalarinin-baslangici> (Ziyaret tarihi: 5.08.2019, 12.11).

nedeniyle de yayın sayısında süreklilik sağlanamamıştır. Bununla birlikte, son yıllarda yan uğraşı olarak ilgilenen yeni gökbilimcilerimize ek olarak, atom ve molekül fizikçilerimiz, jeologlarımız ve kimyacılarımız gibi farklı disiplinlerden yeni ve genç araştırmacılarımız da grup olarak göktaşları üzerinde yoğunluklu olarak araştırmalarını sürdürmektedirler.

*Uluslararası Göktaşı Bülteninde Türkiye'ye düşen 16 göktaşı yer almıştır. Bu teze konu olan Çanakkale göktaşı listede 4. sırada yer almıştır. En güncel olanı ise Sarıçiçek göktaşdır (2015, Bingöl). Bununla ilgili uluslararası işbirliği içerisinde bilimsel araştırmalar sürdürülmektedir.”*

Bir de aynı kaynaktaki<sup>6</sup> bu 16 adet göktaşının yılları ve kütleleri verilmektedir. Buna göre, 1883–2015 yılları arasında 132 yıl boyunca ülkemiz topraklarına ortalama  $8\pm 46$  yılda bir göktaşı düştüğü anlaşılmaktadır. En küçüğü yaklaşık 6 gr ve en büyüğü 152 kg olmak üzere ortalama büyüklükleri yaklaşık  $25\pm 43$  kg'dır.

#### 2.4. ÇANAKKALE GÖKTAŞI

Envanterimizdeki meteoritlerden biri de 1964 yılı Temmuz sonuna doğru Çanakkale'ye (Şekil 2.5'te) düşen yaklaşık 4 kg ağırlığındaki göktaşdır (Kızılırmak, 1964). Tam düştüğü yerin enlemi  $39^{\circ} 48'$  (Kuzey) ve boylamı  $26^{\circ} 36'$  (Doğu) olup Bayramiç ilçesi sınırları içerisinde kalmaktadır (Şekil 2.6). Üç parçaya bölünen göktaşından 1074,64 gr olanı İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü'nde bulunmaktadır (Şekil 2.7).

Çanakkale göktaşının şekildeki görünen boyutları  $13,2 \times 10,5 \times 5$  cm ve toz yöntemle ölçtüğümüz yoğunluğu da  $1,50 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. Ayrıca, Radyoaktivitesi 2 – 6 Bq ölçülmüş olup havadaki radyoaktivite (0 – 10 Bq) sınırları içerisinde kalmıştır. Ölçüm çalışmaları sırasında çekilmiş bir fotoğraf Şekil 2.8'de verilmiştir.

Meteoritlerin kimyasal özelliklerine göre sınıflandırıldığında Çanakkale göktaşı “taş” meteorit grubuna girer. Taş (aerolit) meteorlar demir, silikon, karbon, magnezyum, alüminyum ve oksijenden oluşur. Bu sınıfın L tipi meteoritleri kondrit ve düşük metal içerir ki Çanakkale göktaşında bu durum vardır. Petrografik özelliğine göre sınıflandırıldığında da tip 6'ya yerleştirilebilir.

<sup>6</sup><http://www.meteoritveritabani.org/turkiyeye-dusen-meteoritler> (Ziyaret tarihi: 5.08.2019, 08.52).





**Şekil 2.7:** İÜ Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümündeki Çanakkale göktaşının numune alınmadan önceki orijinal görüntüsü.



**Şekil 2.8:** İÜ (şimdi İÜ - Cerrahpaşa) Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarında Çanakkale göktaşının temel ölçümleri yapılırken.

### 3. MALZEME VE YÖNTEM

#### 3.1. DENEYLER

##### 3.1.1. Örnekleme

Spektroskopik analiz için alınan Çanakkale göktaşı örneği, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümündeki Ord. Prof. Dr. W. Gleissberg Astronomi Koleksiyonundan sağlanmıştır. Meteorit yaklaşık 1070.45 gramdır. Yüzey kirlenmesini önlemek için, numuneler son derece dikkatli bir şekilde toplanmıştır. Kızılötesi ve Raman spektroskopik ölçümleri için kullanılan numune parçaları her ölçüm için yaklaşık 6 gramdır ve başka bir işlem yapmadan kullanılmıştır. Çanakkale göktaşının iki tarafından da örnekler toplandı: “füzyon kabuk kısmı” denilen dış tarafından (Exterior Grains-EG) ve iç yüzeylerinden (Interior Grains-IG). (Şekil 3.1).



**Şekil 3.1:** Çanakkale göktaşının spektroskopik incelemesi için alınan kısımlar belirtilmiştir.

### 3.1.2. Mikro-Raman Spektrumları

Çanakkale göktaşının Mikro-Raman spektrumları bir DX-R mikro-Raman spektrometresinde (Thermo Scientific) kaydedilmiştir. Eksitasyon kaynağı olarak Nd: YVO<sub>4</sub> lazerinin 532 nm çizgisi kullanılmıştır. Raman spektrumları, 3300 cm<sup>-1</sup> (iç kısımlar için) ve 40 cm<sup>-1</sup> (dış kabuk için) arasında alınmıştır. Teknik özellikler de şöyledir: 3.1 µm tahmini lazer spot büyüklüğü, kullanılan mikroskop: OLYMPUS rfU-TV0.5XC-3, 10 kez büyütmeli, 4 cm<sup>-1</sup> spektral çözünürlük, 50 µm yarık açıklığı ve her ölçüm için 32 birikim şeklindedir. Kullanılan lazerin gücü, örneğin ısınmasını önlemek için yeterince düşük olması gerekir. Bu nedenle, lazer için 50 µW güç sabit tutuldu.

Raman spektroskopisi, meteorlar gibi değerli numunelerin analizinde kullanılan son derece yüksek duyarlıklı bir ölçüm yöntemidir. Tüm Raman spektral aralığı boyunca bu cihazın tepe pozisyonlarının mükemmel doğruluğu ( $\pm 0.5$  cm<sup>-1</sup>) ve hassasiyeti de ( $\pm 0.1$  cm<sup>-1</sup>) bu tekniği, spektral çizgilere dayanarak mineralleri tanımlamak için nispeten kolaylıklar hale getirir. Tüm Raman verileri deney sırasında oda sıcaklığında, Çanakkale göktaşının çeşitli bölgelerinden hem iç kısımdan hem de kabuktan toplandı. İncelenen minerallerin Raman spektrumlarında, 3000 cm<sup>-1</sup> ile 1100 cm<sup>-1</sup> arasında gözlenen minerallerin karakteristik ve önemli bantları olmadığı için sadece 1100 cm<sup>-1</sup> ile 100 cm<sup>-1</sup> arasındaki dalga sayılarında verildi (Evangelia ve diğ., 2013).

### 3.2. ORTA (MIR) VE UZAK KIZILÖTESİ (FIR) SPEKTRUMLARI

MIR ve FIR spektrumları sırasıyla 4000 ve 400 cm<sup>-1</sup> ile 700 ve 30 cm<sup>-1</sup> arasındaki bölgelerde kaydedilmiştir. 4 cm<sup>-1</sup> spektral çözünürlükte bir Perkin Elmer Spectrum-400 spektrometresi üzerinde (elmas kristalli) ATR (Attenuated Total Reflection baş harfleri olarak, Zayıflatıcı Toplam Yansıma) tekniği kullanılmıştır. Ölçümler oda sıcaklığında da yapıldı. Hem dış kabuğun hem de iç kısmın çeşitli bölgelerinden spektrumları toplamak için ATR ünitesinin elmas yüzeyine örnekler yerleştirildi.

### **3.3. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM) VE ELEKTRON DAĞITICI X-IŞINI (EDX) VERİLERİ**

Çanakkale göktaşının kimyasal bileşimi hakkında daha iyi bilgi edinmek için, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Koruma ve Restorasyon Laboratuvarında (KUDEB) SEM-EDX analizleri ile incelenmiştir. Çanakkale göktaşının iç kısımları ve dış kabuğu, Carl Zeiss EVO LS 10 SEM cihazı kullanılarak analiz edildi (yazılım: Carl Zeiss SmartSEM V05.04.00). Elementel bileşimsel haritalaması, enerji dağıtıcı X-ışını (EDX) spektrometresi (Bruker, Quantax 200, yazılım: Esprit 1.8) ile elde edildi. Çanakkale göktaşının iç bölgelerinin ve dış kabuğunun SEM-EDX analiz sonuçları Ekler'de verilmiştir.

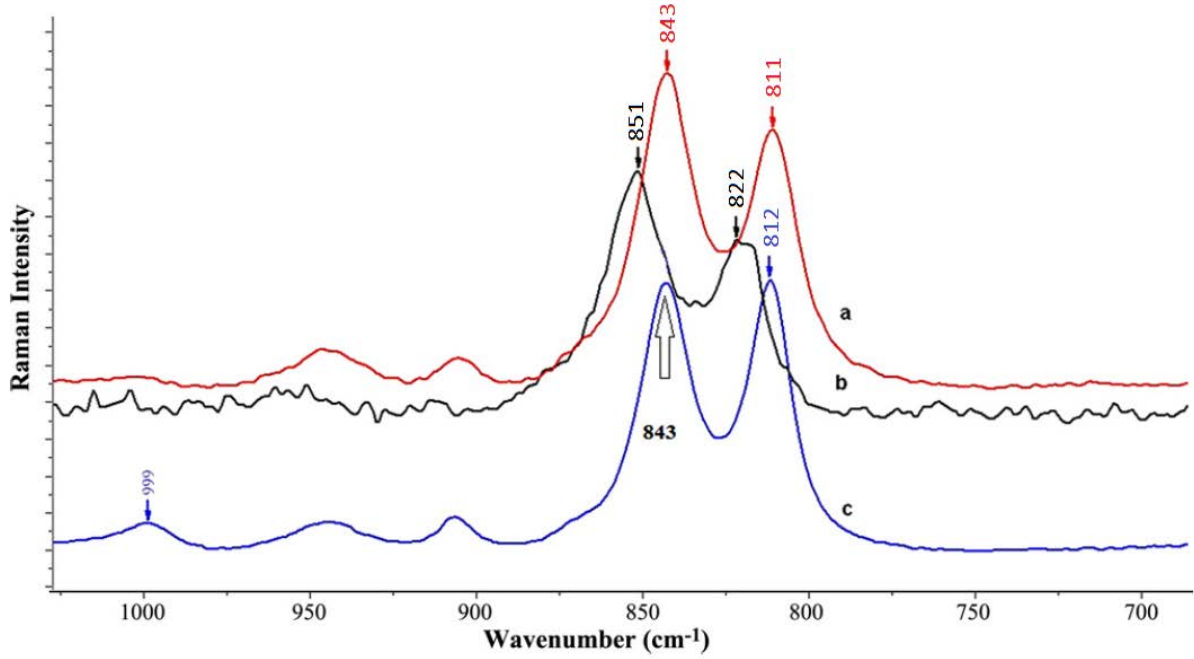


## 4. BULGULAR

### 4.1. RAMAN VERİLERİ

#### 4.1.1. Olivin Varlığı

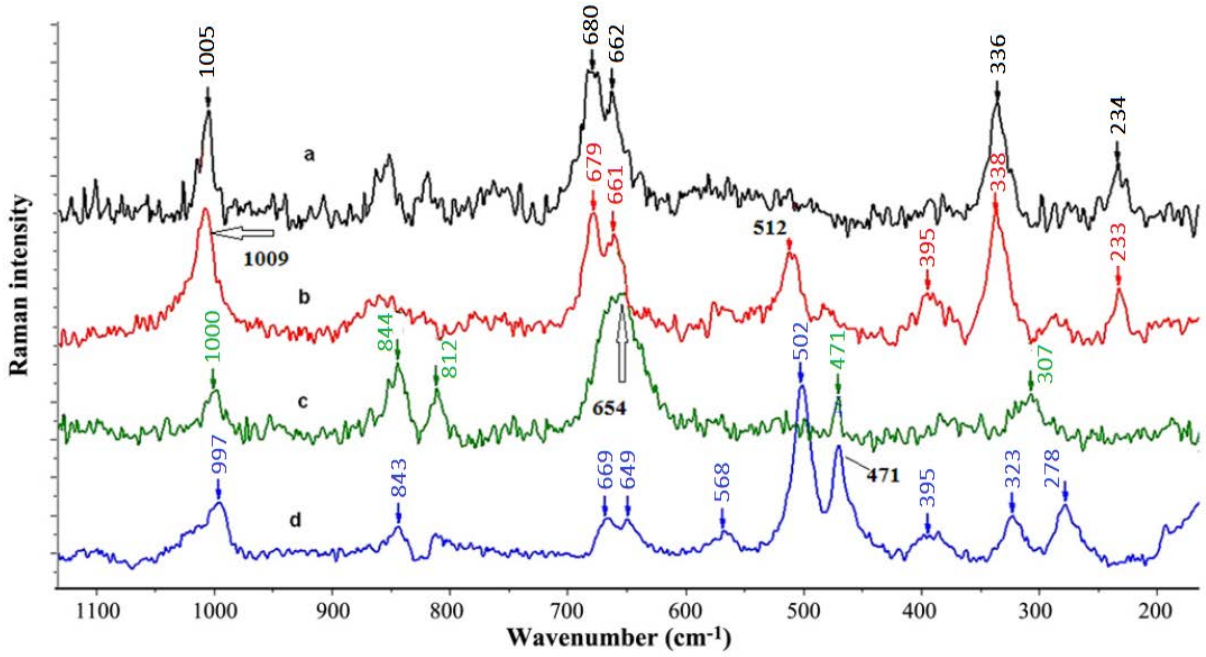
Çanakkale göktaşındaki olivin minerali (magnezyum demir silikat),  $822/853 \text{ cm}^{-1}$ 'de ( $\text{SiO}_4$  iç germe titreşim modlarına atfedilen) karakteristik çiftle gösterilir. Bu çift,  $\text{SiO}_4$  tetrahedrada simetrik ( $\nu_1$ ) ile anti-simetrik ( $\nu_3$ ) Si-O<sub>nb</sub> bağlarının gerilme modları arasındaki eşleşmenin bir sonucudur. Bu tepe noktalarının nispi yüksekliği kristal oryantasyonunun bir fonksiyonudur ve tepe konumları fayalit (Fa)/forsterite (Fo) bileşimine göre değişir. Tepe konumlarının Fo değerlerinin ( $\text{Fo} = \text{Mg}/\text{Mg} + \text{Fe}$ ) artmasıyla neredeyse eşzamanlı olarak yukarı doğru kaydığı bildirilmiştir ve/veya forsterit ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) içeriğindeki fayalit ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ) ve/veya olivin-mineralinin katı çözeltilisinde ( $\text{FeMg})_2\text{SiO}_4$  forsterit ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) içeriğini tespit etmek için kullanılabileceği bildirilmiştir (Kuebler ve diğ., 2005). Şekil 4.1'de, Çanakkale göktaşının Raman spektrumlarında  $811/843 \text{ cm}^{-1}$  (dış kabuktan),  $822/851 \text{ cm}^{-1}$  (iç kısımdan) ve  $812/843 \text{ cm}^{-1}$  (iç kısımdan) pik çiftleri, mineral forsteritin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Forsteritin varlığı ayrıca SEM-EDX analizi ile de gösterilmektedir (bkz. Bölüm 4.3).



**Şekil 4.1:** Olivinin Raman spektrumları, Çanakkale göktaşının farklı noktalarından kaydedilmiştir. (a) Dış kabuktan, (b) ve (c) iç kısımlardan.

#### 4.1.2. Piroksen Varlığı

Piroksenin (magnezyumlu demir kalsiyum silikat) Raman spektral örneği, üç spektral bölge ile karakterize edilir: (1) yaklaşık  $1000 \text{ cm}^{-1}$ 'de, (2)  $670 \text{ cm}^{-1}$ 'in yakınında ve (3)  $400\text{--}200 \text{ cm}^{-1}$  aralığında (Huang ve diğ., 2000). Bu bölgelerdeki Raman tepe noktalarının frekansları, piroksenlerdeki Mg/Fe ve Wo (wollastonit) içeriği ile kademeli olarak kayar. Çanakkale göktaşının kaydedilen Raman spektrumları (Şekil 4.2),  $1005 \text{ cm}^{-1}$ ,  $680/662 \text{ cm}^{-1}$  çift,  $336 \text{ cm}^{-1}$ ,  $234 \text{ cm}^{-1}$  (iç kısımdan),  $1009 \text{ cm}^{-1}$ ,  $679/661 \text{ cm}^{-1}$  çift,  $395 \text{ cm}^{-1}$ ,  $338 \text{ cm}^{-1}$ ,  $233 \text{ cm}^{-1}$  (iç kısımdan),  $1000 \text{ cm}^{-1}$ ,  $654 \text{ cm}^{-1}$ ,  $307 \text{ cm}^{-1}$  (dış kabuktan) ve  $997 \text{ cm}^{-1}$ ,  $669/649 \text{ cm}^{-1}$  çift,  $395 \text{ cm}^{-1}$ ,  $323 \text{ cm}^{-1}$ ,  $278 \text{ cm}^{-1}$  (dış kabuktan) çizgilerinde Raman pikleri ile “ortopiroksen” in ( $1007 \text{ cm}^{-1}$ ,  $682/661 \text{ cm}^{-1}$  çift,  $334 \text{ cm}^{-1}$ ) spektral örneğine sahiptir (Huang ve diğ., 2000). Kalibrasyon eğrisi de geliştirilmiştir (Wang ve diğ., 1999), piroksenlerdeki  $326 \text{ cm}^{-1}$  ve  $667 \text{ cm}^{-1}$  maksimum noktalarının tam tepe pozisyonlarına dayanmaktadır.



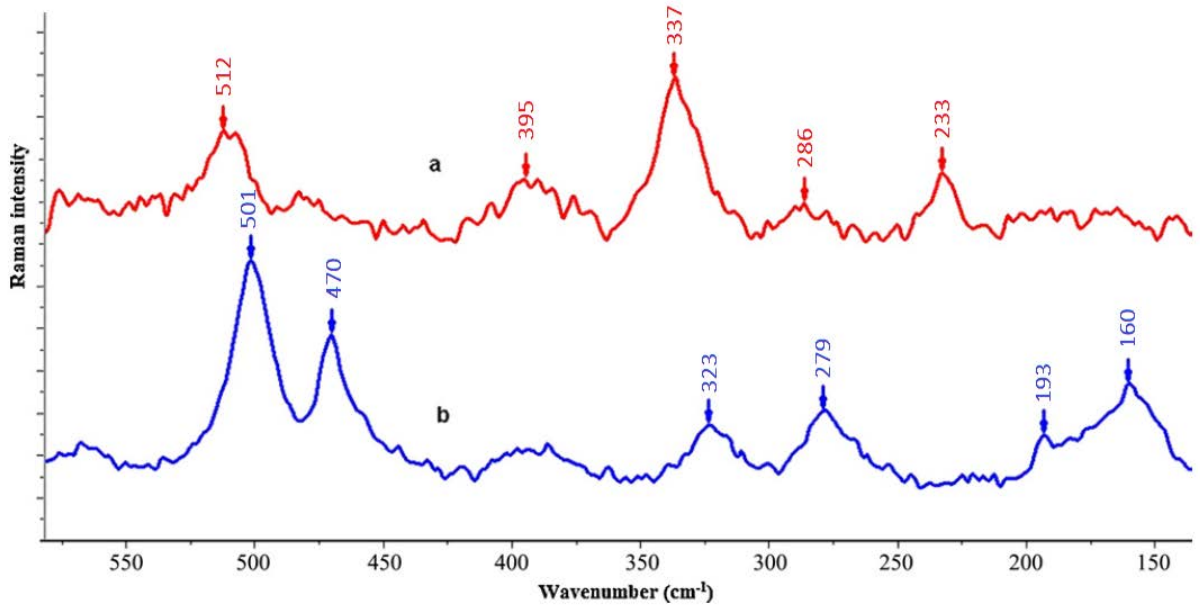
**Şekil 4.2:** Pyroksenin Raman spektrumları, Çanakkale göktaşının farklı noktalarından kaydedilmiştir. (a) İç bölgeden, (b) Dış kabuktan, (c) ve (d) İç bölgeden.

#### 4.1.3. Enstatit Varlığı

Enstatit minerali Çanakkale göktaşının hem iç kısım hem de dış kabuk için tanımlandı. Enstatit,  $1009\text{ cm}^{-1}$ ,  $859\text{ cm}^{-1}$ ,  $82/662\text{ cm}^{-1}$  çiftleri,  $340\text{ cm}^{-1}$  ve  $235\text{ cm}^{-1}$ 'deki tepelerden tanımlanabilir oldu<sup>7</sup> (Şekil 4.3).  $1005\text{ cm}^{-1}$ ,  $851\text{ cm}^{-1}$ ,  $680/662\text{ cm}^{-1}$  çift,  $336\text{ cm}^{-1}$  (iç kısımdan),  $1007\text{ cm}^{-1}$ ,  $860\text{ cm}^{-1}$ ,  $679/661\text{ cm}^{-1}$  çift,  $337\text{ cm}^{-1}$ ,  $232\text{ cm}^{-1}$  (iç kısımdan),  $1005\text{ cm}^{-1}$ ,  $681/662\text{ cm}^{-1}$  çift,  $337\text{ cm}^{-1}$ ,  $233\text{ cm}^{-1}$  (iç kısımdan),  $1009\text{ cm}^{-1}$ ,  $679/661\text{ cm}^{-1}$  çift,  $338\text{ cm}^{-1}$ ,  $233\text{ cm}^{-1}$  (iç kısımdan) çizgilerinde gözlemlenen tepeler, Enstatit'in Çanakkale göktaşında da bulunduğunu gösterir.

<sup>7</sup><http://ruff.info/Enstatite/R040094> (Ziyaret Tarihi: 02.08.2019, 18.15)





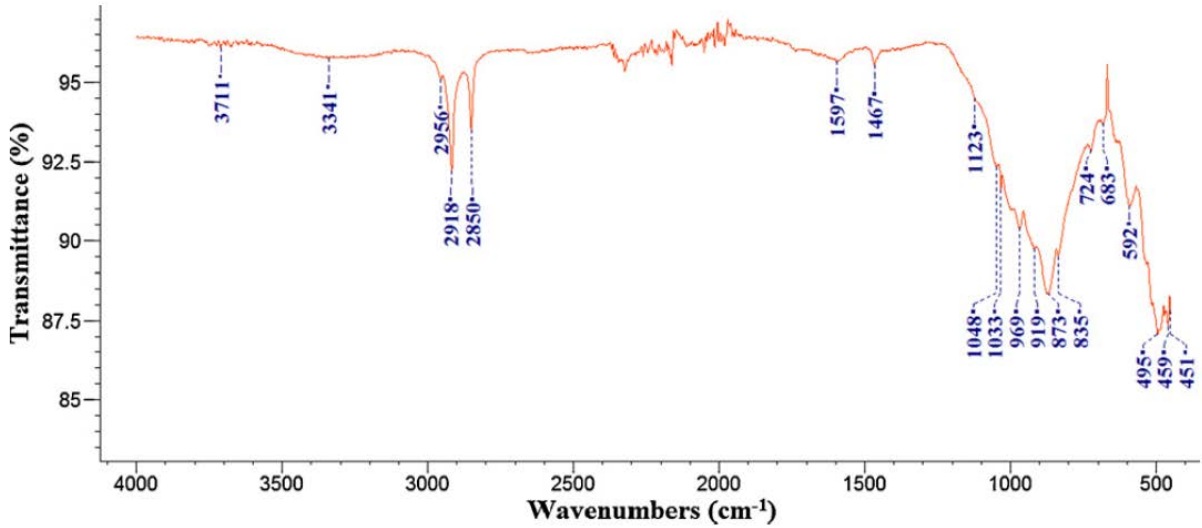
**Şekil 4.4:** Plajiyoklazın Raman spektrumları, Çanakkale göktaşının farklı noktalarından kaydedilmiştir. (a) İç kısımdan, (b) dış kabuktan.

## 4.2. KIZILÖTESİ VERİLERİ

### 4.2.1. Orta IR verileri

Şekil 4.5’de gösterilen Çanakkale göktaşının orta-kızılötesi spektrumları, silikatların (olivin, piroksen ve plajiyoklaz) karışımının varlığını gösterir. Çanakkale göktaşının kaydedilen MIR spektrumu, alifatik hidrokarbonları gösteren asimetrik  $\text{CH}_3$  germe ( $2956 \text{ cm}^{-1}$ ’de), asimetrik  $\text{CH}_2$  ( $2918 \text{ cm}^{-1}$ ’de) ve simetrik  $\text{CH}_2$  germe ( $2850 \text{ cm}^{-1}$ ’de) modlarında üç adet CH germe bandını gösterdi.  $1597 \text{ cm}^{-1}$  ve  $1467 \text{ cm}^{-1}$ ’de (karbonat özelliği) göreceli olarak zayıf iki yoğun bant gözlemlendi ve aromatikler olarak atandı (Keller ve Flynn, 2001; Nakamura ve diğ., 2002 ve Nakamura ve diğ., 2003). Ayrıca, bu özelliklerin numunelere özgü olup olmadığını veya darbe sonrası kirlenip kirlenmediğini belirlemek mümkün değildir. Ayrıca bir geniş bant da gözlemlendi (yaklaşık  $1200 \text{ cm}^{-1}$  ila  $660 \text{ cm}^{-1}$  arasında değişmektedir, merkezi  $870 \text{ cm}^{-1}$  civarındadır). Si–O germe titreşimleri nedeniyle ( $873 \text{ cm}^{-1}$ ’de) geniş bandın maksimum değeri,  $835 \text{ cm}^{-1}$ ,  $918 \text{ cm}^{-1}$ ,  $969 \text{ cm}^{-1}$ ,  $997 \text{ cm}^{-1}$ ,  $1033 \text{ cm}^{-1}$  ve  $1053 \text{ cm}^{-1}$ ’de birçok yüksek frekans yan bandına sahiptir. Bu bantların görünümü, Çanakkale göktaşında bulunan farklı silikatlardan (çoğunlukla meta ve

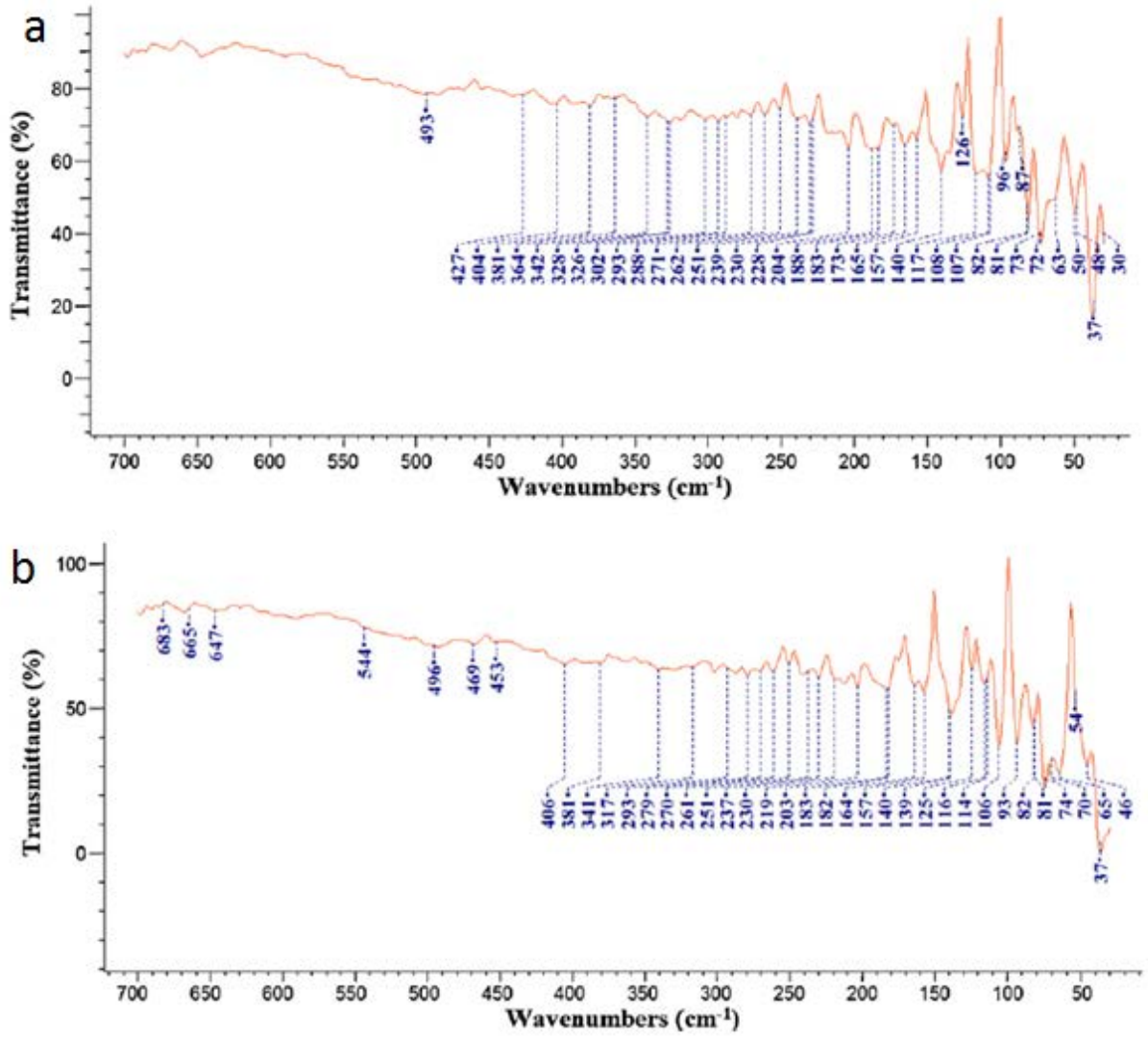
orto silikatlardan) kaynaklanan Si–O modundan kaynaklanmaktadır. İki kızılötesi-aktif olivin modu  $993\text{ cm}^{-1}$ 'de rapor edildi ve  $960\text{ cm}^{-1}$  çizgisi baskın Si–O germe karakterine sahipti (Oehler ve Giinhard, 1969). Olivindeki Si–O modundan kaynaklanan bandın  $900\text{ cm}^{-1}$ , (Morlok ve diğ., 2004 ve Makreski ve diğ., 2005) piroksende  $965\text{ cm}^{-1}$  ve  $1075\text{ cm}^{-1}$ 'de iki güçlü bant olduğu bildirilmiştir (Makreski ve diğ., 2006) ve plajiyoklazda üç bant,  $995\text{ cm}^{-1}$ ,  $1145\text{ cm}^{-1}$  ve  $1160\text{ cm}^{-1}$ 'de rapor edildi (Makreski ve diğ., 2009).  $613\text{ cm}^{-1}$ 'e yakın modlar, tüm  $\text{MgO}_6$  oktahedronun hareketlerini içerir.  $500\text{ cm}^{-1}$ 'in altında (burada  $495\text{ cm}^{-1}$ ,  $459\text{ cm}^{-1}$  ve  $451\text{ cm}^{-1}$ ), farklı çift değerlikli katyonlar içeren olivinler (burada M'nin  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  veya  $\text{Ca}^{2+}$  olduğu M-SiO<sub>4</sub>) bireysel bantların katyon bileşimine duyarlı olduğu oldukça düzgün bir kızılötesi spektrum sergiler (Kovach ve diğ., 1975). Buradaki ATR verileri, önemli bir olivin bileşeninin mevcut olması ile tutarlıdır. Olivin ve piroksen içindeki Si–O titreşim bandlarının bir kısmı bir dereceye kadar örtüşse de, olivin  $592\text{ cm}^{-1}$ 'de IR spektrumunda belirgin bir bant olmasına rağmen, piroksenlerin hiçbirine sahip değildir (Dyar ve ark., 2011). Ayrıca,  $1048\text{ cm}^{-1}$ ,  $969\text{ cm}^{-1}$ ,  $918\text{ cm}^{-1}$ ,  $873\text{ cm}^{-1}$ ,  $724\text{ cm}^{-1}$ ,  $683\text{ cm}^{-1}$  ve  $459\text{ cm}^{-1}$ 'de gözlenen bantlar Pyroxene ( $1057\text{ cm}^{-1}$ ,  $992\text{ cm}^{-1}$ ,  $927\text{ cm}^{-1}$ ,  $866\text{ cm}^{-1}$ ,  $746\text{ cm}^{-1}$ ,  $676\text{ cm}^{-1}$  ve  $458\text{ cm}^{-1}$ ) dayandırılabilir.



Şekil 4.5: Çanakkale göktaşının orta IR tayfı (dış kabuk).

#### 4.2.2. Uzak IR Verileri

Uzak kızılötesi spektrumda [Şekil 4.6a (iç kısım)] kafes modları  $493\text{ cm}^{-1}$ ,  $427\text{ cm}^{-1}$ ,  $404\text{ cm}^{-1}$ ,  $381\text{ cm}^{-1}$ ,  $364\text{ cm}^{-1}$ ,  $328\text{ cm}^{-1}$ ,  $302\text{ cm}^{-1}$ ,  $288\text{ cm}^{-1}$ ,  $271\text{ cm}^{-1}$ ,  $262\text{ cm}^{-1}$ ,  $228\text{ cm}^{-1}$ ,  $204\text{ cm}^{-1}$ ,  $183\text{ cm}^{-1}$ ,  $173\text{ cm}^{-1}$ ,  $163\text{ cm}^{-1}$ ,  $150\text{ cm}^{-1}$ ,  $139\text{ cm}^{-1}$ ,  $117\text{ cm}^{-1}$ ,  $107\text{ cm}^{-1}$ ,  $96\text{ cm}^{-1}$ ,  $82\text{ cm}^{-1}$ ,  $73\text{ cm}^{-1}$ ,  $48\text{ cm}^{-1}$  ve  $37\text{ cm}^{-1}$ 'de gözlenmiştir (FIR spektrumunda gözlenen dalgasayıları da aşağıda parantez içlerinde verilmiştir).  $421\text{ cm}^{-1}$  ( $427\text{ cm}^{-1}$ ),  $408\text{ cm}^{-1}$  ( $404\text{ cm}^{-1}$ ),  $381\text{ cm}^{-1}$  ( $381\text{ cm}^{-1}$ ),  $361\text{ cm}^{-1}$  ( $364\text{ cm}^{-1}$ ),  $319\text{ cm}^{-1}$ , ( $328\text{ cm}^{-1}$ ),  $295\text{ cm}^{-1}$  ( $302\text{ cm}^{-1}$ ) ve  $276\text{ cm}^{-1}$  ( $271\text{ cm}^{-1}$ ) 'de bantlar, birim hücredeki tüm atom setinin kuvvetli bir şekilde karıştırılmış modlarına atanır.  $224\text{ cm}^{-1}$  ( $228\text{ cm}^{-1}$ ),  $201\text{ cm}^{-1}$  ( $204\text{ cm}^{-1}$ ) ve  $144\text{ cm}^{-1}$ 'de ( $139\text{ cm}^{-1}$ ) en düşük bantlar, hem  $\text{SiO}_4$  hem de  $\text{MO}_6$  koordinasyon çokyüzlüsünü içeren karışık titreşim modlarına bağlanmıştır (Oehler, 1969).  $400\text{ cm}^{-1}$  ( $404\text{ cm}^{-1}$  ve  $381\text{ cm}^{-1}$ ) ve  $350\text{ cm}^{-1}$  ( $364\text{ cm}^{-1}$ ) yakınındaki uzak kızılötesi bantlar, demir içeriğine duyarlıdır ve enstatit serilerindeki bireysel üyeleri ayırt etmek için kullanılabilir (Kovach, 1975). Ayrıca  $683\text{ cm}^{-1}$ ,  $665\text{ cm}^{-1}$ ,  $647\text{ cm}^{-1}$ ,  $544\text{ cm}^{-1}$ ,  $496\text{ cm}^{-1}$ ,  $469\text{ cm}^{-1}$ ,  $406\text{ cm}^{-1}$ ,  $381\text{ cm}^{-1}$ ,  $341\text{ cm}^{-1}$ ,  $317\text{ cm}^{-1}$ ,  $293\text{ cm}^{-1}$ ,  $270\text{ cm}^{-1}$ ,  $261\text{ cm}^{-1}$ ,  $251\text{ cm}^{-1}$ ,  $237\text{ cm}^{-1}$ ,  $219\text{ cm}^{-1}$ ,  $203\text{ cm}^{-1}$ ,  $182\text{ cm}^{-1}$ ,  $164\text{ cm}^{-1}$ ,  $140\text{ cm}^{-1}$ ,  $125\text{ cm}^{-1}$ ,  $114\text{ cm}^{-1}$ ,  $106\text{ cm}^{-1}$ ,  $93\text{ cm}^{-1}$ ,  $81\text{ cm}^{-1}$ ,  $70\text{ cm}^{-1}$ ,  $54\text{ cm}^{-1}$ ,  $42\text{ cm}^{-1}$  ve  $35\text{ cm}^{-1}$ 'de dış kabuk için kafes modları da gözlemlendi [Şek. 4.6b (dış kabuk)].



Şekil 4.6: (a) Çanakkale göktaşının (iç kısım) uzak IR tayfı. (b) Çanakkale göktaşının (dış kabuk) FIR tayfı.

### 4.3. SEM-EDX VERİLERİ

#### 4.3.1. İç Kısım

İç kısım için ayrıntılı SEM görüntüleri Şek. S1–S7’de verildi (Bkz. Ekler). 1 ila 22 olarak etiketlenmiş her bir bölgenin EDX spektrumları Şek. S8–S29’da verildi (Bkz. Ekler). Elementlerin bileşimleri ve her bölge için oksitleri Tablo S1–S22’de verilmiştir (Bkz. Ekler). Renkli element haritaları ayrıca Şekil S30–S40’da ayrı ayrı renkli görüntüler olarak verilmiştir (Bkz. Ekler). Buradaki haritalarda hem iç kısım hem de dış kabuk için kullanılan renk kodları:

O için kırmızı, Na için yeşil, Mg için mavi, Al için turkuaz, Si için mavi, S için sarı, Ca için turuncu, Mn için mor, Fe için yeşil, Ni için açık yeşil ve Cr için koyu kırmızı şeklindedir. Bununla birlikte, dış kabuk için ayrıntılı SEM görüntüleri de Şek. S41–S45’de verildi (Bkz. Ekler). 1 ile 8 olarak işaretlenmiş her bir bölgenin EDX spektrumları Şek. S46–S53’de verildi (Bkz. Ekler). Elementlerin bileşimleri ve her bölge için oksitleri ayrıca Tablo S23–S30’da verilmiştir (Bkz. Ekler).

İç kısım için 1 ile 22 arasındaki bölgeler için (sarı kutuların dışında) yeşil etiketli işaretli bölgelerde SEM görüntüleri alındı (Bkz. Ek3er bilgi). Örneğin, bölge 1’den (R1) toplanan verilere göre, bu bölge Mg bakımından zengin minerallerle (% 13.92) karakterize edilirken Si ve Fe öğeleri % 10’un altındadır. Bu sonuç, Mg miktarının Fe’den daha fazla olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, bu forsterit ( $Mg_2SiO_4$ ) miktarının fayalitten ( $Fe_2SiO_4$ ) daha fazla olduğunu gösterir. Meteorit İsimlendirme Kılavuzuna<sup>9</sup> göre, daha önce belirtildiği gibi, bir meteoriti kaydetmek için (Fa) (fayalit moleküler %) veya (Fo) (% forsterit moleküler) verilmelidir veya vurgulanmalıdır. Örneğin, R3 en yüksek Fe içeriğine sahiptir (% 23.96) ve Ni (% 20.82) içeren tek bölgedir. R12 ve R13 ayrıca Ca (% 23.92) ve Na (% 25.75) elementlerini içerir. R3 ve R12, FeO (% 49,36 ve % 50,55) ve NiO (% 44,58 ve % 40,01) gibi oksitleri içerir. Na, Al, Ca, Mg, Ni, S, Cr ve K gibi diğer elementlerin eser miktarları da tanımlandı (% 10’dan az miktarlar burada verilmemiştir). Ayrıca esas olarak  $SiO_2$  (% 26.22), MgO (% 24.68), FeO (% 22.64) ve  $SO_3$  (% 15.45) metal oksit içerikleriyle verildi. Ayrıca  $Al_2O_3$ , CaO, MnO,  $Na_2O$ , NiO ve  $K_2O$  gibi bazı diğer oksitler de tespit edildi (< % 5). Ayrıca, R2 esas olarak S (% 16.52) ve Fe (% 15.47) içermektedir.

#### 4.3.2. Dış Kısım

Kabuk kısımdan toplanan verilere göre (Bkz. Ekler), 1 ile 8 arasındaki bölgeler esas olarak Si-zengini mineraller ile karakterize edilebilir (sırasıyla % 11.64, % 11.37, % 11.50, % 9.49, % 13.11, % 10.71, % 4.55 ve % 11.98). Bu bölgeler için karşılık gelen Mg değerleri sırasıyla % 9.71, % 8.94, % 9.44, % 5.18, % 13.56, % 10.78, % 4.05 ve % 10.15’tir. Dış kabuk ayrıca, iç kısminkinden farklı olarak Ti ve C (füzyon kabuğundan dolayı beklendiği gibi) elementler içerir. Sıradan bir göktaşı uzun süre Dünya’da olduğunda, Fe metal paslanmaları nedeniyle, bir

<sup>9</sup>MeteoriticsandPlanetaryScience, Journal of MeteoriticalSociety, University of Arizona, Department of Geosciences (<https://meteoritical.org/publications/meteoritics-and-planetary-science>) (Ziyaret Tarihi: 1.08.2019, 11.06).

miktar FeO de beklenir. Tablo S1–S8’de R1-R8 için FeO değerleri verildi (% 21.88, % 21.54, % 21.18, % 11.83, % 26.89, % 13.29, % 21.17) ve bu veriler de bu fikirle tutarlıdır.

#### 4.4. XRF VERİLERİ

Çanakkale göktaşının element bollukları, İstanbul Üniversitesi İleri Analizler Laboratuvarı ve Kanada Acme<sup>10</sup> Laboratuvarı’nda farklı yöntemlerle gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.7). Her iki farklı adres ve analiz sonuçları Tablo 4.1’de bir araya getirilmiştir.



<sup>10</sup><http://acmelab.com> (Ziyaret Tarihi: 20.08.2019, 10.55).



**Şekil 4.7:** Çanakkale göktaşından XRF cihazı (üstte) analizi için toz parçacıkları (altta) alındı.

**Tablo 4.1:** Çanakkale göktaşının laboratuvar analiz sonuçları.

Sayı	Element	Konsantrasyon		Birim	Metot		Değerlendirme
		Acme Lab.	İÜ İleri Analizler Lab.		Acme Lab.	İÜ İleri Analizler Lab.	
1	SiO <sub>2</sub>	10.67 ± 0.01	37.550	%	4A-4B	XRF	önemli!
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.23 ± 0.01	2.386	%	4A-4B	XRF	
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29.03 ± 0.04	30.630	%	4A-4B	XRF	önemli!
4	MgO	26.02 ± 0.01	22.362	%	4A-4B	XRF	
5	CaO	1.83 ± 0.01	1.765	%	4A-4B	XRF	
6	NiO		1.296	%		XRF	
7	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>		0.123	%		XRF	
8	ZrO <sub>2</sub>		0.122	%		XRF	
9	Na <sub>2</sub> O	0.99 ± 0.01	0.938	%	4A-4B	XRF	
10	K <sub>2</sub> O	0.11 ± 0.01	0.105	%	4A-4B	XRF	
11	TiO <sub>2</sub>	0.11 ± 0.01	0.098	%	4A-4B	XRF	
12	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.20 ± 0.01	0.187	%	4A-4B	XRF	
13	MnO	0.34 ± 0.01	0.304	%	4A-4B	XRF	
14	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.572 ± 0.002	0.564	%	4A-4B	XRF	
15	ZnO		0.025	%		XRF	
16	SeO <sub>2</sub>		0.015	%		XRF	
17	WO <sub>3</sub>		0.209	%		XRF	
18	SO <sub>3</sub>		0.218	%		XRF	
19	Ni	6032 ± 20		ppm	4A-4B		önemli!
		>10000 ± 0.1			1DX		
20	Sc	9 ± 1		ppm	4A-4B		
21	LOI	-2.4 ± -5.1		%	4A-4B		
22	Si	99.53 ± 0.01		%	4A-4B		
23	Ba	9 ± 1		ppm	4A-4B		
24	Be	<1 ± 1		ppm	4A-4B		
25	Co	456.8 ± 8.2		ppm	4A-4B		önemli!
26	Cs	<0.1 ± 0.1		ppm	4A-4B		
27	Ga	5.4 ± 0.5		ppm	4A-4B		
28	Hf	0.1 ± 0.1		ppm	4A-4B		
29	Nb	0.4 ± 0.1		ppm	4A-4B		
30	Rb	3.2 ± 0.1		ppm	4A-4B		
31	Sn	<1 ± 1		ppm	4A-4B		

32	Sr	12.7 ± 0.5		ppm	4A-4B		
33	Ta	<0.1 ± 0.1		ppm	4A-4B		
34	To	<0.2 ± 0.2		ppm	4A-4B		
35	U	<0.1 ± 0.1		ppm	4A-4B		
36	V	72 ± 3		ppm	4A-4B		önemli!
37	W	<0.5 ± 0.5		ppm	4A-4B		
38	Zr	5.7 ± 0.1		ppm	4A-4B		
39	Y	1.9 ± 0.1		ppm	4A-4B		
40	La	0.5 ± 0.1		ppm	4A-4B		
41	Ce	1.1 ± 0.1		ppm	4A-4B		
42	Pr	0.20 ± 0.02		ppm	4A-4B		
43	Nd	0.8 ± 0.3		ppm	4A-4B		
44	Sm	0.10 ± 0.05		ppm	4A-4B		
45	Eu	0.08 ± 0.02		ppm	4A-4B		
46	Gd	0.26 ± 0.05		ppm	4A-4B		
47	Te	0.06 ± 0.01		ppm	4A-4B		
48	Dy	0.32 ± 0.05		ppm	4A-4B		
49	Ho	0.07 ± 0.02		ppm	4A-4B		
50	Er	0.22 ± 0.03		ppm	4A-4B		
51	Tm	0.04 ± 0.01		ppm	4A-4B		
52	Yb	0.21 ± 0.05		ppm	4A-4B		
53	Lu	0.04 ± 0.01		ppm	4A-4B		
54	TOT/C	0.08 ± 0.02		%	2A Leco		
55	TOT/S	1.21 ± 0.02		%	2A Leco		
56	Mo	0.7 ± 0.1		ppm	1DX		
57	Cu	89.2 ± 0.1		ppm	1DX		önemli!
58	Pb	1.4 ± 0.1		ppm	1DX		
59	Zn	18 ± 1		ppm	1DX		
60	As	2.3 ± 0.5		ppm	1DX		
61	Cd	<0.1 ± 0.1		ppm	1DX		
62	Sb	<0.1 ± 0.1		ppm	1DX		
63	Bi	<0.1 ± 0.1		ppm	1DX		
64	Ag	<0.1 ± 0.1		ppm	1DX		
65	Au	126.7 ± 0.5		ppm	1DX		
66	Hg	0.11 ± 0.01		ppm	1DX		
67	Ti	<0.1 ± 0.1		ppm	1DX		
68	Se	5.5 ± 0.5		ppm	1DX		

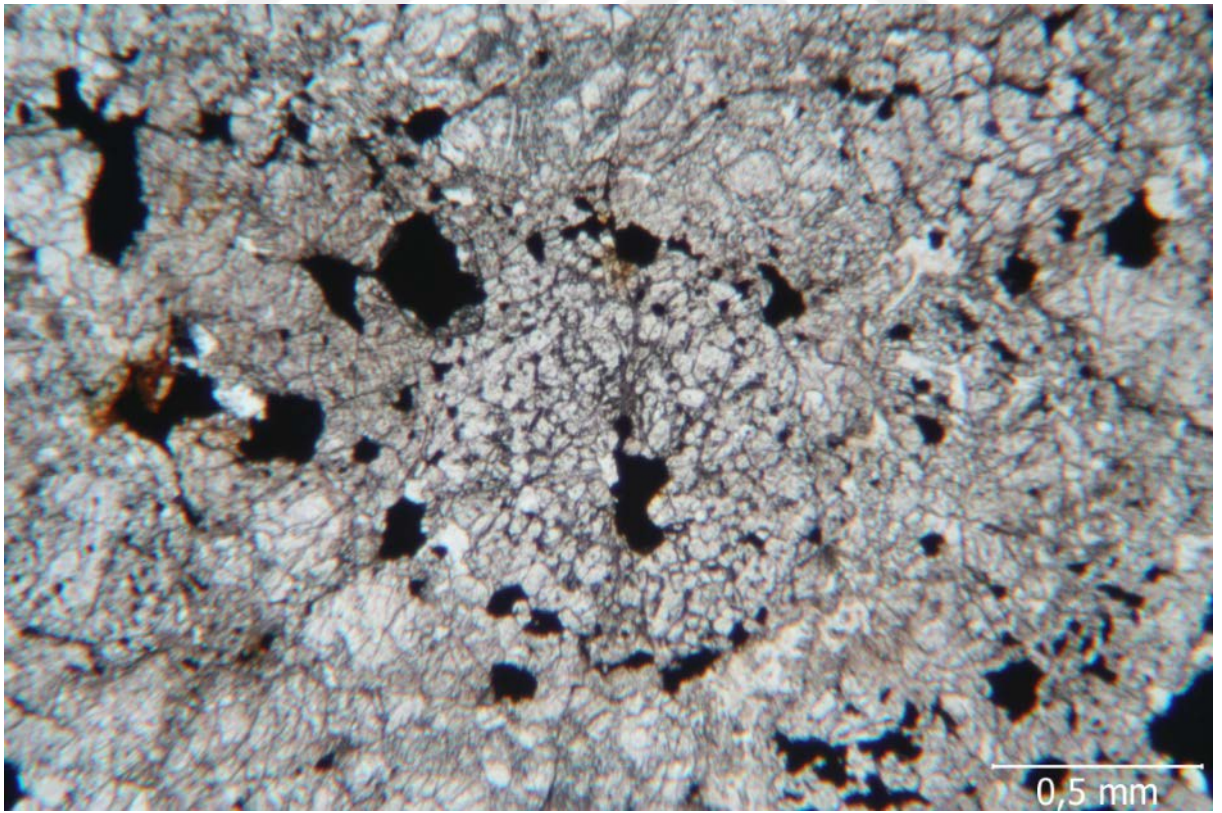
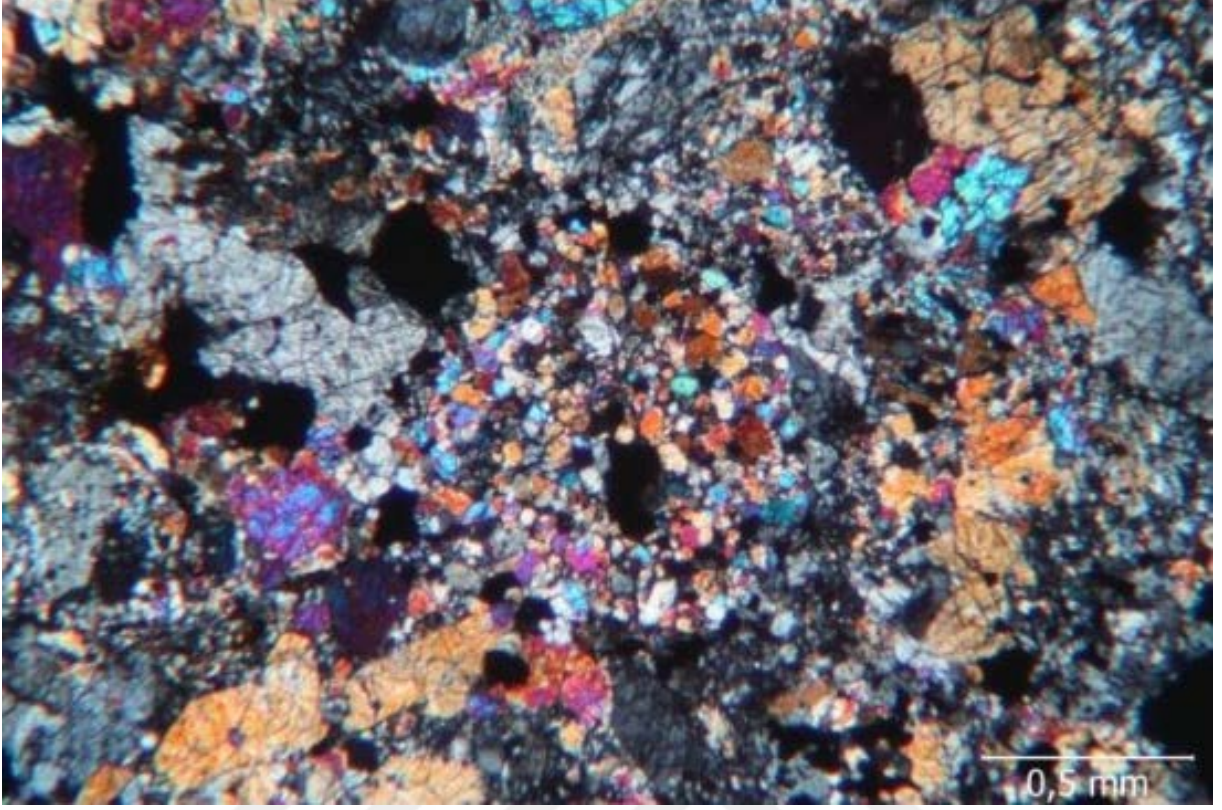
#### 4.5. İNCE KESİT VERİLERİ

Göktaşlarını ayrıntılı incelemek için iç ve dış yüzeylerini kapsayacak şekilde ince kesitler alınır. İnce kesitin detaylı analizinde yersel kayalarda bulunmayan ilginç bir doku karşımıza çıkar. Bu ilginç dokunun yanısıra kayanın yersel olmadığı, içerisinde barındırdığı dokusal çeşitlilik ve mineral bileşiminden de anlaşılır. Bu doku, göktaşının her tarafına dağılmış sarımsı kristalize minerallerin kapanımlarını içeren cm ve mm boyutunda dairesel ölçeklerdir. Bu küreler kondrül olarak ve bunları içeren kayalar ise kondrit olarak isimlendirilirler.

Çanakkale göktaşından da alınan ince kesit mikroskop altında görüntülendi (Şekil 4.8). Olivin kondrülü, Çanakkale göktaşının elektron mikroskobunda ince kesitinin merkezinde gözüküyor (Şekil 4.9).



**Şekil 4.8:** Çanakkale göktaşı mikroskop altında Prof. Dr. Sinan Öngen tarafından ilk kez incelenirkenki görüntüsü.



**Şekil 4.9:** Çanakkale göktaşında görüntülenen yuvarlak olivin kondrülü (üstteki renklendirilmiş ve aşağıdaki siyah beyaz).

#### 4.6. AMİNO ASİT VERİLERİ

Çanakkale L6 meteoritin nispeten büyük (> 1g) örnekleri amino asitler için analiz edildi. Bu iş için düştüğü yere ait toprak numunesi ile birlikte ele alındı. Bu eser miktardaki önemli bulguları içeren analiz NASA'nın ilgili bir laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Buna göre, Çanakkale göktaşı ve toprak örneklerinde amino asit bollukları Tablo 2'de ve bileşik spesifik kararlı izotop ölçümleri de Tablo 3'de verilmiştir. Sonuçlar ayrıca yurt dışında sunulmuştur da (Burton ve diğ., 2016).

Bu analizin bulguları şöyledir:

1. Çanakkale göktaşı, düştüğü yerden ve yaklaşık 50 yıl kadar beklemesinden kaynaklanan dünyaya ait amino asitlerden kirlenme gözlenirse de, numunelerde bulunan ve düştüğü yerin yakınlarından toplanan toprak örneklerinde gözlenmeyen ve laboratuvar işlemlerinden kaynaklanmayan birkaç amino asit vardır.
2. Bulunan amino asitlerin dünya dışı olması muhtemeldir, ancak bu sonuç kirlenmemiş L6 kondritlerinde benzer amino asit takımlarının bulunmasıyla güçlendirilmiştir.
3. İz seviyelerinde bile olsalar, dünyaya düşen bu büyük L6 kondrit Çanakkale göktaşı, L kondritlerinin dünya ve güneş sistemindeki diğer gezegenler için önemli bir amino asit kaynağı olabileceğini düşündürmektedir.

**Tablo 4.2:** Çanakkale göktaşına ait iki adet numune ve toprak örneklerinde amino asit bollukları (nmol/g). Burada verilen “\*”sembolü ile, meteorit örneklerinde gözlenen amino asitleri belirtir ancak toprak veya boş numunelerde bulunmamaktadır.

<b>Amino acid</b>	<b>Çanakkale 1</b>	<b>Çanakkale 2</b>	<b>soil</b>
<b>D-aspartic acid</b>	1.1	1.2	0.8
<b>L-aspartic acid</b>	3.9	4.3	2.9
<b>D-glutamic acid</b>	1.2	1.3	0.8
<b>L-glutamic acid</b>	8.5	8.5	4.7
<b>D-serine</b>	2.6	2.8	0.2
<b>L-serine</b>	8.6	8.5	1.5
<b>glycine</b>	63	67	9.7
<b>β-alanine</b>	2.4	2.9	1.3
<b>D-alanine</b>	1.6	1.0	1.2
<b>L-alanine</b>	5.5	4.9	6.7
<b>γ-amino-<i>n</i>-butyric acid</b>	1.1	1.1	1.6
<b>D,L-β-aminoisobutyric acid*</b>	0.7	0.8	<0.01
<b>D,L-β-amino-<i>n</i>-butyric acid*</b>	0.6	0.7	<0.01
<b>α-aminoisobutyric acid*</b>	0.4	0.4	<0.01
<b>D,L -α-amino-<i>n</i>-butyric acid</b>	0.1	0.04	0.02

**Tablo 4.3:** Çanakkale göktaşı ve toprak numunelerindeki amino asitler için bileşik spesifik kararlı izotop ölçümleri.

<b>Amino Acid</b>	<b>Meteorite <math>\delta^{13}\text{C}</math> (‰ VPDB)</b>	<b>Soil <math>\delta^{13}\text{C}</math> (‰ VPDB)</b>
<b>L-alanine</b>	$-11 \pm 3$	$-16 \pm 3$
<b>D-alanine</b>	Not determined	$-18 \pm 5$
<b>L-valine</b>	$0 \pm 2$	$-6 \pm 2$
<b>Glycine</b>	$-18 \pm 2$	$-4 \pm 3$
<b>D-aspartic acid</b>	Not determined	$-20 \pm 5$
<b>L-aspartic acid</b>	$-12$ (single measurement)	$-23 \pm 2$
<b>D-serine</b>	$-10 \pm 9$	n.d.
<b>L-serine</b>	$-2 \pm 2$	$-8 \pm 1$

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

İÜ Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümünde mevcut bir adet yaklaşık 1 kg kütledeki Çanakkale göktaşını bilimsel incelemek amacıyla bir adet Yüksek Lisans Tez çalışması tamamlanmıştır. Öncelikle göktaşının gerçekten uzaydan gelip gelmediğinin kesinleştirilmesi gerekmiştir. Bunun ilk adımı olarak içerdiği bileşenlerin öğrenilmesi ile başlandı. Bu yüzden, İÜ İleri Analizler Laboratuvarı'nda bulunan ileri teknoloji ürünü “X-ışını toz kırınımı cihazı (XRF)” ile göktaşından alınan ince öğütülmüş toz örneklerine kalitatif mineral analizi yaptırıldı. Göktaşının içerdiği bileşikler/elementler tayin edildi. Böylelikle elimizdeki göktaşı olduğu kesinleşti ve sınıfı belirlendi. Ayrıca, aynı işlemler yurtdışında yaygın bilinen bir merkezde de (Kanada'daki laboratuvarında “Acme Analytical Laboratories”) yaptırıldı. Her iki laboratuvar sonuçları birbirine yakın çıkmıştır.

Elimizdeki göktaşının uzaydan geldiğinin kesinleşmesinden sonra yukarıdaki araştırmalara ek olarak, çok disiplinli anlayış ile Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünde, İÜ Fen Fakültesi Fizik Bölümü Atom ve Molekül Fiziği laboratuvarında ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi Koruma ve Onarım Laboratuvarında Çanakkale göktaşının hem dış yanık kısmı hem korunmuş iç kısmı çeşitli yöntemlerle incelenerek içeriğindeki element ve moleküllerin tanıları ile bollukları tayin edilmiştir. İnce kesiti alınarak mikroskop altında incelenmiş, göktaşında olması gereken yapılar tespit edilmiş ve fotoğraflanmıştır. Göktaşının kütlesi, yoğunluğu ve radyasyon ölçümleri de tamamlanmıştır. Tez sürecinde göktaşının düştüğü yerden toprak numunesi de alınarak Amerika Birleşik Devletleri Uzay Araştırmaları Merkezi (NASA) laboratuvarına da gönderilerek eser miktarda mevcut olabilecek elementlerin ve moleküllerin özellikle de yaşama ilişkin olanların tespit edilmesine çalışılmıştır. Tez savunması öncesinde biri SCI makale olmak üzere toplam beş adet uluslararası bilimsel çıktı yayınlanmıştır. Bu tez araştırması ile bulunanlar aşağıda özetlenmiştir.

- 1) Bu araştırmada ilk kez Çakkale göktaşının kimyasal bileşimi ve yapısı mikro-Raman ve FTIR spektroskopileri ve SEM-EDX analizleri ile incelenmiştir. Sonuçlar önceki çalışmalarla da karşılaştırıldı ve tutarlı olduğu bulundu. Olivin, enstatit, piroksen ve plajiyoklazlar hem Raman hem de FTIR spektrumlarından tanımlandı. Element bolluğu, SEM-EDX analizinde ayrıntılı olarak verildi. 23 görüntü, 30 spektrum ve 30 da tablo olmak üzere toplam 83 SEM-EDS verilerinden her bir bölge için elementlerin

bileşimleri ve bunların oksitleri bulunmuştur (Bkz. Ekler). Bu veriler üzerinden Forsterit % ve Fayalit % sonuçları karşılaştırılmıştır. Çanakkale göktaşının dış ve iç kısımları sırasıyla Si ve Mg açısından zengin bulunmuştur.

- 2) Ülkemizden ve yurt dışından alınan laboratuvar sonuçları karşılaştırılmıştır. Toplam 68 elementin ve bileşiğin konsantrasyonları belirlenmiştir. Bunlardan 6 tanesi ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , Ni, Co, V ve Cu) önemli miktarda büyük bolluk değerleri vermiştir.
- 3) Yapılan sınıflandırma sonucunda Çanakkale göktaşı, “taş meteoriti” grubunun altında bulunan kondritlerin alt grubu olan “sıradan” londritlerin L6 sınıfında yer almaktadır.
- 4) Ve nihayet Çanakkale göktaşında birkaç amino asit de vardır.

Çanakkale göktaşının yaş tayini henüz yapılmamıştır. Tez sonrasında ayrı bir araştırma başlığı olarak bu konu da incelenecektir.

## KAYNAKLAR

- Bhaskar, J. S., Parthasarathy, G., Sarmah, N.C., 2009, Spectroscopic Characterization of Olivine [(Fe, Mg)<sub>2</sub> SiO<sub>4</sub>] in Mahadevpur H4/5 Ordinary Chondrite, *J.Am. Sci.*, 5 (4), 71–78.
- Bhattacharyya, S., Gohainbarua, A., Konwar, R., Changmai, R., Baruah, G. D., 2004, Nature of the Emission Band of Dergaon Meteorite in the Region 5700-6700 Å, *Pramana J. Phys.*, 62, (6), 1299–1301.
- Burton, A. S., Elsila, J. E., Glavin, D. P., Dworkin, J. P., Örneke, C. Y., Esenoğlu, H. H., Unsalan, O., Ozturk, B., 2016, *Searching for Extraterrestrial Amino Acids in a Contaminated Meteorite: Amino Acid Analyses of the Canakkale L6 Chondrite*, 47th Lunar and Planetary Science Conference, The Woodlands, ABD, 21-25 Mart 2016, 1–2.
- Dyar, M. D., Glotch, T. D., Lane, M. D., Wopenka, B., Tucker, J. M., Seaman, S. J., Marchand, G. J., Klima, R., Hiroi, T., Bishop, J. L., Pieters, C., Sunshine, J., 2011, Spectroscopy of Yamato 984028, *Polar Sci.*, 4, 530–549.
- Ellery, A., Williams, D. W., Parnell, J., Edwards, H.G.M., Dickensheets, D., 2004, The Role of Raman Spectroscopy as an Astrobiological Tool in the Exploration of Mars, *J. Raman Spectrosc.*, 35, 441–457.
- Freeman, J. J., Wang, A., Kuebler, K. E., Haskin, L. A., 2003, *34th Lunar and Planetary Science Conf.*, Abstract No. 1156, March 17–21, 2003, League City, Texas, LPI Contribution.
- Gohain B. A., Boruah, B.R., Bhattacharyya, S., Baruah, G. D., 2003, Spectroscopic Investigation of the Dergaon Meteorite with Reference to 10 µm and 20 µm Bands, *Pramana J. Phys.*, 60, (1), 47–52.
- Hochleitner, R., Tarcea, N., Simon, G., Kiefer, W., Popp, J., 2004, Micro-Raman Spectroscopy: a Valuable Tool for the Investigation of Extraterrestrial Material, *J. Raman Spectrosc.*, 35, 515–518.
- Huang, E., Chen, C. H., Huang, T., Lin, E. H., Xu, J. A., 2000, Raman Spectroscopic Characteristics of Mg-Fe-Ca Pyroxenes, *Am. Miner.*, 85, 473–479.
- Hutchison, R., 2004, *Meteorites A Petrologic Chemical And Isotopic Synthesis*, Cambridge University Press, ISBN 0-521-47010-2.
- Kaynar, S., 2019, Seçilmiş Birkaç Yere Yakın Asteroitin Yörüngesinin Tayini ve Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması, *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi (bitme aşamasında)*.
- Keller, L. P., Flynn, G. J., Matrix Mineralogy of the Tagish Lake Carbonaceous Chondrite: TEM and Studies, *Lunar Planet. Sci.*, 32, 1639.
- Kızılırmak, A., 1965, Fall of Çanakkale Stony-Iron Meteorite Turkey, *The Meteoritical Bulletin*, Moscow, 33.

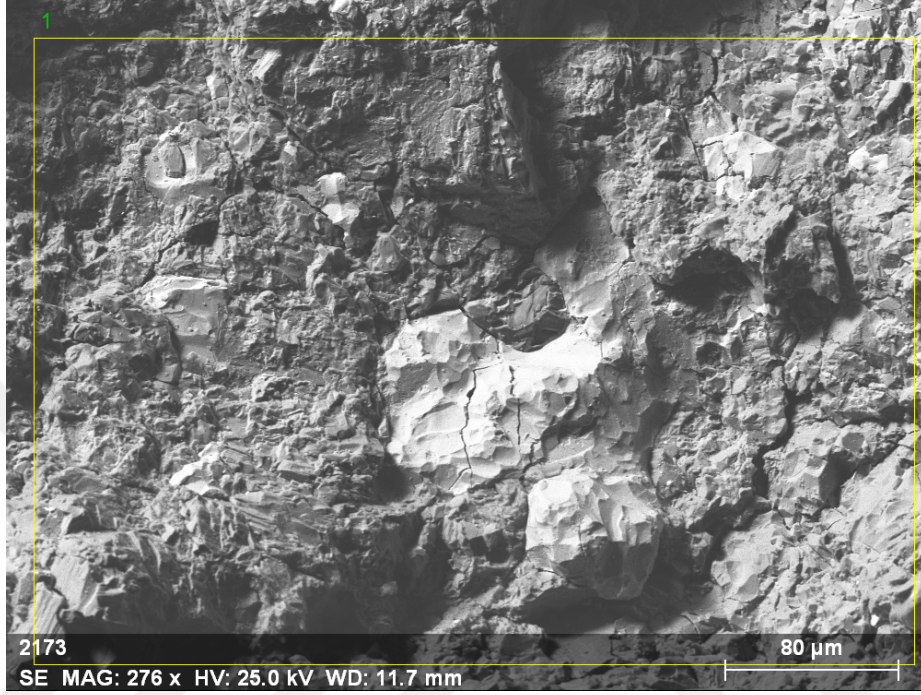
- Kovach, J. J., Hiser, A. L., Karr Jr., C., 1975, in: C. Karr Jr. (Ed.), *Infrared and Raman Spectroscopy of Lunar and Terrestrial Minerals*, Academic Press, New York.
- Kuebler, K., Jolliff, B. L., Wang, A., Haskin, L. A., 2005, *Abstracts for the 36th Lunar and Planetary Science Conf.*, Houston, March 14–18, 2005, League City, Texas, LPI Contribution No. 1234.
- Makreski, P., Jovanovski, G., Stojančevska, S., 2005, Minerals from Macedonia XIII: Vibrational Spectra of Some Common Only Appearing Nesosilicate Minerals, *J. Mol. Struct.*, 744–747, 79–92.
- Makreski, P., Jovanovski, G., Gajović, A., T. Biljan, D. Angelovski, R. Jaćimović, 2006, Minerals from Macedonia, XVI. Vibrational Spectra of Some Common Appearing Pyroxenes and Pyroxenoids, *J. Mol. Struct.*, 788, 102–114.
- Makreski, P., Jovanovski, G., Kaitner, B., 2009, Minerals from Macedonia, XXIV. Spectra-structure Characterization of Tectosilicates, *J. Mol. Struct.*, 924–926, 413–419.
- McSween, H. Y., 1999, *Meteorites and Their Parent Planet*, Cambridge University Press, ISBN: 9780521587518.
- Morlok, A., Jones, G. C., Grady, M. M., 2004, FT-IR Micro-spectroscopy of Fine-grained Planetary Materials: Further Results, *35th Lunar and Planetary Science Conf.*, 2004, Abstract No. 1622, League City, TX.
- Nakamura, K. T., Zolensky, M. E., Tomita, S., Nakashima, S., Tomeoka, K., 2002, *Int. J. Astrobiol.*, 1, 179
- Nakamura, T., Noguchi, T., Zolensky, M. E., Tanaka, M., 2003, Mineralogy and Noble-gas Signatures of the Carbonate-rich Lithology of the Tagish Lake Carbonaceous Chondrite, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 207, 83.
- Norton, O. R., Chitwood, L. A., 2008, Patrick Moore's practical Astronomy- Field Guide to meteors and meteorites, *Springer*, ISBN 978-1-84800-156-5.
- Oehler, O. H., Giinhard, H., 1969, Low-Temperature Infrared Spectra between 1200 and 20  $\text{cm}^{-1}$  and Normal-Coordinate Analysis of Silicates with Olivine Structure, *J. Chem. Phys.*, 51, 4719–4728.
- Popp, J., Schmitt, M., 2004, Raman Spectroscopy Breaking Terrestrial Barriers!, *Raman Spectrosc.*, 35, 429–432.
- Shukla, P. N., Shukla, A. D., Rai, V. K., Murthy, S. V. S., Bhandari, N., Goswami, J. N., Mazumder, A. C., Phukon, K., Duorah, K., Greenwood, R. E., Franchi I. A., 2005, The Dergaon, H5 Chondrite: Fall, Classification, Petrological and Chemical Characteristics, Cosmogenic Effects and Noble Gas Records, *Meteoritics Planet. Sci.*, 40, 627–637.
- Sukarova, M. B., Macedonian, J., 2009, Meteorite Struga - Overview of Previous Chemical and Recent Spectroscopic Analyses, *Chem. Chem. Eng.*, 28, 41–48.

- O. Unsalan, Yilmaz, A. , Bolukbasi, O., Ozturk, B., Esenoglu, H. H., Ildiz, G. O., Ornek, C. Y., 2012, Micro-Raman, FTIR, SEM-EDX and Structural Analysis of the Çanakkale Meteorite, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *Spectrochimica Acta Part A*, 92, 250– 255
- Wang, A., Jolliff, B. L., Haskin, L. A., Kuebler, K., 1999, *30th Annual Lunar & Planetary Science Conf.*, 1999 March Abstract No. 964, Houston, TX.
- Wang, A., Kuebler, K., Jolliff, B., Haskin, L.A., 2004, Mineralogy of a Martian Meteorite as Determined by Raman Spectroscopy, *J. Raman Spectrosc.*, 35, 504–514.
- Wasson, J., T., 1974, Meteorites Classification and Properties, *Springer-Verlag*, ISBN 3-540-06744-2.

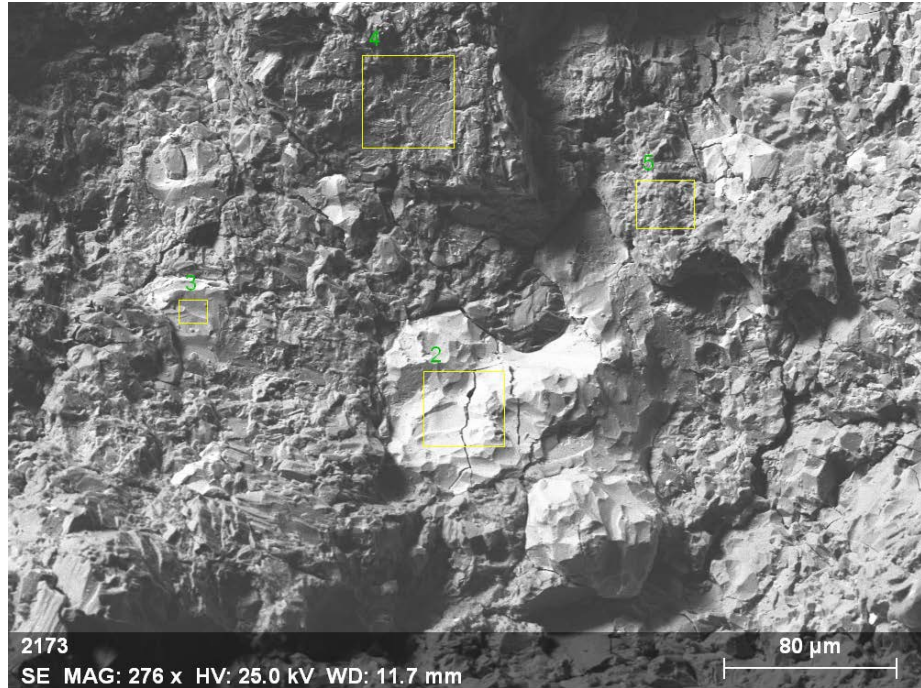


**EKLER**

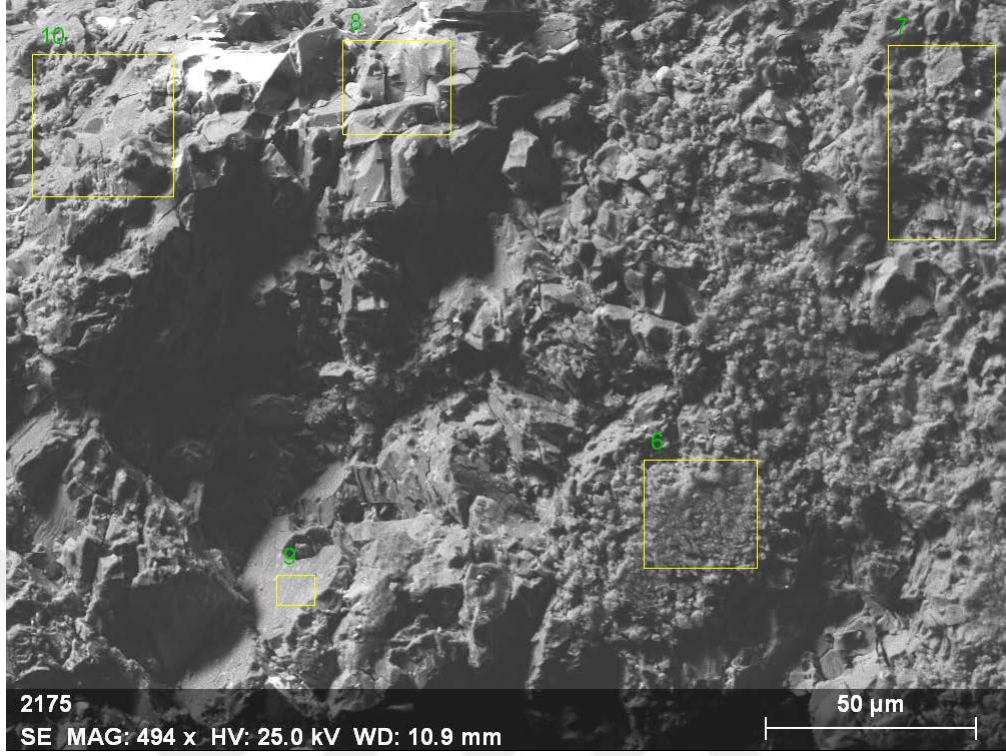
Çanakkale Göktaşının İç Kısımları için Ek Bilgiler.



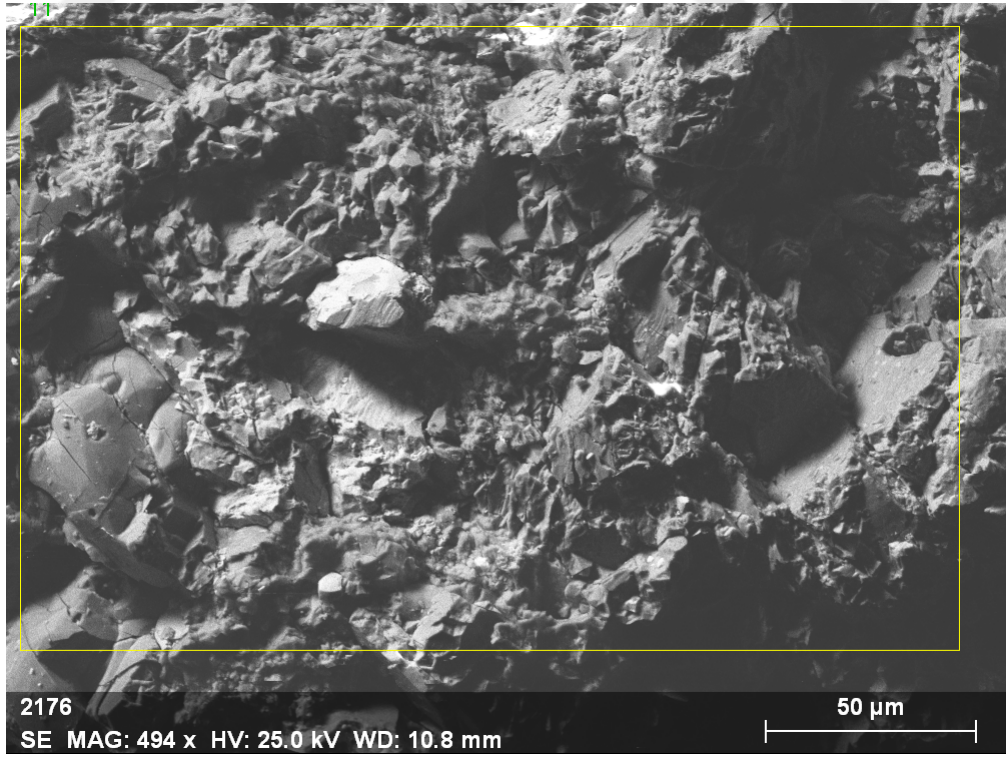
Şekil S1: Bölge1'in SEM görüntüsü [sarı kutudan yeşil olarak işaretlenmiş olan (R1)].



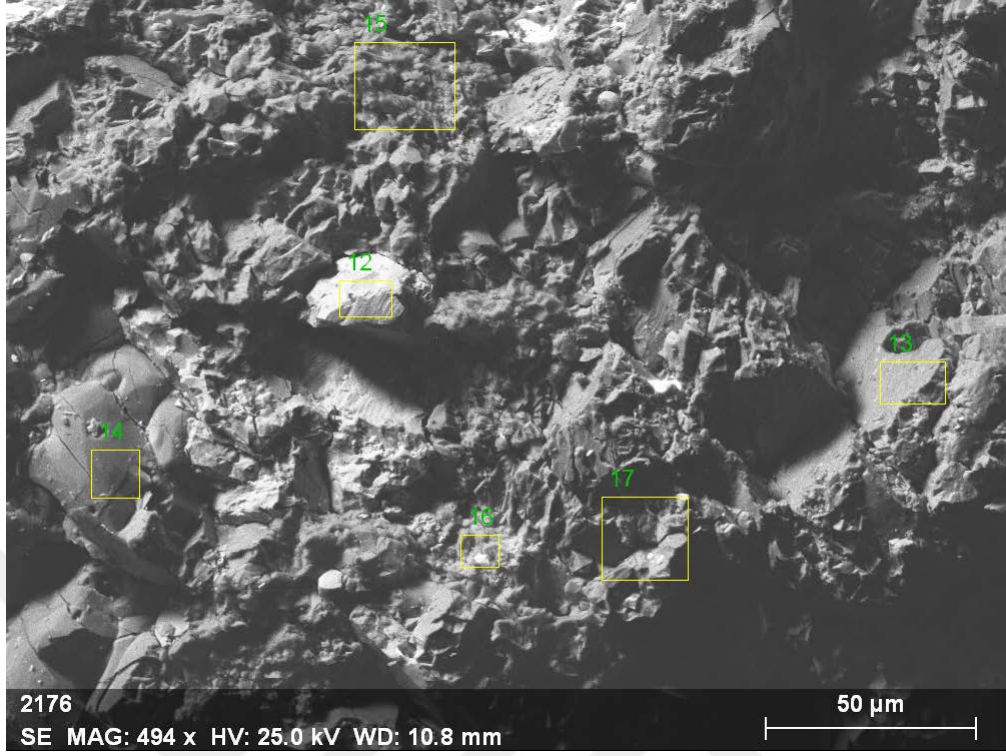
Şekil S2: R2-R5'in SEM görüntüsü.



Şekil S3: R6-R10'un SEM görüntüsü.



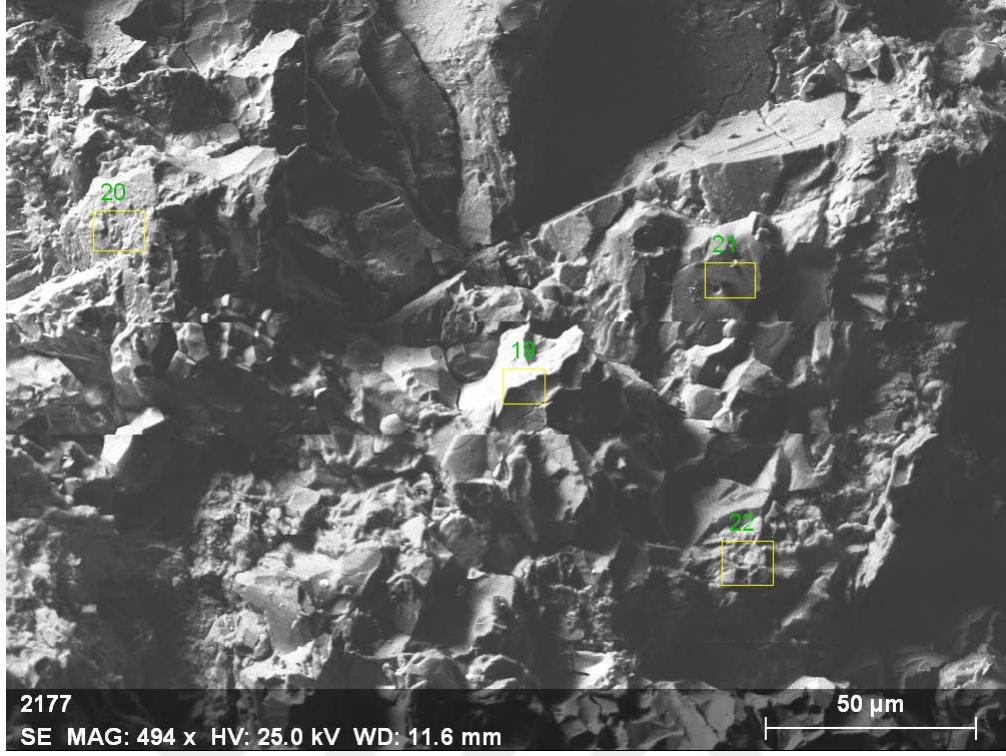
Şekil S4: R11'in SEM görüntüsü.



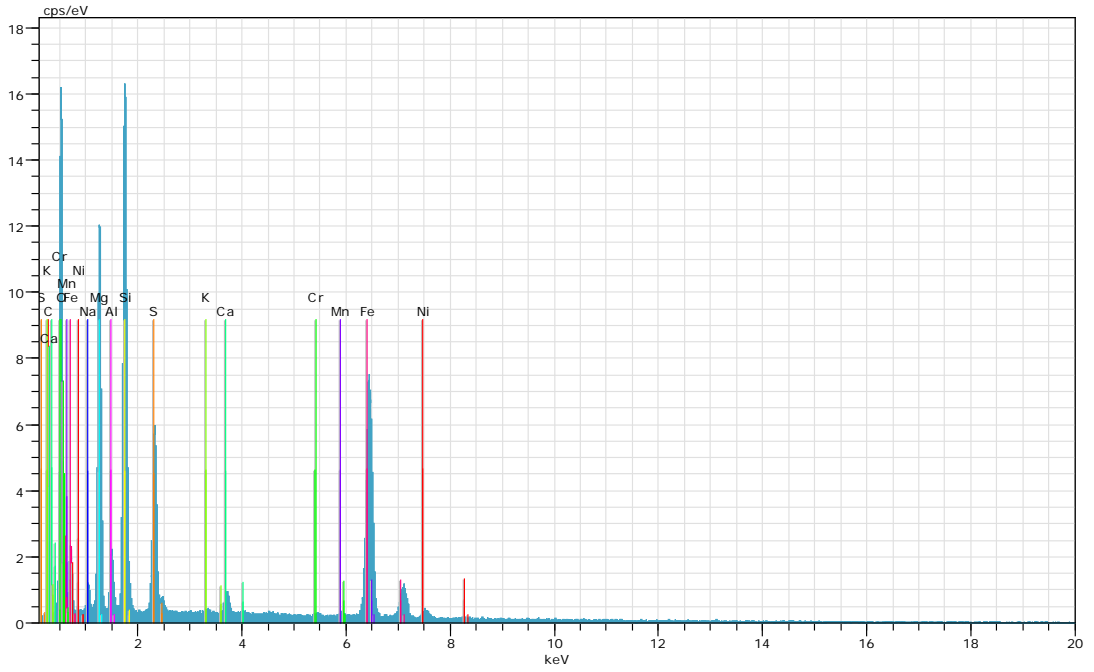
Şekil S5: R12-R17'nin SEM görüntüsü.



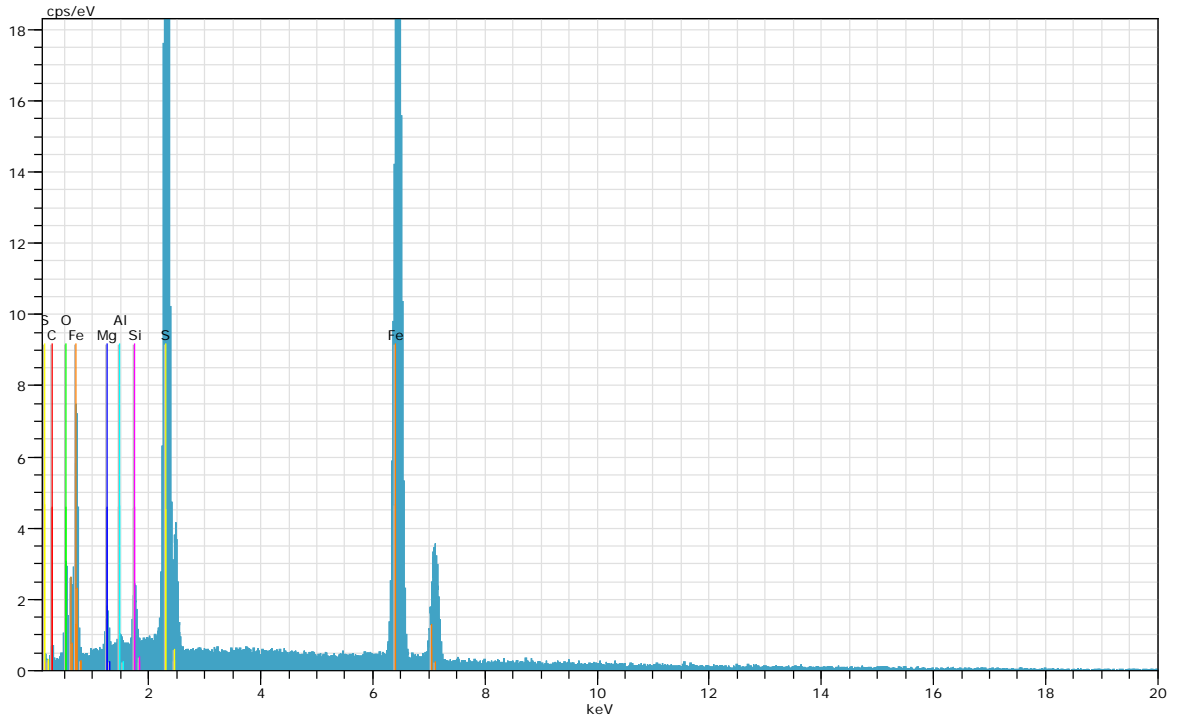
Şekil S6: R18'in SEM görüntüsü.



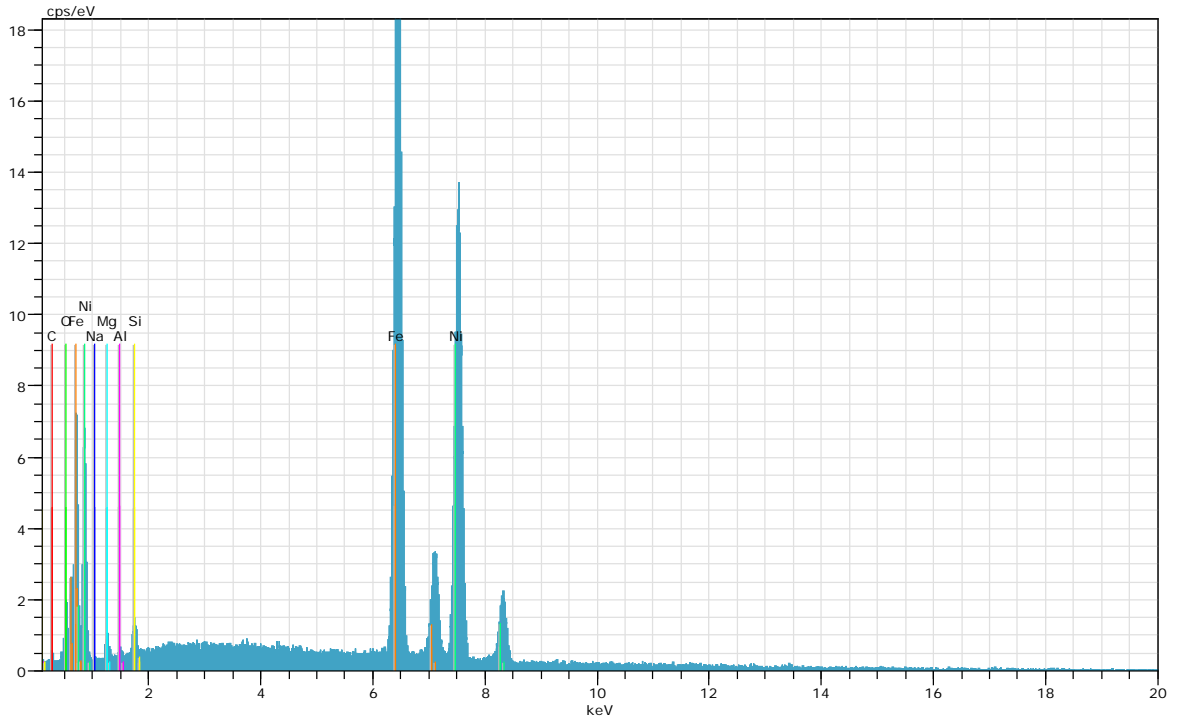
Şekil S7: R19-R22'nin SEM görüntüsü.



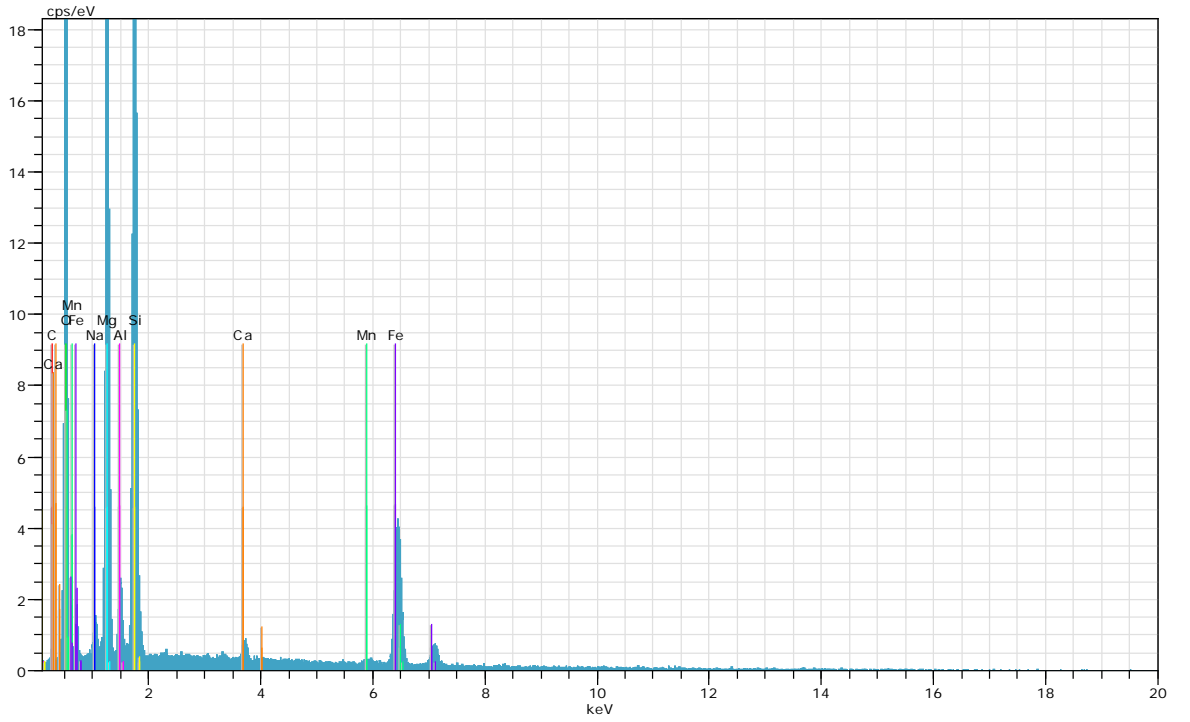
Şekil S8: R1'in EDX spektrumu.



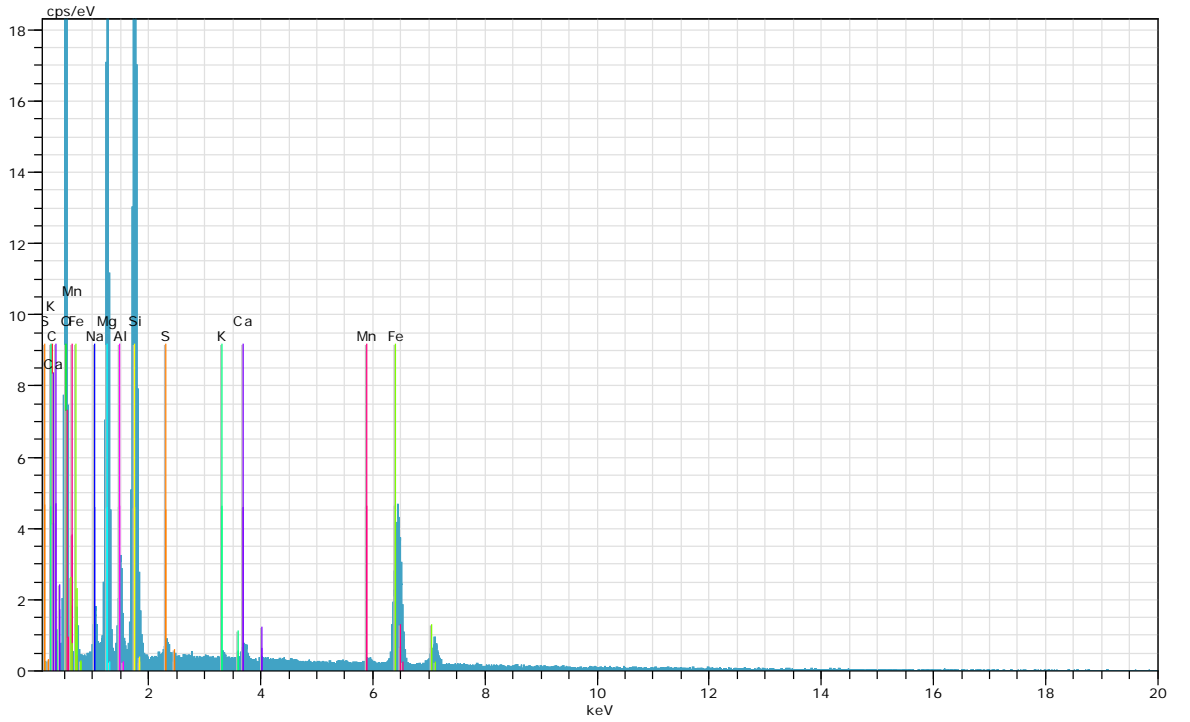
Şekil S9: R2'nin EDX spektrumu.



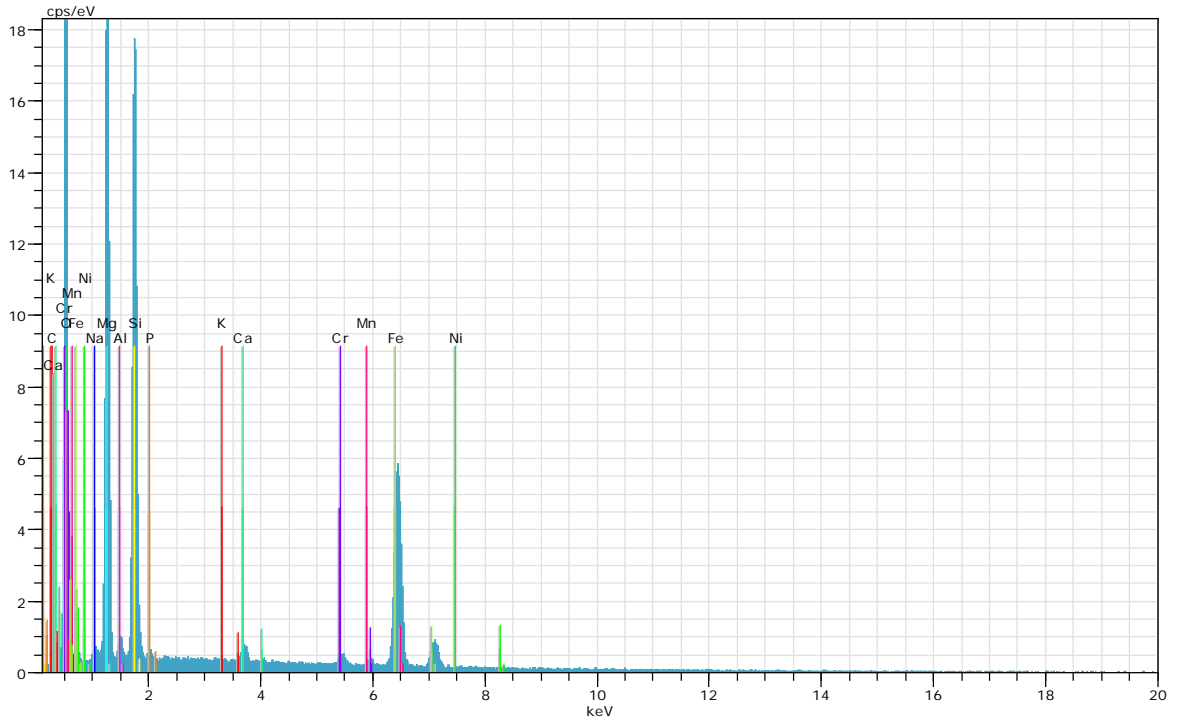
Şekil S10: R3'ün EDX spektrumu.



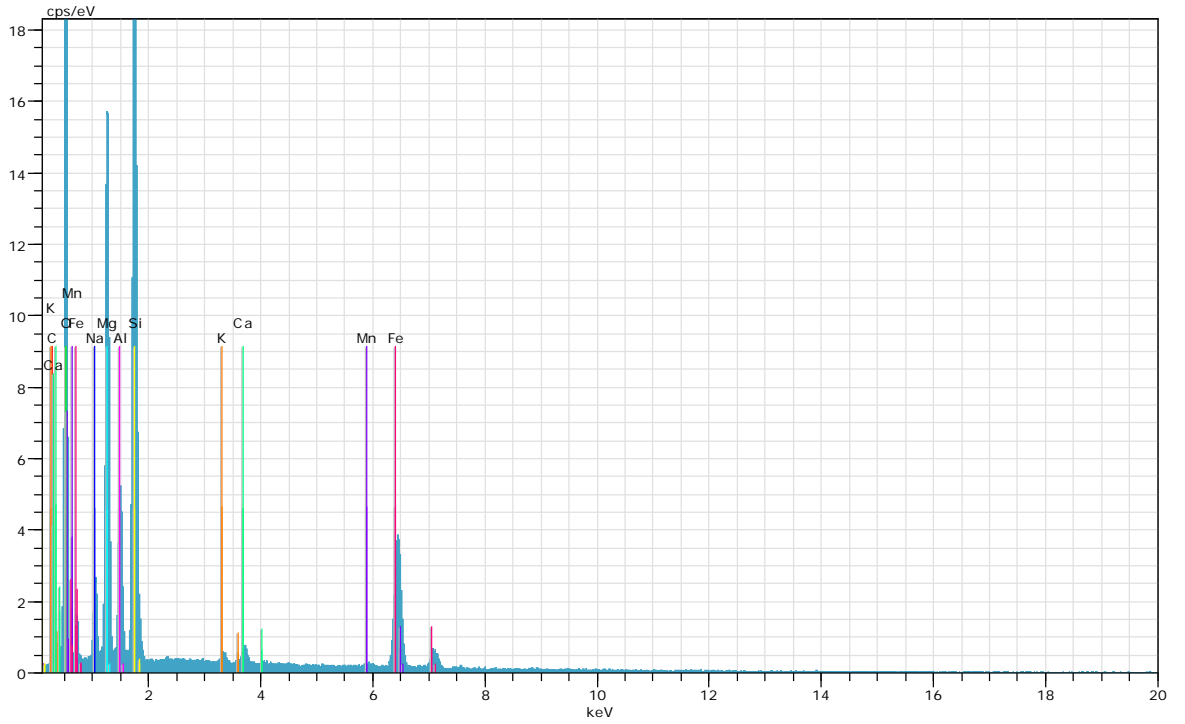
Şekil S11: R4'ün EDX spektrumu.



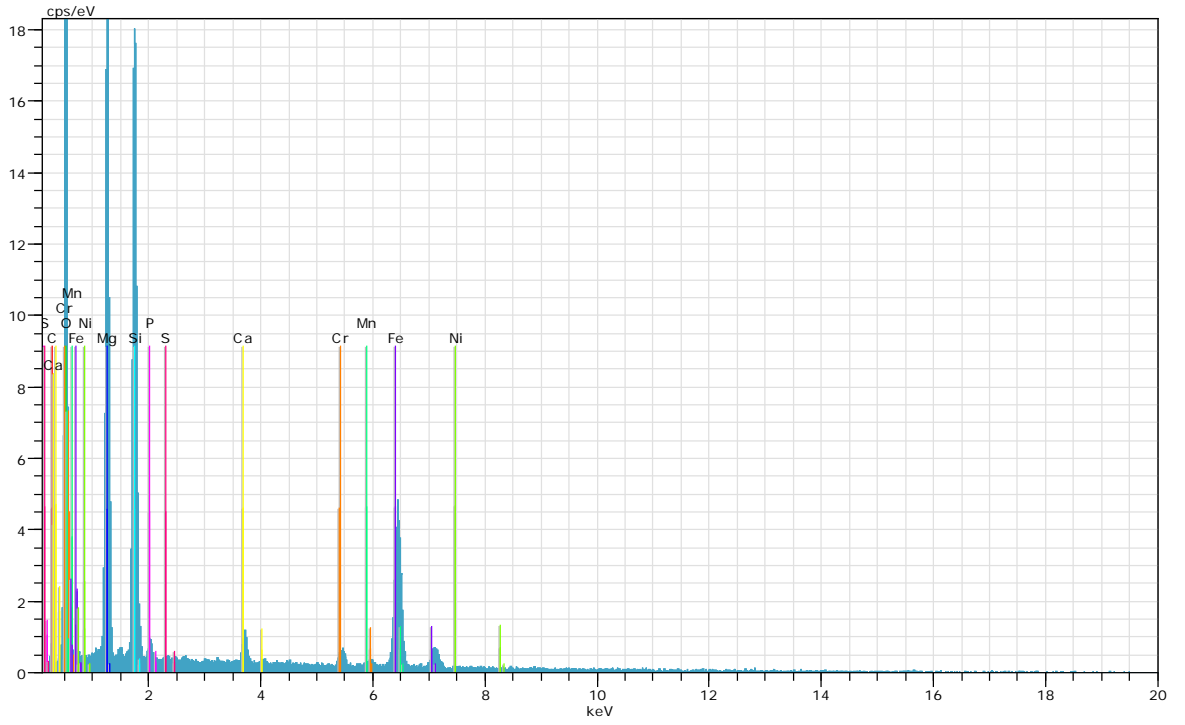
Şekil S12: R5'in EDX spektrumu.



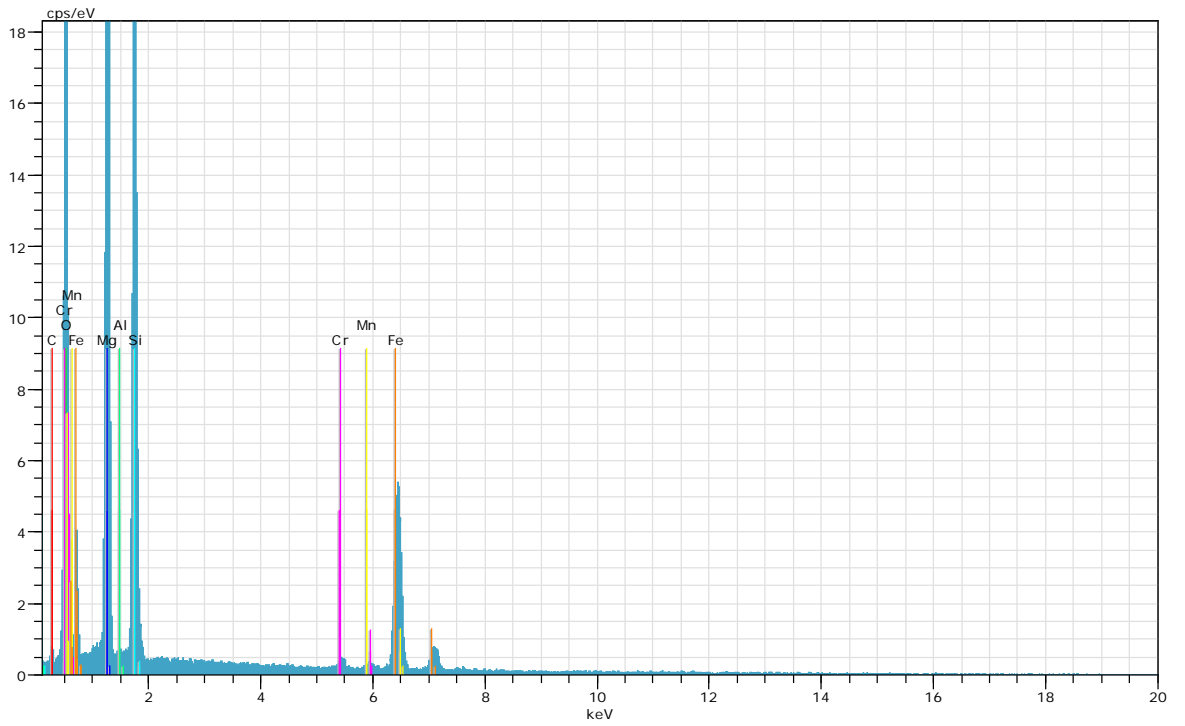
Şekil S13: R6'nin EDX spektrumu.



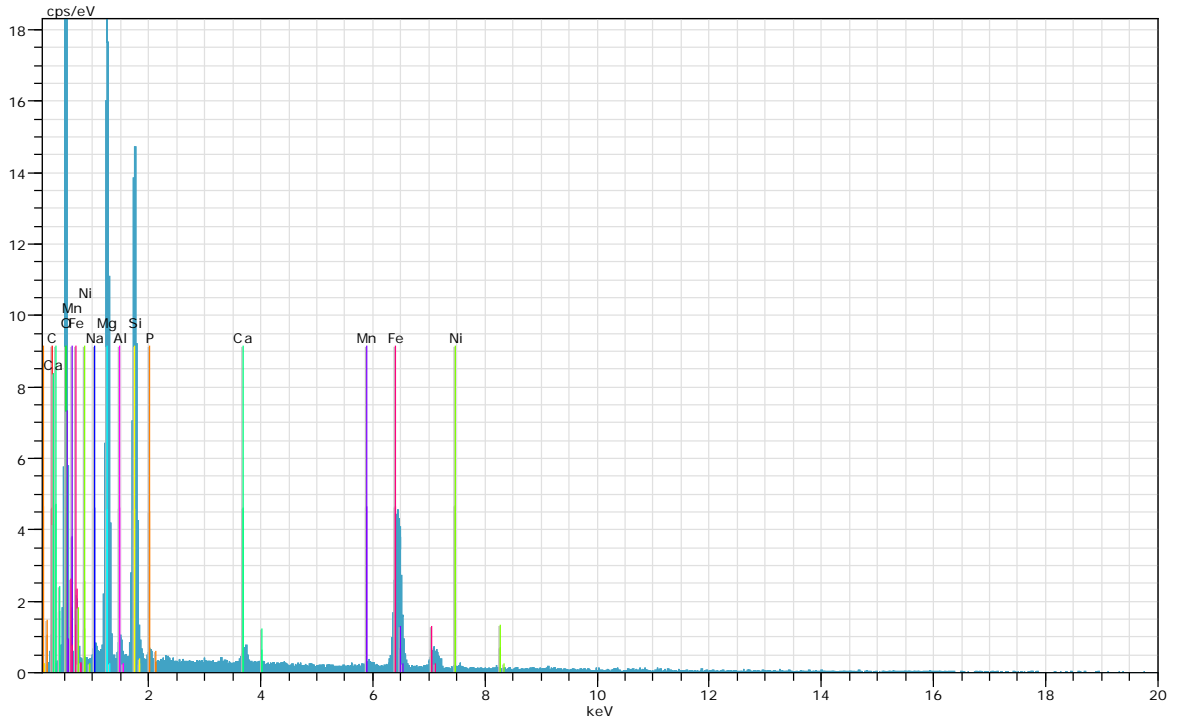
Şekil S14: R7'nin EDX spektrumu.



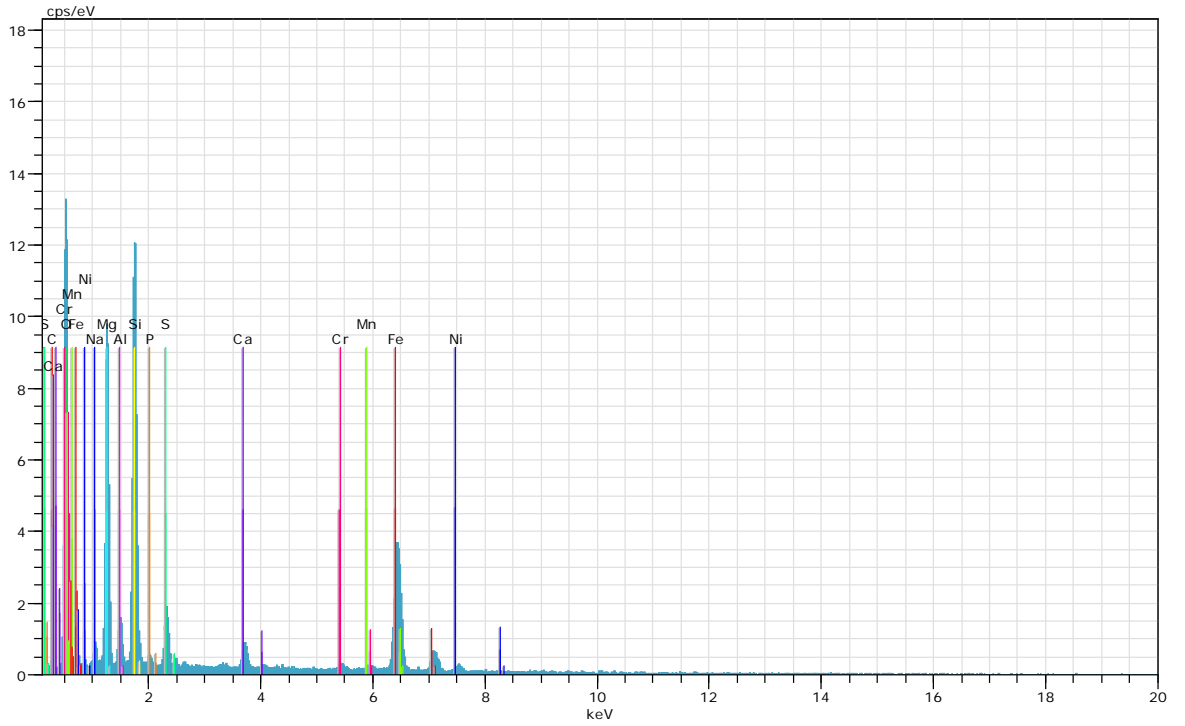
Şekil S15: R8'in EDX spektrumu.



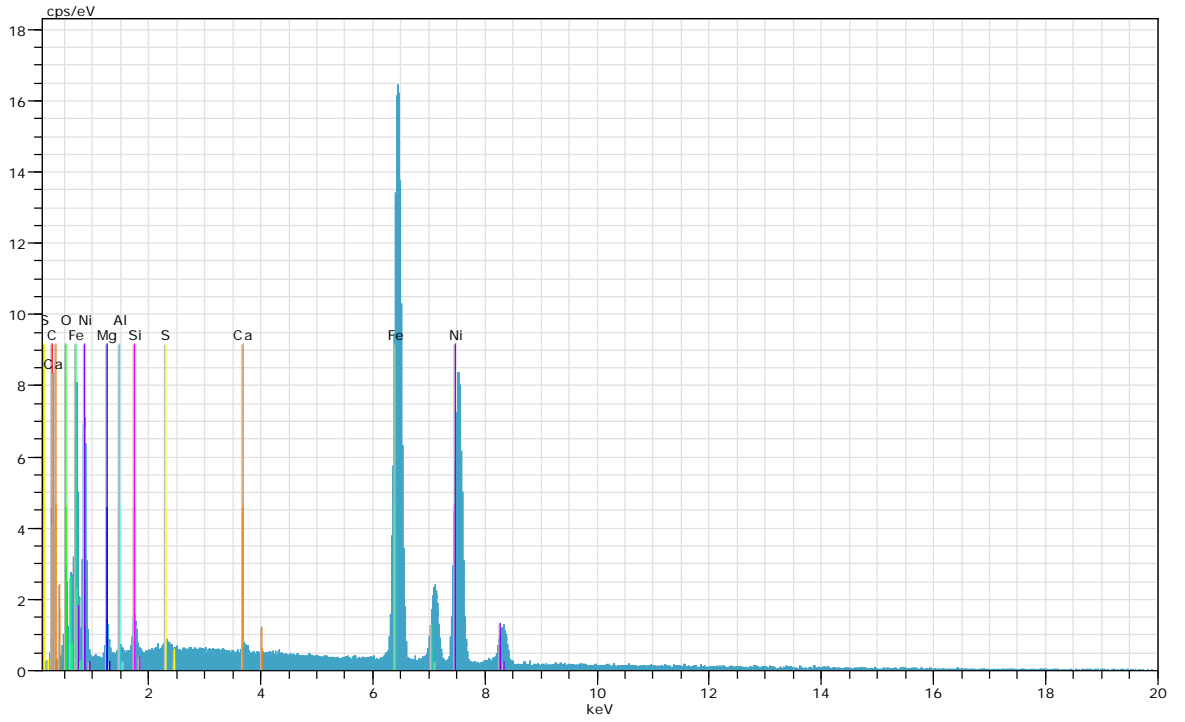
Şekil S16: R9'un EDX spektrumu.



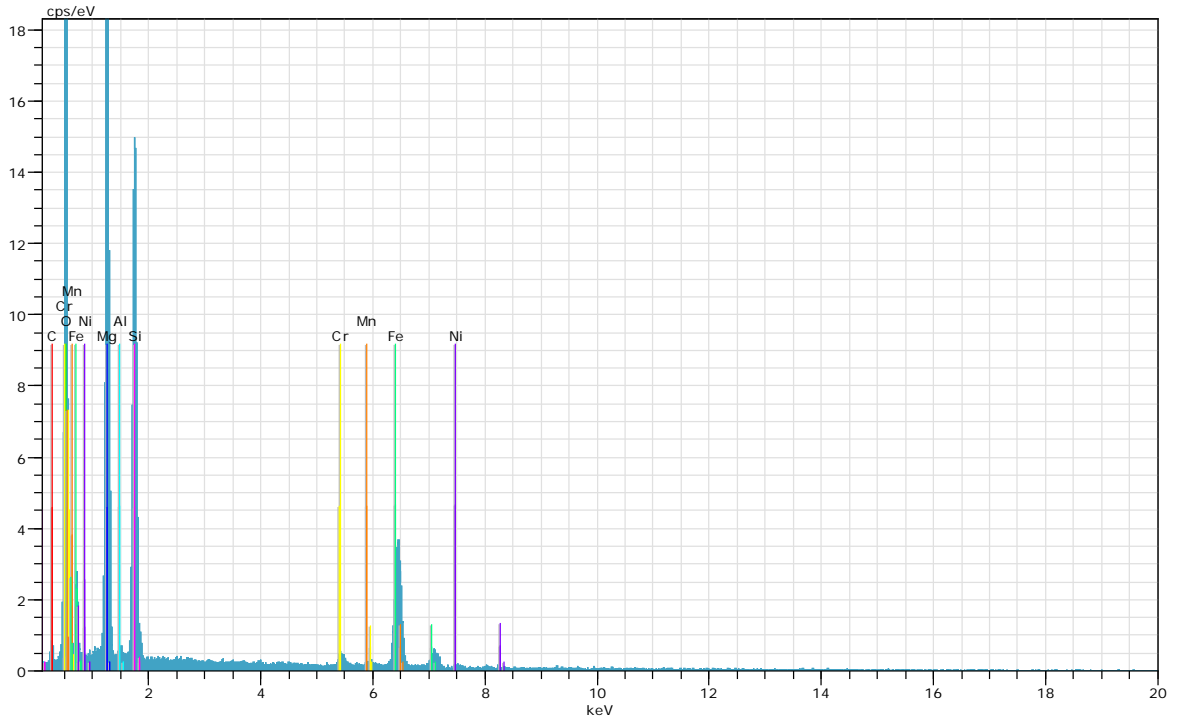
Şekil S17: R10'un EDX spektrumu.



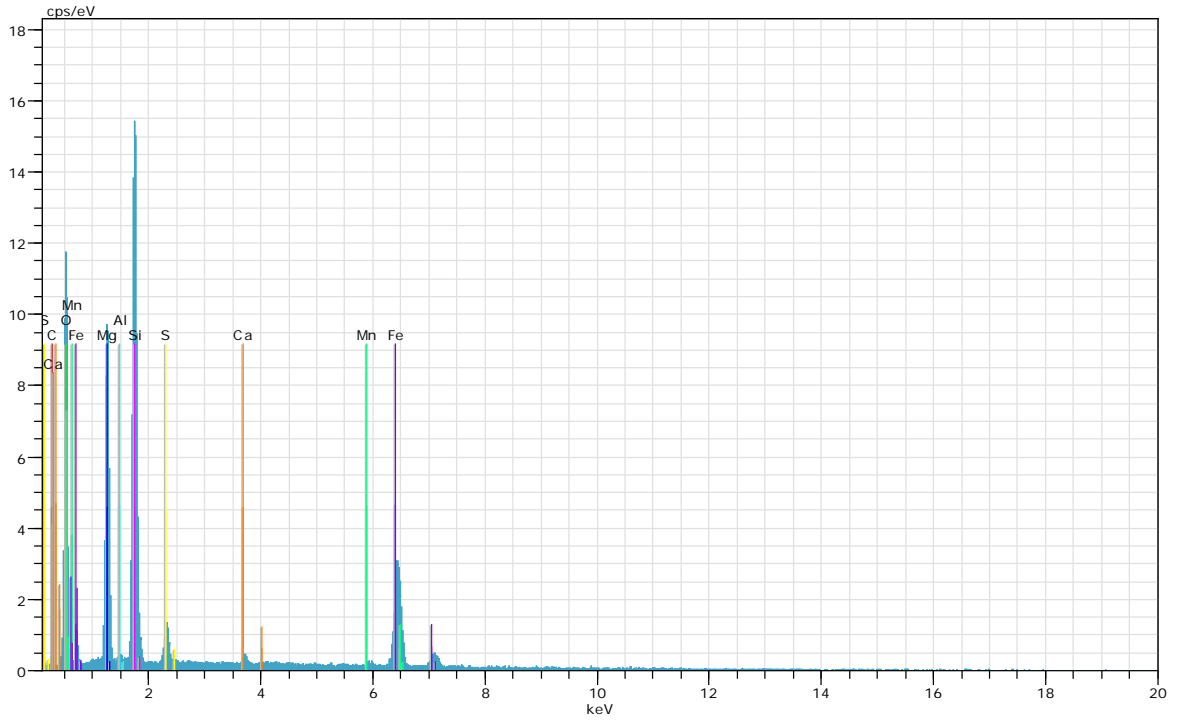
Şekil S18: R11'in EDX spektrumu.



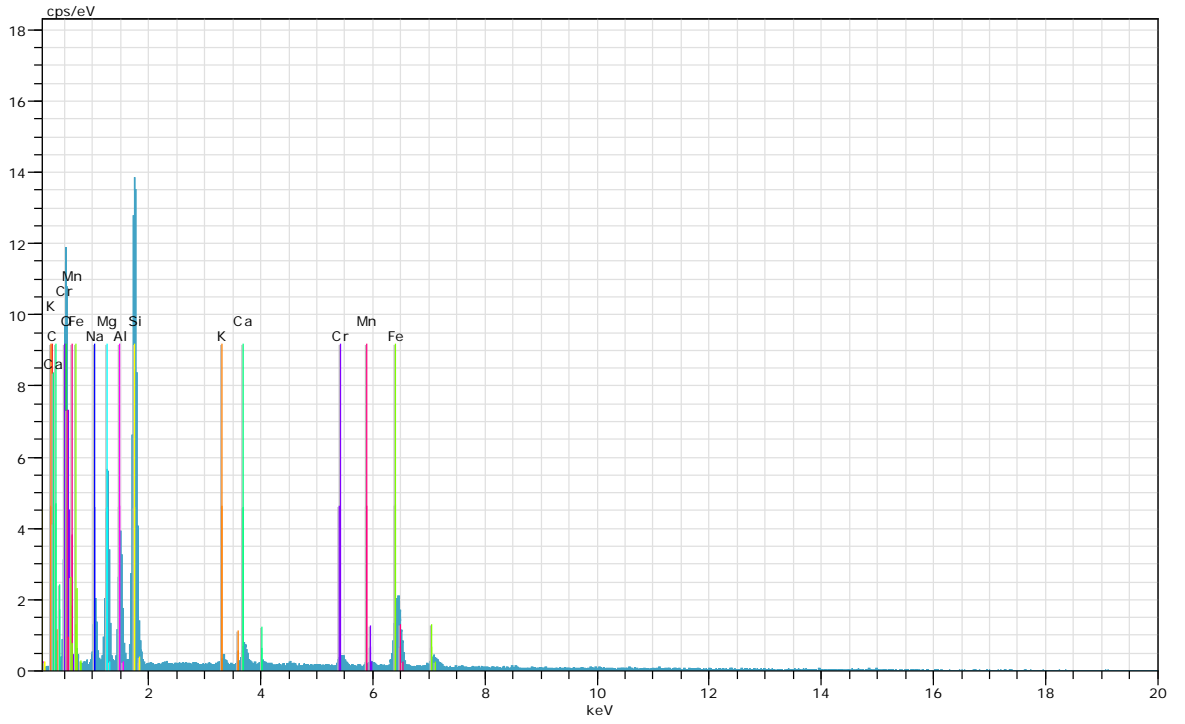
Şekil S19: R12'nin EDX spektrumu.



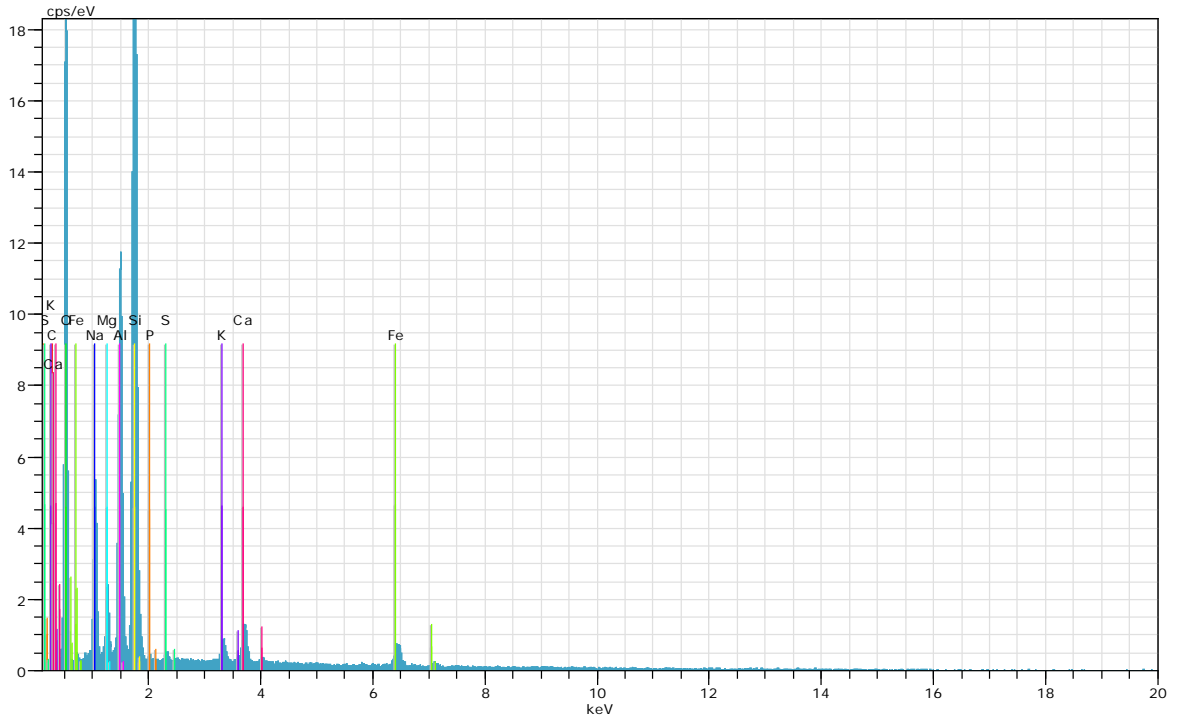
Şekil S20: R13'ün EDX spektrumu.



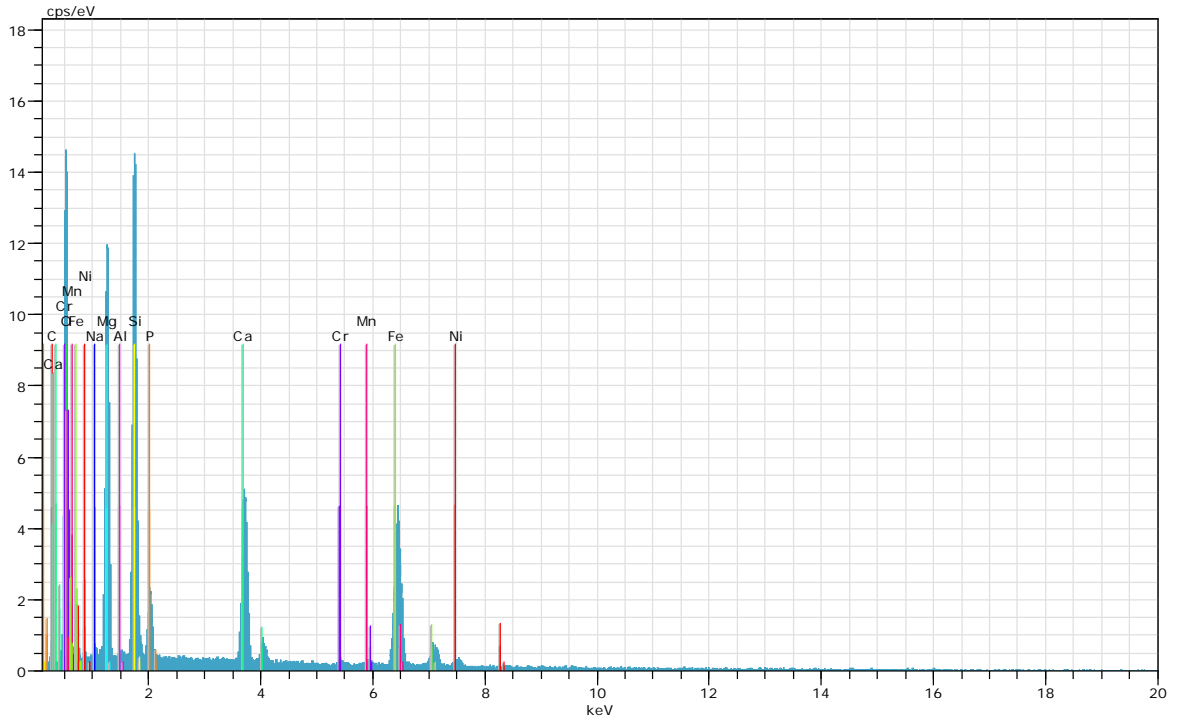
Şekil S21: R14'ün EDX spektrumu.



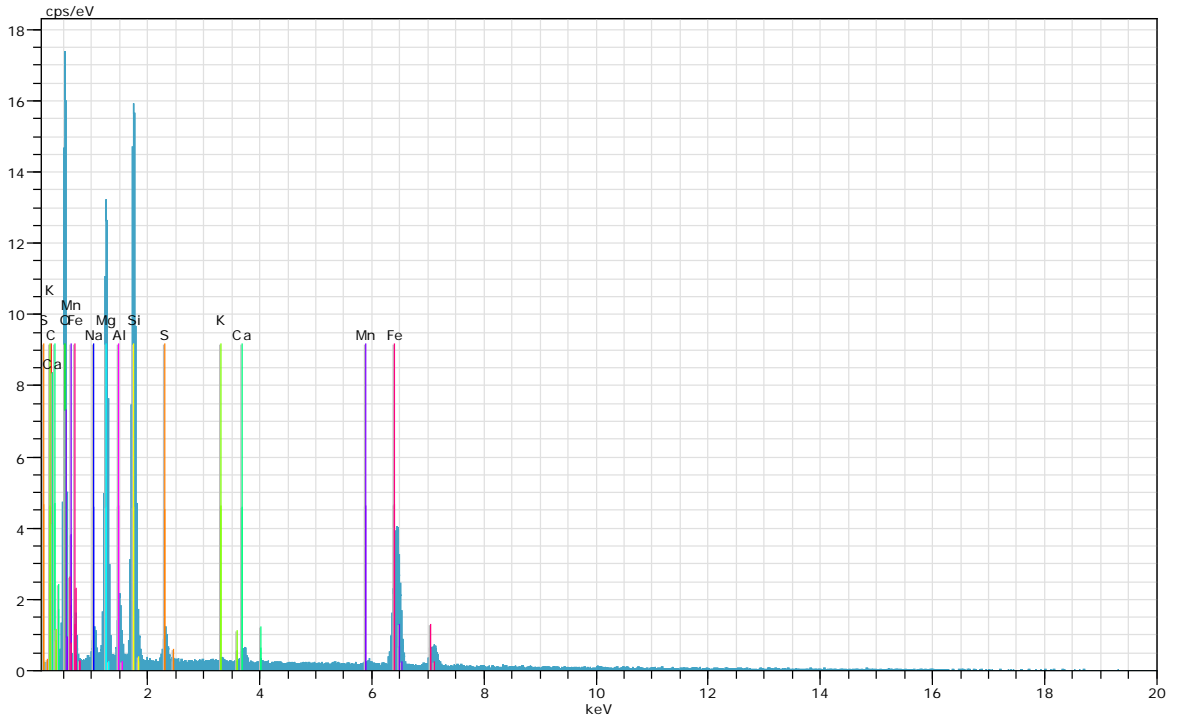
Şekil S22: R15'in EDX spektrumu.



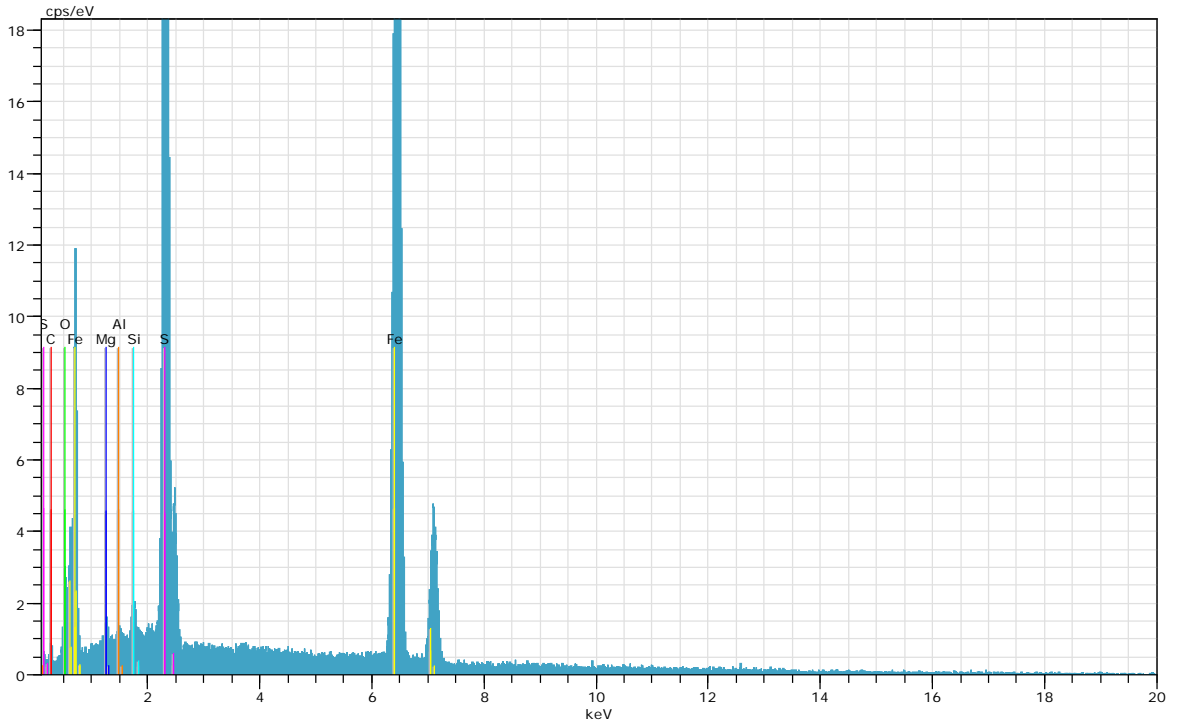
Şekil S23: R16'nin EDX spektrumu.



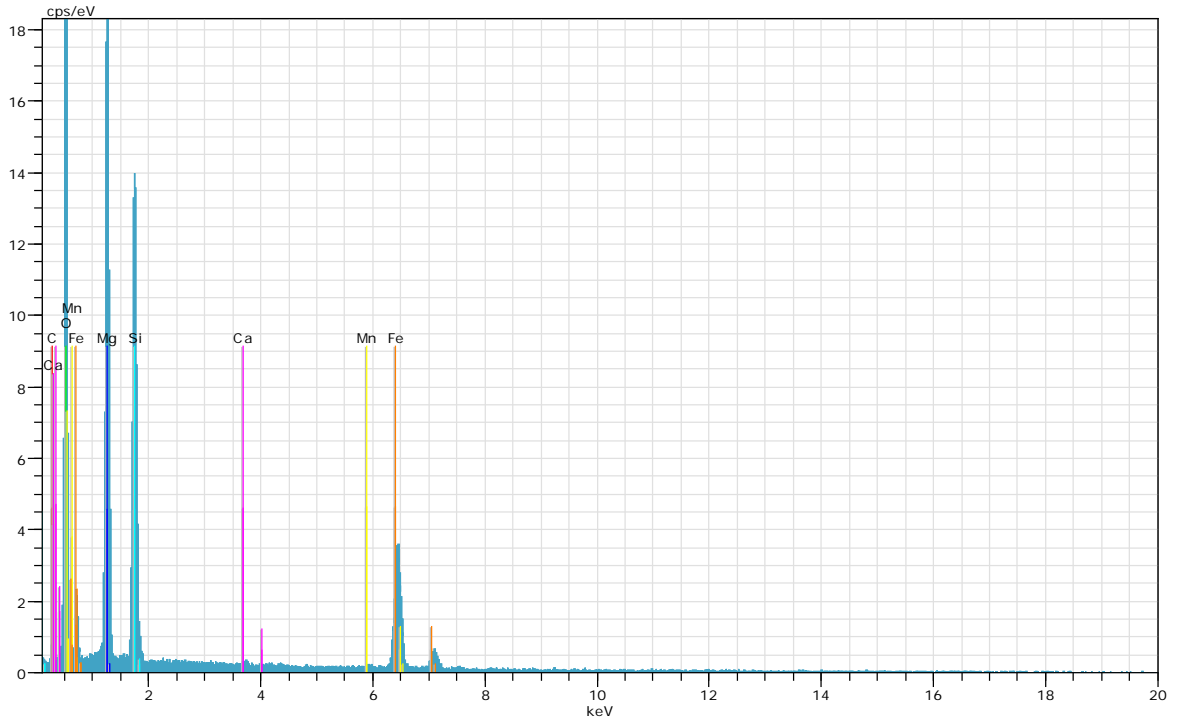
Şekil S24: R17'nin EDX spektrumu.



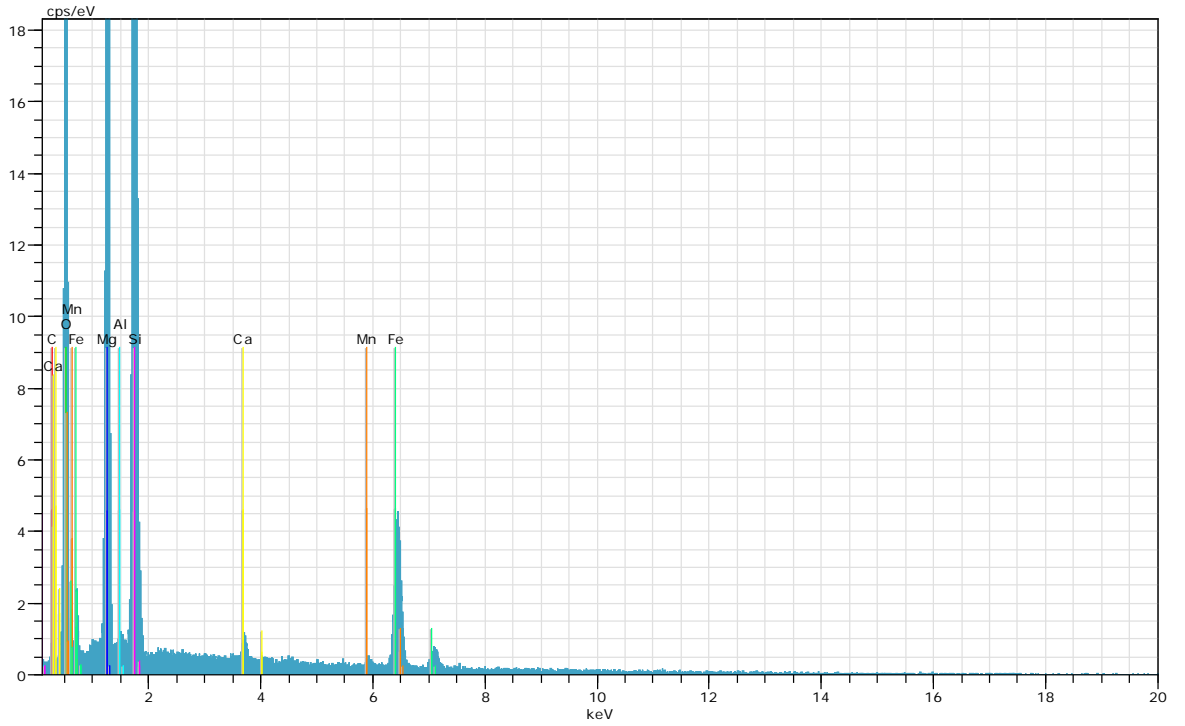
Şekil S25: R18'in EDX spektrumu.



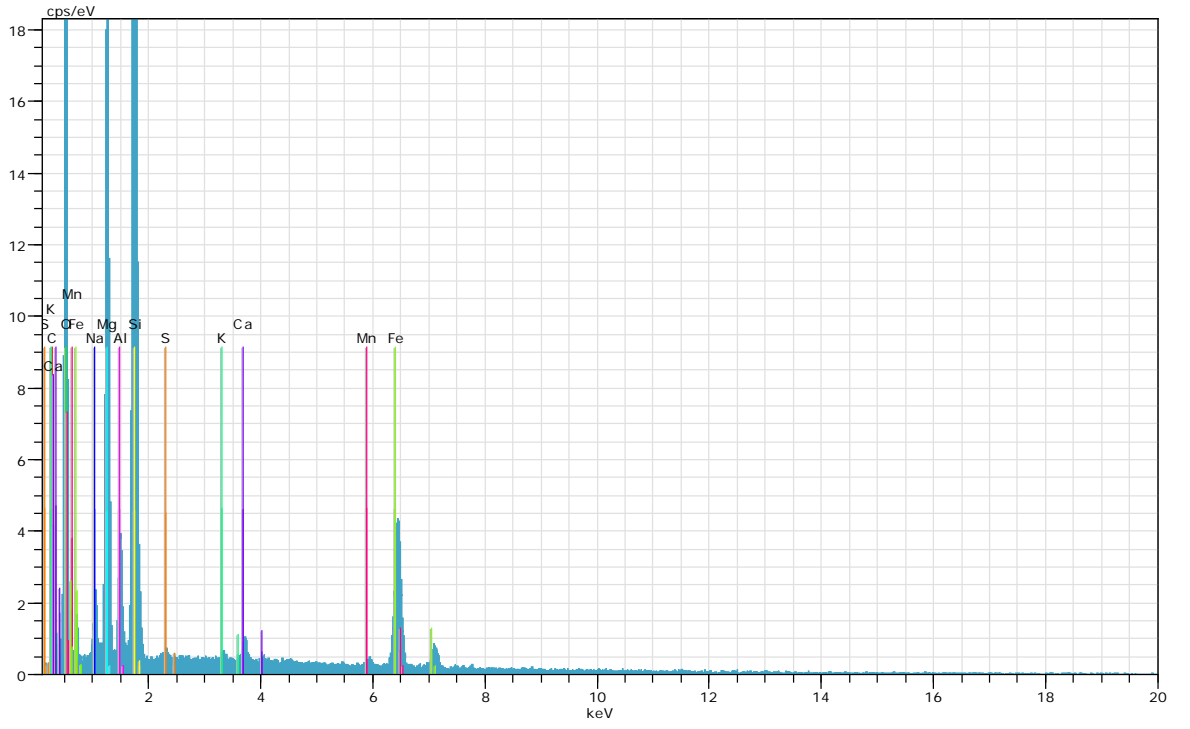
Şekil S26: R19'un EDX spektrumu.



Şekil S27: R20'nin EDX spektrumu.



Şekil S28: R21'in EDX spektrumu.



Şekil S29: R22'nin EDX spektrumu.

**Tablo S1:** R1'in element bileşimleri (Elementler ve bunların oksitleri).

Spectrum: 1

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error [wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	43.38	41.77	59.34		0.00	17.8
Sodium	2.03	1.95	1.93	Na <sub>2</sub> O	2.63	0.4
Magnesium	15.46	14.88	13.92	MgO	24.68	1.8
Aluminium	2.43	2.34	1.97	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.42	0.3
Silicon	12.73	12.25	9.92	SiO <sub>2</sub>	26.22	1.2
Sulfur	6.43	6.19	4.39	SO <sub>3</sub>	15.45	0.5
Calcium	0.82	0.79	0.45	CaO	1.11	0.1
Manganese	1.36	1.31	0.54	MnO	1.69	0.1
Iron	18.28	17.60	7.16	FeO	22.64	1.0
Nickel	0.81	0.78	0.30	NiO	1.00	0.1
Chromium	0.03	0.03	0.01	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.04	0.0
Potassium	0.10	0.10	0.06	K <sub>2</sub> O	0.12	0.1
-----						
Total:	103.86	100.00	100.00			

**Tablo S2:** R2n'in element bileşimleri.

Spectrum: 2

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error [wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	45.36	42.83	66.76		0.00	15.3
Magnesium	0.77	0.73	0.75	MgO	1.21	0.2
Aluminium	0.04	0.04	0.04	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.08	0.0
Silicon	0.55	0.52	0.46	SiO <sub>2</sub>	1.12	0.1
Sulfur	22.50	21.24	16.52	SO <sub>3</sub>	53.03	1.7
Iron	36.70	34.64	15.47	FeO	44.57	2.0
-----						
Total:	105.92	100.00	100.00			

**Tablo S3:** R3'ün element bileşimleri.

Spectrum: 3

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error [wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	19.51	23.12	50.40		0.00	7.5
Sodium	0.53	0.62	0.95	Na <sub>2</sub> O	0.84	0.2
Magnesium	1.44	1.71	2.45	MgO	2.84	0.3
Aluminium	0.22	0.26	0.34	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.49	0.1
Silicon	0.74	0.88	1.09	SiO <sub>2</sub>	1.89	0.1
Iron	32.37	38.37	23.96	FeO	49.36	1.7
Nickel	29.56	35.03	20.81	NiO	44.58	1.6
Total:	84.37	100.00	100.00			

**Tablo S4:** R4'ün element bileşimleri.

Spectrum: 4

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error [wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	35.41	42.01	57.14		0.00	9.7
Sodium	1.45	1.72	1.63	Na <sub>2</sub> O	2.32	0.3
Magnesium	18.59	22.06	19.75	MgO	36.57	2.2
Aluminium	2.08	2.47	1.99	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.67	0.3
Silicon	15.34	18.20	14.10	SiO <sub>2</sub>	38.94	1.4
Calcium	0.58	0.69	0.38	CaO	0.97	0.1
Manganese	0.87	1.04	0.41	MnO	1.34	0.1
Iron	9.95	11.81	4.60	FeO	15.19	0.6
Total:	84.28	100.00	100.00			

**Tablo S5:** R5'in element bileşimleri.

Spectrum: 5

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error [wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	37.50	42.61	57.85		0.00	12.0
Sodium	1.94	2.20	2.08	Na <sub>2</sub> O	2.97	0.3
Magnesium	16.88	19.19	17.15	MgO	31.82	2.0
Aluminium	2.70	3.07	2.47	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.81	0.3
Silicon	16.81	19.11	14.78	SiO <sub>2</sub>	40.87	1.5
Sulfur	0.51	0.58	0.39	SO <sub>3</sub>	1.44	0.1
Potassium	0.14	0.16	0.09	K <sub>2</sub> O	0.19	0.1
Calcium	0.51	0.58	0.32	CaO	0.82	0.1
Manganese	0.87	0.99	0.39	MnO	1.28	0.1
Iron	10.13	11.51	4.48	FeO	14.81	0.6
Total:	88.00	100.00	100.00			

Tablo S6: R6'in element bileşimleri.

Spectrum: 6

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error [wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	36.14	40.01	56.03		0.00	15.1
Sodium	0.79	0.87	0.85	Na <sub>2</sub> O	1.17	0.2
Magnesium	22.44	24.84	22.90	MgO	41.19	2.6
Aluminium	0.90	1.00	0.83	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.89	0.2
Silicon	13.27	14.69	11.72	SiO <sub>2</sub>	31.43	1.2
Phosphorus	0.22	0.24	0.18	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.56	0.1
Calcium	0.54	0.60	0.34	CaO	0.84	0.1
Chromium	0.46	0.51	0.22	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.74	0.1
Manganese	1.18	1.31	0.53	MnO	1.69	0.1
Iron	14.23	15.75	6.32	FeO	20.26	0.8
Nickel	0.11	0.13	0.05	NiO	0.16	0.1
Potassium	0.05	0.06	0.03	K <sub>2</sub> O	0.07	0.1
Total:	90.34	100.00	100.00			

**Tablo S7:** R7'nin element bileşimleri.

Spectrum: 7

Element	unn. C	norm. C	Atom. C	Compound	norm. Comp. C	Error
	[wt.%]	[wt.%]	[at.%]		[wt.%]	[wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	39.13	42.09	57.14		0.00	10.9
Sodium	3.54	3.81	3.60	Na <sub>2</sub> O	5.13	0.6
Magnesium	16.18	17.40	15.55	MgO	28.86	1.9
Aluminium	5.34	5.74	4.62	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.85	0.6
Silicon	16.66	17.92	13.86	SiO <sub>2</sub>	38.33	1.5
Potassium	0.31	0.34	0.19	K <sub>2</sub> O	0.41	0.1
Calcium	0.61	0.65	0.35	CaO	0.91	0.1
Manganese	0.87	0.94	0.37	MnO	1.21	0.1
Iron	10.33	11.12	4.32	FeO	14.30	0.6
Total:	92.96	100.00	100.00			

**Tablo S8:** R8'in element bileşimleri.

Spectrum: 8

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error [wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	39.37	41.58	57.16		0.00	16.7
Magnesium	23.80	25.14	22.75	MgO	41.69	2.8
Silicon	15.66	16.54	12.95	SiO <sub>2</sub>	35.39	1.4
Phosphorus	0.82	0.87	0.61	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.98	0.1
Calcium	1.15	1.22	0.67	CaO	1.70	0.1
Chromium	0.73	0.77	0.33	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.13	0.1
Manganese	0.99	1.05	0.42	MnO	1.36	0.1
Iron	11.87	12.53	4.94	FeO	16.13	0.7
Sulfur	0.19	0.20	0.14	SO <sub>3</sub>	0.50	0.1
Nickel	0.09	0.10	0.04	NiO	0.12	0.1
Total:	94.68	100.00	100.00			

**Tablo S9:** R9'in element bileşimleri.

Spectrum: 9

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error [wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	29.94	39.03	56.47		0.00	9.6
Magnesium	16.93	22.07	21.02	MgO	36.60	2.0
Silicon	11.86	15.46	12.74	SiO <sub>2</sub>	33.07	1.1
Chromium	0.59	0.76	0.34	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.12	0.1
Manganese	1.40	1.83	0.77	MnO	2.36	0.2
Iron	15.95	20.79	8.62	FeO	26.75	0.9
Aluminium	0.04	0.06	0.05	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.11	0.0
-----						
Total:	76.70	100.00	100.00			

**Tablo S10:** R10'un element bileşimleri.

Spectrum: 10

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error [wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	37.03	40.12	55.93		0.00	13.6
Sodium	1.14	1.24	1.20	Na <sub>2</sub> O	1.67	0.3
Magnesium	23.10	25.03	22.96	MgO	41.50	2.7
Aluminium	1.13	1.23	1.01	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.32	0.2
Silicon	13.27	14.37	11.41	SiO <sub>2</sub>	30.75	1.2
Phosphorus	0.46	0.50	0.36	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.14	0.1
Calcium	0.73	0.79	0.44	CaO	1.10	0.1
Manganese	1.26	1.36	0.55	MnO	1.76	0.2
Iron	13.91	15.08	6.02	FeO	19.39	0.8
Nickel	0.27	0.29	0.11	NiO	0.37	0.1
Total:	92.28	100.00	100.00			

**Tablo S11:** R11'in element bileşimleri.

Spectrum: 11

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error [wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	39.45	41.37	57.92		0.00	14.2
Sodium	1.99	2.09	2.04	Na <sub>2</sub> O	2.82	0.4
Magnesium	17.04	17.87	16.46	MgO	29.63	2.0
Aluminium	2.63	2.76	2.29	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.22	0.3
Silicon	13.70	14.37	11.46	SiO <sub>2</sub>	30.73	1.3
Phosphorus	0.52	0.54	0.39	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.24	0.1
Sulfur	2.46	2.58	1.80	SO <sub>3</sub>	6.45	0.3
Calcium	1.51	1.59	0.89	CaO	2.22	0.2
Chromium	0.25	0.26	0.11	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.38	0.1
Manganese	1.10	1.16	0.47	MnO	1.50	0.1
Iron	13.95	14.63	5.87	FeO	18.82	0.8
Nickel	0.75	0.78	0.30	NiO	1.00	0.1
Total:	95.36	100.00	100.00			

**Tablo S12:** R12'nin element bileşimleri.

Spectrum: 12

Element	unn. C	norm. C	Atom. C	Compound	norm. Comp. C	Error
	[wt.%]	[wt.%]	[at.%]		[wt.%]	[wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	20.29	24.10	51.21		0.00	5.8
Magnesium	2.33	2.77	3.87	MgO	4.59	0.4
Aluminium	0.51	0.60	0.76	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.14	0.1
Silicon	1.00	1.19	1.44	SiO <sub>2</sub>	2.54	0.2
Sulfur	0.24	0.29	0.31	SO <sub>3</sub>	0.72	0.1
Calcium	0.28	0.33	0.28	CaO	0.46	0.1
Iron	33.08	39.29	23.92	FeO	50.55	1.8
Nickel	26.47	31.44	18.21	NiO	40.01	1.4
Total:	84.19	100.00	100.00			

**Tablo S13:** R13'ün element bileşimleri.

Spectrum: 13

Element	unn. C	norm. C	Atom. C	Compound	norm. Comp.	C	Error
	[wt.%]	[wt.%]	[at.%]		[wt.%]	[wt.%]	
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0	
Oxygen	38.80	40.53	55.95		0.00	14.8	
Magnesium	27.13	28.34	25.75	MgO	46.99	3.2	
Aluminium	0.66	0.69	0.56	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.30	0.2	
Silicon	13.87	14.48	11.39	SiO <sub>2</sub>	30.99	1.3	
Chromium	1.00	1.04	0.44	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.53	0.1	
Manganese	1.16	1.21	0.49	MnO	1.56	0.2	
Iron	13.01	13.59	5.37	FeO	17.48	0.8	
Nickel	0.12	0.12	0.05	NiO	0.16	0.1	
Total:	95.75	100.00	100.00				

**Tablo S14:** R14'ün element bileşimleri.

Spectrum: 14

Element	unn. C norm.	C Atom.	C Compound	norm. Comp.	C Error	
	[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[wt.%]	[wt.%]	
Carbon	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	
Oxygen	31.74	43.60	60.20	0.00	9.3	
Magnesium	11.66	16.01	14.55	MgO	26.55	1.4
Aluminium	0.20	0.27	0.22	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.51	0.1
Silicon	15.45	21.22	16.69	SiO <sub>2</sub>	45.39	1.4
Sulfur	1.90	2.61	1.80	SO <sub>3</sub>	6.51	0.2
Calcium	0.42	0.58	0.32	CaO	0.81	0.1
Manganese	0.95	1.31	0.53	MnO	1.69	0.1
Iron	10.50	14.41	5.70	FeO	18.54	0.6
Total:	72.82	100.00	100.00			

**Tablo S15:** R15'in element bileşimleri.

Spectrum: 15

Element	unn. C	norm. C	Atom. C	Compound	norm. Comp.	C	Error
	[wt.%]	[wt.%]	[at.%]		[wt.%]	[wt.%]	
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0	
Oxygen	38.01	43.34	58.17		0.00	11.9	
Sodium	4.54	5.18	4.84	Na <sub>2</sub> O	6.98	0.7	
Magnesium	10.39	11.85	10.47	MgO	19.65	1.3	
Aluminium	6.83	7.79	6.20	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.72	0.8	
Silicon	17.90	20.41	15.61	SiO <sub>2</sub>	43.67	1.6	
Potassium	0.40	0.45	0.25	K <sub>2</sub> O	0.55	0.1	
Calcium	1.30	1.48	0.79	CaO	2.07	0.2	
Chromium	0.73	0.84	0.35	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.23	0.1	
Manganese	0.59	0.68	0.26	MnO	0.87	0.1	
Iron	6.99	7.98	3.07	FeO	10.26	0.5	
Total:	87.69	100.00	100.00				

**Tablo S16:** R16'in element bileşimleri.

Spectrum: 16

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error [wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	41.80	46.23	59.69		0.00	14.4
Sodium	7.77	8.59	7.72	Na <sub>2</sub> O	11.58	1.1
Magnesium	2.58	2.85	2.42	MgO	4.72	0.4
Aluminium	11.36	12.56	9.61	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.73	1.2
Silicon	22.25	24.61	18.10	SiO <sub>2</sub>	52.64	2.0
Phosphorus	0.16	0.18	0.12	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.41	0.1
Sulfur	0.27	0.30	0.19	SO <sub>3</sub>	0.75	0.1
Potassium	0.83	0.92	0.48	K <sub>2</sub> O	1.10	0.1
Calcium	1.65	1.82	0.94	CaO	2.55	0.2
Iron	1.77	1.96	0.72	FeO	2.52	0.2
Total:	90.43	100.00	100.00			

**Tablo S17:** R17'nin element bileşimleri.

Spectrum: 17

Element	unn. C	norm. C	Atom. C	Compound	norm. Comp. C	Error
	[wt.%]	[wt.%]	[at.%]		[wt.%]	[wt.%]

Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	35.76	39.52	56.86		0.00	14.3
Sodium	0.97	1.07	1.07	Na <sub>2</sub> O	1.45	0.2
Magnesium	16.28	17.99	17.04	MgO	29.83	1.9
Aluminium	0.37	0.41	0.35	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.77	0.1
Silicon	12.19	13.47	11.04	SiO <sub>2</sub>	28.82	1.1
Phosphorus	2.44	2.70	2.01	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6.19	0.3
Calcium	7.79	8.61	4.95	CaO	12.05	0.5
Chromium	0.16	0.17	0.08	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.26	0.1
Manganese	1.00	1.10	0.46	MnO	1.43	0.1
Iron	12.68	14.01	5.78	FeO	18.03	0.8
Nickel	0.84	0.93	0.36	NiO	1.18	0.1

Total:	90.47	100.00	100.00			
--------	-------	--------	--------	--	--	--

**Tablo S18:** R18'in element bileşimleri.

Spectrum: 18

Element	unn. C	norm. C	Atom. C	Compound	norm. Comp. C	Error
	[wt.%]	[wt.%]	[at.%]		[wt.%]	[wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	33.76	41.65	57.51		0.00	10.9
Sodium	1.81	2.24	2.15	Na <sub>2</sub> O	3.01	0.3
Magnesium	15.65	19.31	17.55	MgO	32.03	1.8
Aluminium	2.44	3.01	2.47	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.70	0.3
Silicon	13.11	16.18	12.72	SiO <sub>2</sub>	34.60	1.2
Sulfur	1.29	1.59	1.10	SO <sub>3</sub>	3.97	0.2
Calcium	0.64	0.79	0.44	CaO	1.11	0.1
Manganese	0.90	1.11	0.45	MnO	1.44	0.1
Iron	11.30	13.94	5.51	FeO	17.93	0.7
Potassium	0.14	0.17	0.10	K <sub>2</sub> O	0.21	0.1
Total:	81.05	100.00	100.00			

**Tablo S19:** R19'un element bileşimleri.

Spectrum: 19

Element	unn. C	norm. C	Atom. C	Compound	norm. Comp. C	Error
	[wt.%]	[wt.%]	[at.%]		[wt.%]	[wt.%]

Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	43.36	42.86	66.94		0.00	13.6
Magnesium	0.34	0.34	0.35	MgO	0.56	0.1
Silicon	0.24	0.23	0.21	SiO <sub>2</sub>	0.50	0.1
Sulfur	21.83	21.58	16.82	SO <sub>3</sub>	53.88	1.7
Iron	35.32	34.91	15.62	FeO	44.92	1.9
Aluminium	0.08	0.07	0.07	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.14	0.1

Total: 101.17 100.00 100.00

**Tablo S20:** R20'nin element bileşimleri.

Spectrum: 20

Element	unn. C	norm. C	Atom. C	Compound	norm. Comp. C	Error
	[wt.%]	[wt.%]	[at.%]		[wt.%]	[wt.%]

Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	25.65	39.39	56.49		0.00	6.1
Magnesium	14.76	22.67	21.40	MgO	37.60	1.7
Silicon	10.35	15.89	12.98	SiO <sub>2</sub>	34.00	1.0
Calcium	0.23	0.35	0.20	CaO	0.48	0.1
Manganese	1.02	1.57	0.66	MnO	2.03	0.1
Iron	13.11	20.13	8.27	FeO	25.89	0.8

Total: 65.11 100.00 100.00

**Tablo S21:** R21'in element bileşimleri.

Spectrum: 21

Element	unn. C	norm. C	Atom. C	Compound	norm. Comp. C	Error
	[wt.%]	[wt.%]	[at.%]		[wt.%]	[wt.%]

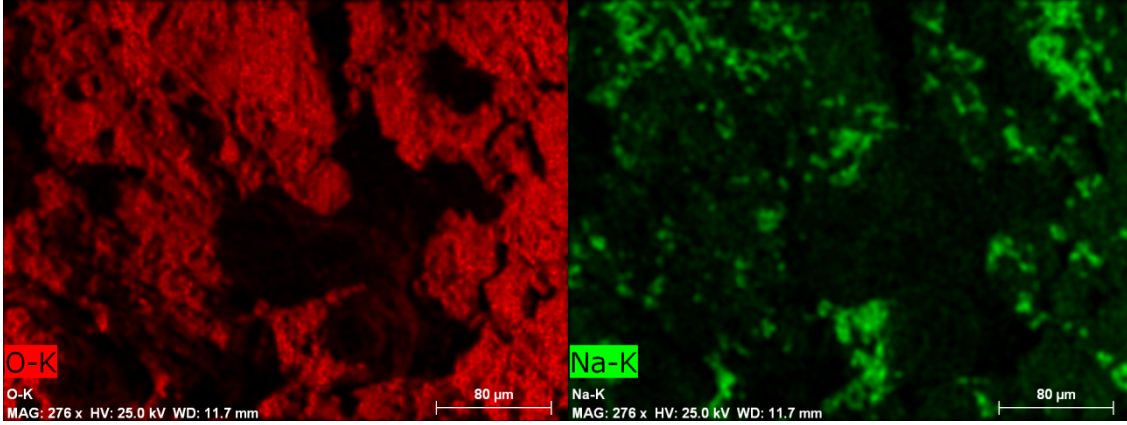
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	29.09	43.55	59.22		0.00	7.7
Magnesium	12.46	18.64	16.69	MgO	30.92	1.5
Aluminium	0.16	0.25	0.20	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.47	0.1
Silicon	15.82	23.67	18.34	SiO <sub>2</sub>	50.65	1.4
Calcium	0.58	0.87	0.47	CaO	1.21	0.1
Manganese	0.75	1.12	0.44	MnO	1.44	0.1
Iron	7.95	11.90	4.64	FeO	15.31	0.5

Total: 66.81 100.00 100.00

**Tablo S22:** R22'nin element bileşimleri.

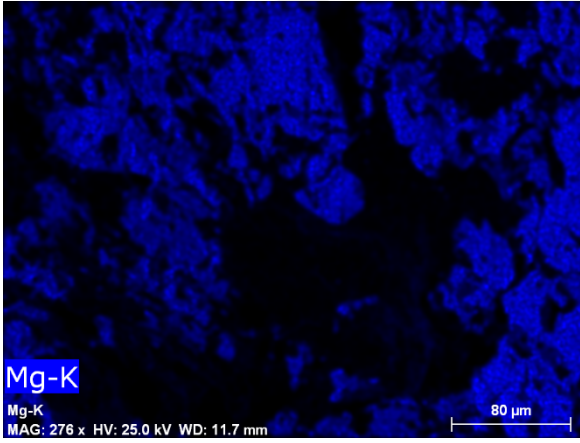
Spectrum: 22

Element	unn. C	norm. C	Atom. C	Compound	norm. Comp.	C	Error
	[wt. %]	[wt. %]	[at. %]		[wt. %]	[wt. %]	
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0	
Oxygen	37.25	44.04	58.79		0.00	12.3	
Sodium	2.00	2.36	2.19	Na <sub>2</sub> O	3.18	0.3	
Magnesium	14.48	17.12	15.04	MgO	28.39	1.7	
Aluminium	2.66	3.14	2.49	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.93	0.3	
Silicon	19.13	22.62	17.20	SiO <sub>2</sub>	48.40	1.7	
Sulfur	0.17	0.21	0.14	SO <sub>3</sub>	0.51	0.1	
Potassium	0.14	0.16	0.09	K <sub>2</sub> O	0.20	0.1	
Calcium	0.58	0.69	0.37	CaO	0.96	0.1	
Manganese	0.73	0.86	0.33	MnO	1.11	0.1	
Iron	7.44	8.79	3.36	FeO	11.31	0.5	
Total:	84.58	100.00	100.00				

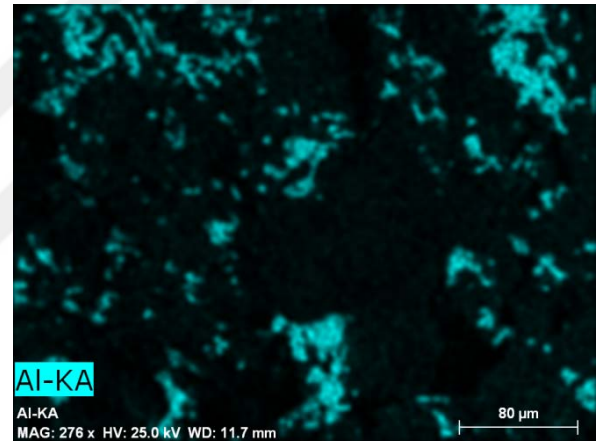


Şekil S30: R1'in renkli temel haritası (O).

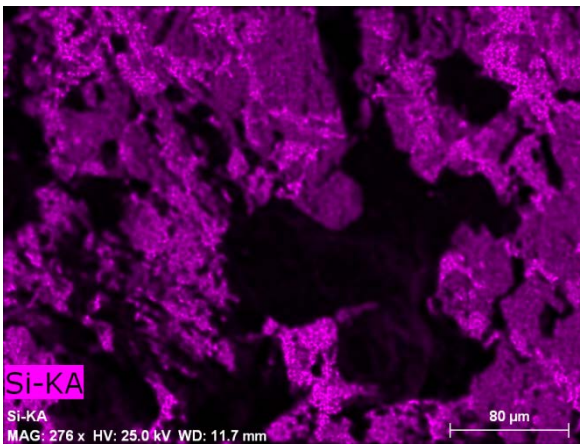
Şekil S31: R1'in renkli temel haritası (Na).



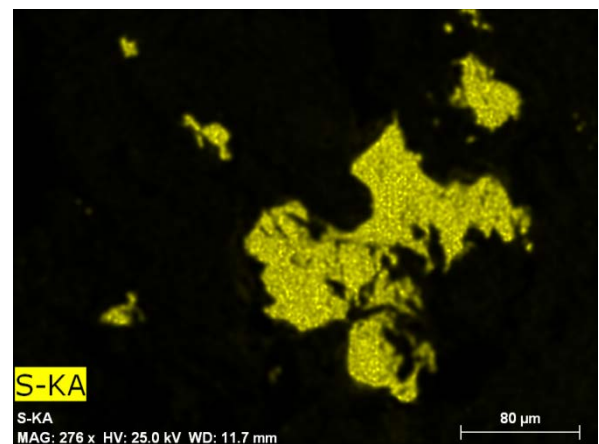
Şekil S32: R1'in renkli element haritası (Mg).



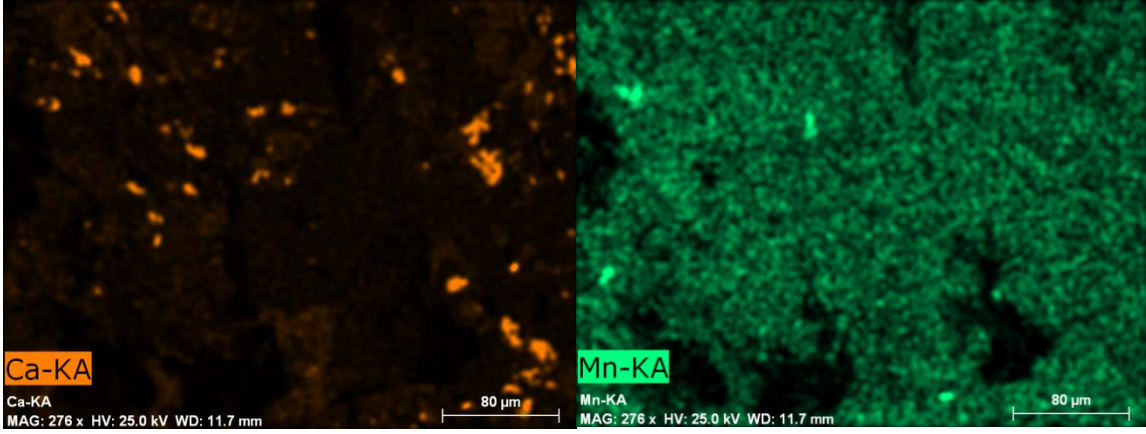
Şekil S33: R1'in renkli temel haritası (Al).



Şekil S34: R1'in renkli temel haritası (Si).

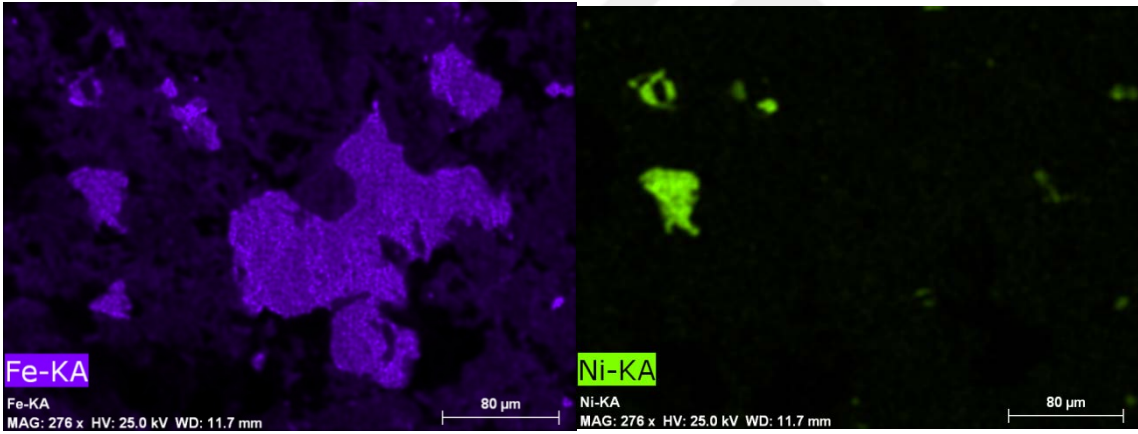


Şekil S35: R1'in renkli temel haritası (S).



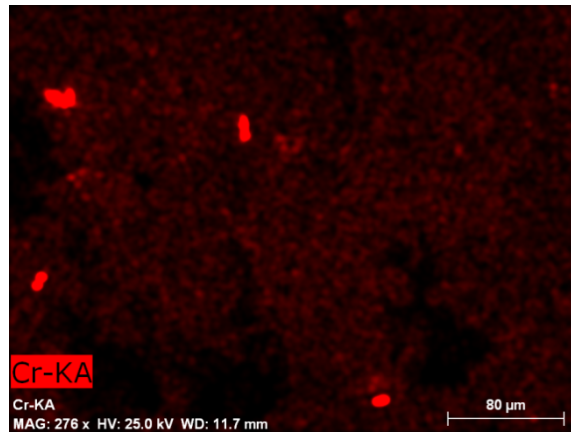
Şekil S36: R1'in renkli temel haritası (Ca).

Şekil S37: R1'in renkli temel haritası (Mn).

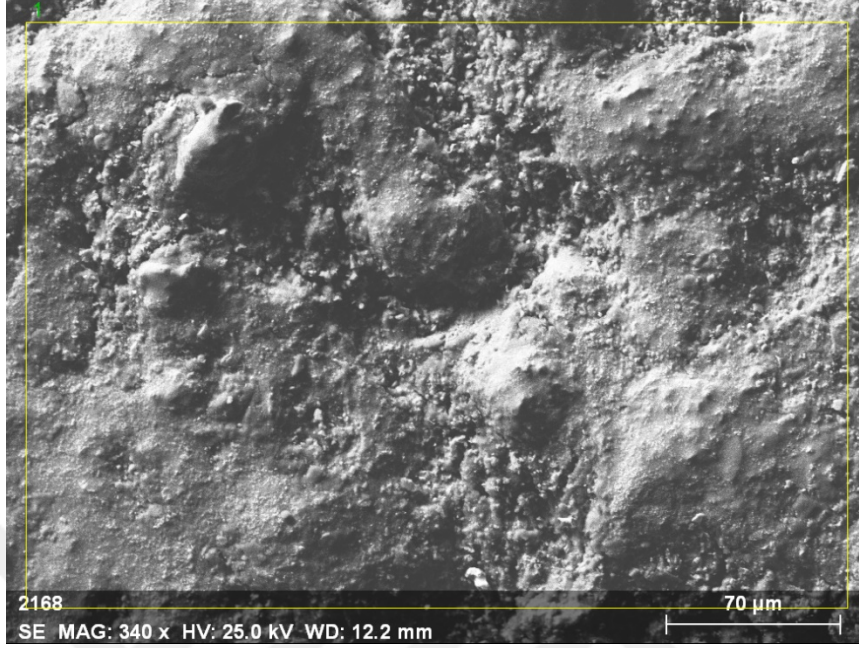


Şekil S38: R1'in renkli temel haritası (Fe).

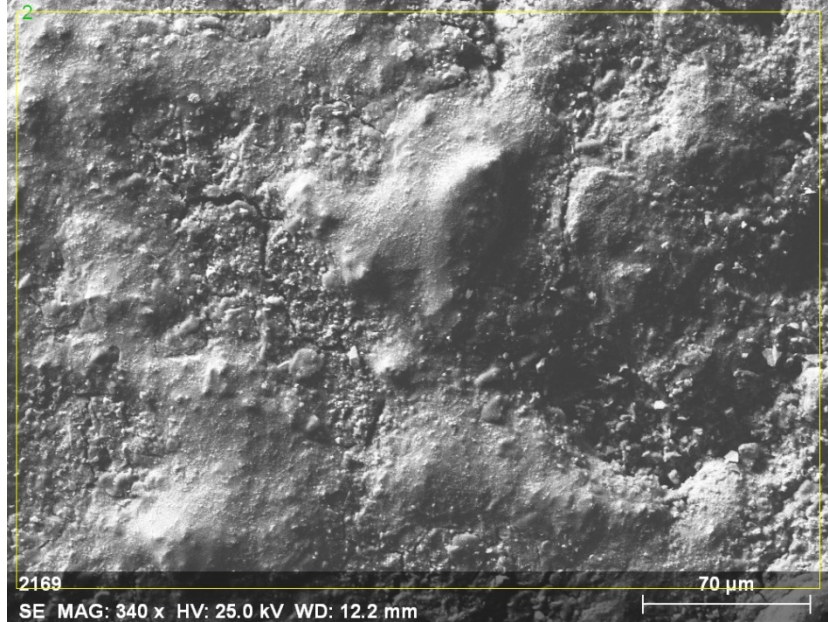
Şekil S39: R1'in renkli temel haritası (Ni).



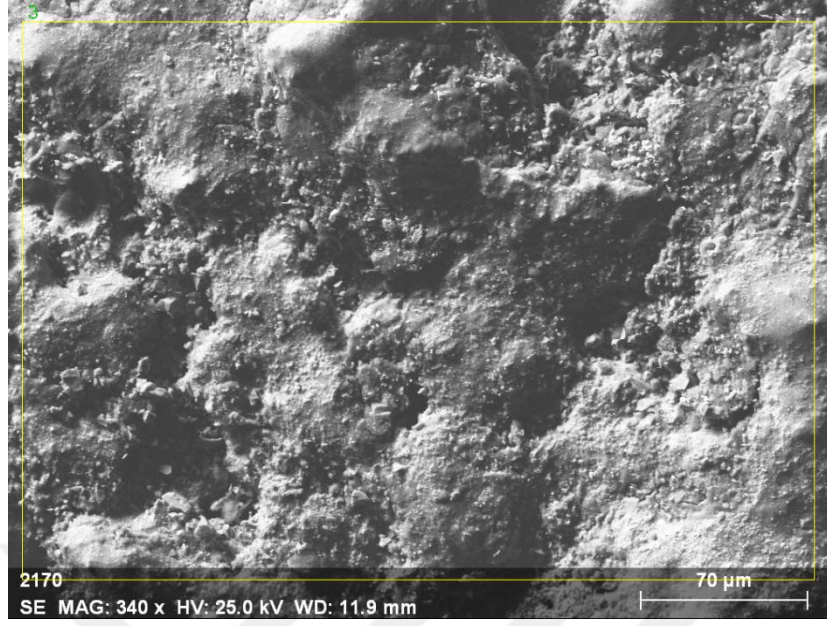
Şekil S40: R1'in renkli temel haritası (Cr).

**Çanakkale Göktaşının Dış Kabukları için Ek Bilgiler.**

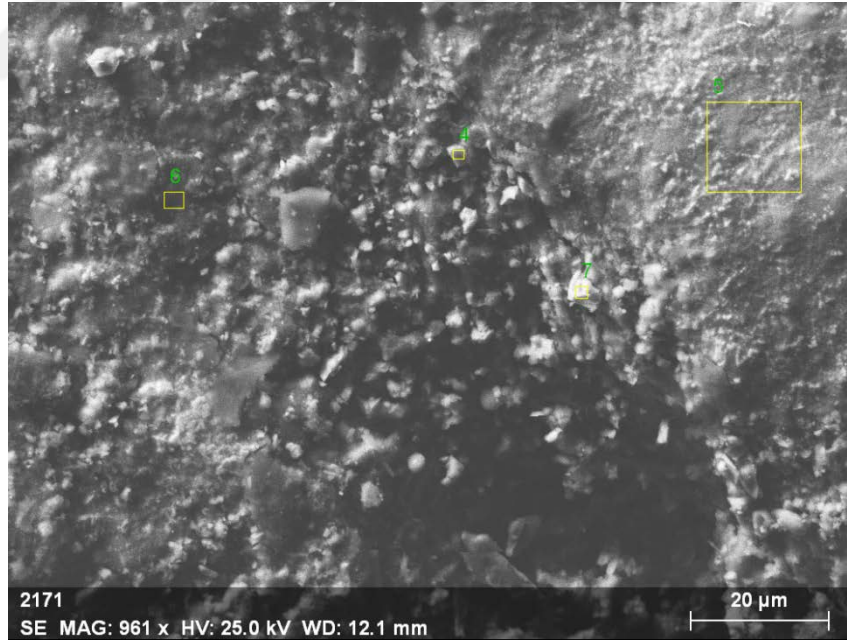
Şekil S41: R1'in SEM görüntüsü (dış kabuk).



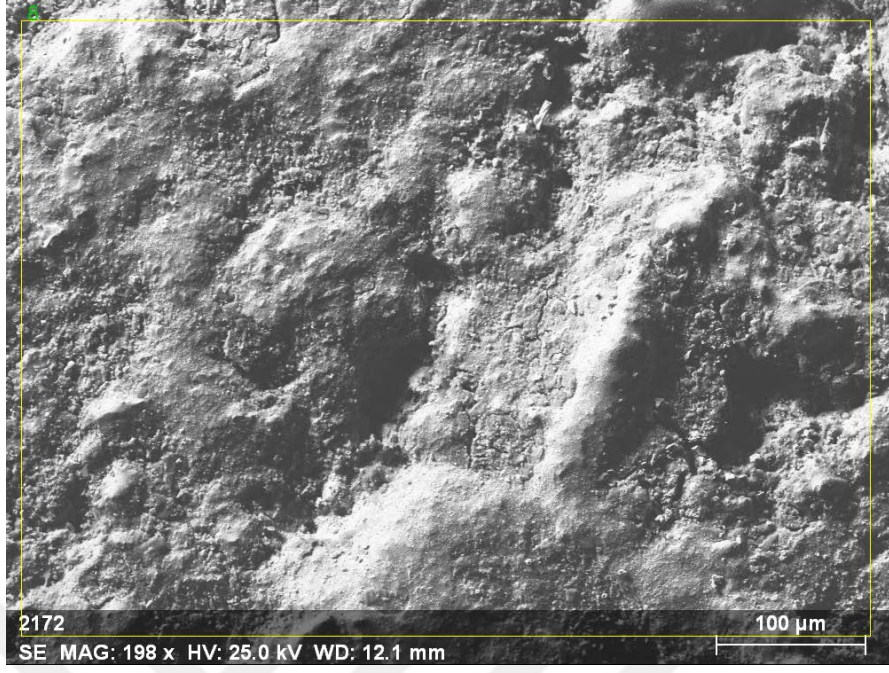
Şekil S42: R2'nin SEM görüntüsü (dış kabuk).



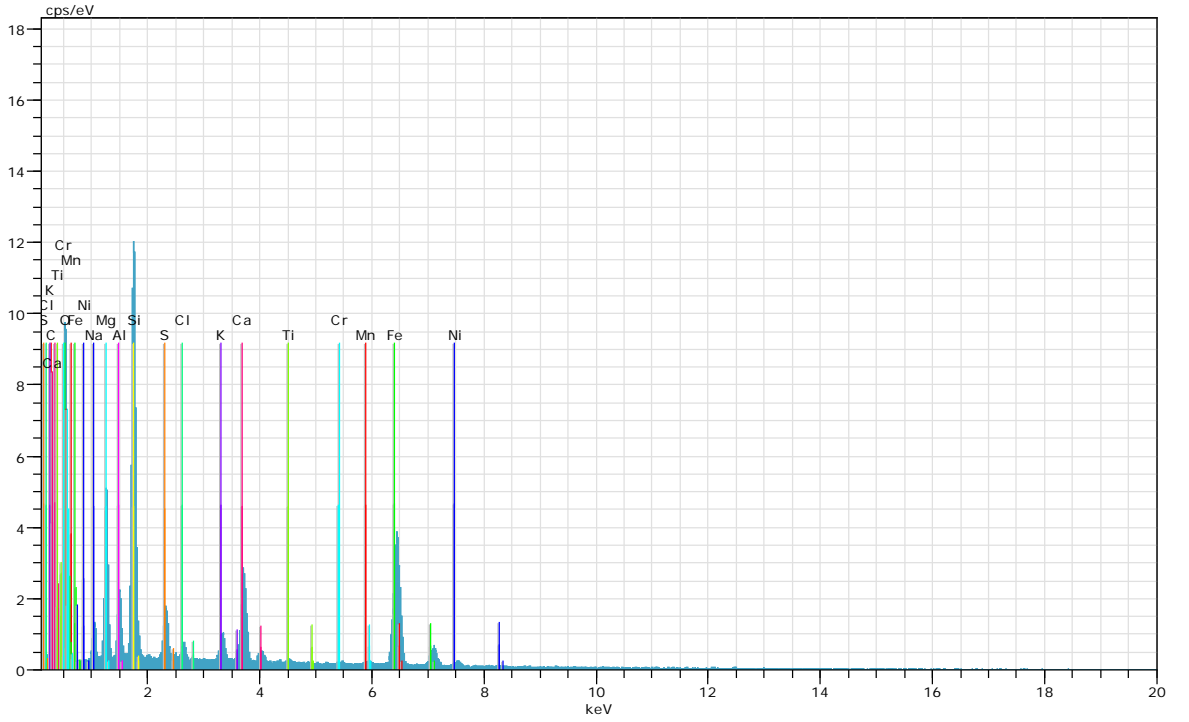
Şekil S43: R3'ün SEM görüntüsü (dış kabuk).



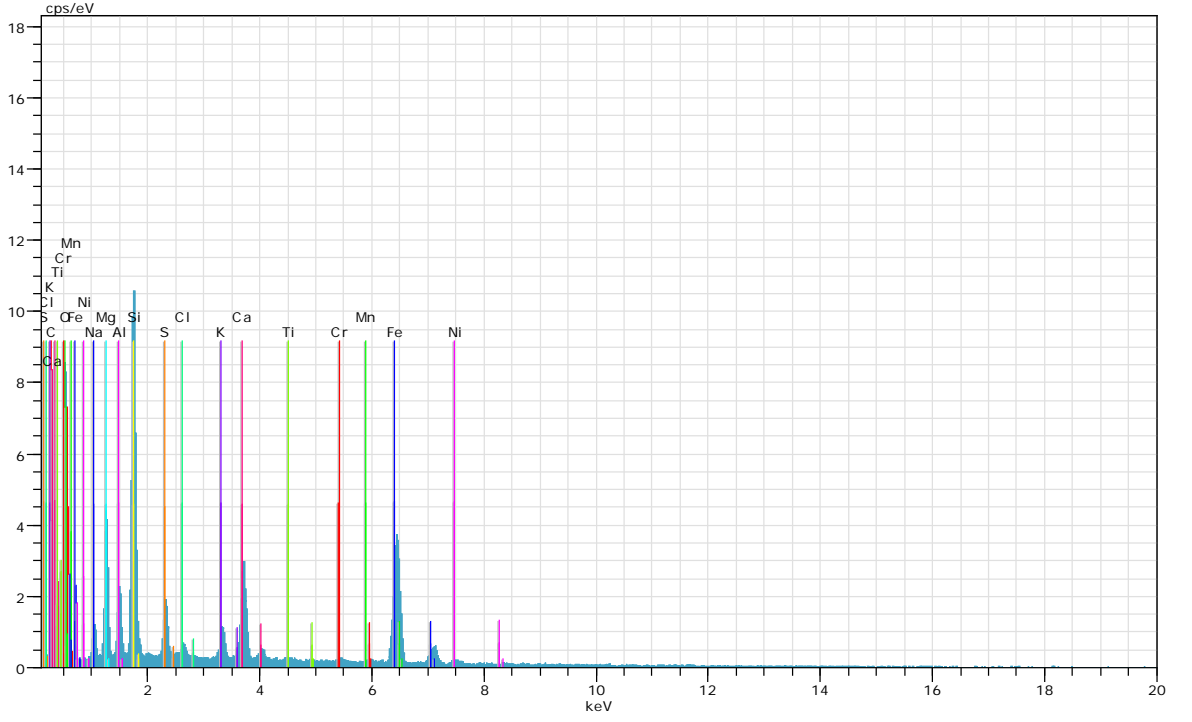
Şekil S44: R4-R7'nin SEM görüntüsü (dış kabuk).



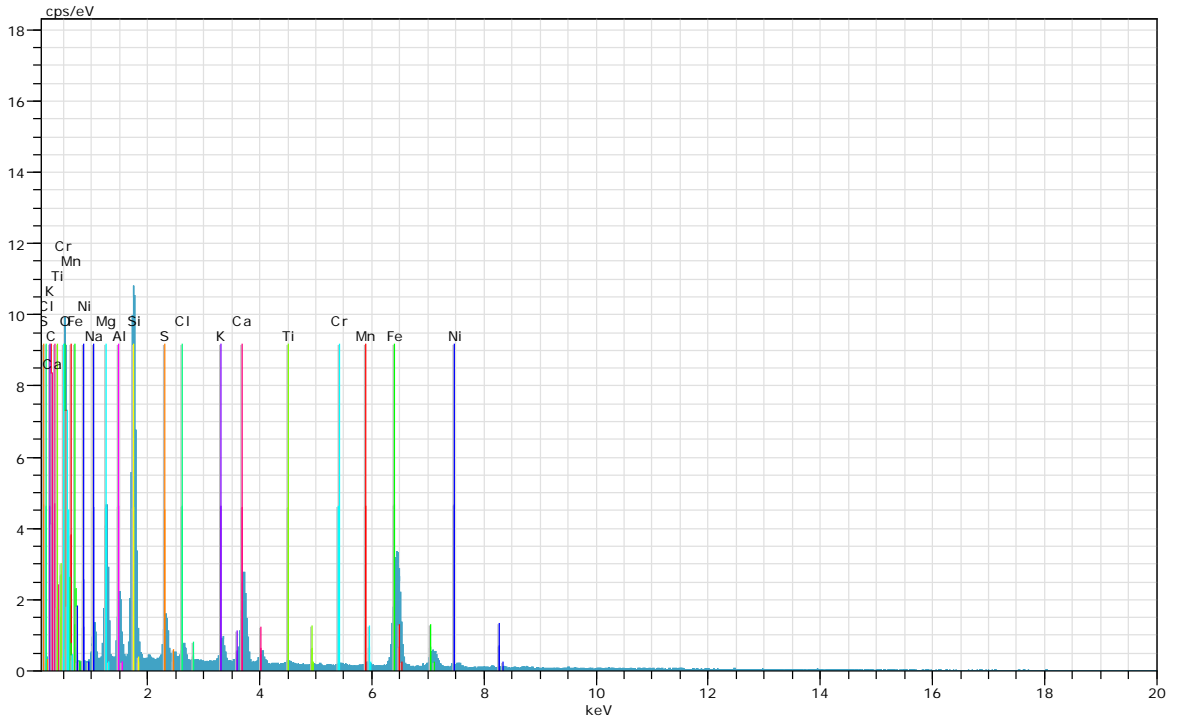
Şekil S45: R8'in SEM görüntüsü (dış kabuk).



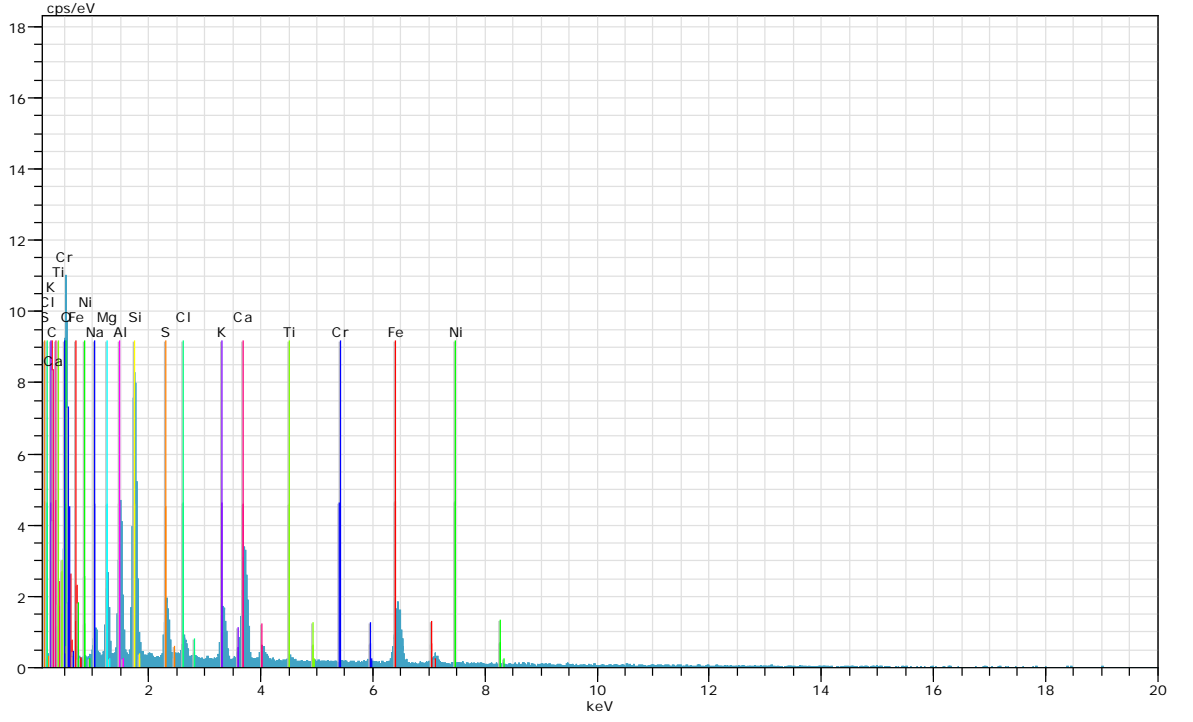
Şekil S46: R1'in EDX spektrumu (dış kabuk).



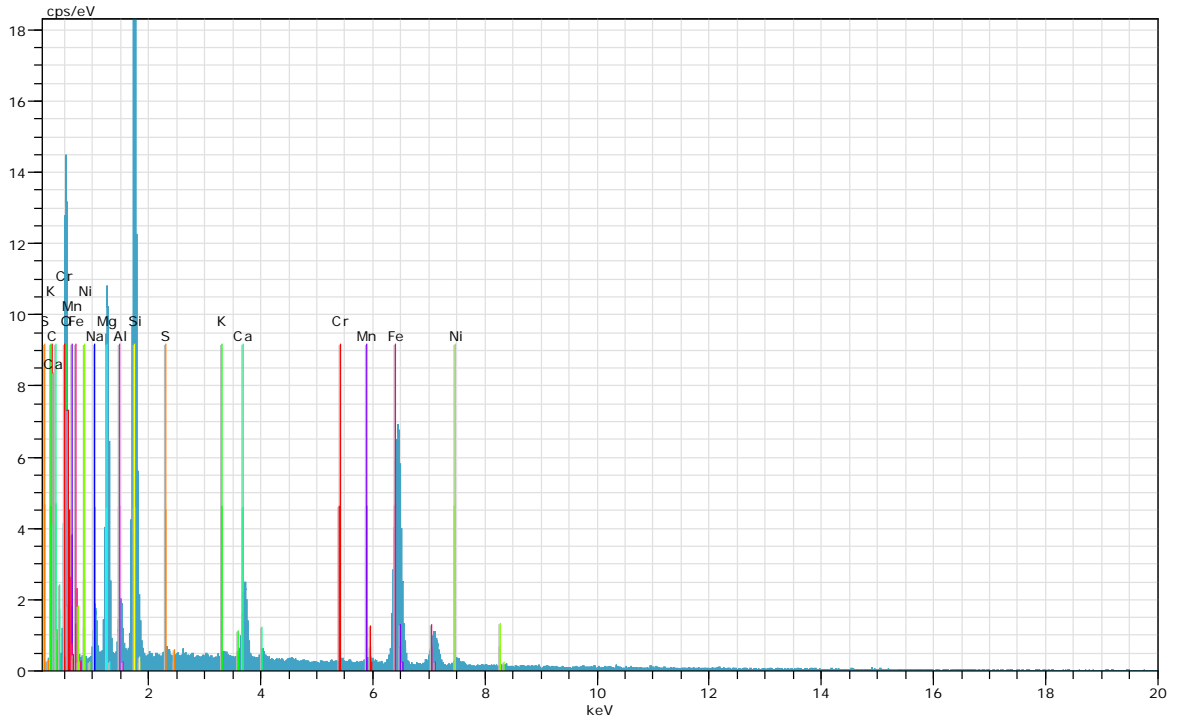
Şekil S47: R2'nin EDX spektrumu (dış kabuk).



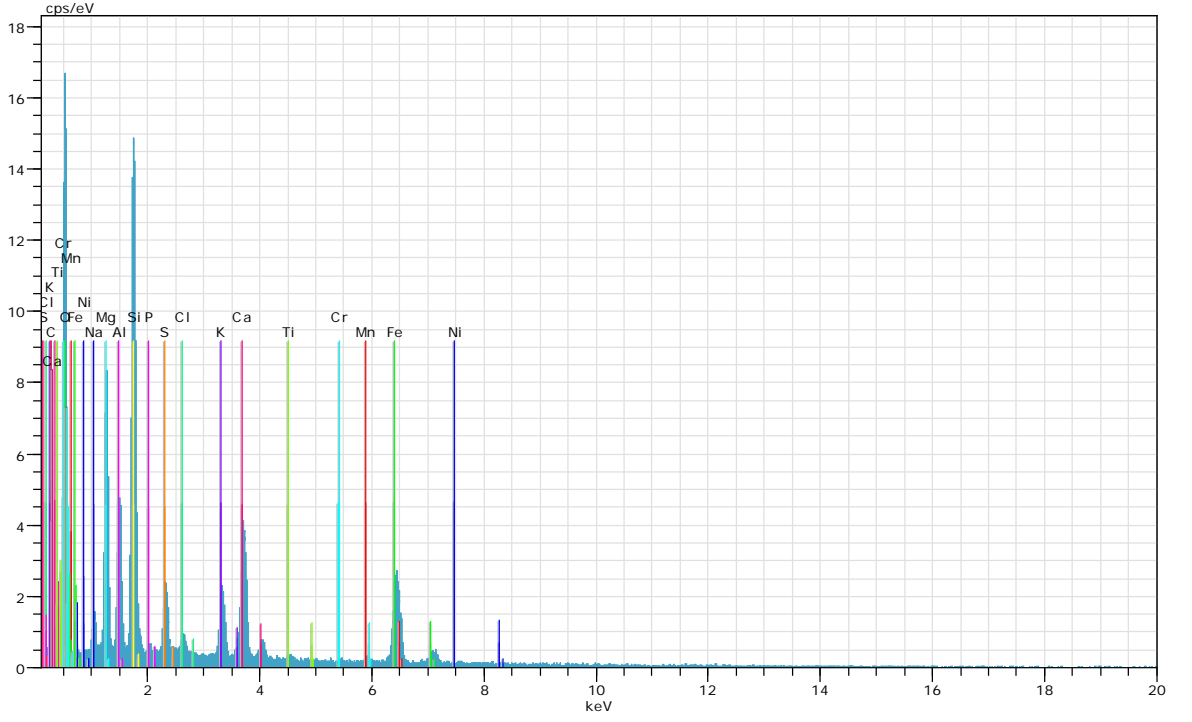
Şekil S48: R3'ün EDX spektrumu (dış kabuk).



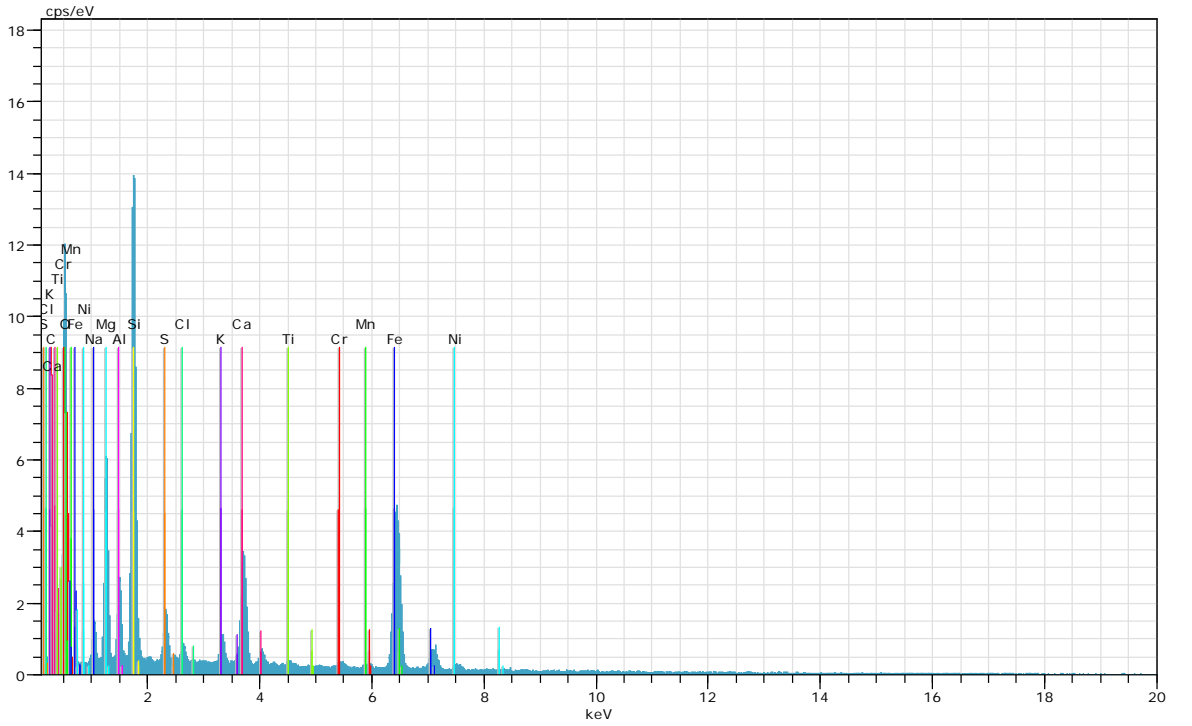
Şekil S49: R4'ün EDX spektrumu (dış kabuk).



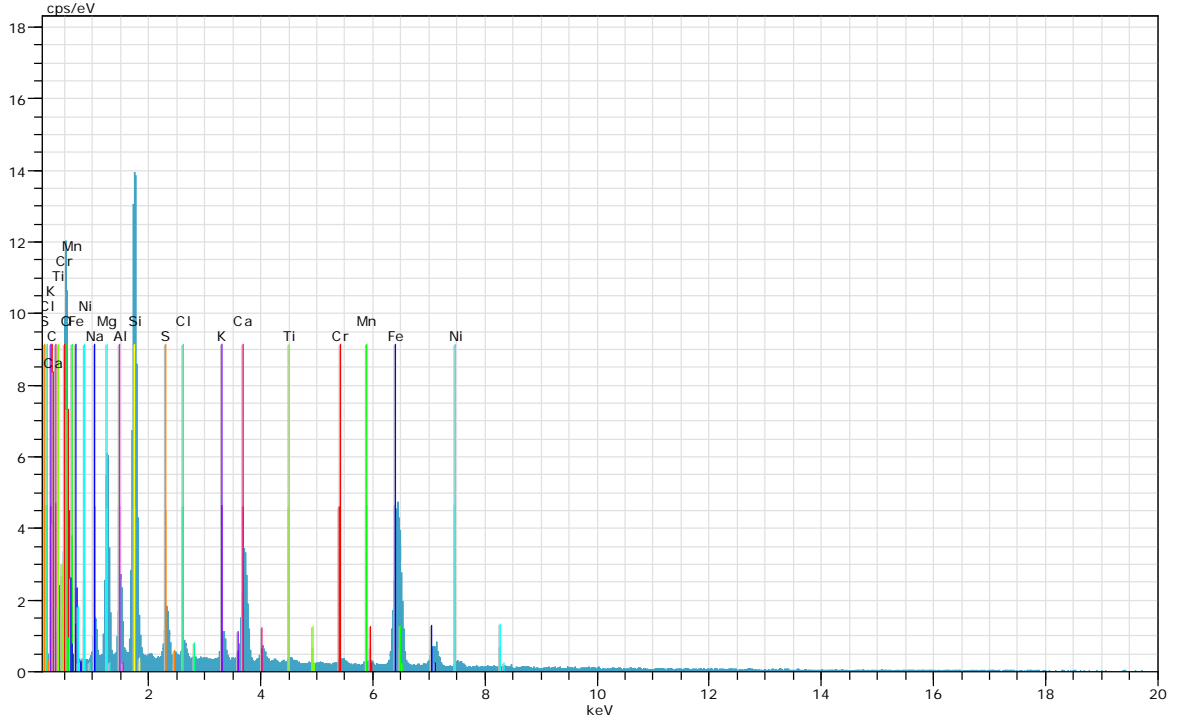
Şekil S50: R5'in EDX spektrumu (dış kabuk).



Şekil S51: R6'nin EDX spektrumu (dış kısım).



Şekil S52: R7'nin EDX spektrumu (dış kısım).



Şekil S53: R8'in EDX spektrumu (dış kabuk).

**Tablo S23:** R1'in element bileşimleri (elementler ve bunların oksitleri) (dış kabuk).

Spectrum: 1

Element	unn. C	norm. C	Atom. C	Compound	norm. Comp.	C	Error
	[wt.%]	[wt.%]	[at.%]		[wt.%]	[wt.%]	
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0	
Oxygen	29.46	38.83	57.02		0.00	10.5	
Sodium	2.72	3.58	3.66	Na <sub>2</sub> O	4.83	0.4	
Magnesium	7.62	10.05	9.71	MgO	16.66	0.9	
Aluminium	2.85	3.75	3.27	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.09	0.3	
Silicon	10.55	13.91	11.64	SiO <sub>2</sub>	29.76	1.0	
Sulfur	1.74	2.29	1.68	SO <sub>3</sub>	5.71	0.2	
Chlorine	0.49	0.65	0.43		0.65	0.1	
Potassium	1.12	1.48	0.89	K <sub>2</sub> O	1.78	0.1	
Calcium	4.48	5.90	3.46	CaO	8.26	0.3	
Titanium	0.15	0.19	0.09	TiO <sub>2</sub>	0.32	0.1	
Manganese	1.09	1.44	0.62	MnO	1.86	0.1	
Iron	12.90	17.01	7.16	FeO	21.88	0.7	
Nickel	0.60	0.79	0.32	NiO	1.01	0.1	
Chromium	0.10	0.13	0.06	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.19	0.1	
Total:	75.86	100.00	100.00				

**Tablo S24:** R2'in element bileşimleri (dış kabuk).

Spectrum: 2

Element	unn. C	norm. C	Atom. C	Compound	norm. Comp. C	Error
	[wt.%]	[wt.%]	[at.%]		[wt.%]	[wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	27.29	38.73	57.13		0.00	9.9
Sodium	2.32	3.30	3.39	Na <sub>2</sub> O	4.44	0.4
Magnesium	6.49	9.21	8.94	MgO	15.27	0.8
Aluminium	2.70	3.83	3.35	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.24	0.3
Silicon	9.53	13.52	11.37	SiO <sub>2</sub>	28.93	0.9
Sulfur	1.78	2.52	1.86	SO <sub>3</sub>	6.30	0.2
Chlorine	0.41	0.57	0.38		0.57	0.1
Potassium	1.44	2.05	1.24	K <sub>2</sub> O	2.47	0.2
Calcium	5.14	7.30	4.30	CaO	10.21	0.4
Titanium	0.23	0.33	0.16	TiO <sub>2</sub>	0.55	0.1
Chromium	0.12	0.18	0.08	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.26	0.1
Manganese	0.82	1.17	0.50	MnO	1.51	0.1
Iron	11.80	16.74	7.08	FeO	21.54	0.7
Nickel	0.39	0.55	0.22	NiO	0.70	0.1
Total:	70.48	100.00	100.00			

**Tablo S25:** R3'ün element bileşimleri (dış kabuk).

Spectrum: 3

Element	unn. C	norm. C	Atom. C	Compound	norm. Comp. C	Error
	[wt.%]	[wt.%]	[at.%]		[wt.%]	[wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	27.77	38.70	56.79		0.00	10.3
Sodium	2.82	3.93	4.01	Na <sub>2</sub> O	5.30	0.5
Magnesium	7.01	9.77	9.44	MgO	16.20	0.9
Aluminium	2.75	3.83	3.33	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.23	0.3
Silicon	9.87	13.76	11.50	SiO <sub>2</sub>	29.43	0.9
Sulfur	1.58	2.21	1.62	SO <sub>3</sub>	5.51	0.2
Chlorine	0.58	0.81	0.54		0.81	0.1
Potassium	1.06	1.48	0.89	K <sub>2</sub> O	1.78	0.1
Calcium	4.86	6.77	3.97	CaO	9.48	0.4
Titanium	0.23	0.32	0.15	TiO <sub>2</sub>	0.53	0.1
Manganese	0.96	1.34	0.57	MnO	1.73	0.1
Iron	11.82	16.46	6.92	FeO	21.18	0.7
Nickel	0.39	0.54	0.22	NiO	0.68	0.1
Chromium	0.06	0.08	0.04	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.12	0.1
Total:	71.76	100.00	100.00			

**Tablo S26:** R4'ün element bileşimleri (dış kabuk).

Spectrum: 4

Element	unn. C	norm. C	Atom. C	Compound	norm. Comp.	C	Error
	[wt.%]	[wt.%]	[at.%]		[wt.%]	[wt.%]	
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.0
Oxygen	22.96	40.01	57.61		0.00	0.00	37.7
Sodium	1.86	3.24	3.25	Na <sub>2</sub> O	4.37	4.37	0.3
Magnesium	3.14	5.47	5.18	MgO	9.07	9.07	0.4
Aluminium	5.10	8.88	7.58	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.79	16.79	0.6
Silicon	6.64	11.57	9.49	SiO <sub>2</sub>	24.76	24.76	0.6
Sulfur	2.18	3.81	2.74	SO <sub>3</sub>	9.51	9.51	0.2
Chlorine	0.79	1.37	0.89		1.37	1.37	0.1
Potassium	2.46	4.28	2.52	K <sub>2</sub> O	5.16	5.16	0.2
Calcium	6.66	11.62	6.68	CaO	16.25	16.25	0.5
Titanium	0.29	0.51	0.25	TiO <sub>2</sub>	0.85	0.85	0.1
Iron	5.28	9.20	3.79	FeO	11.83	11.83	0.4
Nickel	0.01	0.02	0.01	NiO	0.03	0.03	0.0
Chromium	0.00	0.00	0.00	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.0
Total:	57.37	100.00	100.00				

**Tablo S27:** R5'in elementel bileşimleri (dış kabuk).

Spectrum: 5

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error [wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	32.59	38.25	56.33		0.00	13.2
Sodium	2.64	3.10	3.18	Na <sub>2</sub> O	4.18	0.4
Magnesium	11.92	13.99	13.56	MgO	23.19	1.4
Aluminium	1.85	2.18	1.90	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.11	0.3
Silicon	13.31	15.62	13.11	SiO <sub>2</sub>	33.42	1.2
Sulfur	0.14	0.16	0.12	SO <sub>3</sub>	0.41	0.1
Calcium	2.58	3.03	1.78	CaO	4.24	0.2
Manganese	1.44	1.69	0.72	MnO	2.18	0.2
Iron	17.81	20.90	8.82	FeO	26.89	1.0
Nickel	0.70	0.82	0.33	NiO	1.04	0.1
Chromium	0.06	0.07	0.03	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10	0.1
Potassium	0.16	0.19	0.12	K <sub>2</sub> O	0.23	0.1
Total:	85.21	100.00	100.00			

**Tablo S28:** R6'nın element bileşimleri (dış kabuk).

Spectrum: 6

Element	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]	Error [wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	30.96	40.31	57.21		0.00	18.2
Sodium	2.19	2.86	2.82	Na <sub>2</sub> O	3.85	0.4
Magnesium	8.87	11.54	10.78	MgO	19.14	1.1
Aluminium	4.74	6.18	5.20	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.67	0.5
Silicon	10.17	13.24	10.71	SiO <sub>2</sub>	28.33	1.0
Sulfur	1.85	2.41	1.71	SO <sub>3</sub>	6.03	0.2
Chlorine	0.53	0.69	0.44		0.69	0.1
Potassium	2.37	3.08	1.79	K <sub>2</sub> O	3.71	0.2
Calcium	5.91	7.69	4.36	CaO	10.76	0.4
Titanium	0.23	0.30	0.14	TiO <sub>2</sub>	0.50	0.1
Manganese	0.73	0.95	0.39	MnO	1.23	0.1
Iron	7.93	10.33	4.20	FeO	13.29	0.5
Nickel	0.05	0.06	0.02	NiO	0.08	0.0
Chromium	0.09	0.11	0.05	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.16	0.1
Phosphorus	0.18	0.24	0.18	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.55	0.1
Total:	76.81	100.00	100.00			

**Tablo S29:** R7'nin element bileşimleri (dış kabuk).

Spectrum: 7

Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [wt.%]
---------	--------	------------------	-------------------	-------------------	-----------------

Carbon	K-series	21.32	25.15	36.76	3.3
Oxygen	K-series	35.83	42.27	46.38	4.6
Sodium	K-series	1.53	1.81	1.38	0.1
Magnesium	K-series	4.75	5.61	4.05	0.3
Aluminium	K-series	1.48	1.74	1.13	0.1
Silicon	K-series	6.17	7.27	4.55	0.3
Sulfur	K-series	0.70	0.82	0.45	0.1
Chlorine	K-series	0.17	0.20	0.10	0.0
Potassium	K-series	0.42	0.50	0.22	0.0
Calcium	K-series	2.60	3.07	1.34	0.1
Titanium	K-series	0.04	0.05	0.02	0.0
Chromium	K-series	0.09	0.11	0.04	0.0
Manganese	K-series	0.60	0.71	0.23	0.0
Iron	K-series	8.78	10.36	3.26	0.3
Nickel	K-series	0.28	0.34	0.10	0.0

Total:		84.76	100.00	100.00	
--------	--	-------	--------	--------	--

**Tablo S30:** R8'in element bileşimleri (dış kabuk).

Spectrum: 8

Element	unn. C	norm. C	Atom. C	Compound	norm. Comp. C	Error
	[wt.%]	[wt.%]	[at.%]		[wt.%]	[wt.%]
Carbon	0.00	0.00	0.00		0.00	0.0
Oxygen	28.87	39.02	57.02		0.00	9.9
Sodium	2.59	3.50	3.55	Na <sub>2</sub> O	4.71	0.4
Magnesium	7.81	10.55	10.15	MgO	17.50	1.0
Aluminium	2.74	3.71	3.21	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.00	0.3
Silicon	10.65	14.39	11.98	SiO <sub>2</sub>	30.79	1.0
Sulfur	1.42	1.92	1.40	SO <sub>3</sub>	4.80	0.2
Chlorine	0.50	0.68	0.45		0.68	0.1
Potassium	0.92	1.24	0.74	K <sub>2</sub> O	1.49	0.1
Calcium	4.47	6.04	3.52	CaO	8.45	0.3
Titanium	0.27	0.36	0.18	TiO <sub>2</sub>	0.60	0.1
Chromium	0.22	0.29	0.13	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.43	0.1
Manganese	0.91	1.24	0.53	MnO	1.60	0.1
Iron	12.18	16.46	6.89	FeO	21.17	0.7
Nickel	0.45	0.61	0.24	NiO	0.78	0.1
Total:	74.00	100.00	100.00			

## ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	BurakÖZTÜRK
Doğum Yeri	Fatih / İstanbul
Doğum Tarihi	02.01.1985
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	05543906769
E-Posta Adresi	baykonur1@hotmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Maden Mühendisliği Bölümü
Mezuniyet Yılı	12.07.2007

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı
Programı	Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

Makale ve Bildiriler	
<p><b>Öztürk, B.</b>, Esenoğlu H.H., 2018, Investigation Stages of Çanakkale Meteorite, ISBN: 978-605-07-0667-3, 1st International Symposium on Graduate Research in Science Focus on Entrepreneurship and Innovation, İstanbul, 4-6 Ekim 2018, vol.1, no.1, pp.89-89</p>	
<p>Burton, A.S., Elsil, J.E., Glavin, D.P., Dworkin, J.P., Örnek, C.Y., Esenoğlu, H. H., Ünsalan, O., <b>Oztürk, B.</b>, 2016, Searching for Extraterrestrial Amino Acids in a Contaminated Meteorite: Amino Acid Analyses of the Canakkale L6 Chondrite, 47th Lunar and Planetary Science Conference, The Woodlands, ABD, 21-25 Mart 2016, pp.1-2 (<a href="https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20160002360">https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20160002360</a>)</p>	
<p>Ünsalan, O., Yılmaz, A., Bölükbaşı Y. O., <b>Öztürk, B.</b>, Esenoğlu, H. H., İldiz, G., Örnek, C. Y., 2012, Micro-Raman, FTIR, SEM-EDX and structural analysis of the Canakkale meteorite, Spectrochimica Acta Part A-Molecular And Biomolecular Spectroscopy: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, pp.250-255</p>	
<p>Ünsalan, O., Yılmaz, A., Bölükbaşı, Y. O., <b>Öztürk, B.</b>, Esenoğlu, H. H., Örnek, C. Y., 2011, Micro-Raman, FTIR, SEM-EDX and structural analysis of Çanakkale</p>	

Meteorite, Turkish Physical Society 28th International Physical Congress, Muęla, 6-9 Eylül 2011

Ünsalan, O., Yılmaz, A., Bölükbaşı, Y. O., **Öztürk, B.**, Esenoğlu, H. H., Örnek, C. Y., 2011, Structural Identification of the Çanakkale Meteorite by Vibrational Spectroscopy, XIth International Conference on Molecular Spectroscopy - POLCMOS-2011, Polonya, 17-22 Eylül 2011, pp.166-167

