

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**PHASELİS (ANTALYA) PLAJ KUMLARININ AĞIR METAL İÇERİKLERİ,
KÖKENİ, MEKÂNSAL ANALİZİ VE KİRLİLİK ENDEKSLERİ**

Emir Can ÖZÇELİK

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

HAZİRAN 2020

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**PHASELİS (ANTALYA) PLAJ KUMLARININ AĞIR METAL İÇERİKLERİ,
KÖKENİ, MEKÂNSAL ANALİZİ VE KİRLİLİK ENDEKSLERİ**

Emir Can ÖZÇELİK

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

HAZİRAN 2020

ANTALYA

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

**PHASELİS (ANTALYA) PLAJ KUMLARININ AĞIR METAL İÇERİKLERİ,
KÖKENİ, MEKÂNSAL ANALİZİ VE KİRLİLİK ENDEKSLERİ**

**Emir Can ÖZÇELİK
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**(Bu tez Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından FYL-2018-4089
nolu proje ile desteklenmiştir)**

HAZİRAN 2020

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PHASELİS (ANTALYA) PLAJ KUMLARININ AĞIR METAL İÇERİKLERİ,
KÖKENİ, MEKÂNSAL ANALİZİ VE KİRLİLİK ENDEKSLERİ**

Emir Can ÖZÇELİK
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 23/06/2020 tarihinde jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. M. Gürhan YALÇIN (Danışman)

Prof. Dr. Nurdane İLBEYLİ

Doç. Dr. Yusuf URAS

ÖZET

PHASELİS (ANTALYA) PLAJ KUMLARININ AĞIR METAL İÇERİKLERİ, KÖKENİ, MEKÂNSAL ANALİZİ VE KİRLİLİK ENDEKSLERİ

Emir Can ÖZÇELİK

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: M. Gürhan YALÇIN

Haziran 2020; 76 sayfa

Çalışma alanı olan Phaselis Antik Kenti, Antalya İl'inin güney batısında, Tekirova'nın kuzeyinde yer almaktadır. Bu antik kent Antalya'nın önemli turizm merkezlerinden birisidir. Türkiye Cumhuriyeti Kültür ve Turizm Bakanlığı'na bağlı Döner Sermaye İşletmesi Merkez Müdürlüğü'nün verilerine göre son dört yılda ortalama 204.122 ziyaretçiye ev sahipliği yapmıştır.

Turizm açısından bu kadar önemli bir yere sahip Phaselis Antik Kenti'nin plaj kumlarındaki ağır metal anomalilerinin belirlenmesi ve gerekli görülürse iyileştirme amaçlı çalışmaların yapılması hem insan sağlığı hem de Antalya İli ekonomisi açısından oldukça önemlidir.

Çalışmanın tutarlı olabilmesi amacı ile numuneler araziden sistematik olarak alınmıştır. Alınan numuneler üzerinde kızdırma kaybı, elek analizi, XRF ve XRD analizleri uygulanmıştır. Elde edilen analiz sonuçları ve literatür çalışmaları göz önünde bulundurularak ağır metal içeriği tespit edilmeye çalışılmıştır. Numunede belirlenen elementler ile zenginleşme faktörü, jeo-birikim indeksi ve kirlenme faktörü hesaplanmıştır. Yapılan bütün analiz ve incelemeler sonucunda elde edilen veriler ile Phaselis Antik Kent'i sahili hakkındaki görüşler, haritalar ve hesaplamalar ile desteklenerek açıklanmıştır.

ANAHTAR KELİMELE: ağır metal, anomali, istatistik, jeobirikim indeksi, kirlilik endeksleri, kontaminasyon faktörü, zenginleşme faktörü.

JÜRİ: Prof. Dr. M. Gürhan YALÇIN

Prof. Dr. Nurdane İLBAYLI

Doç. Dr. Yusuf URAS

ABSTRACT

PHASELIS (ANTALYA) HEAVY METAL CONTENT OF BEACH SANDS, ORIGIN, SPATIAL ANALYSIS AND POLLUTION INDICES

Emir Can ÖZÇELİK

MSc Thesis in Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. M. Gürhan YALÇIN

June 2020; 76 pages

The ancient city of Phaselis, the study area, is located in the south west of Antalya Province, north of Tekirova. This ancient city is one of the important tourism centers of Antalya. According to the data of the Central Directorate of Rotary Capital Management under the Ministry of Culture and Tourism of the Republic of Turkey, it has hosted an average of 204,122 visitors in the last four years.

It is very important for both human health and Antalya province economy to determine the heavy metal anomalies in the beach sands of Phaselis Ancient City, which has such an important place in terms of tourism, and to make works aimed at improvement if deemed necessary.

In order to be consistent with the work, samples were systematically taken from the field. Glow loss, sieve analysis, XRF and XRD analyses were applied on the samples taken. Considering the results of the analysis and literature studies obtained, it was tried to determine the heavy metal content. Enrichment factor, geo-accumulation index and contamination factor were calculated with the elements identified in the sample. The data obtained as a result of all the analysis and examinations and the views, maps and calculations about the coast of Phaselis Ancient City are supported and explained.

KEYWORDS: contamination factor, enrichment factor, geoaccumulation index, heavy metal, pollution indices, statistics

COMMITTEE: Prof. Dr. M. Gürhan YALÇIN

Prof. Dr. Nurdane İLBEYLİ

Assoc. Prof. Dr. Yusuf URAS

ÖNSÖZ

Bu çalışma, değerli danışmanım Prof. Dr. M. Gürhan Yalçın'ın katkılarıyla gerçekleşmiştir. Sanayileşmenin, maden çalışmalarının ve bu sebeplerden doğan çevresel etkilerin hızla artması, Phaselis Antik Kent'i sahilinde de plaj kumlarındaki ağır metal konsantrasyonları ile ilgili çalışmaların her geçen gün önem kazanmasına sebep olmaktadır.

Phaselis Antik Kent'i sahilinde, sahil kumları ve sedimanları ile ilgili benzer çalışmalar bulunmamaktadır. Çalışma alanında, yerli ve yabancı turistlerin yoğun olarak ilgi gösterdiği turistik tesislerin olduğu bilinmektedir. Ayrıca çalışma alanı içerisine doğru akan nehir de bir taşıyıcı etkidir. Bu sebeplerden dolayı, çevresel açıdan, Phaselis Antik Kent'i sahil kumlarında ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi ihtiyacı doğmuştur. Bu çalışma daha sonra yapılacak olan çalışmalara yol göstermesi açısından önem teşkil etmektedir.

Çalışma alanına ait yüksek lisans tezimin dışındaki ağır metal çalışmalarına ek olarak, litolojik özellikler ortaya konulacak ve ağır metaller açısından çevresel problemler belirlenecektir. Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmanın, üniversitede ve benzeri konularda yapılan çalışmalara katkıda bulunmasını dilerim.

Bu çalışmanın hazırlanması sırasında, yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen ve bilimsel katkılarıyla daima ileriye yönlendiren danışmanım Prof. Dr. M. Gürhan Yalçın'a, özellikle teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Ayrıca tanıdığım günden beri her anımda yanımda olan ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen çalışma arkadaşım İremnur Gökdağ'a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Bu tez Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından FYL-2018-4089 nolu proje ile desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
AKADEMİK BEYAN	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışma Alanı	1
1.2. Çalışma Amacı	1
2. KAYNAK TARAMASI	2
2.1. Bölgesel Jeoloji	2
2.1.1. Stratigrafi	3
2.1.2. Neotokton örtü kayaları	6
3. MATERYAL VE METOD	7
3.1. Arazi Çalışmaları	7
3.2. Laboratuvar Çalışmaları	7
3.3. Ofis Çalışmaları	11
4. BULGULAR	12
4.1. Numunelere Ait Lokasyon Özellikleri	12
4.2. Dane Boyu Dağılımı ve Elek Analizi	16
4.3. Kızdırma Kaybı Değerlerinin Hesaplanması	18
4.4. Ağır Metal İçeriğinin Belirlenmesi	19
4.4.1. X-Işınları floresans spektrometresi (XRF)	19
4.4.2. X-Işını Difraktometresi (XRD)	21
4.4.3. İstatistiksel Analiz	24
4.4.4. Kirlilik İndekslerinin Hesaplanması	29
4.4.5. Ağır Metallerin Kriging Yöntemi ile Haritalanması	40
5. TARTIŞMA	42
6. SONUÇLAR	44
7. KAYNAKÇA	47
8. EKLER	50
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Phaselis (Antalya) Plaj Kumlarının Ağır Metal İçerikleri, Kökeni, Mekânsal Analizi ve Kirlilik Endeksleri” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

23/06/2020

Emir Can ÖZÇELİK



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
⁰ C	: Santigrat derece
Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
Ba	: Baryum
Br	: Brom
Ca	: Kalsiyum
Cl	: Klor
cm	: Santimetre
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
D	: Doğu
Fe	: Demir
Ga	: Galyum
GD	: Güneydoğu
gr	: Gram
K	: Kuzey
K	: Potasyum
KB	: Kuzeybatı
km	: Kilometre
m	: Metre
Mg	: Magnezyum

Mn : Mangan
mPa : Mega paskal
Ni : Nikel
O : Oksijen
P : Fosfor
Pb : Kurşun
Rb : Rubidyum
S : Sülfür
Si : Silisyum
SiO₂ : Silisyum dioksit
Sn : Kalay
Sr : Stronsiyum
Ti : Titanyum
V : Vanadyum
Y : İtriyum
Zn : Çinko
Zr : Zirkon

Kısaltmalar

Cd : Kontaminasyon derecesi
Cf : Kontaminasyon faktörü
Ef : Zenginleşme faktörü
Igeo : Jeobirikim İndeksi
mCd : Modifiye kontaminasyon derecesi
MTA : Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
PLI : Kirlilik yük indeksi

ppm : Milyon da bir birim

XRD : X-Işını Difraktometresi

XRF : X ışını floresansı

Bu tezde ondalık yazımlarda “.” kullanılmıştır.



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Yer bulduru haritası	1
Şekil 2.1. Jeoloji haritası (Juteau ve Whitechurch 1980; Bağcı ve Parlak 2009'dan değiştirilerek alınmıştır).....	2
Şekil 3.1. Laboratuvara getirilen numuneler.....	7
Şekil 3.2. Numunelerin kurutulması.....	8
Şekil 3.3. Elek seti ve titreşim cihazı.....	8
Şekil 3.4. Havanlı öğütücü.....	9
Şekil 3.5. Etüv fırını.....	9
Şekil 3.6. Homojen karıştırma işlemi	10
Şekil 3.7. Basınç makinası	10
Şekil 3.8. Pellet ölçeği	10
Şekil 3.9. Rigaku NexCG XRF cihazı	11
Şekil 4.1. EC-1 lokasyonuna ait XRD analiz sonucu	22
Şekil 4.2. EC-2 lokasyonuna ait XRD analiz sonucu	22
Şekil 4.3. EC-3 lokasyonuna ait XRD analiz sonucu	23
Şekil 4.4. EC-4 lokasyonuna ait XRD analiz sonucu	23
Şekil 4.5. EC-5 lokasyonuna ait XRD analiz sonucu	24
Şekil 4.6. Dendogram analizi	26
Şekil 4.7. As, Co, Cr ve Cu elementlerinin kriging haritaları.....	40
Şekil 4.8. Fe, Mn, Ni ve Pb elementlerinin kriging haritaları.....	41
Şekil 4.9. Sn, Ti, V ve Zn elementlerinin kriging haritaları	41

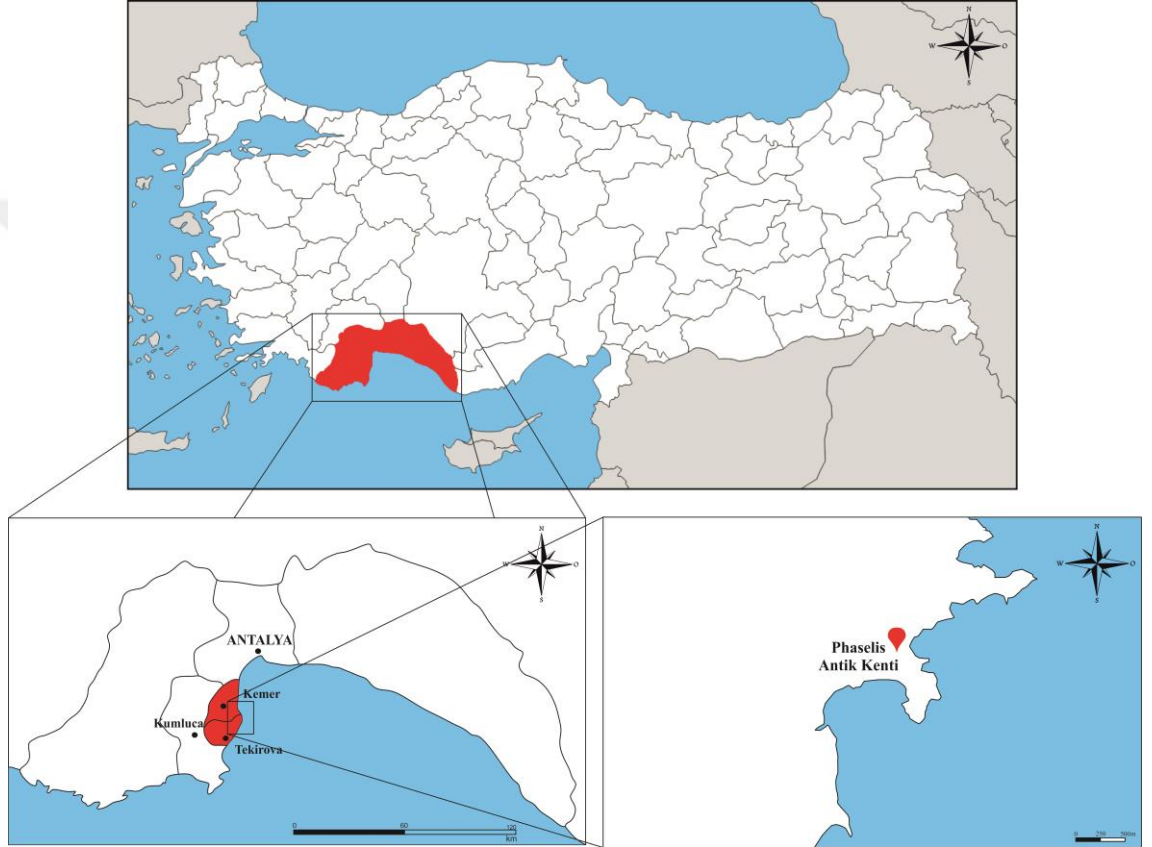
ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Lokasyon bilgileri	12
Çizelge 4.2. Elek analizi sonuçları	17
Çizelge 4.3. Kızdırma kaybı değerleri	18
Çizelge 4.4. XRF analiz sonuçları – 1	20
Çizelge 4.5. XRF analiz sonuçları – 2	21
Çizelge 4.6. Korelasyon değeri sınıflandırılması	25
Çizelge 4.7.Ölçülmüş element konsantrasyonlarına ait korelasyon tablosu.....	27
Çizelge 4.8. Phaselis sahiline ait numunelerin faktör analizi değerleri	28
Çizelge 4.9. Phaselis sahili numunelerine ait Model Summary değerleri	29
Çizelge 4.10. Phaselis sahili numunelerine ait Anova değeri	29
Çizelge 4.11. Kontaminasyon faktörü sınıflaması (Hakanson 1980)	29
Çizelge 4.12. Kontaminasyon derecesi sınıflaması (Hakanson 1980)	30
Çizelge 4.13. Modifiye kontaminasyon derecesi sınıflaması(Abrahim ve Parker.2008)	30
Çizelge 4.14. Kirlilik yük indeksi sınıflaması (Chakravarty ve Patgiri 2009).....	31
Çizelge 4.15. İstasyonlara ait kirlilik indeksleri	32
Çizelge 4.16. Kirlilik yük indeksi sınıflaması (Sutherland 2000).....	34
Çizelge 4.17. İstasyonlara ait zenginleşme faktörü değerleri	35
Çizelge 4.18. Jeo-birikim indeksi sınıflaması (Muller 1969)	37
Çizelge 4.19. İstasyonlara ait jeo-birikim endeksi değerleri.....	38

1. GİRİŞ

1.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olan Phaselis, Antalya'nın güney batısında, Tekirova'nın kuzeyinde ve Çamyuva'nın güneyinde yer almaktadır. Bölge 1/100.000 ölçekli O25 paftası içerisine girmektedir. Bölgenin jeolojik çalışmaları MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü) tarafından yapılmıştır. İnceleme alanının yer bulduru haritası Şekil. 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Yer bulduru haritası

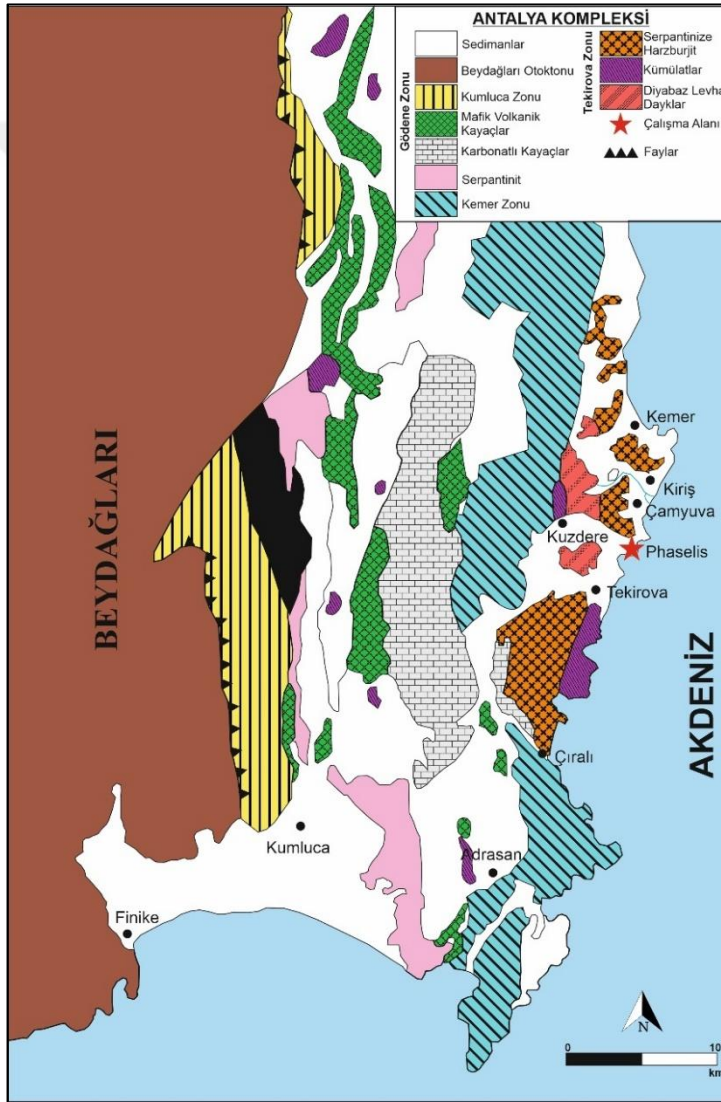
1.2. Çalışma Amacı

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı programında, Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmada Antalya İli'nin önemli turizm merkezlerinden olan Phaselis Antik Kenti sahil kumlarının ağır metal içeriği tespit edilmiş ve elde edilen verilere göre bölgenin ağır metal anomalisinin kökeni hakkında çıkarımlarda bulunulmuştur.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanı olan Phaselis sahili, Kemer – Kumluca boyunca ilerleyen Batı Torosların eteklerinde yer almaktadır. Antalya'nın güney batısında 1/100000 ölçekli O25 paftasında bulunmaktadır. Batı Toroslar, içerisinde farklı yaş ve litolojiye sahip birimler barındırmaktadır. Bu birimler çoğunlukla sertleşmiş kayalar olup, yeşil, siyah renkli masif görünümlü çıkıntı yüzeyler şeklindedir (Yalçın vd. 2015). Koyu renkli gabbro ve diyoritler tabakalı daykaları kesmektedir. İstifin üst kısımlarında etrafı kalsit olan yastık bazaltlar saptanmıştır (Yalçın vd. 2015).



Şekil 2.1. Jeoloji haritası (Juteau ve Whitechurch 1980; Bağcı ve Parlak 2009'dan değiştirilerek alınmıştır)

Tahtalıdağ napının bazen üstünde bazen ise altında, tektonik parçalar halinde Tekirova ofiyolit napı bulunmaktadır (Juteau 1975; Reuber 1982). Tekirova ofiyoliti,

Kırkdirek formasyonunu kapsamaktadır (Şenel vd. 1981). Ofiyolit napının kalınlığının 0 – 6000 m arasında olduğu bilinmektedir. Tekirova ofiyolitinin, Neotetisin güney kolundan olduğu ve Üst Kretase yaşlı olduğu belirtilmektedir (Yılmaz 1981).

Tekirova ofiyolit napı içerisinde, bazik volkanit, diyabaz, kireçtaşı, gabro, kumtaşı, çört, şeyl, radyolarit bulunmaktadır. Rauber (1982) ofiyolitleri beş grup halinde sınıflandırmıştır. Bunlar; sepantinit, dünit, verlit, harzburjit ve gabrodur. Serpantinit genellikle tektonik zonlarda görülmektedir (Rauber 1982). Harzburjit; lerzolitik, masif ve bantlı harzburjitlerden oluşmakta iken dünit; diyabaz daykları ve perlitlerden oluşmaktadır (Reuber 1982). Dünit ve proksenler verliti oluştururken, gabroyu tabakalı ve izotropik gabrolar meydana getirmektedir (Reuber 1982).

2.1.1. Stratigrafi

Batı Toroslar; allokton konumlu Antalya napları ile bu birim üzerinde neotokton örtü kayaları olarak bilinen Burdigaliyen yaşlı Kiriş formasyonu, geç Burdigaliyen yaşlı Karpuzçay formasyonu, erken Messiniyen yaşlı Taşlık formasyonu, geç Pliyosen yaşlı Yenimahalle formasyonu ile Kurşunlu formasyonu ve Kuvaterner yaşlı Antalya travertenini ayrıca konglomeralar, yamaç molozları, plaj oluşukları, alüvyonlar ve birikinti konileri bulunmaktadır (Şenel vd. 1981).

A. Antalya Napları

Lefevre (1967), Antalya naplarını tanımladıktan sonra, Brunn ve diğerleri (1971); Alt nap, Orta nap ve Üst nap olarak isimlendirmişlerdir. Daha sonra Antalya napları Şenel ve diğerleri (1992; 1996) tarafından Tekirova ofiyoliti, Alakırçay napı, Çataltepe napı ve Tahtalıdağ napı olarak tekrardan bölümlendirilmiştir.

• Alakırçay Napı

Alakırçay napı; Alakırçay ve Kumluca birimlerinden oluşmakta olup, Çataktepe napının üzerinde ve Tahtalıdağ napının altında bulunmaktadır (Şenel vd. 1981). Şenel ve diğerleri (1981) tarafından isimlendirilern Alakırçay grubu (TRa), geç Anisiyen – Noriyen yaşlı olup düşey ve yanal yönde birbirleri içine geçmiş radyolarit, çört, split, şeyl, bazalt gibi yapılardan oluşmaktadır. Bu sebep ile karmaşık bir yapı gözlenmektedir. Keçili formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülen Alakırçay grubu, Anisiyen döneminin ortalarında platformun yarılması sonucunda oluşan çöküntülerde birikerek meydana gelmiştir (Şenel vd. 1981).

Tesbihli formasyonu; genellikle tabakalı çörtler bulunduran bir birimdir ve Kalafatçıoğlu (1973) tarafından isimlendirilmiştir. Tesbihli formasyonu; ince – orta tabakalı, genellikle yeşil, gri, kırmızı, kirli sarı, mavi renklerdeki radyolarit, şeyl ve çörtlerden oluşmaktadır (Şenel vd. 1981). Birimin tavanında ve tabanında çörtlü kireçtaşı yapılarına sıkça rastlamak mümkündür. Formasyonun kalınlığı 20 – 70 m arasında görülmektedir (Şenel vd. 1981).

Gökdere formasyonu; kireçtaşlarından meydana gelmiş olup Kalafatçıoğlu (1971) tarafından isimlendirilmiştir. Alakırçay grubunun içinde her seviyede rastlanılan bu formasyon, ince – orta tabakalı, açık gri, krem renklerinde bulunmaktadır. Birimin kalınlığı 10 – 350 m arasında değişmektedir. Formasyonun içinde bulunan ammonit izleri (Marcoux 1977) ve foraminiferler (Şenel vd. 1981) incelenerek birimin yaşının Anisiyen – Noriyen olduğu saptanmıştır.

Çandır formasyonu; kumtaşı ve şellerden oluşmakta olup ilk olarak Kalafatçıoğlu (1973) tarafından isimlendirilmiştir. Formasyonun içinde ayrıca yapraklanma gösteren kilitaşlarıda bulunmaktadır. Bazı bölgelerde gri, yeşil renkli konglomera, killi kumlu kireçtaşları bulunmaktadır (Şenel vd. 1981). Birim düşey ve yanal yönde Tesbihli ve Gökdere formasyonları ile geçişli olarak görülmektedir (Şenel vd. 1981). Alakırçay grubunun yapısal özelliklerine göre yaşı Anisiyen – Noriyen olarak saptanmıştır (Şenel vd. 1981).

Kardere formasyonu; Juteau ve Marcoux (1973) tarafından isimlendirilen birim, koyu kahverengi, yeşilimsi siyah renklerde bazik volkanitlerce zangindir. Yer yer aglomera seviyeleri, çört ve şeyl birimleri gözlenmektedir (Şenel vd. 1981). Formasyonun üst kısımlarında kıxıl renkli ammonitler görülmektedir (Şenel vd. 1981). Birim 0 – 700 m arasında, konumuna göre Ladiniyen – Noriyen yaşlı olarak bilinmektedir (Şenel vd. 1981).

Keçili formasyonu; Juteau (1975) tarafından Keçili detritikleri olarak tanımlanır ien, Şenel ve diğerleri (1981) tarafından Keçili formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Formasyon, Antalya naplarını oluşturan bütün birimlerde gözlenmektedir. Birimde, mikrit, kırıntılı kumtaşı, konglomera, silttaşı, marn ve kireçtaşları gözlenmektedir. Yer yer Antalya naplarından türemiş bloklar içeren kumtaşı, kırıntılı kayalar bulunmaktadır (Şenel vd. 1981). Bölgede kıvrımlanma ve kırılma gibi tektonik yapılara rastlanmıştır (Şenel vd. 1981). Birimin kalınlığı 0 – 670 m arasında değişmektedir. Formasyonun yaşı geç Kampaniyen – Maastrichtiyen olarak belirlenmiştir (M. Serdaroğlu, Şenel 1986).

- **Tahtalıdağ Napı**

Yapısal olarak Alakırçay napının üzerinde bulunan Tahtalıdağ napı genellikle Kambriyen – Geç Kretase yaşlı olup platform tipi çökellerden meydana gelmiştir (Şenel vd. 1981). Birbirinden farklı yapısal birimlerden oluşan Tahtalıdağ napı (Marcoux, 1979, Şenel vd. 1992); Seydişehir formasyonu, Güneyyaka formasyonu, Pamucakyayla formasyonu, Dinek formasyonu, Kızılbağ formasyonu, Kesmeköprü formasyonu Gökdere formasyonu ve Tekedağ formasyonunda oluşmaktadır (Şenel vd. 1992).

Seydişehir formasyonu; Blumenthal (1974) tarafından isimlendirilmiştir. Formasyon; ince – orta tabakalı gri, hanverengi, yeşil renklerde kumtaşı, şeyl ve kilitaşlarından oluşmaktadır (Şenel vd. 1992). Birimin kalınlığı 350 m civarında olup alt ilişkisinin tektonik olduğu bilinmektedir (Şenel vd. 1992). Seydişehir formasyonunun yaşının Geç Kambriyen – Erken Ordovisiyen olduğu söylenmektedir (Şenel vd. 1992).

Güneyyaka formasyonu; Demirtaşlı (1987) tarafından isimlendirilmiştir. Formasyon genellikle ile dolomitlerden oluşurken, gri, yeşil, sarı renklerde kumtaşı, silttaşı ve kilaşınada rastlanmıştır (Şenel vd. 1981). Birimin kalınlığı yaklaşık 350 metredir. Güneyyaka formasyonu, Seydişehir formasyonunun üzerinde uyumsuz olarak gözlenmektedir. Formasyonun yaşı, konodont formlara (Şenel vd. 1996) ve mercanlara (Şenel vd. 1996) bakılarak Erken – Orta Devoniyen olarak saptanmıştır.

Pamucakyayla formasyonu; Şenel ve diğerleri (1981) tarafından isimlendirilmiştir. Formasyon orta – kalın tabakalı olup genellikle kremi sarı, bej ve pembe renklerde kumtaşı ve şeyllerden meydana gelmektedir (Şenel vd. 1981). Birimin kalınlığı yaklaşık olarak 360 metredir.

Dinek formasyonu; Kalafatçıoğlu (1973) tarafından isimlendirilmiştir. Formasyon orta – kalın – ince tabakalı olup gri ve siyah renklerde kireçtaşı, şeyl ve dolomitlerden oluşmaktadır (Şenel vd. 1981). Kesmeköprü formasyonu ile uyumsuz olan Dinek formasyonunun kalınlığı yaklaşık olarak 280 metredir. Bölgede makrofosil izleri taşıyan formlara bakılarak (Kalafatçıoğlu 1973) yaşının Geç Permiyen olduğu bulunmuştur.

Kızılbağ formasyonu; Demirtaşlı (1987) tarafından isimlendirilmiştir. Genelde dolomitlerden oluşan formasyon, gri, siyah renklerde dolomitik kireçtaşları da içermektedir. Birim Erken – Orta Devoniyen yaşlı kayaçlar üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır (Şenel vd. 1992; 1996). Birim, bölgede ki formlara göre (Kalafatçıoğlu 1973) Geç Permiyen yaşlıdır.

Kesmeköprü formasyonu; Marcoux (1977) tarafından isimlendirilmiştir. Genelde marnlardan oluşan formasyon, kirli sarı, yeşil, pembe, kırmızı, gri renklerde kireçtaşı, kilaşı ve yer yer jipslerde bulundurmaktadır (Şenel vd. 1981). Üstünde bulunan Gökdere formasyonu tarafından birim uyumsuz olarak örtülmektedir. Kesmeköprü formasyonunun yaşı Skitiyen – Erken Anisiyen olarak saptanmıştır (Şenel vd. 1986).

Tekedağı formasyonu; Şenel ve diğerleri (1981) tarafından isimlendirilmiştir. Genellikle netritik kireçtaşlarından oluşan formasyon, orta – kalın tabakalı krem, açık gri, sarı, pembe renklerde kireçtaşlarında içermektedir (Şenel vd. 1981). Birimin kalınlığı yaklaşık olarak 1200 metredir. Tekedağı formasyonunu üstünde bulunan Keçili formasyonu uyumsuz olarak örtmektedir (Şenel vd. 1981). Birimin yaşı Resiyen – Senomaniyen olarak bilinmektedir (Şenel vd. 1981).

- **Tekirova Ofiyolit Napı**

Tekirova ofiyolit napı Jeteau (1975) ve Reuber (1982) tarafından isimlendirilmiş olup genellikle mafik ve ultramafik kayalardan oluşmaktadır. Tekirova ofiyolit napı hatzburjit, dünit, gablo ve diyabazlardan meydana gelmiştir. Tekirova ofiyolit napının oluşum yaşının Kretase olduğu düşünülmektedir (Yılmaz 1981).

2.1.2. Neotokton örtü kayaları

A. Miyosen

- **Kiriş Formasyonu (Tmk)**

Kiriş formasyonu, Şenel (1997) tarafından adlandırılmış olup, kirli sarı, kirli beyaz renkte ince – orta tabakalı killi kireçtaşı ve marnlardan oluşmaktadır. Formasyon Tekirova ofiyoliti üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır. Birimin kalınlığı yaklaşık 300 metredir. Kiriş formasyonu Burdagaliyen yaşlı olarak bilinmektedir (Şenel vd. 1986). Birimin yamaç havza olarak çökeldiği gözlenmektedir (Şenel 1971).

- **Karpuzçay Formasyonu (Tmka)**

Karpuzçay formasyonu, Akay ve Uysal (1985) tarafından adlandırılmış olup, bej, krem, gri, yeşil renklerde ince – orta tabakalı kumtaşı, kiltası, silttaşı birimlerinden oluşmaktadır. Birim, Antalya napları üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır.

B. Kuvaterner

Bölgede, orta – ince tabakalı “Antalya traverteni (Qa)” (Akay ve Uysal 1985), yuvarlak çakıllı, kum ve çamur destekli “Belkıs konglomerası (Qb)” (Blumenthal 1951), yamaç molozlarından oluşmuş “Eski yamaç molozu ve birikinti konisi (Q1ym)”, dağ yamaç ve eteklerinde bulunan “Yamaç molozu ve birikinti konisi (Qym)”, genellikle çakıl ve bloklardan oluşmuş “Alüvyon yelpazesi (Qay)”, nehir yataklarında bulunan “Alüvyon (Qal)”, deniz kenarı boyunca gözlenen “Kumul (Qk)” ve kıyı boyunca biriken “Plaj oluşukları (Qp)” bulunmaktadır (Şenel vd. 1981).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Arazi Çalışmaları

Çalışma kapsamında ilk olarak inceleme alanı olan Phaselis Antik Kenti sahiline, keşif yapmak amacı ile gidilmiştir. Sahil boyu, tane özellikleri ve ulaşım gibi faktörlerin değerlendirilmesi sonucu gerekli ekipmanlar ile birlikte arazi çalışmalarını gerçekleştirebilmek için araziye çıkılmıştır. Arazi çalışmalarında; numune alımı, lokasyonların GPS (Global Positioning System) aracılığı ile kaydedilmesi ve fotoğraf çekimi yapılmıştır.

Numuneler her 100 m’de bir olmak üzere; denizden yaklaşık 10 m içeride ve 10 – 15 cm derinlikten alınmıştır. Numunelerin atmosferik ve çevresel koşullardan minimum derecede etkilenmesi için numuneler kazılarak alınmıştır. Arazi boyunca 40 adet numune alınarak arazi çalışması tamamlanmıştır. Alınan numuneler bulundukları lokasyon numarasına göre kodlanarak laboratuvar ortamına getirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Laboratuvara getirilen numuneler

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar ortamına getirilen numunler torbalarından çıkarılarak, ayrı ayrı düz bir zemine serilmiş ve içerdikleri nemi atabilmeleri amacı ile yaklaşık 7 gün boyunca oda şartlarında kurumaları beklenmiştir. Sonraki aşamaları gerçekleştirebilmek için bu aşama oldukça önemlidir.



Şekil 3.2. Numunelerin kurutulması

Oda şartlarında bekletilen numuneler dane boyu dağılımını belirleyebilmek için elek analizi yapılmıştır. Elek analizi için numuneler çeyreklemeye yöntemi ile ayrılarak, 100 gr olacak şekilde tartılmıştır. Daha sonra numuneler, 20 cm çapında; 6,3 – 4 – 2 – 1 – 0,5 – 0,25 – 0,125 – 0,063 mm aralığındaki eleklerden ve tavadan oluşan elek setinden geçirilmiştir. Bunun için elek seti bir vibratör yardımı ile 10 dakika boyunca sallanmıştır. Her bir elekte kalan numuneler tartılarak kaydedilmiştir. En küçük tane boyuna indirgenebilmek için tavada kalan numuneler kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Elek seti ve titreşim cihazı

Daha sonra tavada kalan numuneler havanlı öğütücü kullanılarak homojenize edilmiştir. Kızdırma kaybını hesaplamak için pudralaştırılarak homojenize hale getirilen numuneler 10^{-5} hassasiyete sahip terazi ile tartıldıktan sonra, 105 °C’de 24 saat etüvlenmiştir. Etüvden çıkarılan numuneler tekrar tartılarak kızdırma kaybı

belirlenmiştir. Kızdırma kaybı ile hesaplanan su ve nem kaybı değerleri XRF analizini yapabilmek için kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Havanlı öğütücü



Şekil 3.5. Etüv fırını

Kızdırma kaybı da hesaplanan numuneler artık kimyasal analiz için hazır hale gelmiştir. Kimyasal analiz yapabilmek için pudralaştırılarak homojenize hale getirilen numuneler, kohezyonunu arttırmak amacı ile 4 gr numuneye 2 gr borik asit olacak şekilde ağırlıklı havanda homojen bir şekilde karıştırılarak, pres makinesi yardımı ile 15 mPa basınç altında yaklaşık 1 dk boyunca sıkıştırılıp pellet hale getirilmiştir.



Şekil 3.6. Homojen karıştırma işlemi

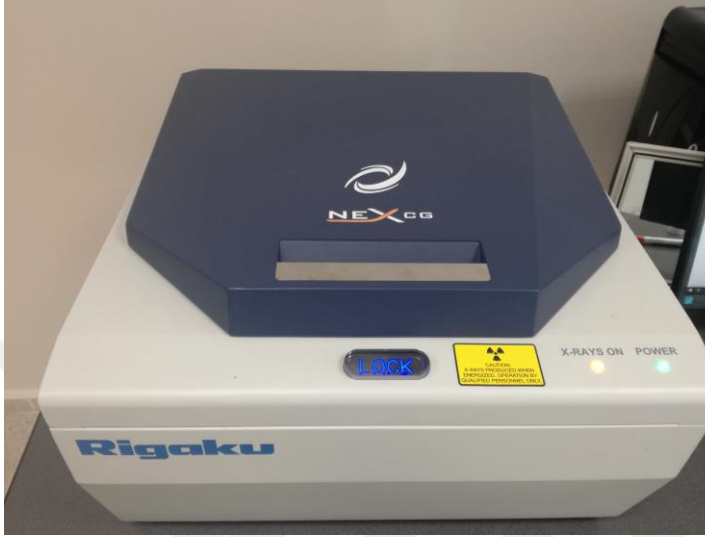


Şekil 3.7. Basınç makinası



Şekil 3.8. Pellet ölçeği

Numunelerin içerisindeki elementleri ppm, ppb ve/veya ‘%’ bazında belirleyebilmek amacı ile XRF (X-Işını Floresans Spektrometresi) analizi yapılmıştır. Analiz için Rigaku NEXCG marka cihaz kullanılmıştır. XRF analizi sonucunda Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Y, Sn, Pb, V, Ga ve As elementleri ppm bazında belirlenmiştir.



Şekil 3.9. Rigaku NexCG XRF cihazı

Gerekli görülen lokasyonlar için numunelerin bir kısmı ayrılarak, XRD (X-Işını Difraktometresi) analizi yaptırılmak üzere laboratuvara gönderilmiştir. Bunun sonucunda numunelerin içerisindeki minerallerin tanımlaması yapılmıştır.

3.3. Ofis Çalışmaları

Ofis çalışmaları tez konusunun belirlenmesinden, tez teslimine kadar devam eden bir süreçtir. Bu süreç boyunca bölge hakkında detaylı bilgi edinebilmek için birçok araştırma yapılmıştır. Önceki çalışmalar, raporlar, yayınlar incelenmiş ve literatür taraması yapılmıştır. Bölgenin jeolojisi hakkında detaylı bilgi sahibi olabilmek amacı ile MTA’dan O25 paftası temin edilmiştir. Çalışma boyunca elde edilen veriler derlenerek, gerekli hesaplamalar yapılmış ve çalışmada yer alacak olan haritalar, şekiller ve tablolar hazırlanmıştır. Fotoğraflar düzenlenmiştir. Bölgeden alınan bütün numunelerin lokasyonları harita üzerine işlenmiştir.

4. BULGULAR

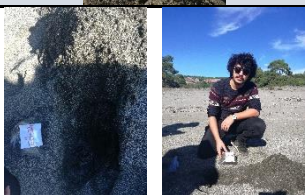
4.1. Numunelere Ait Lokasyon Özellikleri

Phaselis Antik Kenti'nin sahilinden sistematik olarak alınan numunelerin GPS cihazı yardımı ile koordinatları kaydedilmiştir. Alınan koordinatlar **Çizelge 4.1.**'de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Lokasyon bilgileri

Örnek No	Enlem (°)	Boylam (°)	Numunenin Alındığı Yer ve Yerin Özellikleri	Numunenin Alındığı Yerin Fotoğrafları
EÖ-1	36.53631326	30.55739393	Phaselis Sahili	
EÖ-2	36.53622311	30.5571123	Phaselis Sahili	
EÖ-3	36.53604638	30.55693679	Phaselis Sahili	
EÖ-4	36.53593104	30.55682581	Phaselis Sahili	
EÖ-5	36.53564744	30.55671659	Phaselis Sahili	
EÖ-6	36.53527009	30.55680427	Phaselis Sahili	

EÖ-7	36.53483519	30.55691198	Phaselis Sahili	
EÖ-8	36.52801786	30.55181754	Phaselis Sahili	
EÖ-9	36.52750912	30.55135586	Phaselis Sahili	
EÖ-10	36.52709824	30.55121731	Phaselis Sahili	
EÖ-11	36.52643715	30.55124857	Phaselis Sahili	
EÖ-12	36.52604111	30.55163817	Phaselis Sahili	
EÖ-13	36.52576539	30.55295957	Phaselis Sahili	
EÖ-14	36.52545869	30.55267526	Phaselis Sahili	
EÖ-15	36.52495431	30.55247636	Phaselis Sahili	

EÖ-16	36.52460961	30.55295337	Phaselis Sahili	
EÖ-17	36.52463085	30.5534096	Phaselis Sahili	
EÖ-18	36.52467473	30.5535764	Phaselis Sahili	
EÖ-19	36.52162515	30.55035708	Phaselis Sahili	
EÖ-20	36.52288985	30.55089746	Phaselis Sahili	
EÖ-21	36.52383235	30.54963229	Phaselis Sahili	
EÖ-22	36.52407995	30.54783672	Phaselis Sahili	
EÖ-23	36.52402727	30.5470536	Phaselis Sahili	
EÖ-24	36.52396495	30.54638715	Phaselis Sahili	

EÖ-25	36.52374518	30.54556883	Phaselis Sahili	
EÖ-26	36.52349984	30.54402681	Phaselis Sahili	
EÖ-27	36.52341984	30.54350621	Phaselis Sahili	
EÖ-28	36.523199	30.543085	Phaselis Sahili	
EÖ-29	36.522961	30.542514	Phaselis Sahili	
EÖ-30	36.522598	30.541886	Phaselis Sahili	
EÖ-31	36.52208108	30.54137997	Phaselis Sahili	
EÖ-32	36.52157343	30.54100086	Phaselis Sahili	
EÖ-33	36.520635	30.541003	Phaselis Sahili	

EÖ-34	36.51974148	30.54123153	Phaselis Sahili	
EÖ-35	36.518839	30.54206452	Phaselis Sahili	
EC-1	36.52408691	30.54762223	Phaselis Sahili	
EC-2	36.52412978	30.54808583	Phaselis Sahili	
EC-3	36.52408377	30.54849135	Phaselis Sahili	
EC-4	36.52394756	30.54933775	Phaselis Sahili	
EC-5	36.53493552	30.55676294	Phaselis Sahili	

4.2. Dane Boyu Dağılımı ve Elek Analizi

Çalışma alanından elde edilen numunelere, bölgenin dane boyu dağılımını belirleyebilmek amacı ile elek analizi yapılmıştır. Öncelikle araziden alınan numuneler laboratuvar ortamında 7 gün bekletildikten sonra, çeyrekleme yöntemi ile ayrılmış ve içerisinden rastgele 100 gr numune tartılmıştır. Tartılan numuneler elek setinin en üst kısmına dökülerek bir vibratör aracılığı ile 10 dakika boyunca sallanarak eleklerden geçmesi sağlanmıştır. Numuneler sırası ile 6,3 – 4 – 2 – 1 – 0,5 – 0,25 – 0,125 ve 0,063 mm açıklıktaki 8 elekten geçirilmiştir. Yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Elek analizi sonuçları

Lokasyon	ELEK ARALIĞI (mm)								
	6,3	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	Tava
EÖ-1	53,2	4,4	11,5	15,3	10,3	4,1	1,1	0,1	0
EÖ-2	48,3	5,4	9,4	12	10,3	9,4	3,2	1,2	0,8
EÖ-3	33,7	5	10,8	14	15,9	14,2	4,6	1,2	0,6
EÖ-4	31,2	5,9	15,8	23,9	12,7	6,9	2,4	0,5	0,7
EÖ-5	32,1	0	0,8	11,4	30,1	21,5	4,1	0	0
EÖ-6	28,2	1,1	2,7	22,2	27,6	15,1	3,1	0	0
EÖ-7	40,4	2,9	10,9	30,5	11	2,6	0,9	0,5	0,3
EÖ-8	36,1	7,6	18,5	20,3	12,5	4	1	0	0
EÖ-9	22,3	4,7	12,2	15,8	26,7	16,6	1,1	0	0,6
EÖ-10	26,4	2,4	10,9	32,7	24,8	2,7	0,1	0	0
EÖ-11	0,6	1,2	1,2	26,1	52,4	17,5	0,9	0,1	0
EÖ-12	31,1	1,4	2,5	20	36	9	0	0	0
EÖ-13	23,7	5,1	23,5	32,5	11,2	2,5	0,8	0,3	0,4
EÖ-14	18,5	19,6	25,4	17,5	13	5,5	0,5	0	0
EÖ-15	37,4	0,8	3	11,9	16,6	24,7	4,1	0,5	1
EÖ-16	0	0	0	2,1	13,3	75,1	9,3	0,1	0,1
EÖ-17	13,5	8,5	14,4	22,1	24,3	15	1,6	0,4	0,2
EÖ-18	11,9	6,5	22,2	24,9	14,3	10,7	5,7	2,1	1,7
EÖ-19	20,4	4,2	8	47,1	20,2	0,1	0	0	0
EÖ-20	0	0	0,1	1,6	6,4	28	60	3,9	0
EÖ-21	5,6	0	0	0	0,1	6,9	79,4	1,3	6,7
EÖ-22	0,8	0	0	0,1	1,9	53,3	43,4	0,4	0,1
EÖ-23	0	0	0	0,1	4,8	69,5	25,6	0	0
EÖ-24	0,6	0	0	0,3	10,8	79,3	8,8	0	0,2
EÖ-25	0	0	0	1	43,2	55	0,8	0	0
EÖ-26	51,6	14,3	27,5	6,6	0	0	0	0	0
EÖ-27	0,5	1,7	5,9	16,8	48,5	24,1	2,3	0,1	0,1
EÖ-28	1,8	0,2	3,3	43,6	37,9	11,5	1,6	0	0,1
EÖ-29	0	0	0,7	16,8	69,5	12,6	0,4	0	0
EÖ-30	0	0	0,6	36,4	62,2	0,8	0	0	0
EÖ-31	31,5	8,5	13	28,7	17,4	0,8	0	0,1	0
EÖ-32	17	18,9	48	16,1	0	0	0	0	0
EÖ-33	69,2	9	11,4	8,1	2,2	0,1	0	0	0
EÖ-34	27,1	26	42,7	4,2	0	0	0	0	0
EÖ-35	99,7	0,3	0	0	0	0	0	0	0
EC-1	0,4	0,3	0	0	3	65	31	0,2	0,1

EC-2	0	0	0	0	1,2	57,9	40,6	0,3	0
EC-3	0	0	0	0	0,9	43,6	54,5	0,9	0,1
EC-4	0,4	0,3	0,1	0	0,7	25,7	67,5	2,6	2,7
EC-5	29,8	2,6	5,8	28,4	21,7	9,9	1,8	0	0

4.3. Kızdırma Kaybı Değerlerinin Hesaplanması

Çalışma alanından alınan 40 adet numune laboratuvar ortamına getirildikten sonra oda sıcaklığında 7 gün boyunca bekletilerek, bünyesindeki suyu kaybetmesi amaçlanmıştır. Daha sonra her bir numune için ayrı ayrı elek analizi yapılmıştır. Sonrasında numuneler kırma öğütme makinası yardımı ile pudra haline getirilmiştir.

Pudralaştırılan numuneler hassas terazi yardımı ile tartılarak elde edilen değerler birinci ölçüm olarak kaydedilmiştir. İkinci işlem olarak numuneler, yaklaşık olarak 110 C sıcaklıkta 24 saat süresine etüvde fırınlanmıştır. Fırınlanarak içindeki nemi kaybeden numuneler tekrar tartılarak elde edilen değerler ikinci ölçüm olarak adlandırılmıştır. İki değer arasındaki fark hesaplanarak numunenin kaybettiği nem yüzde (%) değer olarak Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Kızdırma kaybı değerleri

LOKASYON	İLK ÖLÇÜM	İKİNCİ ÖLÇÜM	KIZDIRMA KAYBI (gr)	KIZDIRMA KAYBI (%)
EÖ-1	8,5	8,48	0,02	0,23529412
EÖ-2	9,46	9,45	0,01	0,10570825
EÖ-3	13	12,95	0,05	0,38461539
EÖ-4	16,64	16,62	0,02	0,12019231
EÖ-5	17,34	17,34	0	0
EÖ-6	21,43	21,43	0	0
EÖ-7	20,36	20,33	0,03	0,14734774
EÖ-8	18,8	18,79	0,01	0,05319149
EÖ-9	28,1	28,07	0,03	0,10676157
EÖ-10	16,79	16,78	0,01	0,05955926
EÖ-11	26,47	26,47	0	0
EÖ-12	20,85	20,84	0,01	0,04796163
EÖ-13	12,6	12,54	0,06	0,47619048
EÖ-14	13,73	13,7	0,03	0,21849964
EÖ-15	22,26	22,19	0,07	0,31446541
EÖ-16	24,42	24,36	0,06	0,24570025
EÖ-17	23,18	23,13	0,05	0,21570319
EÖ-18	20,6	20,48	0,12	0,58252427
EÖ-19	16,63	16,59	0,04	0,24052916

EÖ-20	30,01	29,99	0,02	0,06664445
EÖ-21	37,29	37,24	0,05	0,13408421
EÖ-22	37,43	37,39	0,04	0,10686615
EÖ-23	34,75	34,68	0,07	0,20143885
EÖ-24	32,95	32,84	0,11	0,33383915
EÖ-25	23,33	23,25	0,08	0,34290613
EÖ-26	21,49	21,44	0,05	0,23266636
EÖ-27	19,43	19,38	0,05	0,25733402
EÖ-28	29,32	29,26	0,06	0,20463847
EÖ-29	40,27	40,18	0,09	0,22349143
EÖ-30	29,6	29,52	0,08	0,27027027
EÖ-31	26,74	26,68	0,06	0,22438295
EÖ-32	16,41	16,37	0,04	0,24375381
EÖ-33	16,39	16,37	0,02	0,12202563
EÖ-34	26,47	26,21	0,26	0,98224405
EÖ-35	26,17	26,13	0,04	0,15284677
EC-1	23,75	23,72	0,03	0,12631579
EC-2	21,05	21	0,05	0,23752969
EC-3	30,12	30,08	0,04	0,13280213
EC-4	31,89	31,82	0,07	0,21950455
EC-5	19,26	19,21	0,05	0,2596054

4.4.Ağır Metal İçeriğinin Belirlenmesi

Çalışma alanından alınan numuneler gerekli prosedürler uygulanarak XRF ve XRD analizlerine hazır hale getirilmiştir. Bu analizlerin sonucunda elde edilecek veriler element bazında kullanılacaktır. Elde edilen veriler yüzde (%) ya da milyonda (ppm) olarak işleme alınacaktır. Ağır metal anomali tespiti için; kontaminasyon faktörü (CF), zenginleşme faktörü (EF), jeobirikim indeksi ve kirlilik yük indeksi hesaplanacaktır.

4.4.1. X-Işınları floresans spektrometresi (XRF)

X-ışınları Floresans (XRF) spektroskopisi elementel kompozisyonu belirlemede kullanılan önemli yöntemlerden biridir. Kantitatif (nicel) analiz yapar. XRF ile:

- Si, Al, Ti, Mn, Mg ... gibi ana element oksitleri yüzde (%) ağırlık cinsinden (MnO, MgO ...)
- Rb, Ba, Sr ... gibi eser elementleri,
- Cr, Ni, Co, Cu ve Zn gibi geçiş elementlerini,
- La, Ce, Pr, Nd gibi nadir toprak elementlerinin ppm düzeyinde analiz edilir.

Atom numarası 9 ile 92 arasında olan elementlerin kantitatif analizini yapar. Atom numarası 9'un altında olan elementleri inceleyemez. Kimyasal bağ derecesinde yeterince hassas değildir. XRF genelde 50kV ve 50mA'da çalışır.

Çizelge 4.4. XRF analiz sonuçları – 1

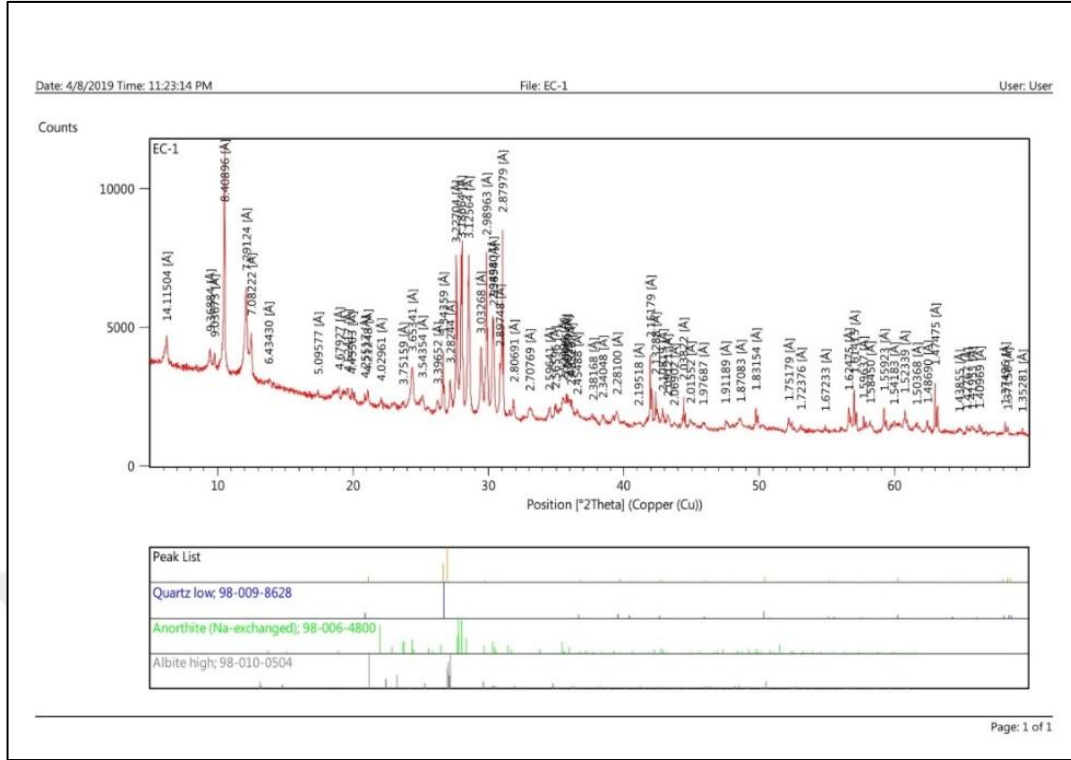
Lokasyon	Elementler											
	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe
EO_1	-	-	438.000,0	584,0	1.550,0	1.500,0	4.640,0	186.000,0	8.570,0	24.200,0	4.020,0	318.000,0
EO_2	-	-	473.000,0	674,0	2.790,0	968,0	7.040,0	152.000,0	9.700,0	20.600,0	4.450,0	316.000,0
EO_3	-	-	481.000,0	674,0	3.760,0	968,0	5.750,0	146.000,0	9.180,0	22.100,0	4.140,0	314.000,0
EO_4	-	-	462.000,0	548,0	1.430,0	1.360,0	-	167.000,0	8.740,0	24.100,0	4.190,0	316.000,0
EO_5	-	-	215.000,0	-	429,0	397,0	-	106.000,0	2.270,0	7.540,0	1.860,0	662.000,0
EO_6	-	11.900,0	84.400,0	-	162,0	161,0	-	39.600,0	-	680,0	619,0	860.000,0
EO_7	107.000,0	12.100,0	84.400,0	57,0	140,0	140,0	-	36.500,0	-	509,0	574,0	756.000,0
EO_8	154.000,0	62.500,0	275.000,0	404,0	1.360,0	2.610,0	2.160,0	364.000,0	5.220,0	3.220,0	2.190,0	121.000,0
EO_9	130.000,0	67.300,0	285.000,0	-	585,0	418,0	1.940,0	350.000,0	8.380,0	4.560,0	2.680,0	143.000,0
EO_10	133.000,0	69.700,0	275.000,0	-	843,0	462,0	1.830,0	383.000,0	6.340,0	3.400,0	2.280,0	119.000,0
EO_11	131.000,0	66.500,0	257.000,0	455,0	977,0	2.440,0	2.490,0	397.000,0	6.880,0	2.530,0	2.080,0	125.000,0
EO_12	78.200,0	68.100,0	204.000,0	526,0	1.690,0	3.390,0	3.610,0	527.000,0	7.290,0	681,0	1.900,0	99.700,0
EO_13	-	103.000,0	345.000,0	1.410,0	451,0	364,0	8.690,0	349.000,0	119.000,0	1.570,0	2.670,0	170.000,0
EO_14	66.000,0	61.700,0	189.000,0	661,0	1.650,0	1.760,0	3.120,0	573.000,0	7.490,0	625,0	1.720,0	88.000,0
EO_15	78.300,0	66.300,0	218.000,0	698,0	1.200,0	966,0	2.970,0	509.000,0	8.980,0	1.510,0	1.760,0	106.000,0
EO_16	36.900,0	25.600,0	83.000,0	123,0	371,0	1.760,0	-	729.000,0	2.370,0	426,0	476,0	775.000,0
EO_17	93.600,0	109.000,0	347.000,0	787,0	1.350,0	2.500,0	-	445.000,0	-	-	-	-
EO_18	-	-	985.000,0	4.890,0	3.370,0	6.180,0	-	-	-	-	-	28,5
EO_19	64.000,0	40.100,0	113.000,0	-	2.290,0	4.670,0	2.520,0	721.000,0	3.110,0	391,0	901,0	44.900,0
EO_20	60.600,0	15.600,0	73.400,0	62,6	213,0	208,0	-	62.300,0	1.840,0	2.980,0	862,0	780.000,0
EO_21	64.200,0	15.000,0	71.000,0	-	174,0	266,0	-	55.800,0	972,0	1.430,0	752,0	789.000,0
EO_22	72.000,0	16.000,0	79.500,0	-	177,0	332,0	-	62.200,0	758,0	1.340,0	1.070,0	765.000,0
EO_23	73.100,0	13.900,0	72.800,0	-	170,0	237,0	-	57.700,0	113,0	163,0	617,0	779.000,0
EO_24	82.900,0	15.000,0	78.800,0	-	211,0	350,0	-	59.200,0	-	204,0	601,0	761.000,0
EO_25	98.300,0	16.200,0	86.100,0	-	296,0	764,0	-	51.800,0	-	-	520,0	744.000,0
EO_26	82.200,0	27.100,0	102.000,0	65,9	156,0	462,0	-	40.300,0	100,0	167,0	555,0	745.000,0
EO_27	82.900,0	18.900,0	87.900,0	-	184,0	504,0	-	49.400,0	260,0	337,0	766,0	757.000,0
EO_28	72.800,0	20.100,0	82.800,0	-	128,0	501,0	-	42.700,0	349,0	781,0	974,0	777.000,0
EO_29	78.200,0	20.800,0	86.800,0	-	145,0	598,0	-	45.600,0	477,0	829,0	694,0	764.000,0
EO_30	92.400,0	18.700,0	86.300,0	-	161,0	505,0	-	38.900,0	-	129,0	533,0	761.000,0
EO_31	99.900,0	20.300,0	95.900,0	-	173,0	658,0	-	40.400,0	-	196,0	695,0	740.000,0
EO_32	77.100,0	24.700,0	91.800,0	-	132,0	432,0	-	41.300,0	172,0	116,0	711,0	762.000,0
EO_33	103.000,0	17.200,0	88.500,0	-	143,0	1.340,0	-	31.000,0	151,0	389,0	594,0	756.000,0
EO_34	421.000,0	21.200,0	374.000,0	-	1.240,0	3.350,0	-	36.100,0	471,0	3.520,0	1.850,0	129.000,0
EO_35	157.000,0	6.190,0	88.400,0	-	234,0	839,0	-	5.300,0	95,4	900,0	536,0	738.000,0
EC_1	66.400,0	16.600,0	83.500,0	-	140,0	190,0	-	59.900,0	1.320,0	2.020,0	862,0	767.000,0
EC_2	71.000,0	16.500,0	81.200,0	-	178,0	299,0	-	60.600,0	593,0	776,0	656,0	767.000,0
EC_3	65.500,0	16.000,0	80.100,0	-	142,0	209,0	-	60.100,0	1.080,0	1.230,0	1.170,0	773.000,0
EC_4	60.900,0	18.400,0	79.500,0	-	102,0	179,0	-	51.500,0	2.490,0	4.410,0	971,0	780.000,0
EC_5	147.000,0	49.800,0	361.000,0	-	2.440,0	2.850,0	3.190,0	387.000,0	5.390,0	10.700,0	4.450,0	934,0

Çizelge 4.5. XRF analiz sonuçları – 2

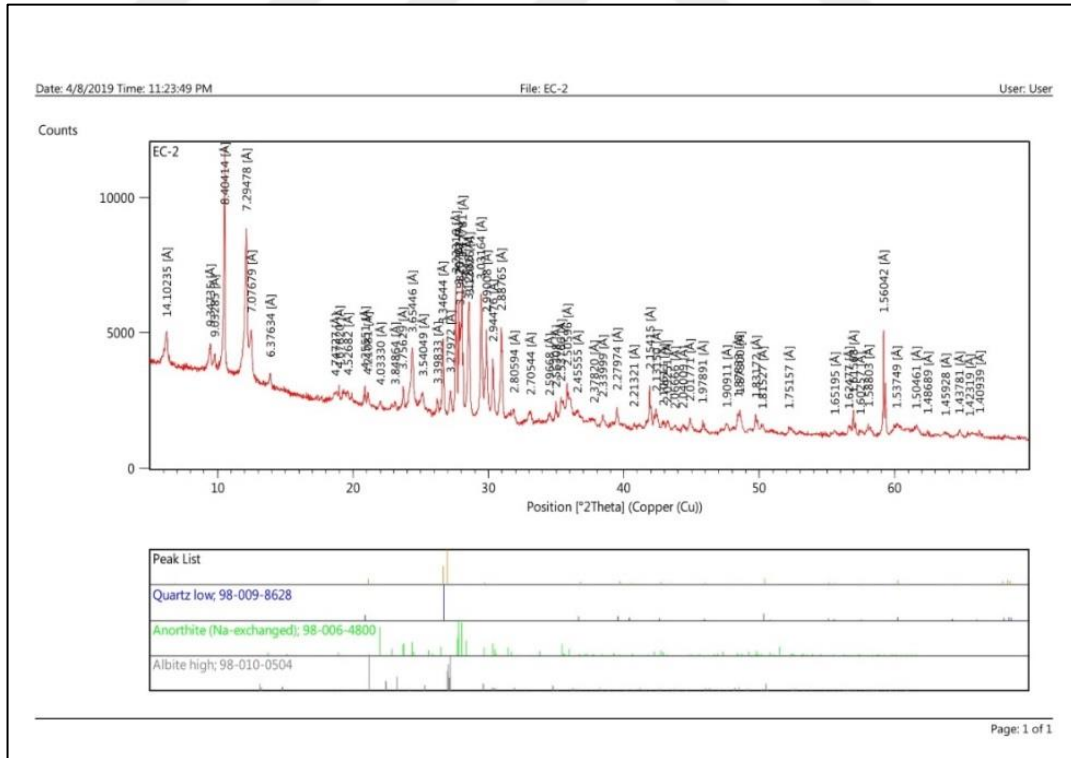
Lokasyon	Elementler												
	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Y	Sn	Pb	V	Ga	As
EO_1	1.920,0	7.220,0	-	517,0	-	-	-	-	199,0	-	-	-	-
EO_2	2.070,0	8.020,0	-	-	-	-	436,0	-	216,0	-	-	-	-
EO_3	1.840,0	7.680,0	-	526,0	-	-	345,0	-	189,0	-	-	-	-
EO_4	2.100,0	8.230,0	-	631,0	-	-	429,0	-	244,0	-	-	-	-
EO_5	677,0	1.920,0	-	149,0	-	-	262,0	-	-	-	-	-	-
EO_6	246,0	868,0	-	36,3	-	-	115,0	-	114,0	-	-	-	-
EO_7	216,0	848,0	-	34,3	-	-	89,6	-	243,0	-	-	-	-
EO_8	673,0	1.360,0	95,3	129,0	22,6	15,6	1.410,0	37,3	108,0	-	-	-	-
EO_9	698,0	795,0	111,0	144,0	-	15,5	637,0	43,4	120,0	-	360,0	33,9	-
EO_10	-	935,0	98,1	124,0	-	15,4	971,0	43,0	108,0	222,0	258,0	-	-
EO_11	-	1.160,0	98,2	147,0	21,0	23,5	1.150,0	48,6	128,0	71,6	269,0	-	-
EO_12	-	325,0	72,1	134,0	36,8	18,0	2.290,0	47,7	114,0	93,9	-	-	-
EO_13	754,0	371,0	236,0	227,0	-	51,2	836,0	75,7	141,0	692,0	492,0	48,1	-
EO_14	-	218,0	85,7	127,0	20,9	18,3	2.760,0	44,8	126,0	88,1	-	-	24,7
EO_15	-	293,0	92,3	153,0	18,2	23,2	2.060,0	57,5	118,0	86,1	-	29,6	-
EO_16	186,0	49,9	-	38,1	11,2	-	194,0	13,3	128,0	-	-	-	-
EO_17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EO_18	-	-	-	-	-	-	-	-	159,0	-	-	-	-
EO_19	-	288,0	73,2	92,8	55,8	-	4.630,0	31,2	130,0	-	-	-	-
EO_20	208,0	280,0	-	53,5	-	-	136,0	8,5	275,0	-	-	-	-
EO_21	190,0	328,0	-	47,1	-	-	151,0	9,3	255,0	-	-	-	14,4
EO_22	193,0	344,0	-	41,8	-	-	170,0	8,4	105,0	-	-	-	13,8
EO_23	202,0	384,0	-	33,5	-	-	206,0	-	120,0	-	-	-	15,7
EO_24	195,0	471,0	-	32,5	-	-	224,0	-	127,0	-	-	-	19,7
EO_25	213,0	724,0	-	29,8	-	-	259,0	-	126,0	-	-	-	25,6
EO_26	180,0	556,0	-	28,1	-	-	91,5	-	126,0	-	-	-	-
EO_27	156,0	376,0	-	28,8	-	-	112,0	-	104,0	-	-	-	12,1
EO_28	181,0	418,0	-	35,3	-	-	66,5	-	257,0	-	-	-	-
EO_29	176,0	350,0	-	31,2	-	-	68,6	-	113,0	-	-	-	-
EO_30	185,0	594,0	-	26,7	-	-	98,4	-	116,0	-	-	-	-
EO_31	196,0	631,0	-	28,2	-	-	84,5	-	86,8	-	-	-	-
EO_32	183,0	481,0	-	27,6	-	-	77,8	-	102,0	-	-	-	-
EO_33	178,0	629,0	-	27,4	-	-	55,0	-	219,0	-	-	-	-
EO_34	962,0	5.420,0	-	131,0	19,2	-	204,0	-	85,1	-	-	-	23,6
EO_35	254,0	1.140,0	-	27,6	-	-	21,0	-	70,6	-	-	-	-
EC_1	212,0	267,0	-	48,9	-	-	127,0	8,2	211,0	-	-	-	10,0
EC_2	191,0	312,0	-	36,9	-	-	158,0	-	119,0	-	-	-	13,7
EC_3	207,0	274,0	-	43,0	-	-	130,0	9,3	112,0	-	-	-	10,5
EC_4	220,0	263,0	-	63,9	-	-	86,9	9,2	113,0	-	-	-	-
EC_5	2.540,0	17.900,0	-	604,0	-	-	2.700,0	-	91,4	-	-	-	113,0

4.4.2. X-Işını Difraktometresi (XRD)

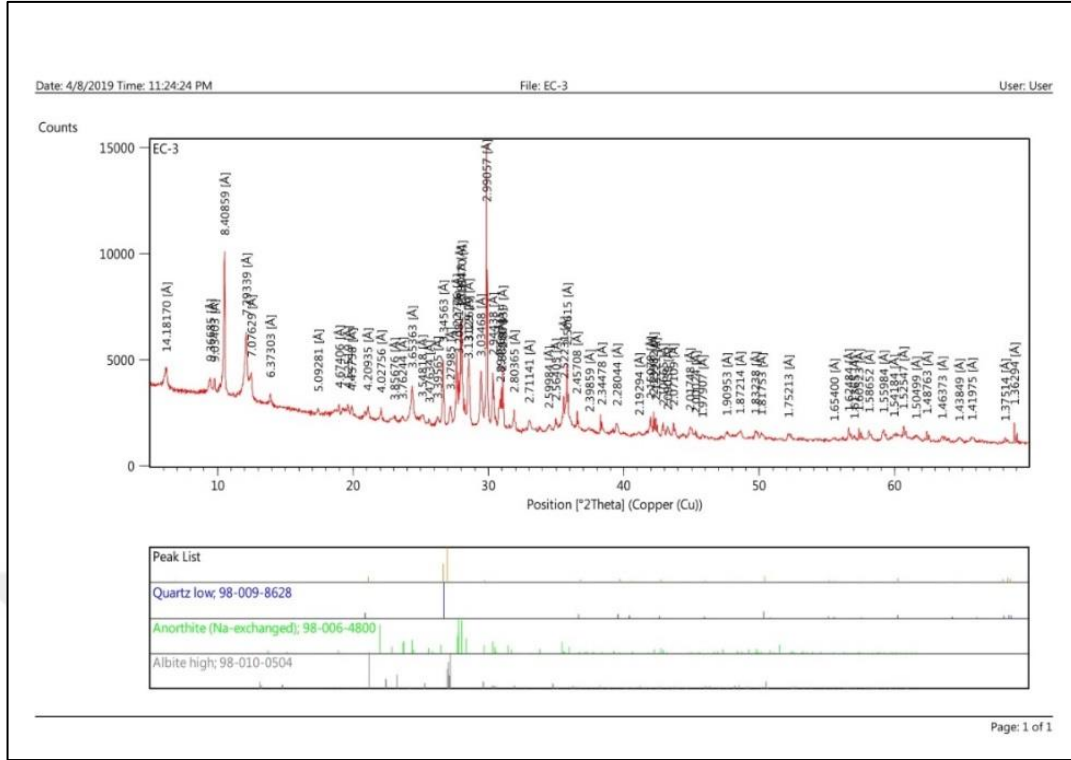
X-Işını Kırınım yöntemi (XRD), her bir kristalin fazın kendine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak, X-ışınlarını karakteristik bir düzen içerisinde kırması esasına dayanır. Her bir kristalin faz için bu kırınım profilleri bir nevi parmak izi gibi o kristali tanımlar. X-Işını Kırınım analiz metodu, analiz sırasında numuneyi tahrip etmez ve çok az miktardaki numunelerin dahi analizlerinin yapılmasını sağlar. X-Işını Kırınım cihazıyla kayaçların, kristalin malzemelerin, ince filmlerin ve polimerlerin nitel ve nicel incelemeleri yapılabilir.



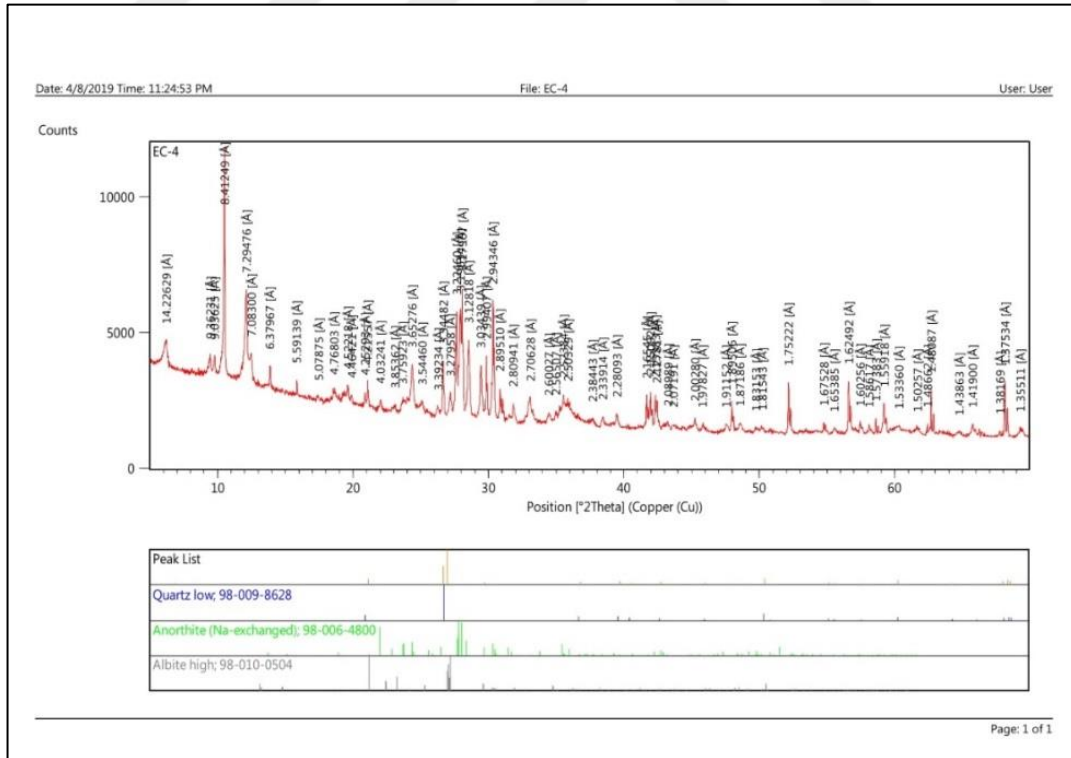
Şekil 4.1. EC-1 lokasyonuna ait XRD analiz sonucu



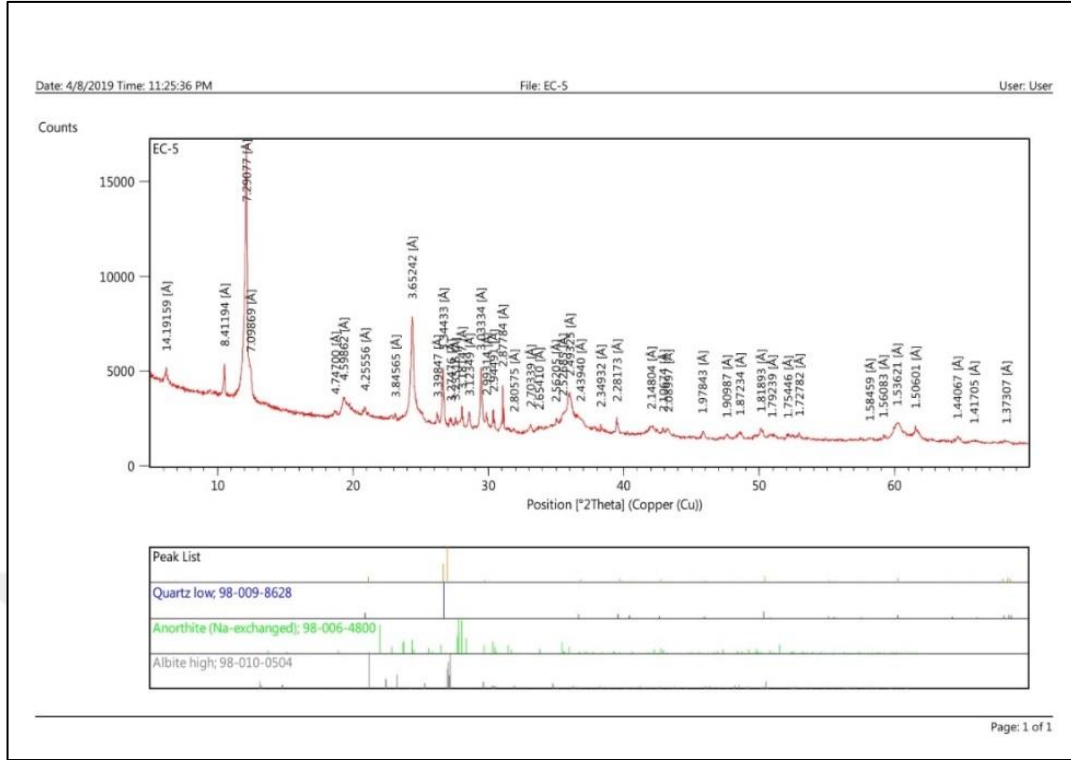
Şekil 4.2. EC-2 lokasyonuna ait XRD analiz sonucu



Şekil 4.3. EC-3 lokasyonuna ait XRD analiz sonucu



Şekil 4.4. EC-4 lokasyonuna ait XRD analiz sonucu



Şekil 4.5. EC-5 lokasyonuna ait XRD analiz sonucu

4.4.3. İstatistiksel Analiz

SPSS (Statistical Package for the Social Sciences 24) programı ile çok değişkenli analiz yöntemleri kullanılarak numunelerden elde edilen verilerin, benzer jeokimyasal özellikleri gözlemlenmiş ve gruplandırılması sağlanmıştır. Verilerin sınıflandırılabilmesi için, Korelasyon analizi, Hiyerarşik dendrogram analizi, Faktör analizi (Total Variance Explained; Component Matrix), Model summary ve Anova analizleri yapılmıştır.

Korelasyon analizi; iki veya daha fazla değişken arasında ki pozitif / negatif ilişkiyi göstermektedir. Korelasyon değeri “r” ile gösterilmektedir. Korelasyon -1 ile +1 arasında değer almaktadır. “(-)**” değeri olan numunelerde negatif yüksek dereceden korelasyon ilişkisi, “(+)**” değeri olan numunelerde pozitif yüksek dereceden korelasyon ilişkisi görülmektedir. “(-)*” değeri olan numunelerde negatif orta dereceden korelasyon ilişkisi, “(+)*” değeri olan numunelerde ise pozitif orta derecen korelasyon ilişkisi görülmektedir.

Çalışma alanı olan Phaselis sahiline ait korelasyon değerleri Çizelge 4.7.’de gösterilmiştir. Kırmızı renk ile gösterilen değerler (+**) elementler arasında pozitif yönde yüksek ilişki olduğunu, sarı renk ile gösterilen değerler ((-)**) ise negatif yönde yüksek ilişki olduğunu belirtmektedir. Kalın punto ile yazılmış olan değerler ise, “(+)*”, “(-)*” değerlerini göstermektedir. Rb ile Cu elementlerinin kesişim değerinin 0,958 olduğu görülmektedir. Bu da Phaselis sahilinden alınan numuneler arasında ki, pozitif yönde en yüksek korelasyon ilişkisinin Rb ile Cu arasında olduğunu göstermektedir. Bu

sonuçtan da görüleceği gibi Rb elementinin bulunduğu ortamda Cu elementi yüksek ölçüde anomali göstermektedir. P ile Si; S ile Si, P; Cl ile Si, P, S; K ile Si, S; Ca ile Al, Cl, K; Ti ile Al, K; Cr ile Si, S, K; Mn ile Si, S, K, Cr; Co ile Si, S, K, Cr, Mn; Ni ile Si, S, Cr, Mn, Co; Cu ile Al, K, Ca, Ti, Zn ile Si, S, K, Cr, Mn, Co, Ni; Br ile Cl, Ca, Rb ile Al, K, Ca, Ti, Cu; Sr ile Al, S, Cl, K, Ca, Cu, Br; Y ile Al, K, Ca, Ti, Cu, Br, Rb, Sr; Pb ile Al, K, Ti, Cu, Rb, Y; V ile Al, K, Ti, Cu, Rb, Y, Pb; Ga ile Al, K, Ti, Cu, Rb, Y, Pb, V; As ile Co, Ni elementleri arasında yüksek derecede pozitif ilişki görülmektedir. Fe ile S elementlerinin kesişimi olan -0,751 değeri Phaselis sahilinde ölçülen en yüksek negatif yönde anomali değeridir. Bunun anlamı Fe elementinin görüldüğü bölgede S elementi anomali göstermemektedir. Fe ile Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Mn; Cu ile Fe; Zn ile Fe; Br ile Fe; Rb ile Fe; Sr ile Fe, Y ile Fe elementleri arasında yüksek derecede negatif ilişki görülmektedir. K ile Al; Ca ile S; Br ile Al, S, Cu; Sr ile Rb; Sn ile Cr; As ile Zn elementleri arasında orta derecede pozitif yönde ilişki görülmektedir. Ni ile Fe; Sn ile Al; V ile Fe elementleri arasında orta derecede negatif yönlü ilişki görülmektedir.

Çizelge 4.6. Korelasyon değeri sınıflandırılması

"r"	Numuneler arasındaki ilişki
0,00 – 0,25	Çok zayıf
0,26 – 0,49	Zayıf
0,50 – 0,69	Orta
0,70 – 0,89	Yüksek
0,90 – 1,01	Çok yüksek

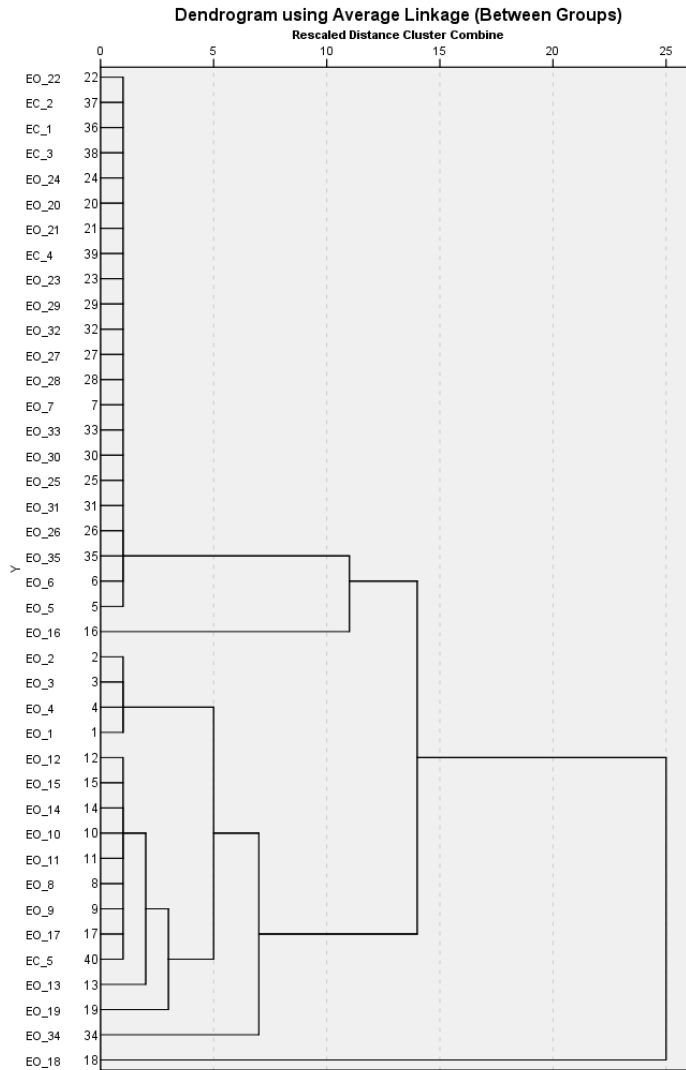
Kimyasal analiz verilerine göre, Fe baz alınarak yapılan regresyon analizinin Model Summary ve Anova değerleri Çizelge 4.9. ve Çizelge 4.10.'da verilmiştir. Regresyon analizi, iki veya daha fazla değişken arasında bulunan ilişkiyi saptamak, verilerin doğruluğunu değerlendirmek ve değişkenler arasındaki sebep – sonuç ilişkisini belirlemek amacı ile kullanılmaktadır. Model Summary tablosunda ki "R kare" değerinin 1'e, Anova tablosunda ki "Sig." değerinin 0'a yakınlığı analizin doğruluğunun çok yüksek derecede olduğunu göstermektedir.

Phaselis sahilinden toplanan numunelere uygulanan istatistik analizi sonuçlarında R kare değerimizin 0,998 çıktığı görülmektedir. Elde ettiğimiz bu değer ile yapmış olduğumuz regresyon analizin yüksek oranda doğru sonuç verdiği görülmektedir. Çalışma bölgesinden alınan numunelere ait veriler ile yapmış olduğumuz Anova analizi tablomuzda da Sig değerimizin 0,000 çıktığı görülmektedir. Bu verilere göre de yapılmış olan analizin doğruluk derecesinin çok yüksek olduğu görülmektedir.

Dendrogram analizi ile benzer özellik gösteren numuneler gruplar halinde sınıflandırılmaktadır. İstatistiksel Dendrogram analizi sonucunda, çalışma bölgesinden alınan numunelerin beş gruba ayrıldığı gözlenmiştir. Phaselis sahiline ait numunelerin Dendrogram grafiği Şekil 8.'de verilmiştir. Birinci grup içerisinde bulunan numuneler; EÖ – (22, 24, 20, 21, 23, 29, 32, 27, 28, 7, 33, 30, 25, 31, 26, 35, 6, 5, 16) ve EC – (2, 1,

3, 4); ikinci grubu oluşturan numuneler; EÖ – (2, 3, 4, 1); üçüncü grubu oluşturan numuneler; EÖ – (12, 15, 14, 10, 11, 8, 9, 17, 13, 19) ve EC – 5; dördüncü grubu oluşturan numune; EÖ – 34; beşinci grubu oluşturan numune EÖ – 18'tir. Gözlemlediğimiz ve bu beş grubu oluşturan numuneler arasında çıkan benzerliğin nedenlerinden biri aynı elementlerde maksimum düzeyde değerler göstermesidir.

Faktör analiz ölçümleri Çizelge 4.8.'de gösterilmiştir. Faktör analizi ile elde edilen gruplarda bulunan elementler, aynı kökenden gelmekte ve birlikte hareket etmektedirler. Kimyasal analiz (XRF) sonuçlarına göre bütün elementler, beş (5) toplam değişim ve bileşen matrisi ile gruplanmıştır. İstatistik verilerine göre toplam varyansın %85,263 değeri ile açıklandığı görülmektedir. Bileşen matrisi verilerine göre birinci bileşen grubunda yüksek değerlere sahip Al, S, K, Ca, Ti, Mn, Cu, Rb, Sr, Y, Pb, V, Ga elementleri birlikte bulunmaktadır. İkinci bileşen grubunda Si, S, Cr, Mn, Co, Ni, Zn elementleri birlikte bulunmaktadır. Üçüncü grupta Ti elementi; dördüncü grupta As elementi, beşinci grupta Mg elementinin olduğu görülmektedir.



Şekil 4.6. Dendrogram analizi

Çizelge 4.7.Ölçülmüş element konsantrasyonlarına ait korelasyon tablosu

Correlations																									
Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Y	Sn	Pb	V	Ga	As	
Mg	1																								
Al	0.198	1																							
Si	-0.121	0.055	1																						
P	-0.291	0.054	824	1																					
S	-0.130	0.069	605	576	1																				
Cl	0.186	0.202	633	619	695	1																			
K	-0.248	376	426	0.231	276	0.151	1																		
Ca	-0.030	678	0.119	0.047	377	438	443	1																	
Ti	-0.212	467	0.203	0.234	0.047	-0.068	674	0.222	1																
Cr	-0.295	-0.298	506	0.071	253	0.017	492	0.004	0.072	1															
Mn	-0.106	0.067	493	0.025	683	0.079	720	0.257	0.304	893	1														
Fe	-0.172	-613	-700	-469	-751	-701	-594	-654	-0.281	-0.277	-528	1													
Co	-0.096	-0.213	485	0.021	528	0.066	502	-0.006	0.169	888	879	-0.305	1												
Ni	0.069	-0.147	430	-0.013	554	0.132	393	0.055	0.020	730	797	-350	924	1											
Cu	0.009	765	0.151	0.170	0.115	0.126	627	578	747	-0.120	0.266	-572	-0.097	-0.167	1										
Zn	-0.125	0.009	440	0.049	505	0.152	454	0.224	0.225	779	927	-443	905	790	0.120	1									
Br	0.226	361	-0.005	0.003	340	0.10	0.233	691	-0.014	-0.155	0.032	-508	-0.192	-0.108	400	0.009	1								
Rb	-0.017	747	0.160	0.211	0.069	0.052	633	493	787	-0.113	0.266	-511	-0.089	-0.153	595	0.129	0.262	1							
Sr	0.003	463	0.061	0.001	452	503	416	757	0.122	-0.024	0.276	-0.622	-0.045	0.191	497	0.262	916	368	1						
Y	0.017	765	0.079	0.131	0.116	0.151	556	680	586	-0.164	0.222	-568	-0.197	-0.224	948	0.079	917	924	974	1					
Sn	-0.269	-362	0.048	0.071	0.059	-0.139	0.116	-0.211	0.038	315	0.185	0.182	0.208	0.102	-0.107	-0.156	-0.134	-0.093	-0.128	-0.090	1				
Pb	-0.130	575	0.142	0.214	-0.016	-0.069	606	0.280	943	-0.081	0.201	-0.310	-0.020	-0.106	911	0.119	0.036	354	0.172	589	0.172	889	-0.036	1	
V	0.020	592	0.168	0.110	-0.057	-0.096	477	0.275	725	-0.043	0.261	-359	-0.043	-0.100	913	0.109	-0.028	783	0.090	690	-0.057	763	1		
Ga	-0.078	535	0.137	0.166	-0.042	-0.138	503	0.275	761	-0.055	0.214	-0.312	0.030	-0.108	757	0.115	-0.007	766	0.144	671	-0.042	706	741	1	
As	0.285	0.055	0.035	-0.129	0.175	0.141	0.042	0.069	-0.061	0.056	0.271	-0.166	403	545	-0.135	375	-0.063	-0.115	0.310	-0.142	-0.142	-0.084	-0.127	-0.110	1
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).																									
*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).																									

Çizelge 4.8. Phaselis sahiline ait numunelerin faktör analizi değerleri

Communalities			Total Variance Explained						
	Initial	Extraction	Component	Initial Eigenvalues			Loadings		
				Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
Mg	1.000	0.610	1	8.447	33.789	33.789	8.447	33.789	33.789
Al	1.000	0.806	2	5.658	22.630	56.419	5.658	22.630	56.419
Si	1.000	0.979	3	3.425	13.699	70.118	3.425	13.699	70.118
P	1.000	0.944	4	2.290	9.160	79.279	2.290	9.160	79.279
S	1.000	0.922	5	1.496	5.984	85.263	1.496	5.984	85.263
Cl	1.000	0.915	6	0.821	3.283	88.546			
K	1.000	0.825	7	0.788	3.151	91.696			
Ca	1.000	0.805	8	0.492	1.967	93.663			
Ti	1.000	0.843	9	0.357	1.426	95.089			
Cr	1.000	0.915	10	0.324	1.296	96.385			
Mn	1.000	0.940	11	0.261	1.045	97.430			
Fe	1.000	0.938	12	0.218	0.873	98.304			
Co	1.000	0.961	13	0.133	0.531	98.835			
Ni	1.000	0.968	14	0.092	0.366	99.201			
Cu	1.000	0.967	15	0.076	0.302	99.503			
Zn	1.000	0.795	16	0.036	0.143	99.646			
Br	1.000	0.894	17	0.030	0.120	99.767			
Rb	1.000	0.940	18	0.023	0.090	99.857			
Sr	1.000	0.875	19	0.013	0.052	99.909			
Y	1.000	0.932	20	0.010	0.039	99.948			
Sn	1.000	0.461	21	0.005	0.021	99.969			
Pb	1.000	0.856	22	0.005	0.019	99.988			
V	1.000	0.801	23	0.002	0.007	99.995			
Ga	1.000	0.755	24	0.001	0.003	99.998			
As	1.000	0.670	25	0.000	0.002	100.000			
Extraction Method: Principal Component Analysis.			Extraction Method: Principal Component Analysis.						

Component Matrix ^a					
	Component				
	1	2	3	4	5
Mg	-0.055	-0.116	-0.369	0.412	0.537
Al	0.694	-0.462	-0.196	0.186	0.194
Si	0.495	0.549	-0.082	-0.590	0.278
P	0.347	0.165	-0.141	-0.855	0.212
S	0.523	0.656	-0.349	-0.306	-0.050
Cl	0.377	0.272	-0.742	-0.358	0.142
K	0.826	0.222	0.234	0.002	-0.195
Ca	0.677	-0.111	-0.462	0.210	-0.278
Ti	0.715	-0.249	0.507	-0.077	0.082
Cr	0.245	0.833	0.330	0.011	-0.230
Mn	0.589	0.671	0.272	0.242	-0.099
Fe	-0.825	-0.242	0.406	0.095	-0.159
Co	0.291	0.857	0.312	0.204	0.055
Ni	0.250	0.867	0.086	0.334	0.189
Cu	0.869	-0.448	0.082	0.042	-0.039
Zn	0.459	0.697	0.187	0.250	-0.033
Br	0.419	-0.141	-0.729	0.142	-0.385
Rb	0.841	-0.445	0.183	0.009	0.024
Sr	0.596	0.019	-0.576	0.322	-0.290
Y	0.821	-0.471	-0.062	0.080	-0.162
Sn	-0.069	0.245	0.343	-0.191	-0.492
Pb	0.717	-0.397	0.410	-0.058	0.110
V	0.675	-0.386	0.395	0.006	0.199
Ga	0.660	-0.372	0.407	-0.017	0.123
As	0.075	0.393	-0.156	0.529	0.454
Extraction Method: Principal Component Analysis.					
a. 5 components extracted.					

Çizelge 4.9. Phaselis sahili numunelerine ait Model Summary değerleri

Model Summary ^b									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,999 ^a	0.998	0.996	20420.08669	0.998	399.014	24	15	0.000
a. Predictors: (Constant), As, Si, Br, Pb, Sn, Mg, Mn, Ga, Al, Zn, V, Ca, K, Y, Sr, S, Cl, Ni, Ti, Rb, Cr, Cu, P, Co									
b. Dependent Variable: Fe									

Çizelge 4.10. Phaselis sahili numunelerine ait Anova değeri

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3993144066149.110	24	166381002756.213	399.014	,000 ^b
	Residual	6254699108.988	15	416979940.599		
	Total	3999398765258.090	39			
a. Dependent Variable: Fe						
b. Predictors: (Constant), As, Si, Br, Pb, Sn, Mg, Mn, Ga, Al, Zn, V, Ca, K, Y, Sr, S, Cl, Ni, Ti, Rb, Cr, Cu,						

4.4.4. Kirlilik İndekslerinin Hesaplanması

A. Kontaminasyon Faktörü (C_f), Kontaminasyon Derecesi (C_d), Modifiye Kontaminasyon Derecesi (mC_d) ve Kirlilik Yük İndeksi (PLI)

Ağır metal incelemelerinde uygulamasının kolay olması ve inceleme alanı hakkında güçlü veriler sağlayabilmesi açısından kontaminasyon faktörü sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntem Hakanson tarafından meydana getirilmiştir (Hakanson 1980). Kontaminasyon faktörünü hesaplamak için kullanılan formül aşağıda verilmiştir.

$$C_f = \frac{C_s}{C_b}$$

Bu formüle göre C_s , sedimentte ölçülen metalin konsantrasyonunu, C_b ise o metalin sanayileşme öncesi ölçülmüş referans değerini göstermektedir (Hakanson 1980). Hesaplanan C_f değeri Hakanson'a göre 4 ayrı kirlilik sınıfında incelenmektedir. Bu sınıflama aşağıda gösterilmektedir.

Çizelge 4.11. Kontaminasyon faktörü sınıflaması (Hakanson 1980)

C_f Değeri	Kirlenme Derecesi
$C_f < 1$	Az Kirlenme
$1 \leq C_f < 3$	Orta Kirlenme
$3 \leq C_f < 6$	Yüksek Kirlenme
$C_f \geq 6$	Çok Yüksek Kirlenme

Kontaminasyon derecesi sedimentteki antropojenik metal kontaminasyonunu ifade eder. Bu yöntem istasyonlar arasındaki metal konsantrasyonunu özetler ve tek bir değer üzerinden yorum yapılabilmesini sağlar (Hakanson 1980). Bu yöntemin uygulaması, bir inceleme alanı boyunca istasyonlara ait kontaminasyon faktörlerinin toplamı şeklindedir. Kontaminasyon derecesi aşağıda verilen formül ile hesaplanır. Bu formüle göre C_d , kontaminasyon derecesini C_f ise kontaminasyon faktörünü ifade eder.

$$C_d = \sum_{i=1}^n C_f$$

Çizelge 4.12. Kontaminasyon derecesi sınıflaması (Hakanson 1980)

C_d Değeri	Kirlenme Derecesi
$C_d < 8$	Az Derece Kirlenme
$8 \leq C_d < 16$	Orta Derece Kirlenme
$16 \leq C_d < 32$	Yüksek Derece Kirlenme

Kontaminasyon derecesi, Hakanson tarafından belirlenmiş 8 kirleticinin toplamı ile çalışan bir yöntemdir. Bu yöntemin uygulanabilmesi yalnız Hakanson'un çalışmasında belirtilen 7 metal ve PCB'nin tümünün formüle girmesine dayanır (Abraham ve Parker 2008). Abraham ve Parker, farklı sayıda kirleticinin formüle girerek hesaplanabilmesi için modifiye kontaminasyon derecesini öne sürmüşlerdir. Modifiye kontaminasyon derecesinin formülü aşağıda verilmiştir.

$$mC_d = \frac{\sum_{i=1}^n C_f}{n}$$

Bu formüle göre mC_d , modifiye kontaminasyon derecesini C_f ise kontaminasyon faktörünü ifade eder. İşleme giren C_f sayısı n ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. Modifiye kontaminasyon derecesi sınıflaması (Abraham ve Parker 2008)

mC_d Sınıflaması	Kirlenme Derecesi
$mC_d < 1.5$	Çok düşük kirlenme derecesi
$1.5 \leq mC_d < 2$	Düşük kirlenme derecesi
$2 \leq mC_d < 4$	Orta kirlenme derecesi
$4 \leq mC_d < 8$	Yüksek kirlenme derecesi
$8 \leq mC_d < 16$	Çok yüksek kirlenme derecesi
$16 \leq mC_d < 32$	Son derece yüksek kirlenme derecesi
$mC_d \geq 32$	Ultra yüksek kirlenme derecesi

Kirlilik yük indeksi (PLI), farklı inceleme alanlarının kirlilik durumlarını karşılaştırmak için Tomlinson vd. tarafından ortaya konulmuş bir yöntemdir. Bu yöntem sayesinde farklı inceleme alanlarının kirlilik boyutunu ve lokasyonlar boyunca değişimini belirlemek mümkündür (Tomlinson vd. 1980).

Kirlilik yük indeksinin temelde amacı antropojenik metal kontaminasyonunun sonuçlarını farklı istasyonlar ile karşılaştırılabilir hale getirmektir. Bu indeksin avantajı, herkes tarafından kolaylıkla anlaşılabilmesidir. İncelenen tüm metaller tek bir indekste ele alındığı için farklı yerlerin kirlilik durumlarının karşılaştırılmasında sıklıkla kullanılmaktadır. İndeks, her bir metale ait kirlilik faktörlerinin (C_f) hesaplanmasıyla elde edilmektedir. Kirlilik yük indeksinin (PLI) formülü aşağıda verilmiştir.

$$PLI = \sqrt[n]{(C_{f1} \times C_{f2} \times C_{f3} \times \dots \times C_{fn})}$$

Bu formüle göre C_f , metale ait hesaplanmış kontaminasyon faktörünü, n ise; incelenen numune sayısını ifade etmektedir. Chakravarty ve Patgiri. göre, elde edilen PLI değeri 1'den büyük ise kirlilik var, PLI değeri 1'den küçük ise kirlilik yok demektir (Chakravarty ve Patgiri 2009).

Çizelge 4.14. Kirlilik yük indeksi sınıflaması (Chakravarty ve Patgiri 2009)

PLI Sınıflaması	Kirlenme Derecesi
$PLI < 1$	Kirlilik yok
$PLI \geq 1$	Kirlilik var

Çizelge 4.15. İstasyonlara ait kirlilik indeksleri

İstasyon	As	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sn	Ti	V	Zn	Cd	mCd	PLI
EO-1	-	96.00	242.00	-	6.77	4.73	90.25	-	33.17	1.90	-	5.74	480.56	60.07	19.87
EO-2	-	103.50	206.00	-	6.72	5.24	100.25	-	36.00	2.16	-	-	459.86	65.69	24.84
EO-3	-	92.00	221.00	-	6.68	4.87	96.00	-	31.50	2.04	-	5.84	459.94	57.49	19.82
EO-4	-	105.00	241.00	-	6.72	4.93	102.88	-	40.67	1.94	-	7.01	510.15	63.77	21.62
EO-5	-	33.85	75.40	-	14.09	2.19	24.00	-	-	0.50	-	1.66	151.68	21.67	7.68
EO-6	-	12.30	6.80	-	18.30	0.73	10.85	-	19.00	-	-	0.40	68.38	9.77	5.12
EO-7	-	10.80	5.09	-	16.09	0.68	10.60	-	40.50	-	-	0.38	84.13	12.02	5.16
EO-8	-	33.65	32.20	1.91	2.57	2.58	17.00	-	18.00	1.16	-	1.43	110.50	12.28	5.76
EO-9	-	34.90	45.60	2.22	3.04	3.15	9.94	-	20.00	1.86	2.77	1.60	125.08	12.51	5.95
EO-10	-	-	34.00	1.96	2.53	2.68	11.69	11.10	18.00	1.41	1.98	1.38	86.74	8.67	4.58
EO-11	-	-	25.30	1.96	2.66	2.45	14.50	3.58	21.33	1.53	2.07	1.63	77.02	7.70	4.23
EO-12	-	-	6.81	1.44	2.12	2.24	4.06	4.70	19.00	1.62	-	1.49	43.47	4.83	3.25
EO-13	-	37.70	15.70	4.72	3.62	3.14	4.64	34.60	23.50	26.44	3.78	2.52	160.37	14.58	8.97
EO-14	2.47	-	6.25	1.71	1.87	2.02	2.73	4.41	21.00	1.66	-	1.41	45.54	4.55	3.00
EO-15	-	-	15.10	1.85	2.26	2.07	3.66	4.31	19.67	2.00	-	1.70	52.60	5.84	3.72
EO-16	-	9.30	4.26	-	16.49	0.56	0.62	-	21.33	0.53	-	0.42	53.52	6.69	2.40
EO-17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EO-18	-	-	-	-	0.00	-	-	-	26.50	-	-	-	26.50	13.25	0.13
EO-19	-	-	3.91	1.46	0.96	1.06	3.60	-	21.67	0.69	-	1.03	34.38	4.30	2.06
EO-20	-	10.40	29.80	-	16.60	1.01	3.50	-	45.83	0.41	-	0.59	108.15	13.52	4.61
EO-21	1.44	9.50	14.30	-	16.79	0.88	4.10	-	42.50	0.22	-	0.52	90.25	10.03	3.38
EO-22	1.38	9.65	13.40	-	16.28	1.26	4.30	-	17.50	0.17	-	0.46	64.40	7.16	3.03
EO-23	1.57	10.10	1.63	-	16.57	0.73	4.80	-	20.00	0.03	-	0.37	55.80	6.20	1.87
EO-24	1.97	9.75	2.04	-	16.19	0.71	5.89	-	21.17	-	-	0.36	58.07	7.26	3.45
EO-25	2.56	10.65	-	-	15.83	0.61	9.05	-	21.00	-	-	0.33	60.03	8.58	4.01
EO-26	-	9.00	1.67	-	15.85	0.65	6.95	-	21.00	0.02	-	0.31	55.46	6.93	1.88
EO-27	1.21	7.80	3.37	-	16.11	0.90	4.70	-	17.33	0.06	-	0.32	51.80	5.76	2.07

BULGULAR**E.C. ÖZÇELİK**

EO-28	-	9.05	7.81	-	16.53	1.15	5.23	-	42.83	0.08	-	0.39	83.07	10.38	3.13
EO-29	-	8.80	8.29	-	16.26	0.82	4.38	-	18.83	0.11	-	0.35	57.82	7.23	2.71
EO-30	-	9.25	1.29	-	16.19	0.63	7.43	-	19.33	-	-	0.30	54.41	7.77	3.39
EO-31	-	9.80	1.96	-	15.74	0.82	7.89	-	14.47	-	-	0.31	50.99	7.28	3.66
EO-32	-	9.15	1.16	-	16.21	0.84	6.01	-	17.00	0.04	-	0.31	50.72	6.34	1.90
EO-33	-	8.90	3.89	-	16.09	0.70	7.86	-	36.50	0.03	-	0.30	74.27	9.28	2.41
EO-34	2.36	48.10	35.20	-	2.74	2.18	67.75	-	14.18	0.10	-	1.46	174.07	19.34	5.33
EO-35	-	12.70	9.00	-	15.70	0.63	14.25	-	11.77	0.02	-	0.31	64.38	8.05	2.43
EC-1	1.00	10.60	20.20	-	16.32	1.01	3.34	-	35.17	0.29	-	0.54	88.47	9.83	3.43
EC-2	1.37	9.55	7.76	-	16.32	0.77	3.90	-	19.83	0.13	-	0.41	60.05	6.67	2.60
EC-3	1.05	10.35	12.30	-	16.45	1.38	3.43	-	18.67	0.24	-	0.48	64.33	7.15	3.04
EC-4	-	11.00	44.10	-	16.60	1.14	3.29	-	18.83	0.55	-	0.71	96.22	12.03	4.66
EC-5	11.30	127.00	107.00	-	0.02	5.24	223.75	-	15.23	1.20	-	6.71	497.45	55.27	9.12

B. Zenginleşme faktörü (EF)

Zenginleşme faktörü, sedimentteki antropojenik kaynaklı ağır metal etkisini tahmin edebilmek için kullanılan yaygın hesaplama yöntemlerinden birisidir (Salomons ve Förstner 1984; Dickinson vd. 1996). Zenginleşme faktörünü hesaplarken ölçülen ağır metal içeriği, Fe veya Al gibi bir referans metale göre normalleştirilir (Ravichandran vd. 1995). Deely ve Fergusson (1994), Fe dağılımının diğer ağır metallerle ilişkili olmadığını düşündükleri için Fe'yi zenginleştirme faktörünün hesaplanmasında kullanılacak kabul edilebilir bir normalleştirme elemanı olarak önerdiler (Abraham ve Parker 2007).

Elementlerin konsantrasyonları yerine EF değerlerinin kullanılmasının amacı, demiri (Fe) referans element olarak alıp; tane boyu, karbonat seyreltme ve mineral içeriğinde olan büyük farklılıkların etkisini ortadan kaldırarak normalizasyonunu sağlamaktır. Tane boyu ve mineralojinin sebep olduğu metal değişkenliği azaltmak, metal anomalilerini tanımlamak ve ağır metallerin jeokimyasal normalizasyonu sağlamak için konservatif elementler (Mn, Ti, Al, Ca ve Fe) kullanılmaktadır. Al kabukta; Fe ise kil minerallerinin yapısında bulunan en baskın elementtir (Pehlivan 2017).

Zenginleştirme faktörü Buat-Menard ve Chessele (1979) tarafından tanımlanan denklem kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan EF değeri Sutherland (2000)'e göre 5 ayrı kirlilik sınıfında incelenmektedir.

$$EF = \frac{\frac{C_x}{Fe_x}}{\frac{C_b}{Fe_b}}$$

Bu formüle göre EF, zenginleşme faktörünü ifade etmektedir. C_x , numunedeki incelenecek metal konsantrasyonunu ve Fe_x , numunedeki demir konsantrasyonunu temsil etmektedir. C_b ve Fe_b ise sırası ile numunedeki incelenecek metale ve demire ait ortalama şeyl konsantrasyonlarını temsil etmektedir.

Çizelge 4.16. Kirlilik yük indeksi sınıflaması (Sutherland 2000)

EF Değeri	Kirlenme Derecesi
EF<2	Az Zenginleşme
2≤EF<5	Orta Zenginleşme
5≤EF<20	Yüksek Zenginleşme
20≤EF<40	Çok Yüksek Zenginleşme
EF≥40	Aşırı Zenginleşme

Hesaplanan EF değerleri $0.5 \leq EF \leq 1.5$ aralığında ise söz konusu metallerin tamamen doğal aşınma süreçlerinden kaynaklandığını yani metallerin kabuksal (litojenik) kaynaklı olduğunu; EF değerinin $EF > 1.5$ olması durumunda ise metallerin kabuksal kaynaklı olmadığını; bu eser elementlerin noktasal ya da noktasal olmayan kirlilik kaynaklarından (antropojenik) geldiğini göstermektedir (Bergamaschi vd. 2002, Pehlivan 2017).

Çizelge 4.17. İstasyonlara ait zenginleşme faktörü değerleri

İstasyon	As	Co	Cr EF	Cu	Mn
EO-1	-	14.19	35.77	-	0.70
EO-2	-	15.39	30.64	-	0.78
EO-3	-	13.77	33.08	-	0.73
EO-4	-	15.62	35.84	-	0.73
EO-5	-	2.40	5.35	-	0.16
EO-6	-	0.67	0.37	-	0.04
EO-7	-	0.67	0.32	-	0.04
EO-8	-	13.07	12.51	0.74	1.00
EO-9	-	11.47	14.99	0.73	1.04
EO-10	-	-	13.43	0.77	1.06
EO-11	-	-	9.51	0.74	0.92
EO-12	-	-	3.21	0.68	1.05
EO-13	-	10.42	4.34	1.30	0.87
EO-14	1.32	-	3.34	0.92	1.08
EO-15	-	-	6.70	0.82	0.92
EO-16	-	0.56	0.26	-	0.03
EO-17	-	-	-	-	-
EO-18	-	-	-	-	-
EO-19	-	-	4.09	1.53	1.11
EO-20	-	0.63	1.80	-	0.06
EO-21	0.09	0.57	0.85	-	0.05
EO-22	0.08	0.59	0.82	-	0.08
EO-23	0.09	0.61	0.10	-	0.04
EO-24	0.12	0.60	0.13	-	0.04
EO-25	0.16	0.67	-	-	0.04
EO-26	-	0.57	0.11	-	0.04
EO-27	0.08	0.48	0.21	-	0.06
EO-28	-	0.55	0.47	-	0.07
EO-29	-	0.54	0.51	-	0.05
EO-30	-	0.57	0.08	-	0.04
EO-31	-	0.62	0.12	-	0.05
EO-32	-	0.56	0.07	-	0.05

EO-33	-	0.55	0.24	-	0.04
EO-34	0.86	17.52	12.82	-	0.79
EO-35	-	0.81	0.57	-	0.04
EC-1	0.06	0.65	1.24	-	0.06
EC-2	0.08	0.59	0.48	-	0.05
EC-3	0.06	0.63	0.75	-	0.08
EC-4	-	0.66	2.66	-	0.07
EC-5	568.63	6,390.79	5,384.37	-	263.45

Çizelge 4.17. İstasyonlara ait zenginleşme faktörü değerleri (devam)

İstasyon	Ni	Pb	Sn EF	Ti	V	Zn
EO-1	13.34	-	4.90	0.28	-	0.85
EO-2	14.91	-	5.35	0.32	-	-
EO-3	14.37	-	4.71	0.31	-	0.87
EO-4	15.30	-	6.05	0.29	-	1.04
EO-5	1.70	-	-	0.04	-	0.12
EO-6	0.59	-	1.04	-	-	0.02
EO-7	0.66	-	2.52	-	-	0.02
EO-8	6.60	-	6.99	0.45	-	0.56
EO-9	3.27	-	6.57	0.61	0.91	0.53
EO-10	4.62	4.38	7.11	0.56	0.78	0.54
EO-11	5.45	1.35	8.02	0.57	0.78	0.61
EO-12	1.92	2.21	8.96	0.76	-	0.70
EO-13	1.28	9.57	6.50	7.31	1.05	0.70
EO-14	1.46	2.35	11.22	0.89	-	0.75
EO-15	1.62	1.91	8.72	0.88	-	0.75
EO-16	0.04	-	1.29	0.03	-	0.03
EO-17	-	-	-	-	-	-
EO-18	-	-	43,701.75	-	-	-
EO-19	3.77	-	22.68	0.72	-	1.08
EO-20	0.21	-	2.76	0.02	-	0.04
EO-21	0.24	-	2.53	0.01	-	0.03
EO-22	0.26	-	1.08	0.01	-	0.03
EO-23	0.29	-	1.21	0.00	-	0.02
EO-24	0.36	-	1.31	-	-	0.02
EO-25	0.57	-	1.33	-	-	0.02
EO-26	0.44	-	1.32	0.00	-	0.02
EO-27	0.29	-	1.08	0.00	-	0.02
EO-28	0.32	-	2.59	0.00	-	0.02

EO-29	0.27	-	1.16	0.01	-	0.02
EO-30	0.46	-	1.19	-	-	0.02
EO-31	0.50	-	0.92	-	-	0.02
EO-32	0.37	-	1.05	0.00	-	0.02
EO-33	0.49	-	2.27	0.00	-	0.02
EO-34	24.68	-	5.17	0.04	-	0.53
EO-35	0.91	-	0.75	0.00	-	0.02
EC-1	0.20	-	2.15	0.02	-	0.03
EC-2	0.24	-	1.22	0.01	-	0.03
EC-3	0.21	-	1.13	0.01	-	0.03
EC-4	0.20	-	1.13	0.03	-	0.04
EC-5	11,259.37	-	766.56	60.27	-	337.71

C. Jeobirikim indeksi (Igeo)

Jeobirikim indeksi Muller (1969) tarafından, sediment örneğinin kirliliğinin saptanmasında ve sınıflandırılmasında kullanılmak üzere önerilmiştir. Bu yöntem ağır metal kirliliğinin tanımlanması için kullanılan basit bir yöntemdir.

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_n}{B_n \times 1,5} \right)$$

Bu formüle göre Igeo, jeobirikim indeksini ifade etmektedir. C_n, numunedeki incelenecek metal konsantrasyonunu, B_n ise incelenecek metale ait ortalama şeyl konsantrasyonunu temsil etmektedir. Litojenik etkilerden dolayı ortalama şeyl konsantrasyonu 1,5 ile çarpılır.

Çizelge 4.18. Jeo-birikim indeksi sınıflaması (Muller 1969)

Igeo Değeri	Igeo Sınıflaması	Kirlenme Derecesi
Igeo<0	0	Kirlilik yok
0<Igeo<1	1	Az Kirlilik
1<Igeo<2	2	Orta Kirlilik
2<Igeo<3	3	Kirlenmiş
3<Igeo<4	4	Yüksek Kirlilik
4<Igeo<5	5	Çok Yüksek Kirlilik
Igeo>5	6	Aşırı Kirlilik

Çizelge 4.19. İstasyonlara ait jeo-birikim endeksi değerleri

İstasyon	As	Co	Cr	Cu	Fe	Mn
	Igeo					
EO-1	-	14.64	20.62	-	33.21	21.12
EO-2	-	14.75	20.39	-	33.20	21.27
EO-3	-	14.58	20.49	-	33.20	21.16
EO-4	-	14.77	20.62	-	33.20	21.18
EO-5	-	13.14	18.94	-	34.27	20.01
EO-6	-	11.68	15.47	-	34.65	18.42
EO-7	-	11.49	15.05	-	34.46	18.31
EO-8	-	13.13	17.71	11.63	31.82	20.24
EO-9	-	13.18	18.21	11.85	32.06	20.53
EO-10	-	-	17.79	11.68	31.80	20.30
EO-11	-	-	17.36	11.68	31.87	20.17
EO-12	-	-	15.47	11.23	31.54	20.04
EO-13	-	13.30	16.68	12.94	32.31	20.53
EO-14	7.36	-	15.35	11.48	31.36	19.89
EO-15	-	-	16.62	11.59	31.63	19.93
EO-16	-	11.28	14.79	-	34.50	18.04
EO-17	-	-	-	-	-	-
EO-18	-	-	-	-	19.77	-
EO-19	-	-	14.67	11.25	30.39	18.96
EO-20	-	11.44	17.60	-	34.51	18.90
EO-21	6.58	11.31	16.54	-	34.53	18.70
EO-22	6.52	11.33	16.45	-	34.48	19.21
EO-23	6.71	11.40	13.41	-	34.51	18.42
EO-24	7.04	11.34	13.73	-	34.47	18.38
EO-25	7.42	11.47	-	-	34.44	18.17
EO-26	-	11.23	13.44	-	34.44	18.26
EO-27	6.33	11.02	14.46	-	34.47	18.73
EO-28	-	11.24	15.67	-	34.50	19.07
EO-29	-	11.20	15.75	-	34.48	18.59
EO-30	-	11.27	13.07	-	34.47	18.20
EO-31	-	11.35	13.67	-	34.43	18.59
EO-32	-	11.25	12.92	-	34.47	18.62
EO-33	-	11.21	14.66	-	34.46	18.36
EO-34	7.30	13.65	17.84	-	31.91	20.00
EO-35	-	11.73	15.87	-	34.43	18.21
EC-1	6.06	11.46	17.04	-	34.48	18.90
EC-2	6.51	11.31	15.66	-	34.48	18.50

EC-3	6.13	11.43	16.32	-	34.50	19.34
EC-4	-	11.52	18.17	-	34.51	19.07
EC-5	9.56	15.05	19.44	-	24.80	21.27

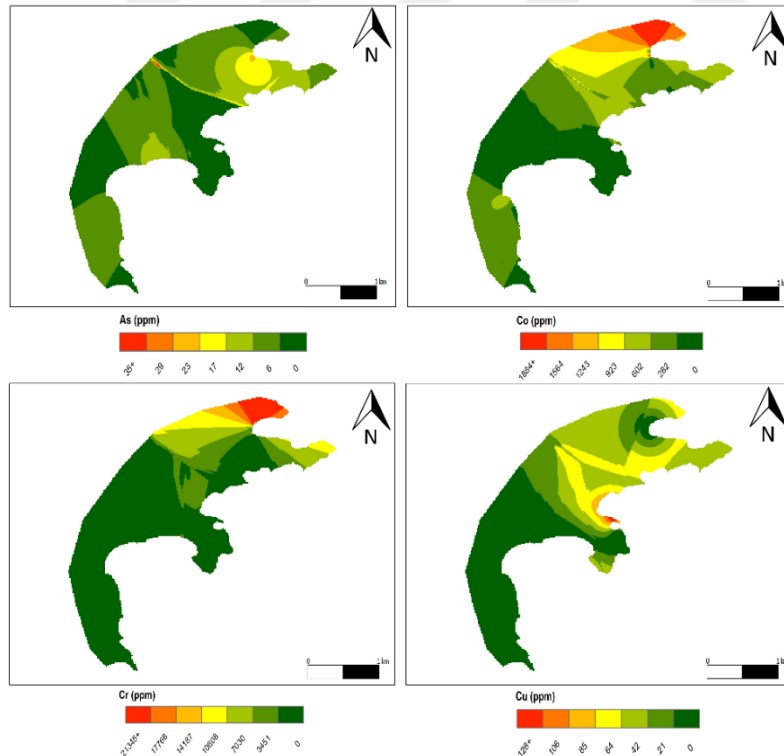
Çizelge 4.19. İstasyonlara ait jeo-birikim endeksi değerleri (devam)

İstasyon	Ni	Pb	Sn	Ti	V	Zn
	Igeo					
EO-1	18.55	-	9.64	24.62	-	0.85
EO-2	18.71	-	9.75	24.79	-	-
EO-3	18.64	-	9.56	24.72	-	0.87
EO-4	18.74	-	9.93	24.64	-	1.04
EO-5	16.64	-	-	22.70	-	0.12
EO-6	15.50	-	8.83	-	-	0.02
EO-7	15.46	-	9.92	-	-	0.02
EO-8	16.15	-	8.75	23.90	-	0.56
EO-9	15.37	-	8.91	24.58	14.93	0.53
EO-10	15.61	11.53	8.75	24.18	14.45	0.54
EO-11	15.92	9.90	9.00	24.30	14.51	0.61
EO-12	14.08	10.29	8.83	24.38	-	0.70
EO-13	14.27	13.17	9.14	28.41	15.38	0.70
EO-14	13.51	10.20	8.98	24.42	-	0.75
EO-15	13.93	10.16	8.88	24.68	-	0.75
EO-16	11.38	-	9.00	22.76	-	0.03
EO-17	-	-	-	-	-	-
EO-18	-	-	9.31	-	-	-
EO-19	13.91	-	9.02	23.15	-	1.08
EO-20	13.87	-	10.10	22.40	-	0.04
EO-21	14.09	-	9.99	21.48	-	0.03
EO-22	14.16	-	8.71	21.12	-	0.03
EO-23	14.32	-	8.91	18.37	-	0.02
EO-24	14.62	-	8.99	-	-	0.02
EO-25	15.24	-	8.98	-	-	0.02
EO-26	14.86	-	8.98	18.19	-	0.02
EO-27	14.29	-	8.70	19.57	-	0.02
EO-28	14.44	-	10.01	20.00	-	0.02
EO-29	14.19	-	8.82	20.45	-	0.02
EO-30	14.95	-	8.86	-	-	0.02
EO-31	15.04	-	8.44	-	-	0.02
EO-32	14.65	-	8.67	18.98	-	0.02

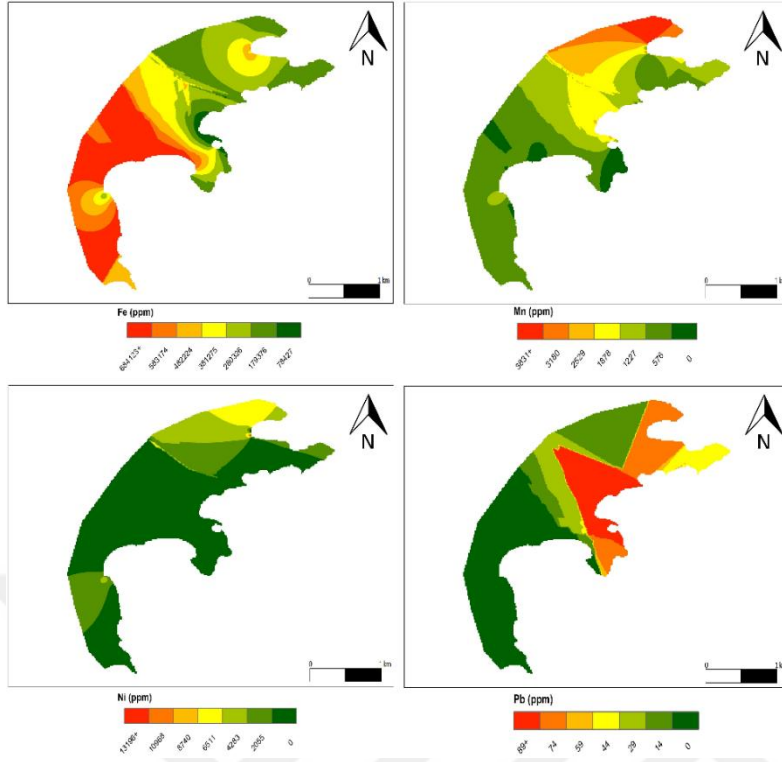
EO-33	15.03	-	9.77	18.79	-	0.02
EO-34	18.14	-	8.41	20.43	-	0.53
EO-35	15.89	-	8.14	18.13	-	0.02
EC-1	13.80	-	9.72	21.92	-	0.03
EC-2	14.02	-	8.89	20.76	-	0.03
EC-3	13.83	-	8.81	21.63	-	0.03
EC-4	13.78	-	8.82	22.83	-	0.04
EC-5	19.86	-	8.51	23.95	-	337.71

4.4.5. Ağır Metallerin Kriging Yöntemi ile Haritalanması

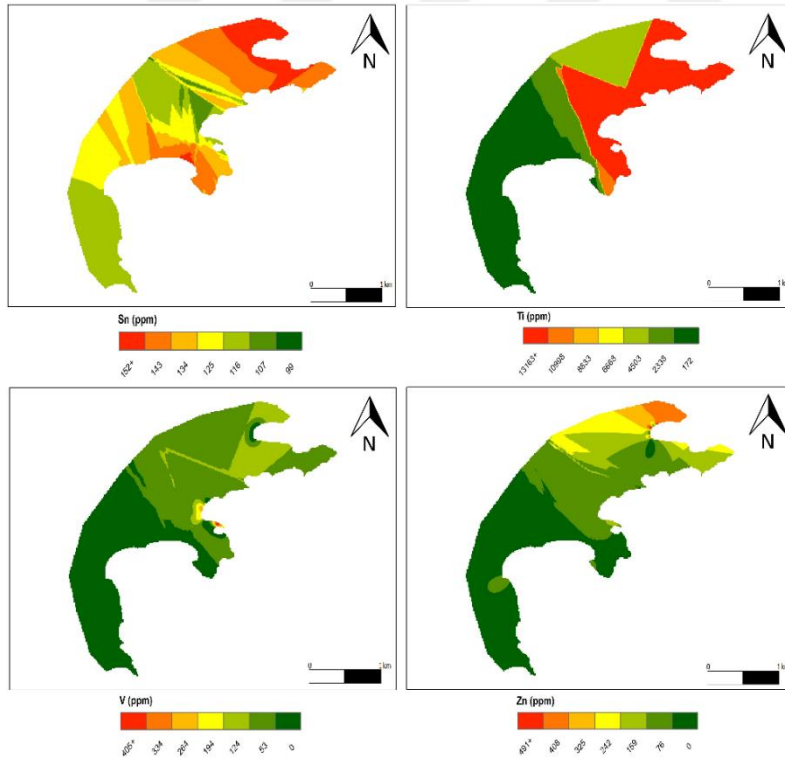
Kriging yöntemi, bilinen noktalardan alınan verileri kullanarak, diğer noktalardaki verilerin değerlerini kestiren bir interpolasyon metodudur (İnal vd. 2002; Yaprak ve Arslan, 2008). Kriging, yarıvariogram yapısal özellikleri kullanılarak örneklenmemiş noktalardaki konumsal değişikliklerin yansız tahminin optimal şekilde yapıldığı bir tekniktir (Trangmar vd. 1985; Başkan 2004; Yaprak ve Arslan 2008). Kriging yöntemini diğer interpolasyon yöntemlerinden ayıran en önemli özellik, tahmin edilen her bir nokta veya alan için bir varyans değerinin hesaplanabilmesidir ki bu tahmin edilen değerlerin güven derecesinin bir ölçüsüdür (Başkan 2004; Yaprak ve Arslan 2008).



Şekil 4.7. As, Co, Cr ve Cu elementlerinin kriging haritaları



Şekil 4.8. Fe, Mn, Ni ve Pb elementlerinin kriging haritaları



Şekil 4.9. Sn, Ti, V ve Zn elementlerinin kriging haritaları

5. TARTIŞMA

Çalışma bölgesi olarak belirlenen Phaselis Antik Kenti'nden elde edilen veriler değerlendirilerek bölgedeki ağır metal anomalisinin kökeni ve mekânsal analizi hakkında bilgi sahibi olunmaya çalışılmıştır. Bunun için elek analizi, XRF, XRD ve istatistiksel analizler uygulanmıştır.

Çalışma bölgesinden alınan numunelere elek analizi yapılarak numunelerin dane boyu dağılımları belirlenmiştir. Wentworth skalasına göre değerlendirilen sahil sedimanlarının parça, çakıl, kum, şeyl ve silt boyutunda oldukları görülmüştür. Yapılmış olan değerlendirmelere göre çalışma bölgesindeki numunelerin çoğunlukla çakıl ve kum boyutunda oldukları tespit edilmiştir. Özellikle orta – kaba kum boyutundaki sedimanlar bölgenin dane boyunu tanımlamaktadır.

Phaselis Antik Kenti'nin sahil numuneleri için yapılan XRF kimyasal analiz sonuçlarına göre Cu elementi yalnız EO-9, EO-10, EO-11, EO-12, EO-13, EO-14, EO-15 ve EO-19 isimli lokasyonlarda tespit edilmiştir. Pb elementi EO-10, EO-11, EO-12, EO-13, EO-14 ve EO-15 isimli lokasyonlarda tespit edilmiştir. V elementi ise, EO-9, EO-10, EO-11 ve EO-13 isimli lokasyonlarda tespit edilmiştir. Bu lokasyonlarda bulunan elementlerin litolojik olmadığı düşünülmektedir. Lokasyonların tam ortasından denize dökülen dere yatağı yolu ile bölgeye taşınmış olabileceği düşünülmektedir. Bu da bize element anomalilerinin antropojenik yani dış faktörlerden kaynaklandığını düşündürmektedir.

Phaselis Antik Kenti'nin sahilinden alınmış olan 40 adet numunenin 5 tanesine XRD kimyasal analizi yapılmıştır. EC-1, EC-2, EC-3, EC-4 ve EC-5 XRD analizi yapılmış olan numunelerdir. Bu örneklerin içerisinde albit, anortit ve kuvars mineralleri belirlenmiştir. Analiz sonuçlarında albit mineralinin görülmesi, içerisinde bulunan sodyum (Na), alüminyum (Al), silisyum (Si) ve oksijen (O) elementlerinin yoğun olarak bulunmasından kaynaklanmaktadır. Kuvars mineralinin görülmesi ise içerisinde bulunan silisyum (Si) ve oksijen (O) elementlerinin yüksek miktarda bulunmasından kaynaklıdır. Anortit mineralinin görülmesi, içerisinde kalsiyum (Ca), alüminyum (Al), silisyum (Si) ve oksijen (O) elementlerinin yüksek oranda bulunmasından kaynaklanmaktadır. Analiz yapılan numunelerin içerisinde az miktarda kuvars, orta miktarda anortit ve çok miktarda albit tespit edilmiştir.

Alınan numunelere ait XRF değerleri ile istatistiksel analiz yapılmıştır. Bunun için SPSS programı kullanılmıştır. Her bir numune için yapılmış olan Korelasyon analizi sonucunda Rb ile Cu elementinin kesişim değeri 0,958 olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu değer ile Rb elementinin bulunduğu ortamda Cu elementinin yüksek miktarda anomali gösterdiğini söyleyebiliriz. Fe ile S elementlerinin kesişim değeri – 0,751 olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu değer ile Fe elementinin bulunduğu ortamda S elementinin anomali göstermediğini söyleyebiliriz.

Kimyasal analiz verilerine göre Fe elementi baz alınarak yapılan Regresyon analizi ile elde ettiğimiz değerlerin doğruluğu belirlenebilmektedir. Phaselis Antik

Kenti sahil numunelerine ait Model Summary analizinde hesaplanmış olan R kare değeri 0,998; Anova analizinde hesaplanan Sig. değeri 0,000 çıkmıştır. R kare değerinin 1'e yakınlığı ve Sig. değerinin 0'a yakınlığı analizin doğruluğunu göstermektedir. Bu bilgiye dayanarak Regresyon analizinin doğru olduğunu söyleyebiliriz

Dendrogram analizinde numunelerin beş gruba ayrıldığı belirlenmiştir. Numuneler arasındaki gruplaşmanın lokasyonlar arasındaki benzerliklerden kaynaklı olduğunu söyleyebiliriz. Bu benzerliklerin nedeninin ise element içeriği, oluşum ve/veya taşınma benzerliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Faktör analizi ile varyas değerleri açıklanmaktadır. Faktör analizi ile elde edilen gruplarda bulunan elementler, aynı kökenden gelmekte ve birlikte hareket etmektedirler. Kimyasal analiz (XRF) sonuçlarına göre bütün elementler, beş (5) toplam değişim ve bileşen matriks ile gruplanmıştır. İstatistik verilerine göre toplam varyansın %85,263 değer ile açıklandığı görülmektedir. Bileşen matriks verilerine göre birinci bileşen grubunda yüksek değerlere sahip Al, S, K, Ca, Ti, Mn, Cu, Rb, Sr, Y, Pb, V, Ga elementleri birlikte bulunmaktadır. İkinci bileşen grubunda Si, S, Cr, Mn, Co, Ni, Zn elementleri birlikte bulunmaktadır. Üçüncü grupta Ti elementi; dördüncü grupta As elementi, beşinci grupta Mg elementinin olduğu görülmektedir.

6. SONUÇLAR

Batı Toroslar içerisinde yer alan Phaselis Antik Kenti sahilinden alınan plaj kumlarının ağır metal içeriğinin tespit edilebilmesi amacı ile kimyasal (XRF, XRD), istatistiksel, mekânsal ve kökensel analizler yapılmıştır. Bu analizlerden elde edilen verilere dayanarak bölgedeki ağır metal anomalileri tespit edilmiş ve kökeni hakkında yorumda bulunulmuştur. Bu çalışma bölgedeki ilk ayrıntılı çalışmadır.

Arazi çalışması kapsamında, Phaselis Antik Kenti sahili boyunca 40 adet istasyondan numune alınmıştır. Alınan numunelerin XRF analizi sonuçları ppm cinsinden alınarak, istatistiksel analiz ve kirlilik indekslerinin hesaplanması için kullanılmıştır.

Her bir lokasyona ait numuneler laboratuvar ortamında kurutulduktan sonra elek analizi yapılmıştır. Elek analizi verilerine göre, numunelerin dane boyu dağılımı, Wentworth skalasına göre sınıflandırılmıştır. Bölgede silt, şeyl, kum, çakıl ve parça boyutunda örneklerin dağılımının olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle orta – kaba kum boyutundaki sedimanlar bölgenin dane boyunu tanımlamaktadır.

Phaselis Antik Kenti'nin sahil numuneleri için yapılan XRF kimyasal analiz sonuçlarına göre bölgede Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Y, Sn ve Pb elementlerine rastlanmıştır. Cu elementi yalnız EO-9, EO-10, EO-11, EO-12, EO-13, EO-14, EO-15 ve EO-19 isimli lokasyonlarda tespit edilmiştir. Pb elementi EO-10, EO-11, EO-12, EO-13, EO-14 ve EO-15 isimli lokasyonlarda tespit edilmiştir. V elementi ise, EO-9, EO-10, EO-11 ve EO-13 isimli lokasyonlarda tespit edilmiştir. Bu lokasyonlarda bulunan elementlerin litolojik olmadığı düşünülmektedir. Lokasyonların tam ortasından denize dökülen dere yatağı yolu ile bölgeye taşınmış olabileceği düşünülmektedir. Bu da bize element anomalilerinin antropojenik yani dış faktörlerden kaynaklandığını düşündürmektedir.

XRD analizi ile çalışma bölgesinden alınmış olan numunelerin içerisinde ki mineraller belirlenmiştir. EC-1, EC-2, EC-3, EC-4 ve EC-5 numunelerine XRD analizi yapılmıştır. Analiz yapılan numunelerin içerisinde az miktarda kuvars, orta miktarda anortit ve çok miktarda albit tespit edilmiştir.

Phaselis Antik Kenti sahiline ait numunelerin her biri için Korelasyon analizi, Faktör analizi, Hiyerarşik dendrogram analizi, Model summary ve Anova analizleri yapılmıştır. Phaselis Antik Kenti sahili numunelerine uygulanan Korelasyon analizi sonucunda Rb ile Cu elementinin kesişim değeri 0,958 olarak hesaplanmıştır. Bu da Phaselis Antik Kenti sahilinden alınan numuneler arasında ki, pozitif yönde en yüksek korelasyon ilişkisinin Rb ile Cu arasında olduğunu göstermektedir. Buda demek oluyor ki Rb elementinin bulunduğu ortamda Cu elementinde yüksek ölçüde anomali göstermektedir. Fe ile S elementlerinin kesişim değeri – 0,751 olarak ölçülmüştür. Bunun anlamı Fe elementinin belirlendiği sahada Ti elementi anomali göstermemektedir.

Kimyasal analiz verilerine göre Fe elementi baz alınarak yapılan Regresyon analizi ile elde ettiğimiz değerlerin doğruluğu belirlenebilmektedir. Phaselis Antik Kenti sahil numunelerine ait Model Summary analizinde hesaplanmış olan R kare değeri 0,998; Anova analizinde hesaplanan Sig. değeri 0,000 çıkmıştır. R kare değerinin 1'e yakınlığı ve Sig. değerinin 0'a yakınlığı analizin doğruluğunu göstermektedir. Bu bilgiye dayanarak Regresyon analizinin doğru olduğunu söyleyebiliriz

Kimyasal analiz verilerine göre regresyon analizi Fe baz alınarak yapılmıştır. Regresyon analizi, iki veya daha fazla değişken arasında bulunan ilişkiyi saptamak, verilerin doğruluğunu değerlendirmek ve değişkenler arasındaki sebep – sonuç ilişkisini belirlemek amacı ile kullanılmaktadır. Model Summary tablosunda ki “R kare” değerinin 1'e, Anova tablosunda ki “Sig.” değerinin 0'a yakınlığı analizin doğruluğunun çok yüksek derecede olduğunu göstermektedir.

Phaselis sahilinden toplanan numunelere uygulanan istatistik analizi sonuçlarında R kare değerimizin 0,998 çıktığı görülmektedir. Elde ettiğimiz bu değer ile yapmış olduğumuz regresyon analizin yüksek oranda doğru sonuç verdiği görülmektedir.

Çalışma bölgesinden alınan numunelere ait veriler ile yapmış olduğumuz Anova analizi tablomuzda da Sig değerimizin 0,000 çıktığı görülmektedir. Bu verilere göre de yapılmış olan analizin doğruluk derecesinin çok yüksek olduğu görülmektedir.

Dendrogram analizi ile benzer özellik gösteren numuneler gruplar halinde sınıflandırılmaktadır (Aydın, 2018). İstatistiksel Dendrogram analizi sonucunda, çalışma bölgesinden alınan numunelerin beş gruba ayrıldığı gözlenmiştir. Phaselis sahiline ait numunelerin Dendrogram grafiği Şekil 8.'de verilmiştir. Birinci grup içerisinde bulunan numuneler; EÖ – (22, 24, 20, 21, 23, 29, 32, 27, 28, 7, 33, 30, 25, 31, 26, 35, 6, 5, 16) ve EC – (2, 1, 3, 4); ikinci grubu oluşturan numuneler; EÖ – (2, 3, 4, 1); üçüncü grubu oluşturan numuneler; EÖ – (12, 15, 14, 10, 11, 8, 9, 17, 13, 19) ve EC – 5; dördüncü grubu oluşturan numune; EÖ – 34; beşinci grubu oluşturan numune EÖ – 18'tir. Gözlemlediğimiz ve bu beş grubu oluşturan numuneler arasında çıkan benzerliğin nedenlerinden biri aynı elementlerde maksimum düzeyde değerler göstermesidir.

Faktör analizi ile elde edilen gruplarda bulunan elementler, aynı kökenden gelmekte ve birlikte hareket etmektedirler. Kimyasal analiz (XRF) sonuçlarına göre bütün elementler, beş (5) toplam değişim ve bileşen matriks ile gruplanmıştır. İstatistik verilerine göre toplam varyansın %85,263 değer ile açıklandığı görülmektedir. Bileşen matriks verilerine göre birinci bileşen grubunda yüksek değerlere sahip Al, S, K, Ca, Ti, Mn, Cu, Rb, Sr, Y, Pb, V, Ga elementleri birlikte bulunmaktadır. İkinci bileşen grubunda Si, S, Cr, Mn, Co, Ni, Zn elementleri birlikte bulunmaktadır. Üçüncü grupta Ti elementi; dördüncü grupta As elementi, beşinci grupta Mg elementinin olduğu görülmektedir.

Phaselis Antik Kenti sahilindenden alınan numunelere ait XRF verileri kullanılarak kirlilik endeksleri hesaplanmıştır. Bu endeksler; kontaminasyon faktörü, kontaminasyon derecesi, modifiye kontaminasyon derecesi, zenginleşme faktörü ve jeobirikim endeksidir. Yapılan hesaplamalara göre çok yüksek anomali veren elementler görülmüştür. Bu anomalilerin litolojik kaynaklı olduğu düşünülmemektedir. Bölgede mevcut dere yatakları, bölgenin turizme açık olması, içerisindeki işletmeler, çevre yolu vb. çevresel etkilerin bölgeyi etkilediği düşünülmektedir.

Kontaminasyon faktörü hesaplamalarına göre Ni, Co, Cr ve Sn elementleri çok yüksek değerler vermiştir. Bu bölgede ciddi derecede ağır metal anomali olduğu göstermektedir. Kontaminasyon faktörü sınıflamasına göre bu elementlerin çok yüksek kirlilik olarak tanımlanmaktadır. Ti elementi EO-13 isimli lokasyonda çok yüksek kirlilik sınıflamasına dahil olurken, diğer lokasyonlarda kirlilik yok ya da az kirlilik sınıflarına dahil olmaktadır.

Zenginleşme faktörü hesaplanırken normalizasyon değeri olarak Fe elementi seçilmiştir. Bu durumda EC-5, EO-17, EO-18 ve EO-19 isimli lokasyonlarda Fe elementi çok düşük olduğu için çok yüksek değerler çıkmıştır. Bu sebepten dolayı bu lokasyonlarda yapılan zenginleşme faktörü hesabı anlamsızdır. Bu lokasyonların dışında Co, Cr, Ni ve Sn elementleri bir çok lokasyonda 5 – 20 değerleri arasında olup, yüksek zenginleşme olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca Cr elementi EO-1, EO-2, EO-3 ve EO-4 isimli lokasyonda; Ni elementi ise EO-34 isimli lokasyonda 20 – 40 aralığında olup çok yüksek zenginleşme olarak tanımlanmaktadır.

Jeobirikim indeksi hesaplamalarına göre; As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sn, Ti, V elementler hesaplanan tüm lokasyonlarda 5 değerinden daha yüksek değerler vermektedir. Bu da jeobirikim indeksinin aşırı kirlilik olarak tanımlanmasını sağlar. Ancak Zn elementi EO-19 isimli lokasyonda az kirlilik ve EC-5 lokasyonunda aşırı kirlilik göstermiş olup, bunun dışındaki lokasyonlarda kirlilik göstermemiştir.

7. KAYNAKLAR

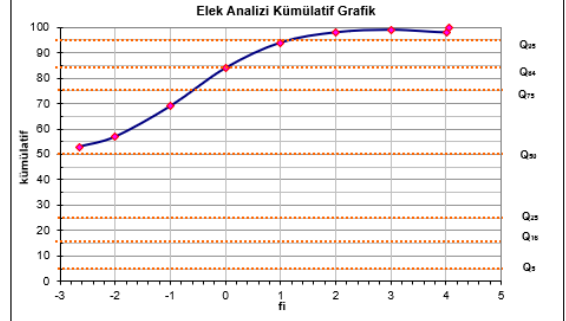
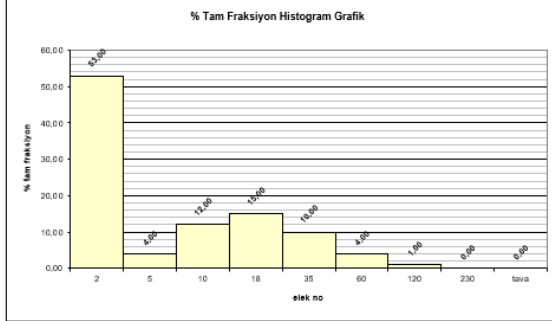
- Abraham, G. M. S., & Parker, R. J. (2008). Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. *Environmental monitoring and assessment*, 136(1-3), 227-238.
- Akay, E., & Uysal, S. (1985). Orta Torosların batısındaki (Antalya) Neojen çökellerinin stratigrafisi, sedimantolojisi ve yapısal jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, No: 7799 Ankara (yayınlanmamıştır).
- Bağcı, U., & Parlak, O. (2009). Petrology of the Tekirova (Antalya) ophiolite (Southern Turkey): evidence for diverse magma generations and their tectonic implications during Neotethyan-subduction. *International Journal of Earth Sciences*, 98(2), 387-405.
- Bergamaschi, L., Rizzio, E., Valcuvia, M. G., Verza, G., Profumo, A., & Gallorini, M. (2002). Determination of trace elements and evaluation of their enrichment factors in Himalayan lichens. *Environmental pollution*, 120(1), 137-144.
- Başkan, O. (2004). Gölbaşı yöresi topraklarının mühendislik, fiziksel özellik ilişkilerinde jeostatistik uygulaması. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Yayınlanmamış Doktora Tezi*, 176.
- Blumenthal, M. (1947). *Geologie der taurusketten in hinterland Von Seydişehir und Beyşehir*: MTA Publ. Ser. D, 2.
- Blumenthal, M. M. (1951). *Recherches géologiques dans le Taurus occidental dans l'arrière-pays d'Alanya*. Verlag nicht ermittelbar.
- Buat-Menard, P., & Chesselet, R. (1979). Variable influence of the atmospheric flux on the trace metal chemistry of oceanic suspended matter. *Earth and Planetary Science Letters*, 42(3), 399-411.
- Brunn, J. H., Dumont, J. F., De Graciansky, P. C., Gutnic, M., Juteau, T., Marcoux, J., ... & Poisson, A. (1971). Outline of the geology of the western Taurids. *Geology and history of Turkey*, 225-255.
- Chakravarty, M., & Patgiri, A. D. (2009). Metal pollution assessment in sediments of the Dikrong River, NE India. *Journal of Human Ecology*, 27(1), 63-67.
- Deely, J. M., & Fergusson, J. E. (1994). Heavy metal and organic matter concentrations and distributions in dated sediments of a small estuary adjacent to a small urban area. *Science of the Total Environment*, 153(1-2), 97-111.
- Demirtasli, E. (1987). Bati Toroslarda Akseki, Manavgat ve Koprulu arasinda kalan bolgenin jeoloji incelemesi. *Maden Tetkik ve Arama Genel Mudurlugu, Report No, 8779*.
- Dickinson, W. W., Dunbar, G. B., & McLeod, H. (1996). Heavy metal history from cores in Wellington Harbour, New Zealand. *Environmental Geology*, 27(1), 59-69.

- Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water research*, 14(8), 975-1001.
- İnal, C., Turgut, B., & Yiğit, C. Ö. (2002). Lokal alanlarda jeoit ondülasyonlarının belirlenmesinde kullanılan enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması. *Yıl Sempozyumu, Konya*, 16-18.
- Juteau, T. (1968). Kumluca (Güney Türkiye, Likya Toroslari) bölgesinin ofiolitlerine ait jeolojik haritanın açıklanması: Strüktürel kadro ile yatak şekilleri ve ofiolitli korteje ait belli başlı fasieslerin tasviri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 70(70).
- Juteau, T. (1975). Les ophiolites des nappes d'Antalya (Taurides occidentales, Turquie): pétrologie d'un fragment de l'ancienne croûte océanique téthysienne. *Fondation scientifique de la géologie et de ses applications*.
- Juteau, T., & Marcoux, J. (1973). Un exemple de volcanisme sous marin au Trias superieur le strato-volcano du Karadere, Calbalı Dag (ophiolites des nappes d'Antalya-Taurides occidentales, Turquie). In *Intern. Symp. Über die Strata der Alpin Mediterranean Trias* (pp. 238-239).
- Juteau, T., & Whitechurch, H. (1980). Ophiolites.
- Kalafatçioğlu, A. (1973). Antalya Körfezi batı kısmının jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 81(81).
- Lefevre, R. (1967). Un nouvel élément de la géologie du Taurus Lycien: les nappes d'Antalya (Turquie). *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences, Paris*, 7(D 265), 1365-1368.
- Marcoux, J. (1977, September). Geological sections of the Antalya region. In Güvenç, T., and others ed., *Western Taurus excursion geological guidebook: VI. Colloquium on the geology of Aegean region, İzmir*.
- Marcoux, J. (1979). Antalya Naplarının genel yapisi ve tetis güney kenari paleocografyasındaki yeri.
- Muller, G. (1969). Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *Geojournal*, 2, 108-118.
- Pehlivan, H. (2017). Marmara Denizi Güneyi (Kocasu Deltası) Sedimentlerinde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması.
- Ravichandran, M., Baskaran, M., Santschi, P. H., & Bianchi, T. S. (1995). History of trace metal pollution in Sabine-Neches estuary, Beaumont, Texas. *Environmental science & technology*, 29(6), 1495-1503.
- Reuber, I. (1982). Générations successives de filons grenus dans le complexe ophiolitique d'Antalya (Turquie): origine, évolution et mécanismes d'injection des liquides (Doctoral dissertation).
- Salomons, W. Förstner U.(1984) Metals in the Hydrocycle.
- Sutherland, R. A. (2000). Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. *Environmental geology*, 39(6), 611-627.

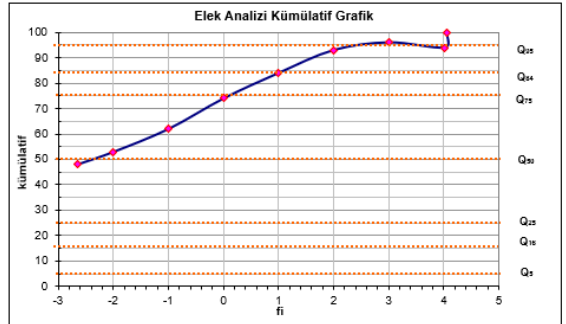
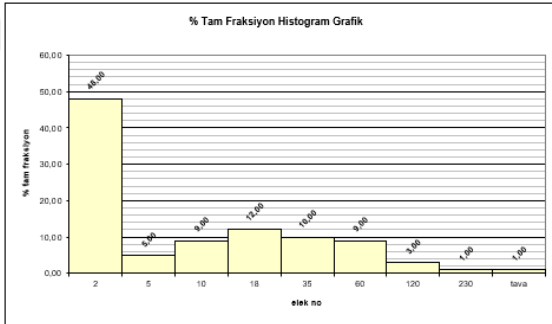
- Şenel, M. (1981). Discussion on the Antalya Nappes;(Eds.) O. Tekeli and MC Göncüoğlu, Geology of Taurus Belt. In International Symposium (pp. 41-52).
- Şenel, M. (1985). Alakırçay grubu, Kumluca zonunun litostratigrafi özellikleri ve yaşı: Güneybatı Antalya-Türkiye. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 103(103,104).
- Şenel, M. (1980). Finike-Kumluca-Kemer (Teke Torosları) dolayının jeolojisi, Antalya. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Rapor No: 6874, 114s. Ankara.
- Şenel, M. (1997). 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Antalya-O25 Paftası. MTA, Ankara.
- Senel, M., Dalkilic, H., Gedik, I., Serdaroglu, M., Bölükbaşı, S., Metin, S., ... & Özgül, N. (1992). Egirdir-Yenisarbademli-Gebiz ve Geris-Köprülü (Isparta-Antalya) Arasında Kalan Alanların Jeolojisi. MTA Raporu, 9390, 83-136.
- Şenel, M., Gedik, İ., Dalkılıç, H., Serdaroglu, M., Bilgin, A. Z., Uğuz, M. F., ... & Özgül, N. (1996). Isparta bölümlü doğusunda, otokton ve allokon birimlerin stratigrafisi (Batı Toroslar). Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 118(118).
- Şenel, M., Selçuk, H., Bilgin, A.Z., Şen, A.M., Karaman, T., Dinçer, M.A., Durukan, E., Arbas, A., Örcen, S. ve Bilgi, C. (1989). Çameli (Denizli) – Yeşilova (Burdur) – Elmalı (Antalya) ve dolayının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 9429, 344s. Ankara.
- Şenel, M., Serdaroglu, M., Kengil, R., Ünverdi, M. ve Gözler, M.Z. (1981). Teke Torosları güneybatısının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 95/96, 13-43.
- Şenel, M. (1986). Tahtalı Dağ (Antalya) dolayının jeolojisi (Doctoral dissertation, PhD Thesis, İstanbul University (unpublished)).
- Tomlinson, D. L., Wilson, J. G., Harris, C. R., & Jeffrey, D. W. (1980). Problems in the assessment of heavy-metal levels in estuaries and the formation of a pollution index. *Helgoländer meeresuntersuchungen*, 33(1), 566.
- Trangmar, B. B., Yost, R. S., & Uehara, G. (1985). Application of geostatistics to spatial studies of soil. *Advances in agronomy*, 38, 45-94.
- Yalçın, H., Bozkaya, Ö., & Yılmaz, C. (2015). Tekirova (Antalya) Ofiyolit Napı Kayaçlarının Alterasyon Mineralojisi ve Jeokimyası. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 58(1), 63-89
- YAPRAK, S., & ARSLAN, E. (2008). Kriging Yöntemi ve Geoit Yüksekliklerinin Enterpolasyonu. *HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 98, 36-42.
- Yılmaz, P.O. (1981). Geology of the Antalya Complex SW, Turkey. Unpublished. Ph.D. thesis, University of Texas Microfilms. International Michigan USA. 194s.

8. EKLER

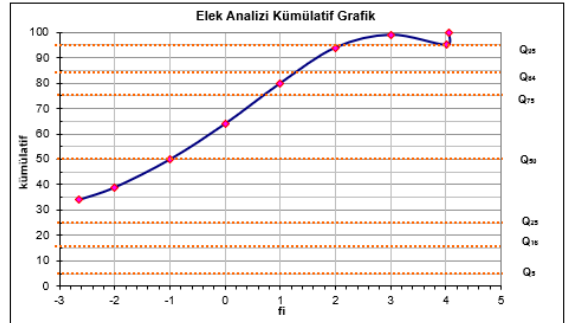
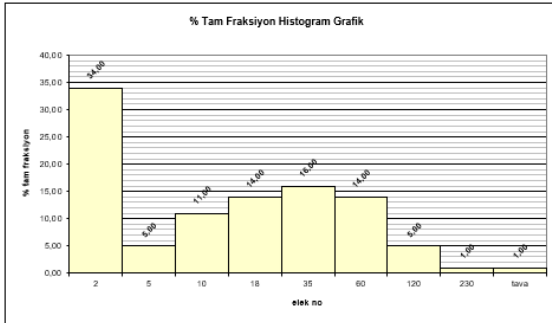
EK-1. Elek Analizi Grafikleri



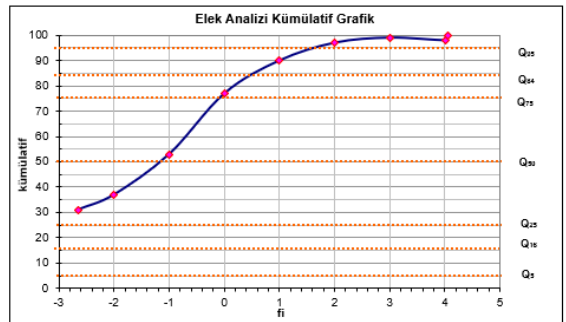
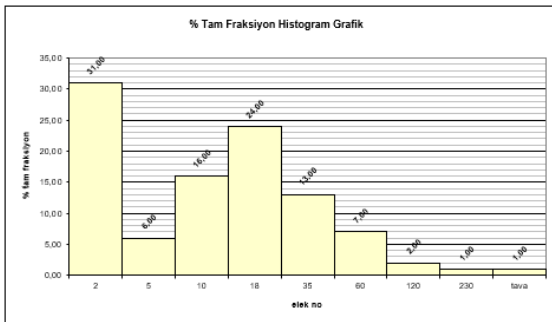
EO-01



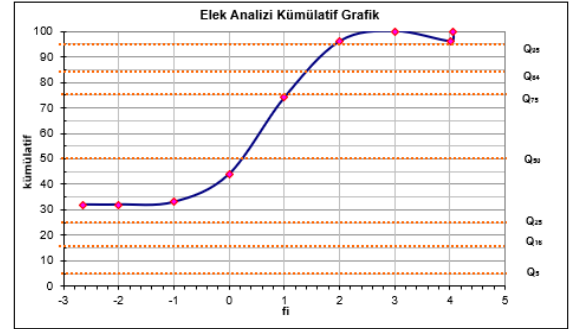
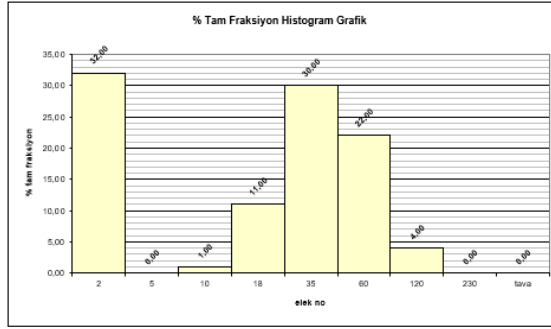
EO-02



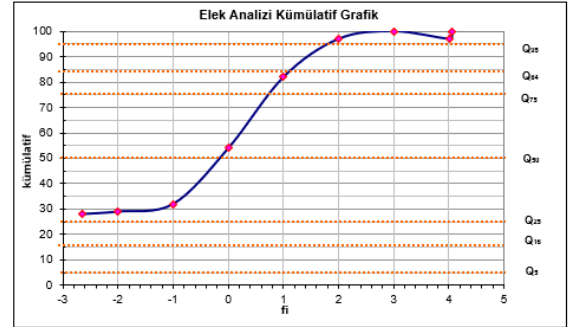
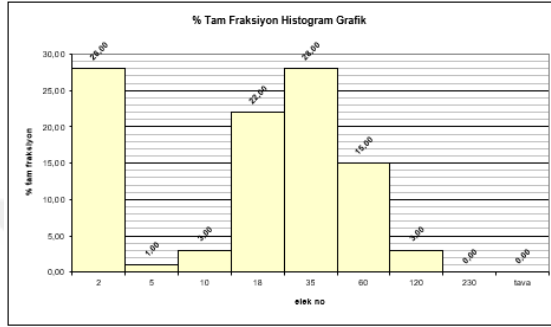
EO-03



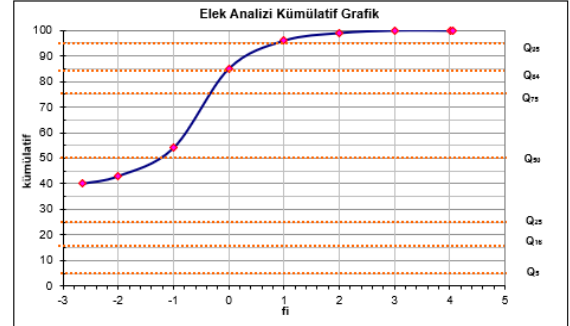
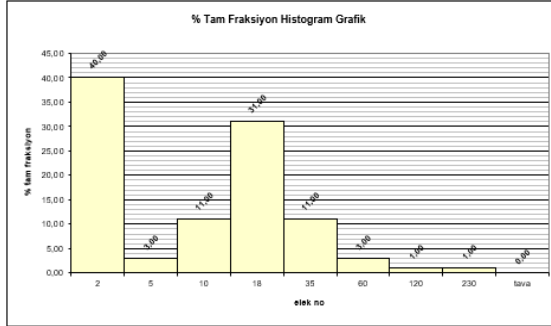
EO-04



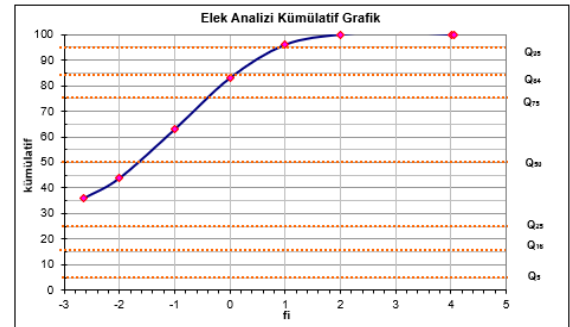
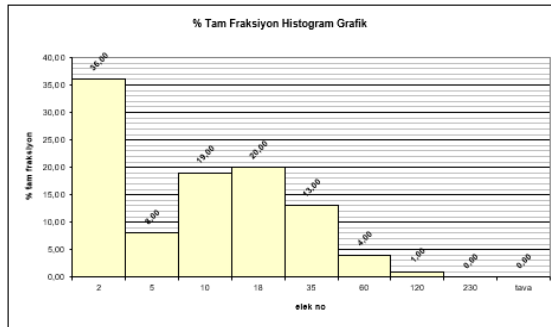
EO-05



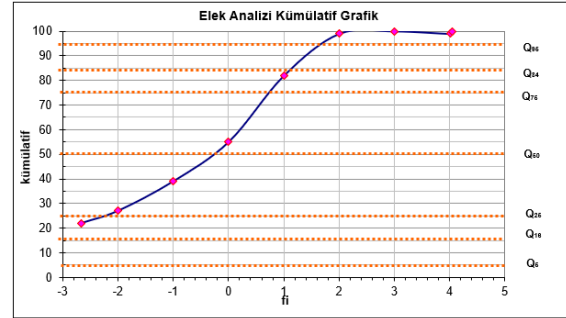
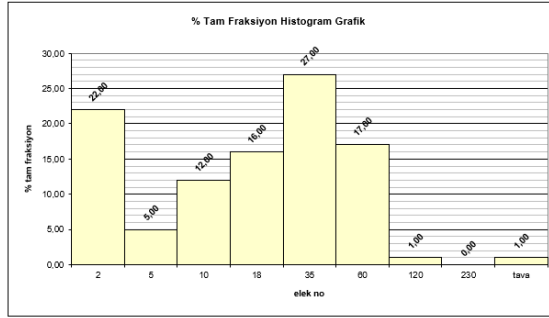
EO-06



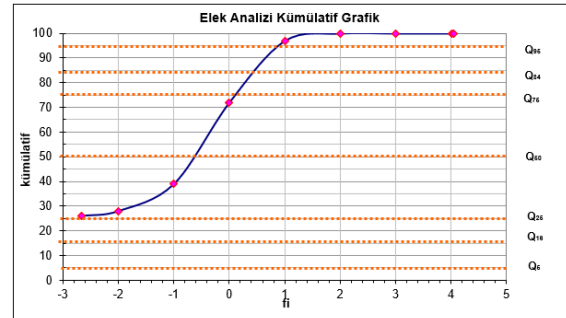
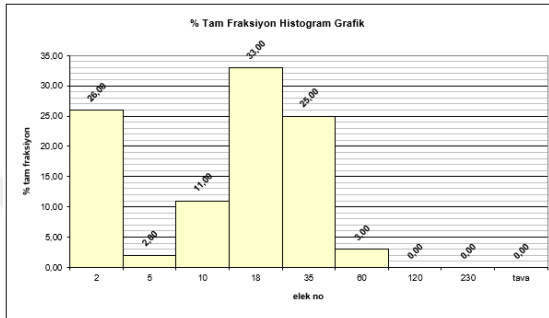
EO-07



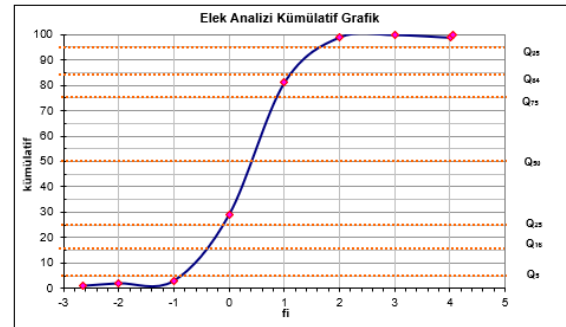
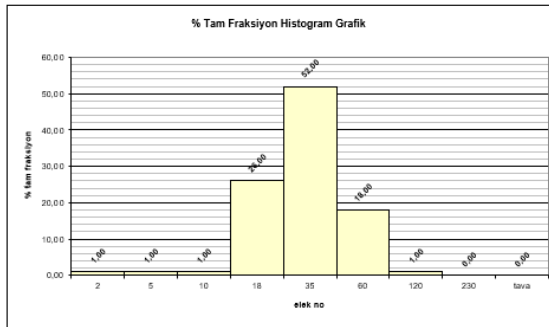
EO-08



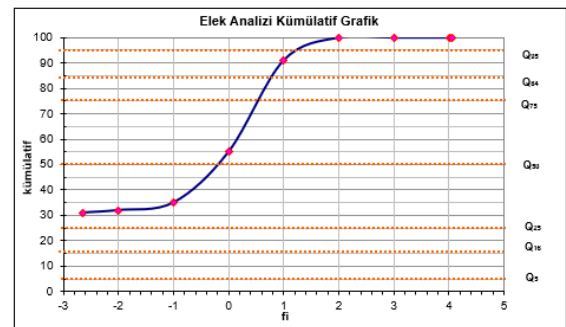
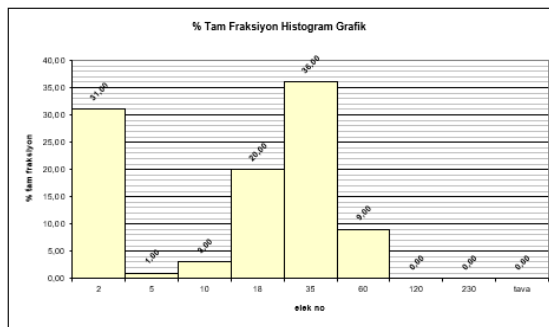
EO-09



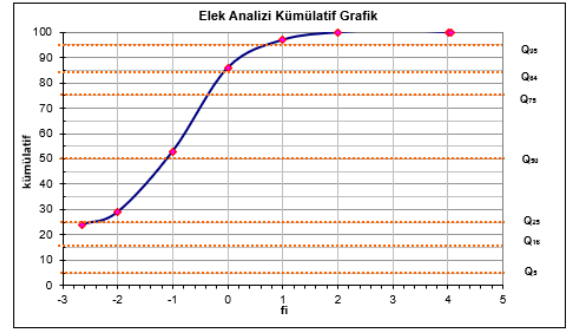
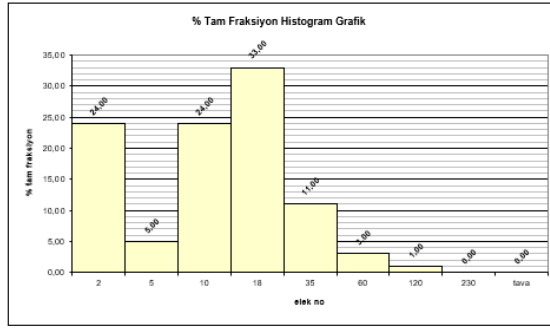
EO-10



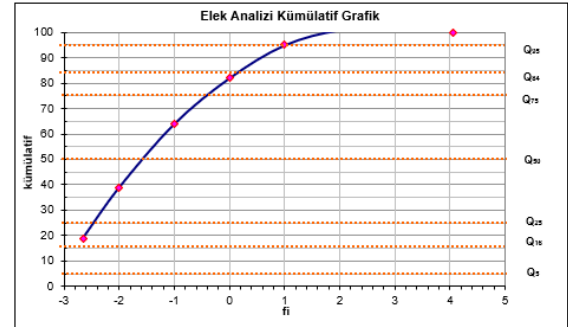
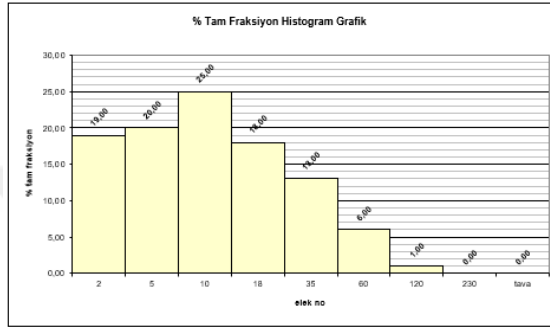
EO-11



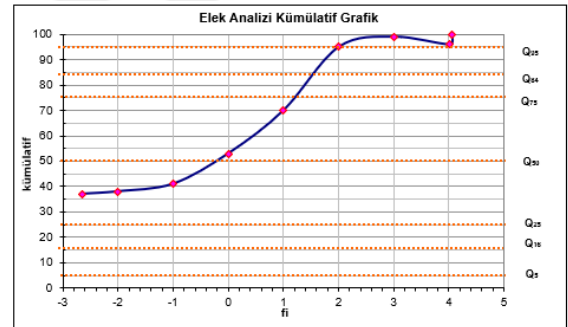
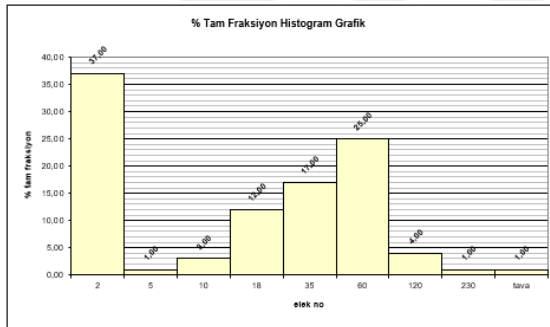
EO-12



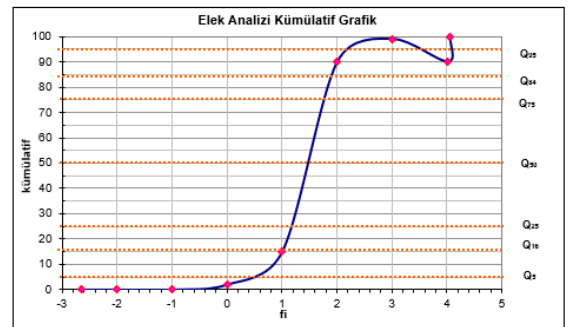
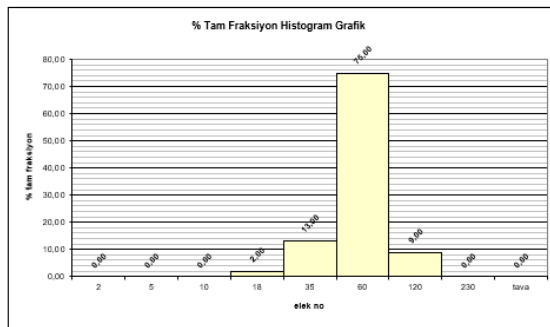
EO-13



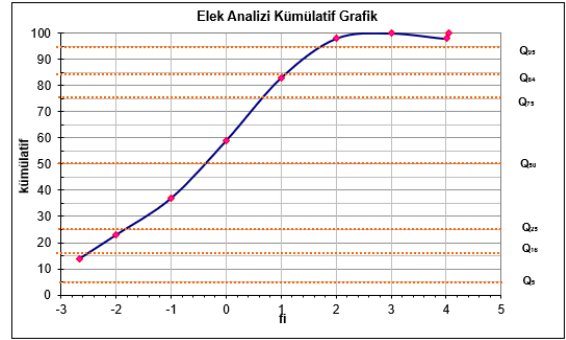
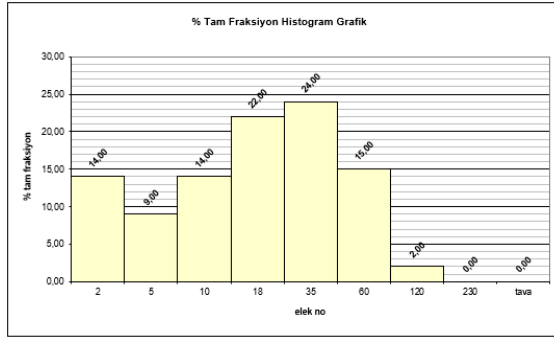
EO-14



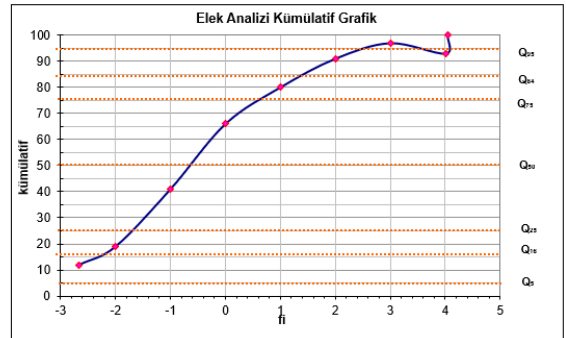
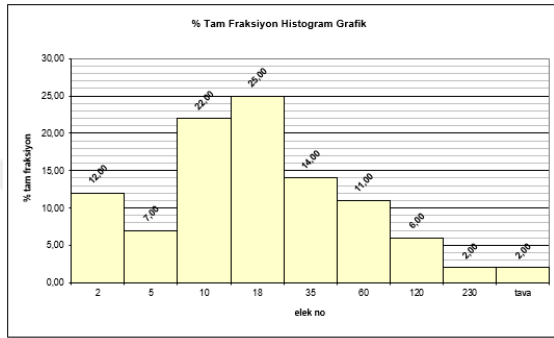
EO-15



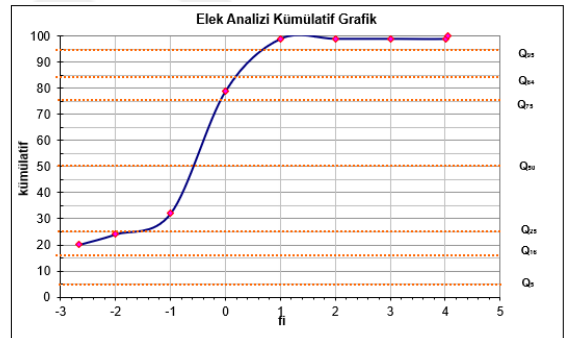
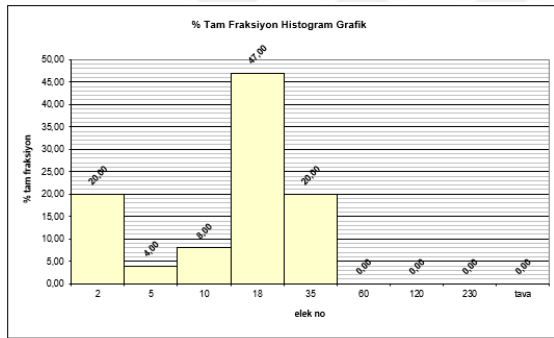
EO-16



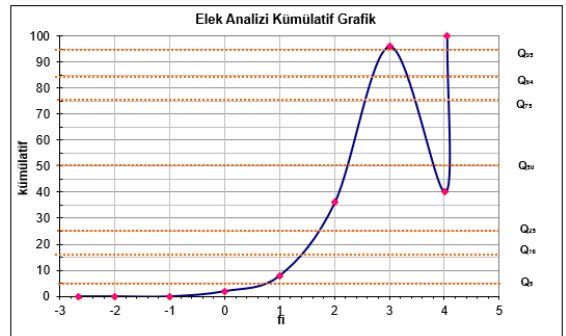
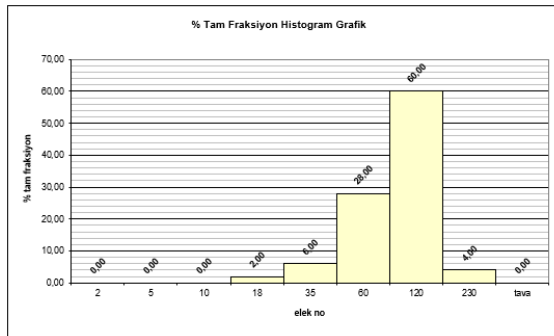
EO-17



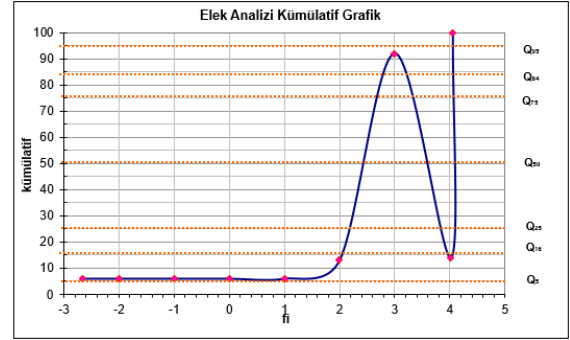
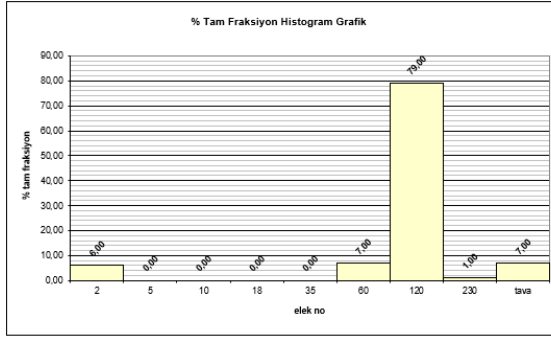
EO-18



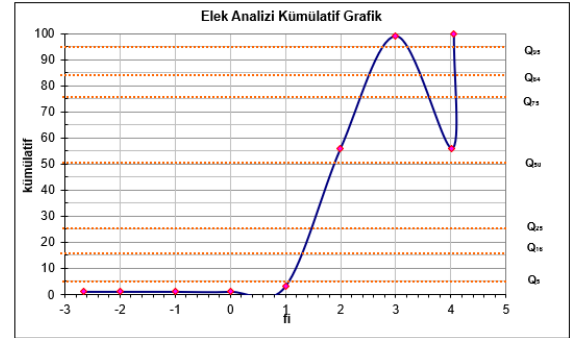
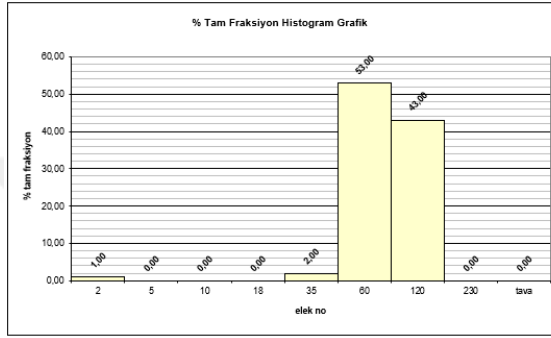
EO-19



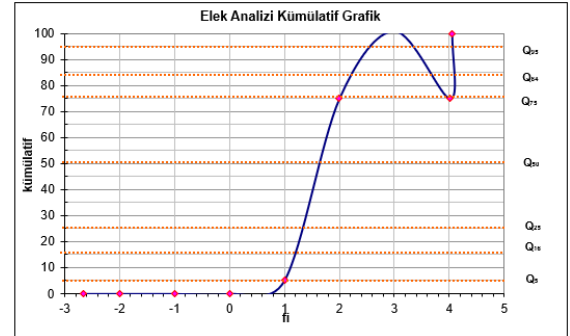
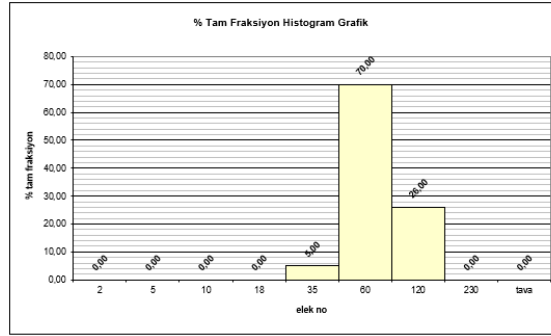
EO-20



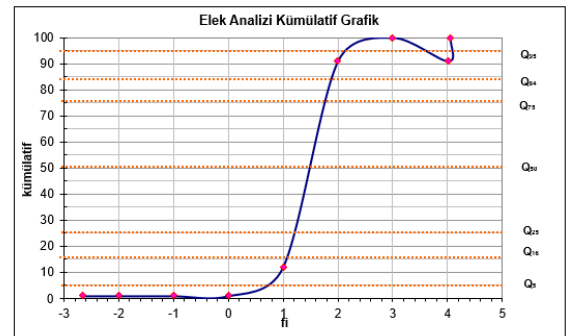
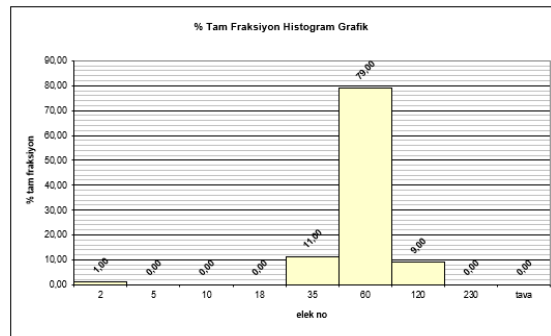
EO-21



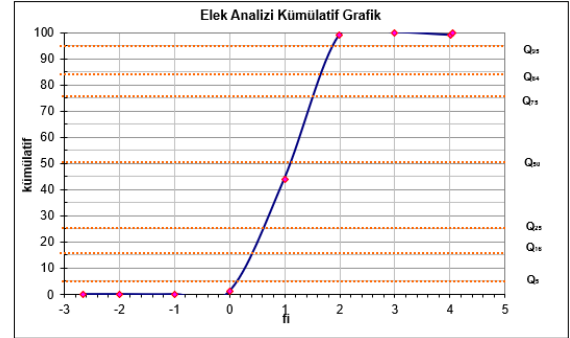
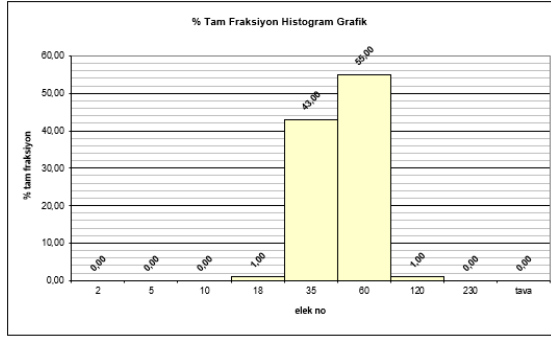
EO -22



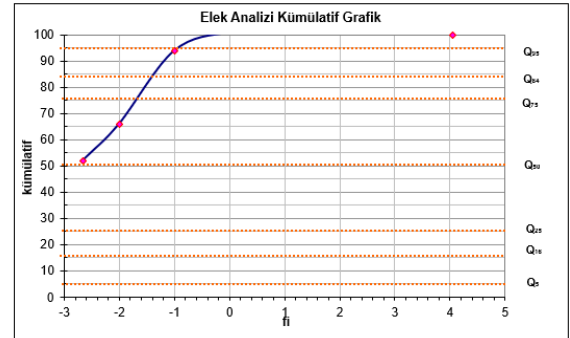
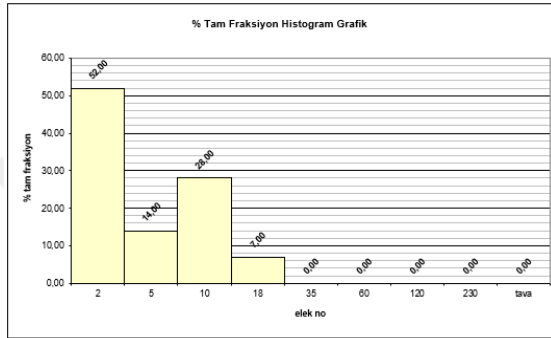
EO -23



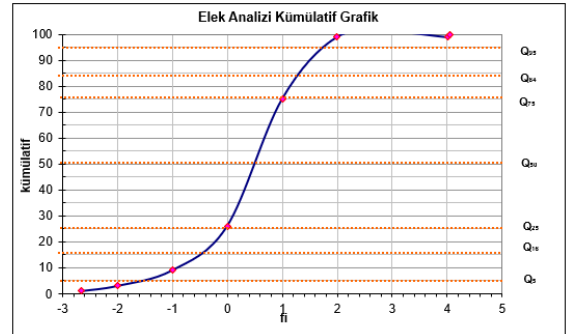
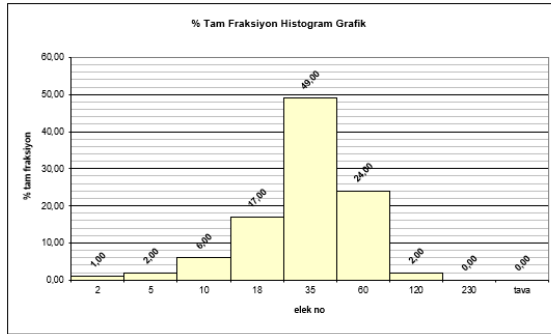
EO -24



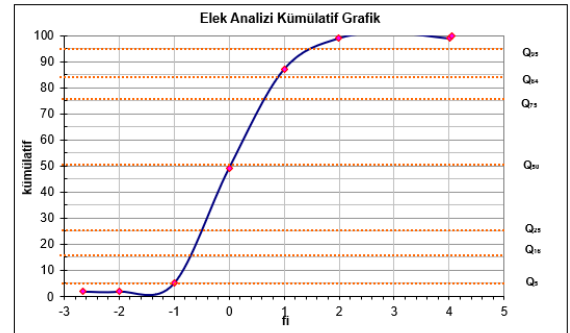
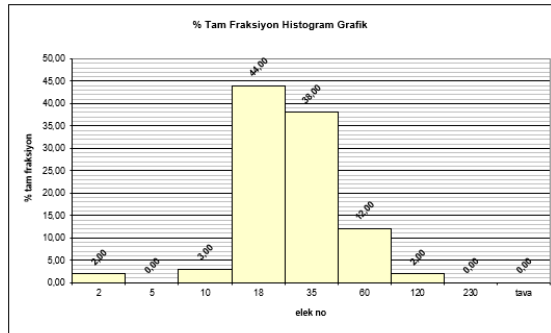
EO -25



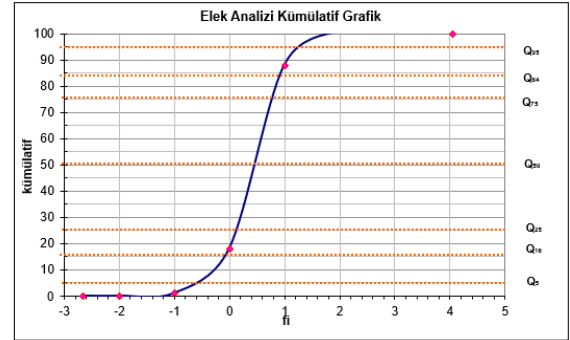
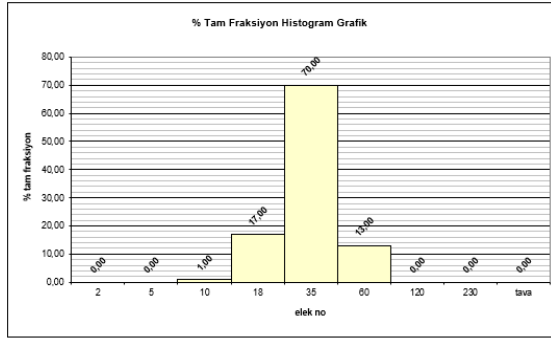
EO -26



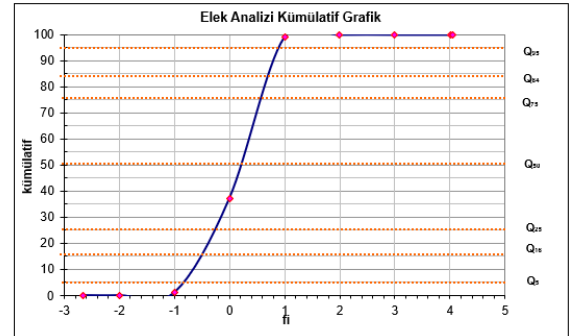
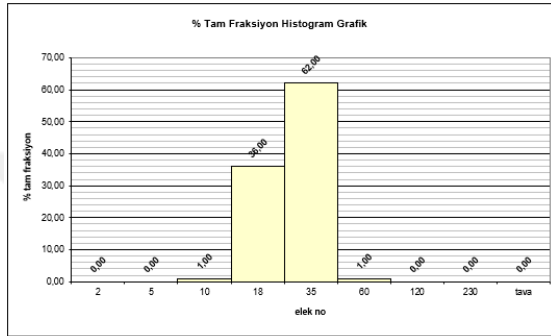
EO -27



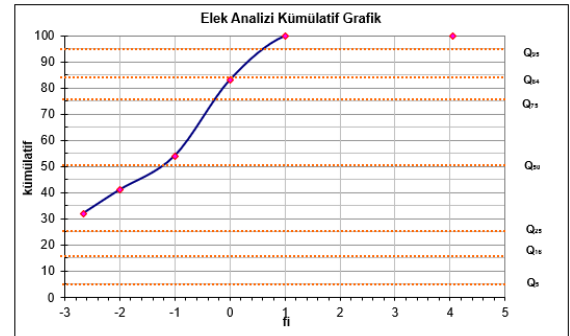
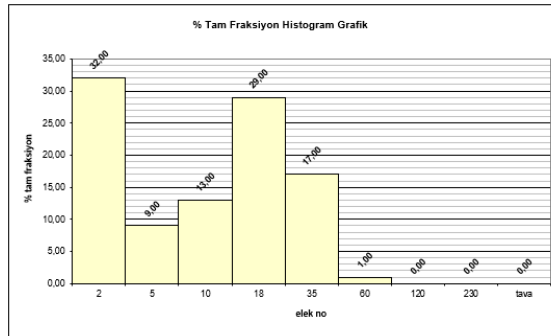
EO -28



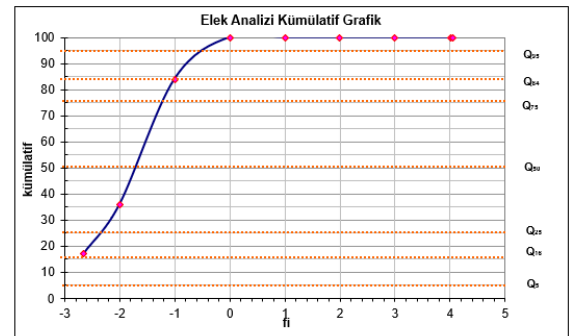
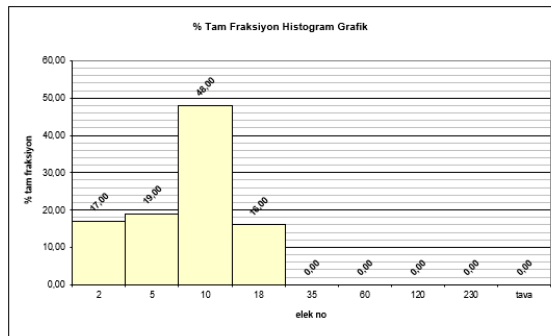
EO -29



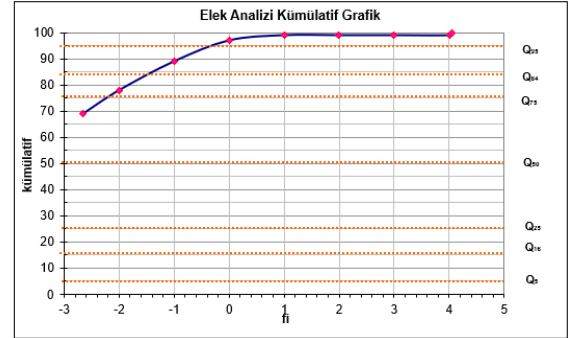
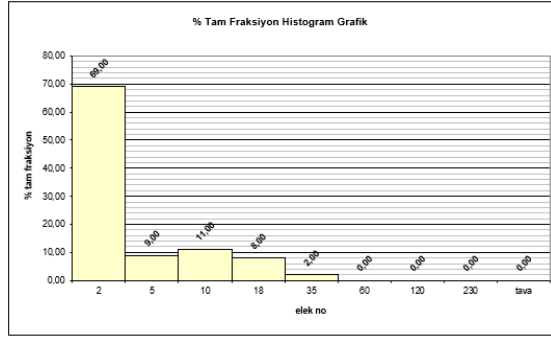
EO -30



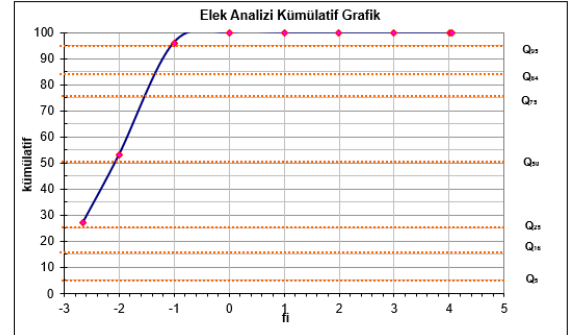
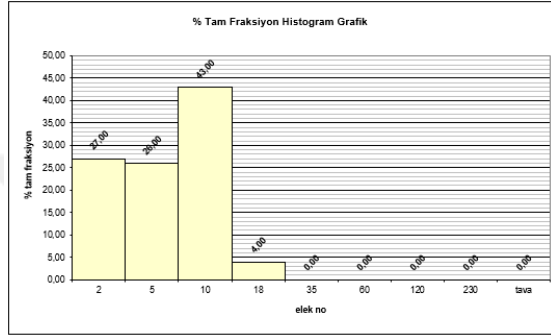
EO -31



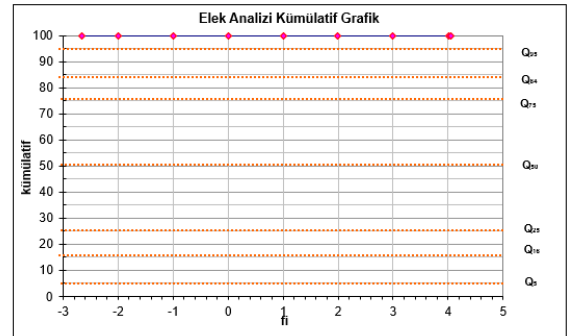
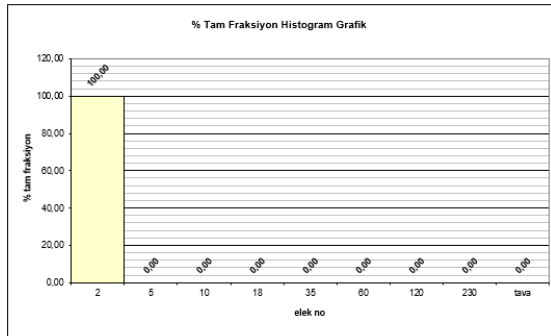
EO -32



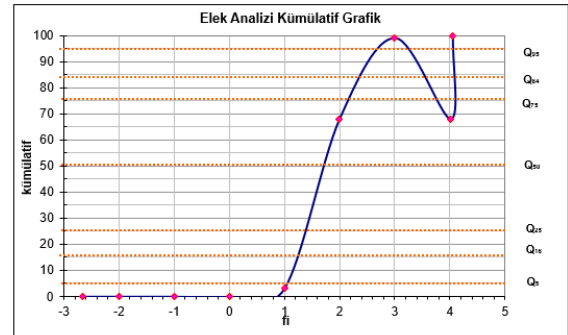
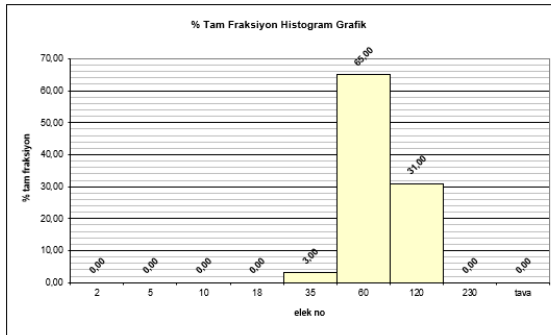
EO -33



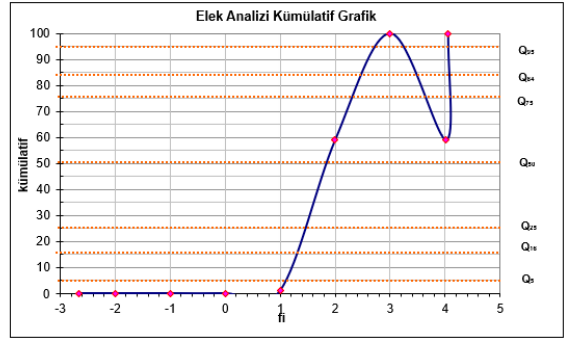
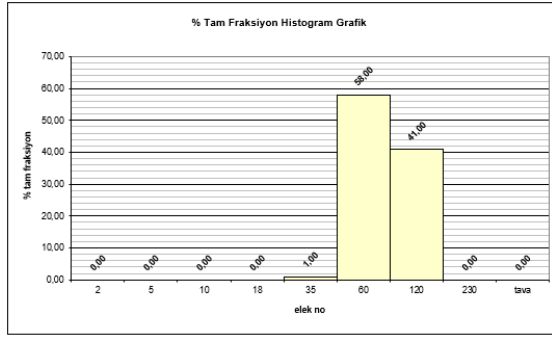
EO -34



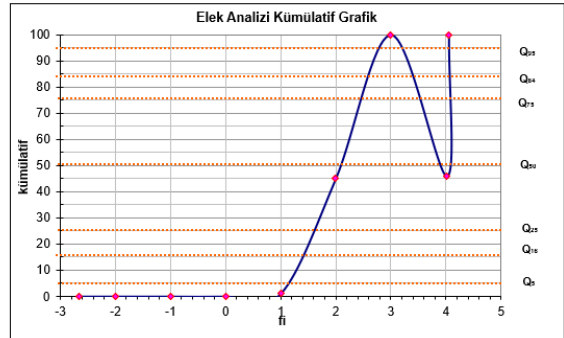
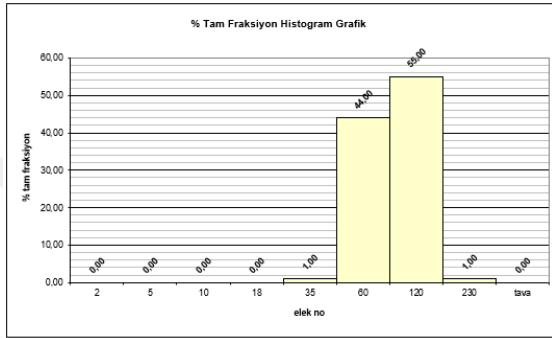
EO -35



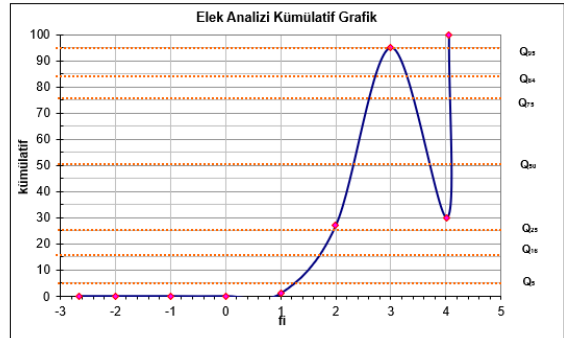
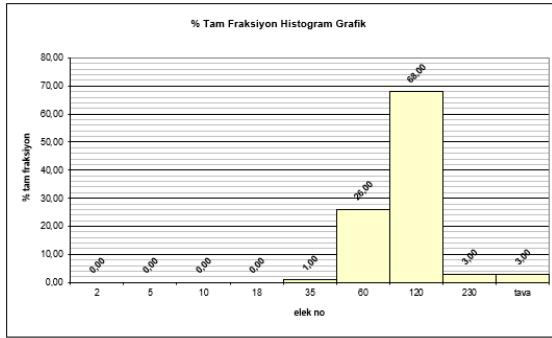
EC-01



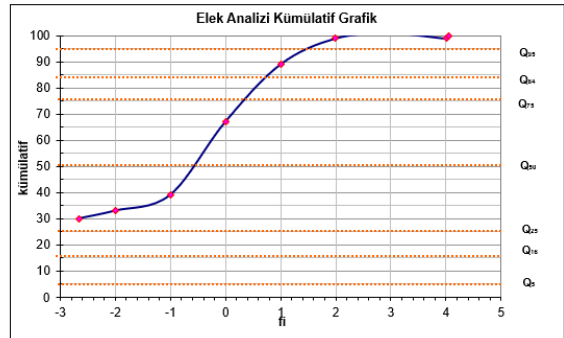
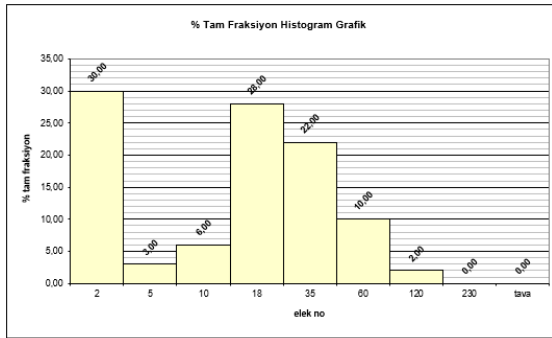
EC-02



EC-03

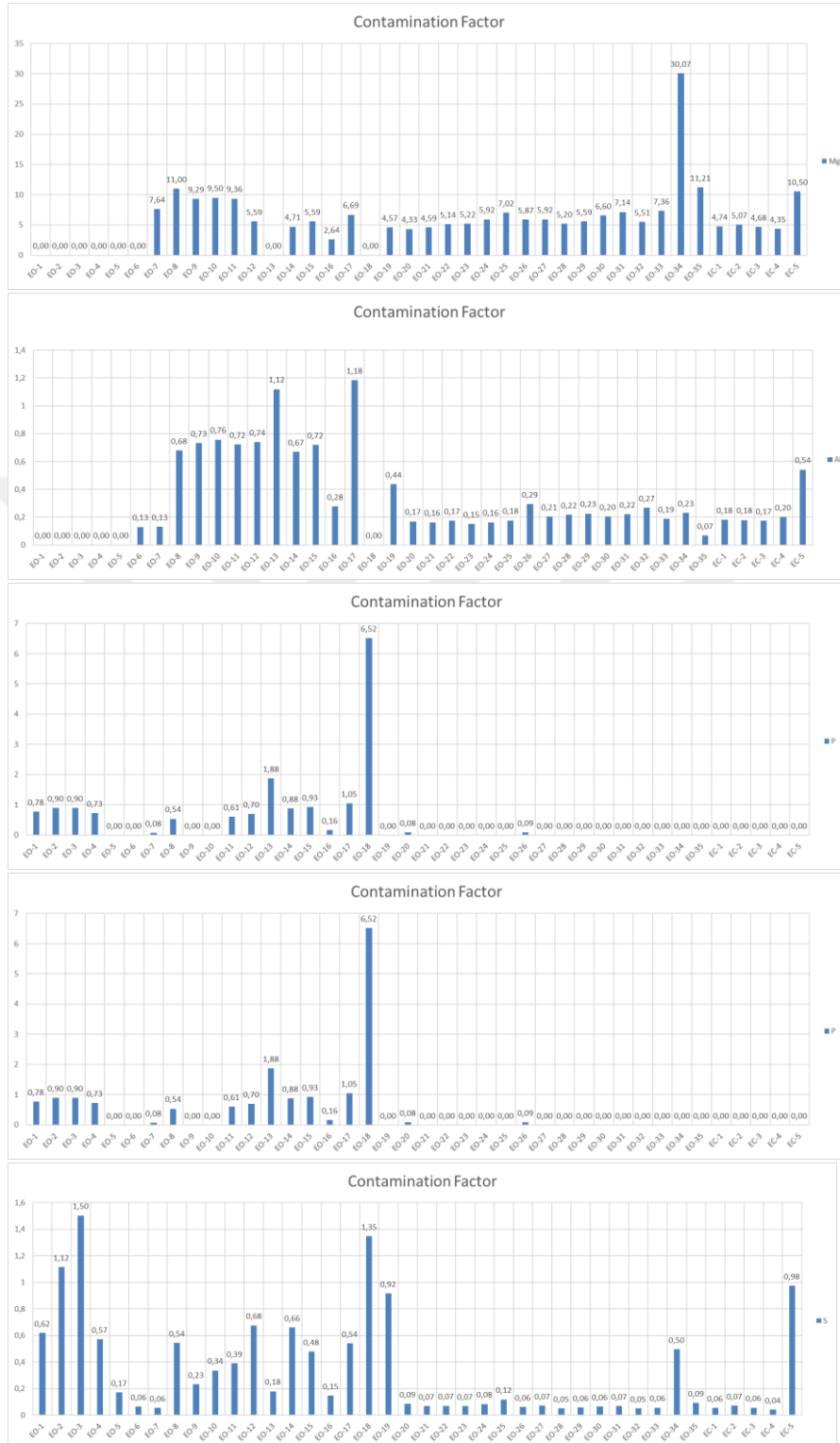


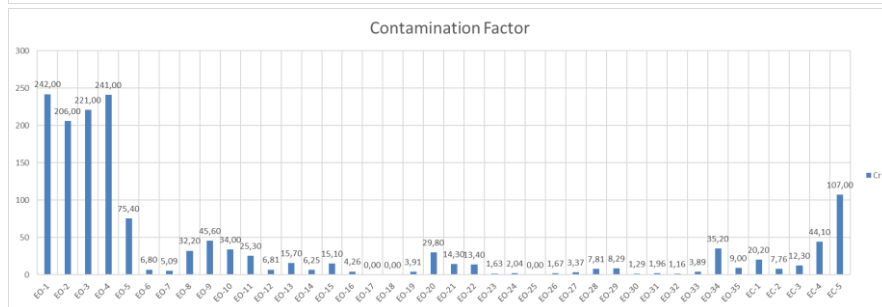
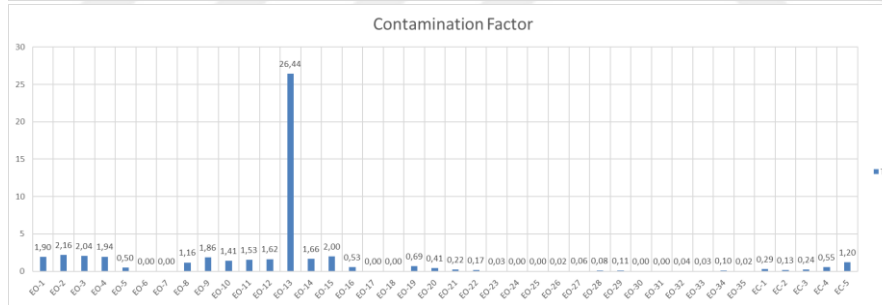
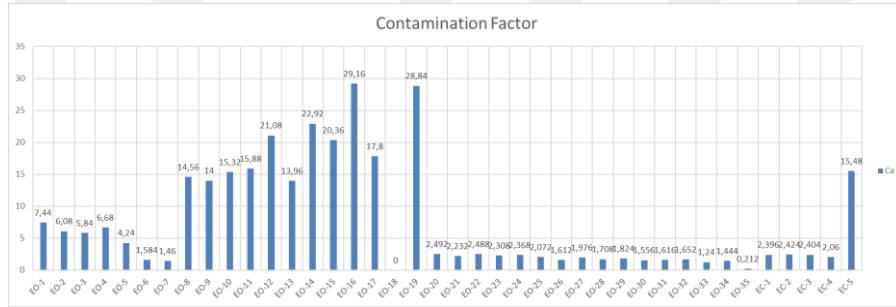
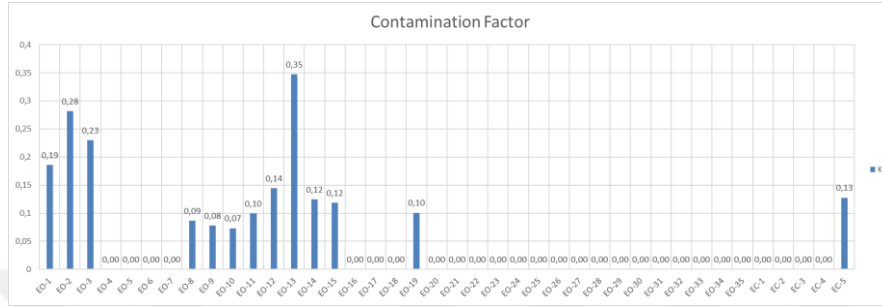
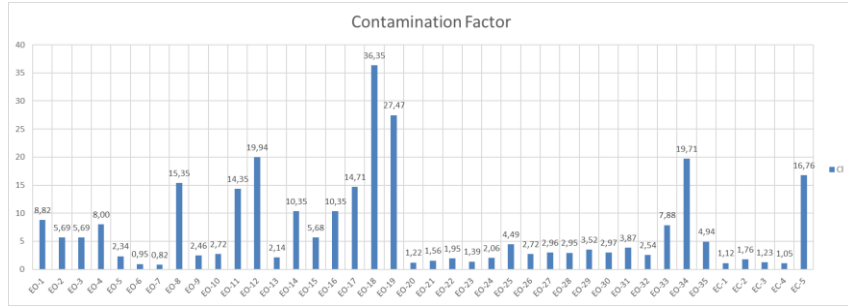
EC-04

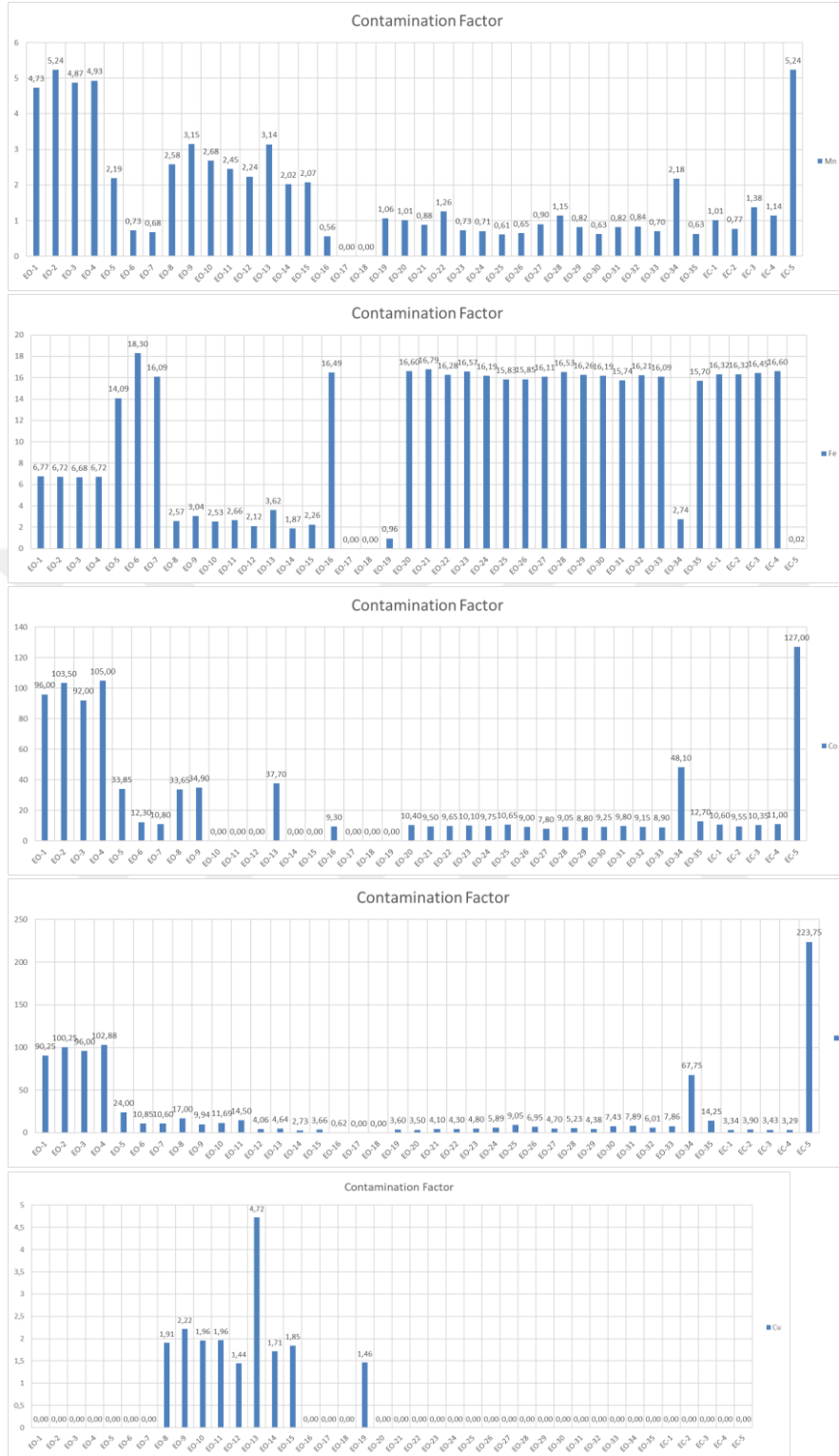


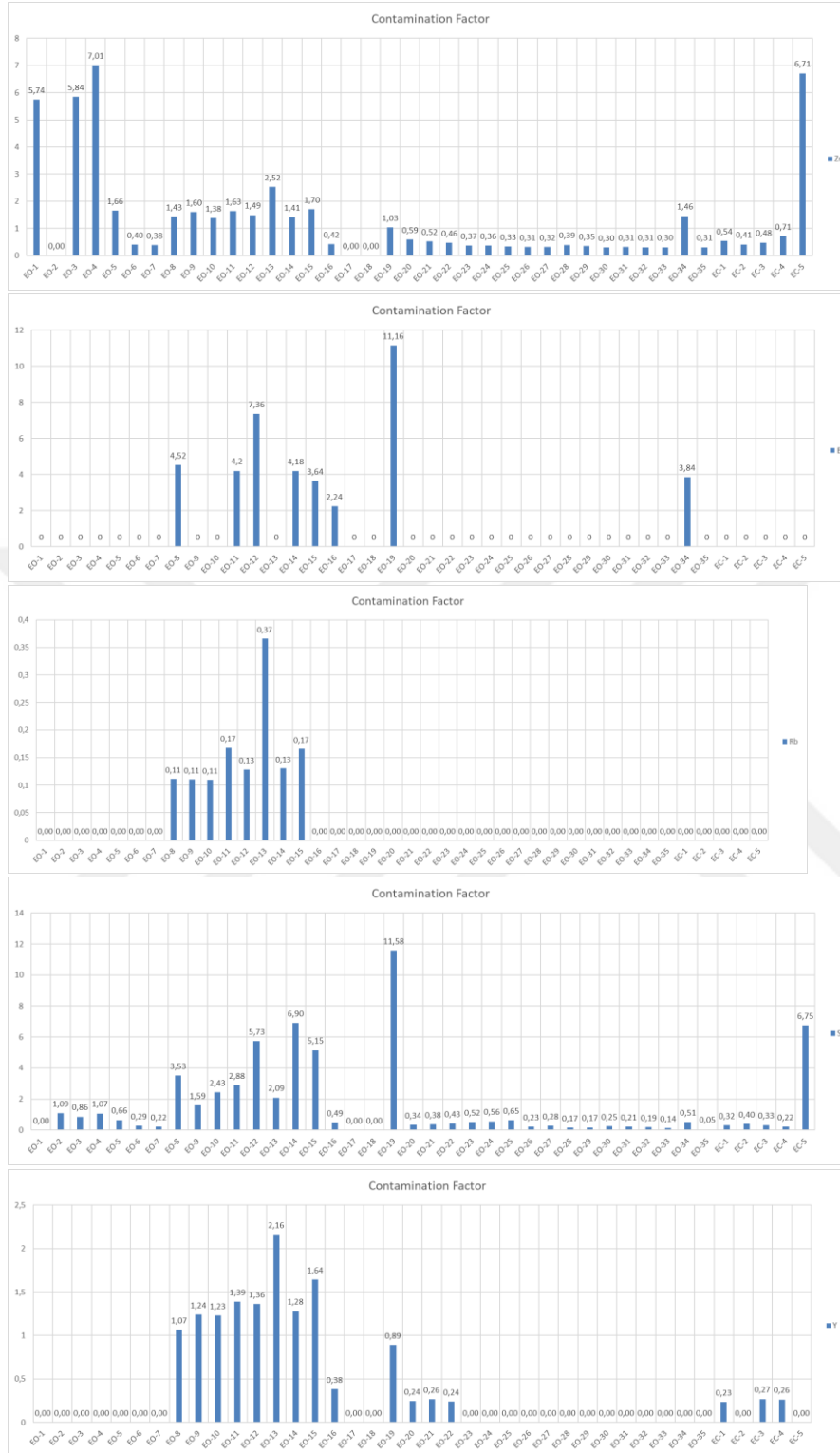
EC-05

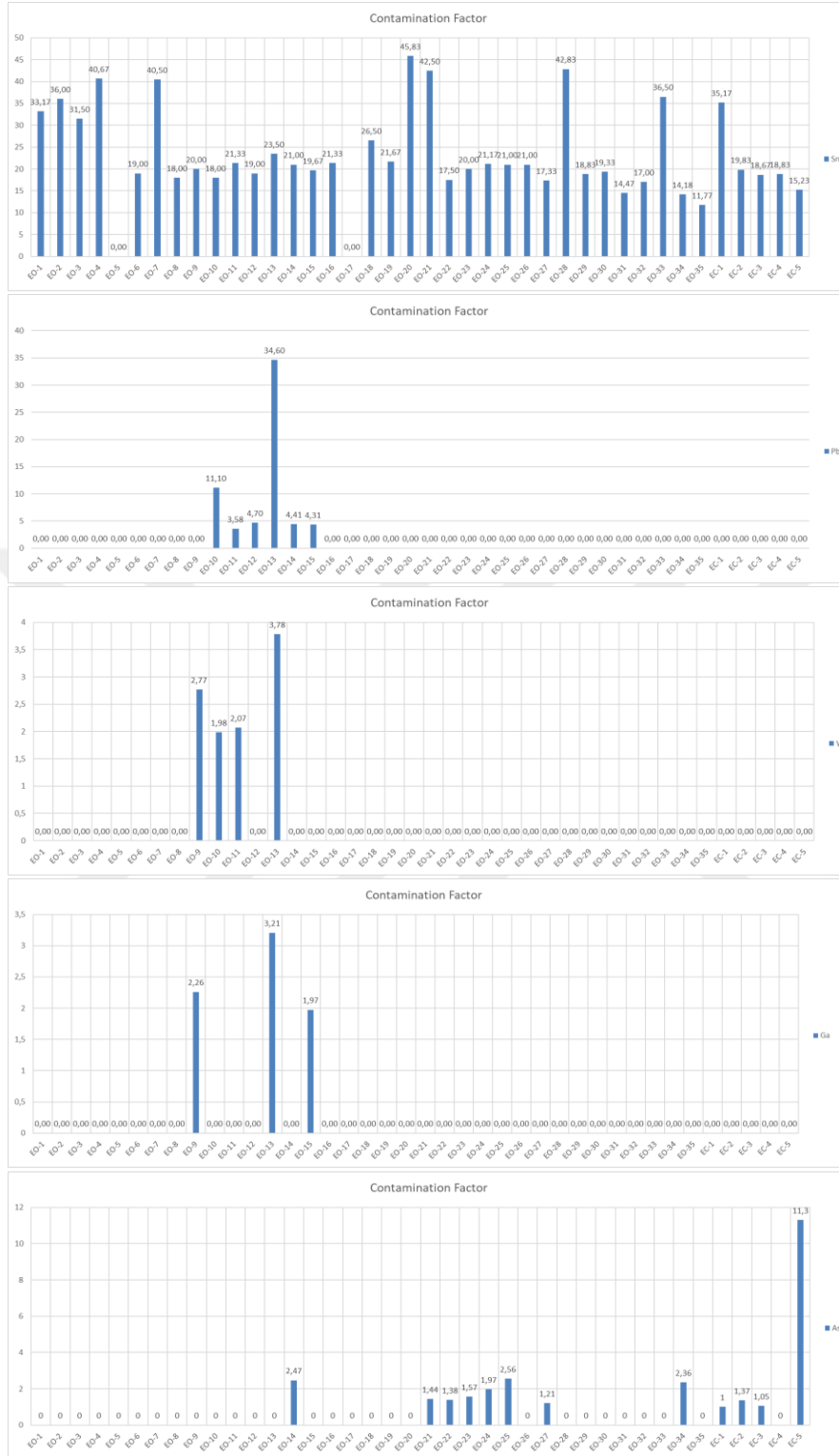
EK-2. Kirlenme Faktörü Grafikleri (Contamination Factor)



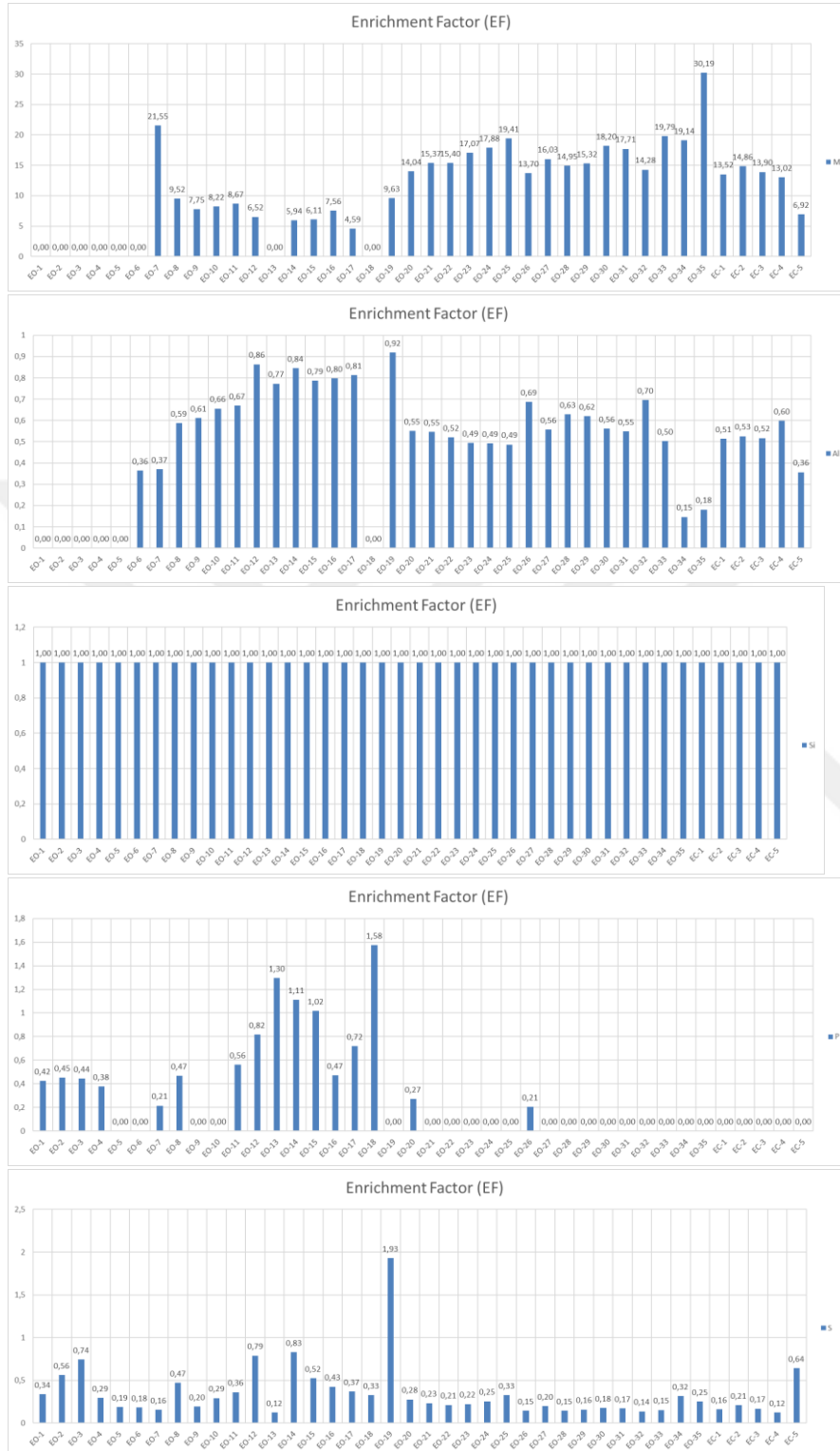


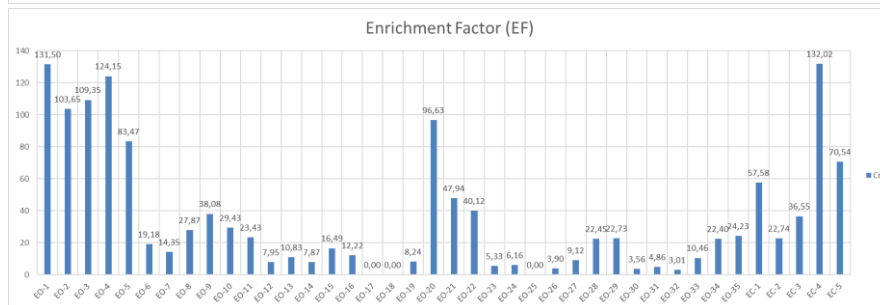
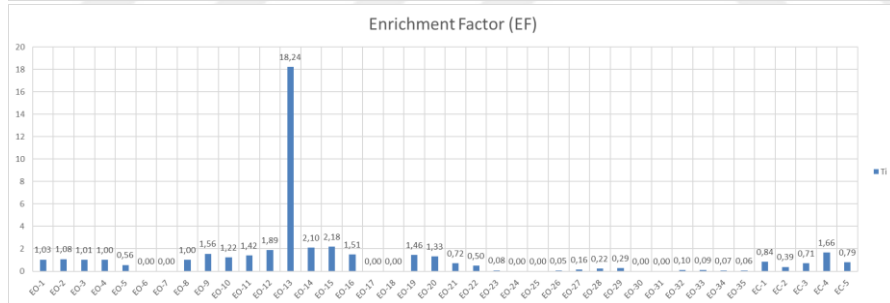
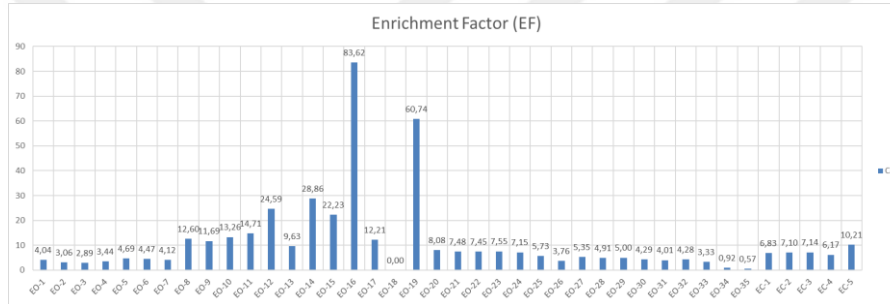
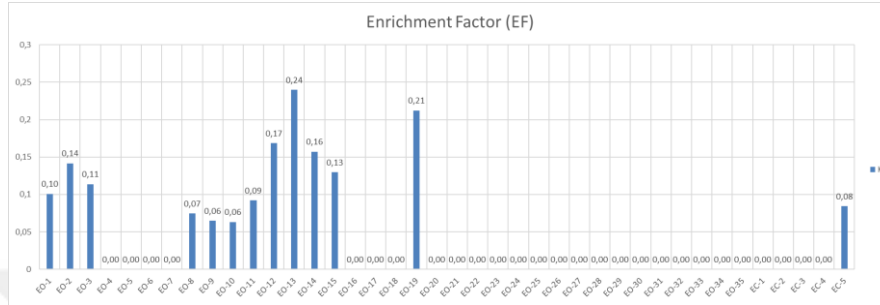
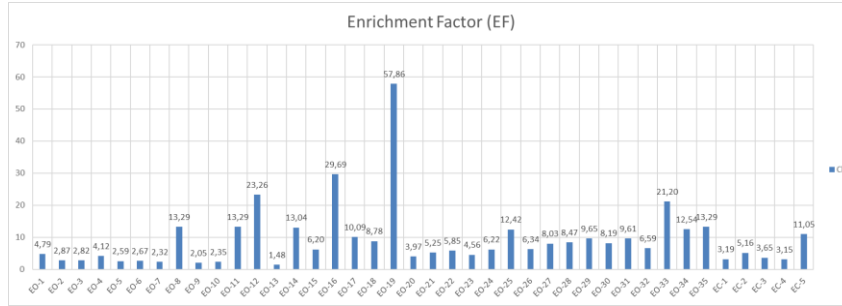


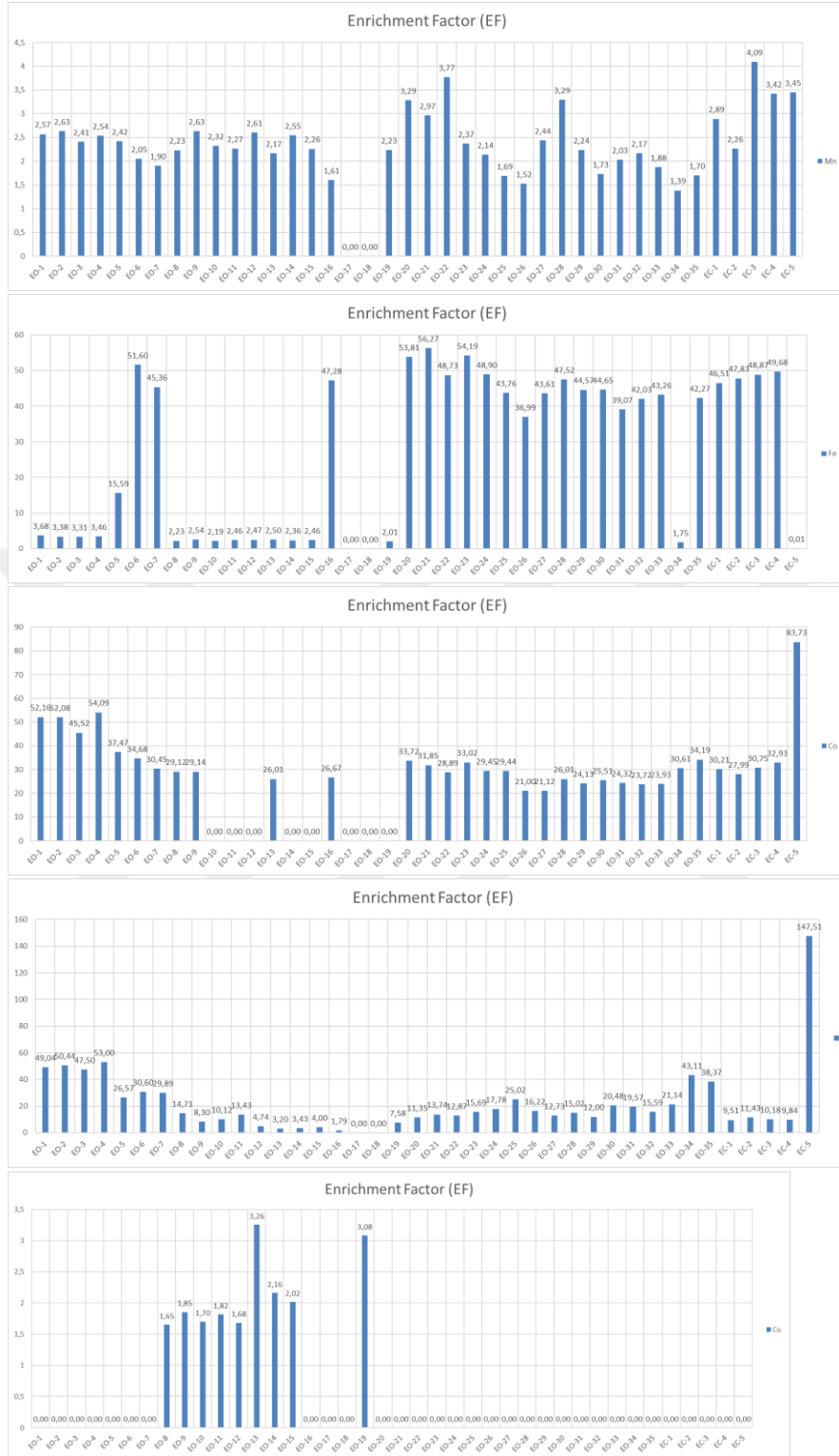


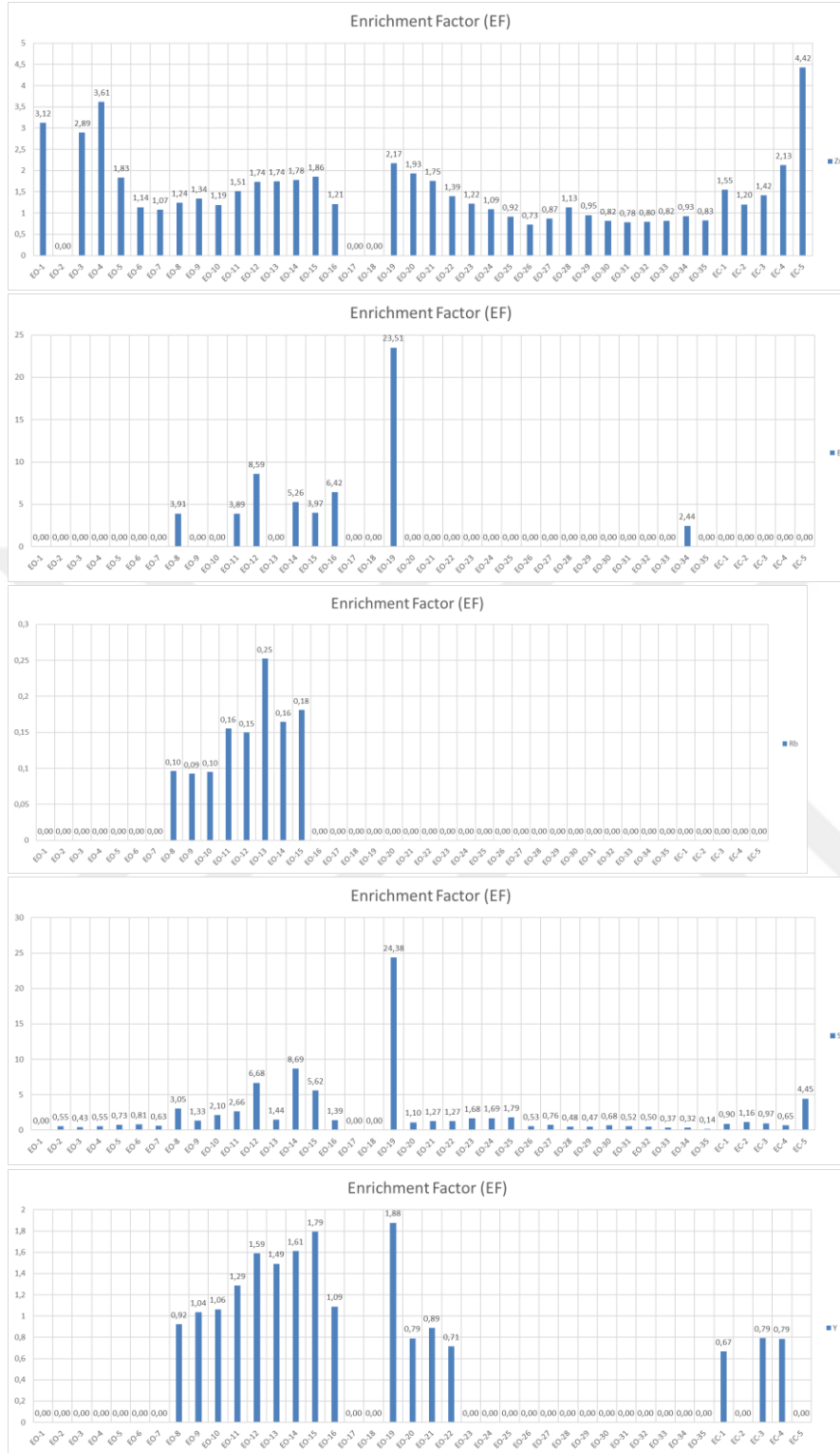


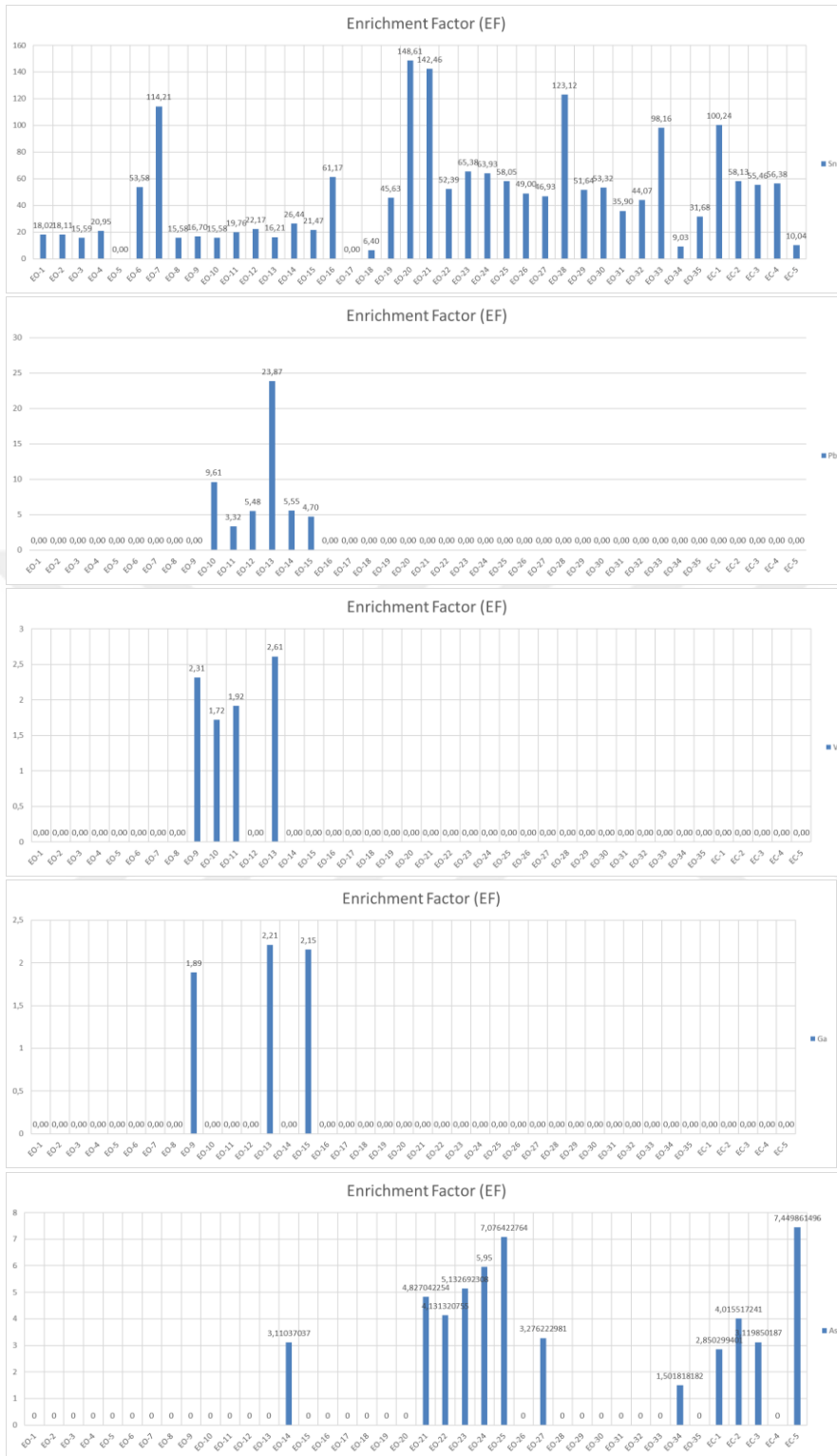
EK-3. Zenginleşme Faktörü Grafikleri (Enrichment Factor)



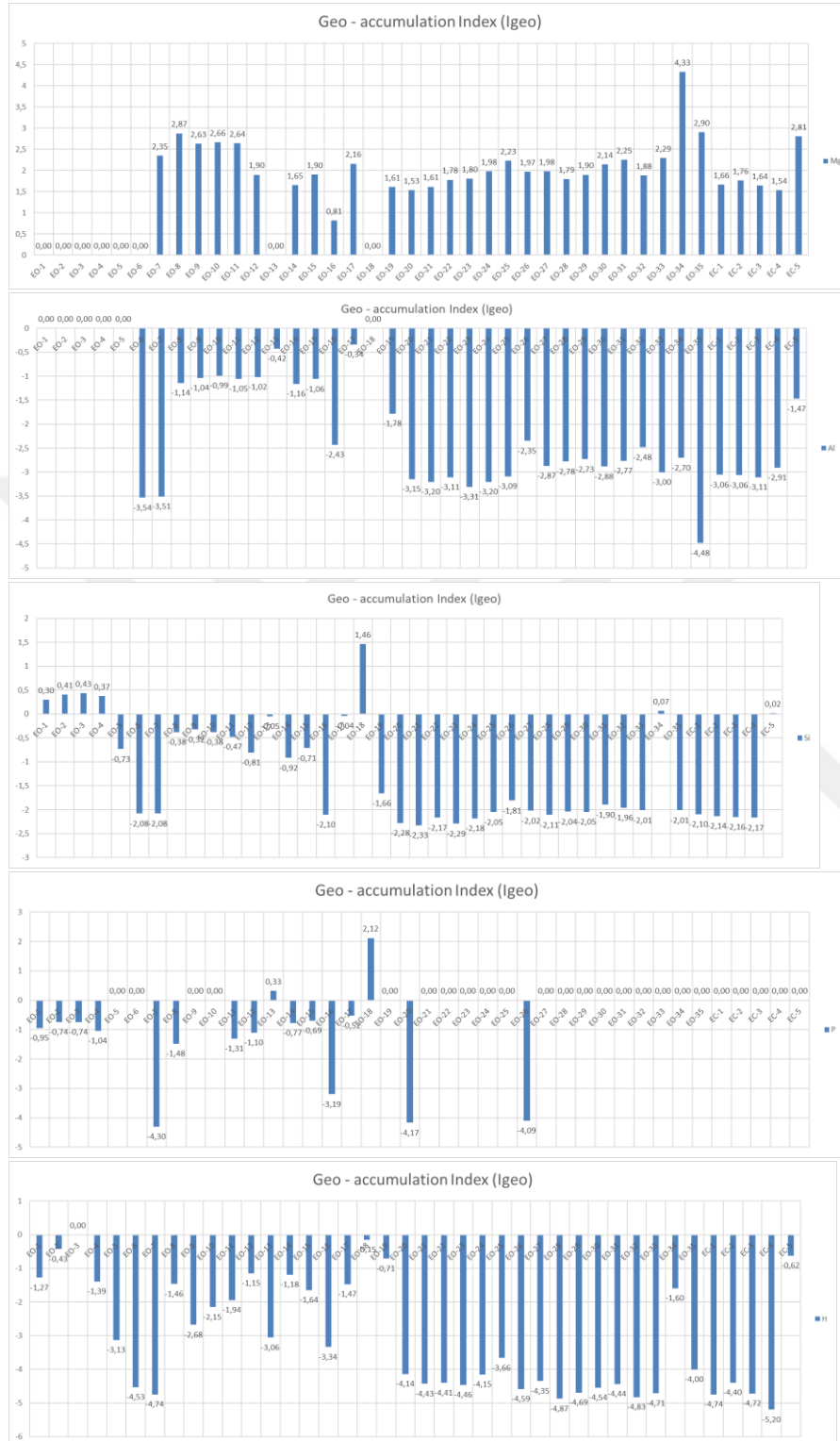


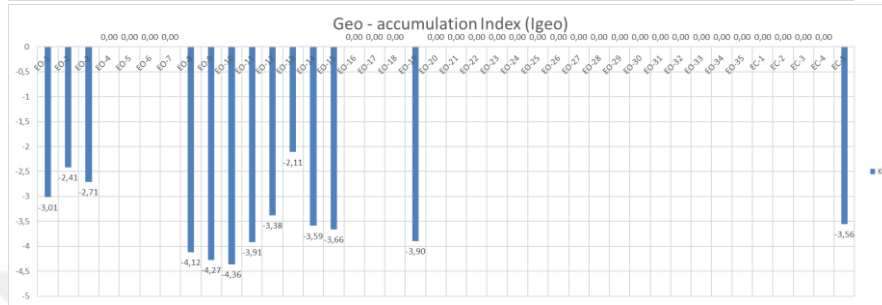
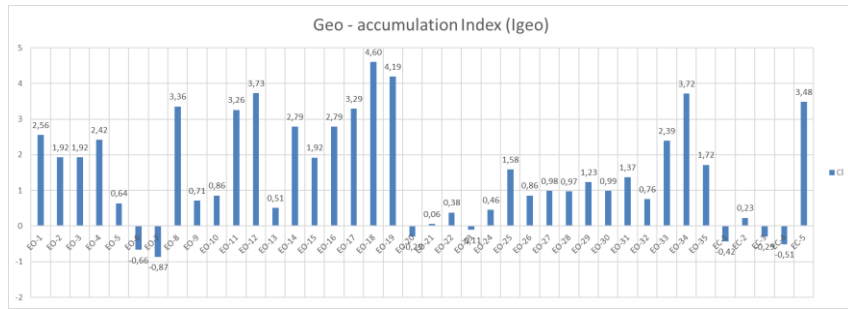


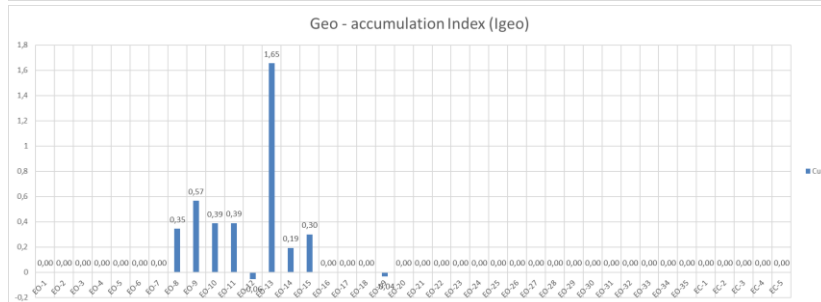
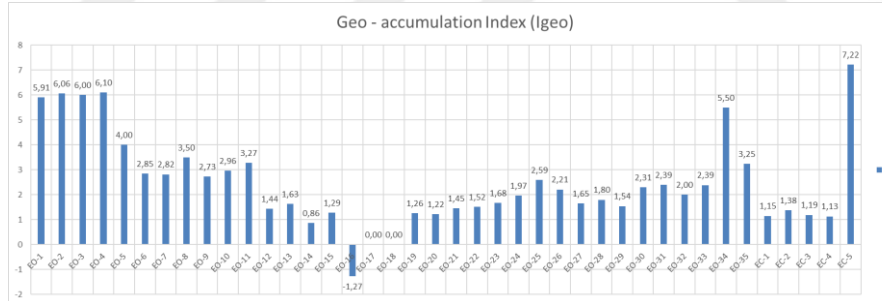
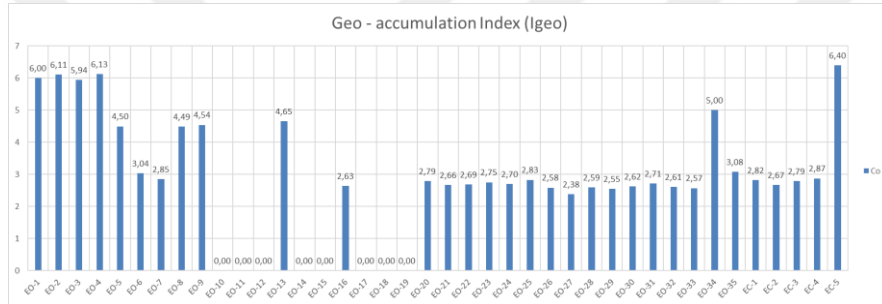
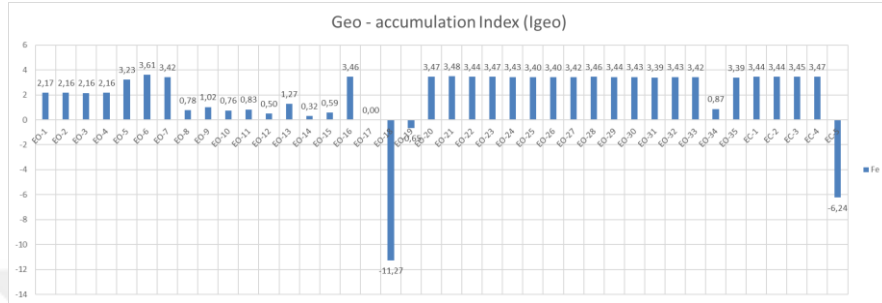
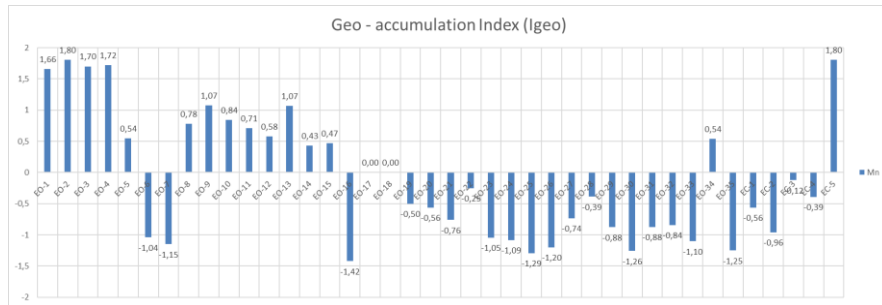


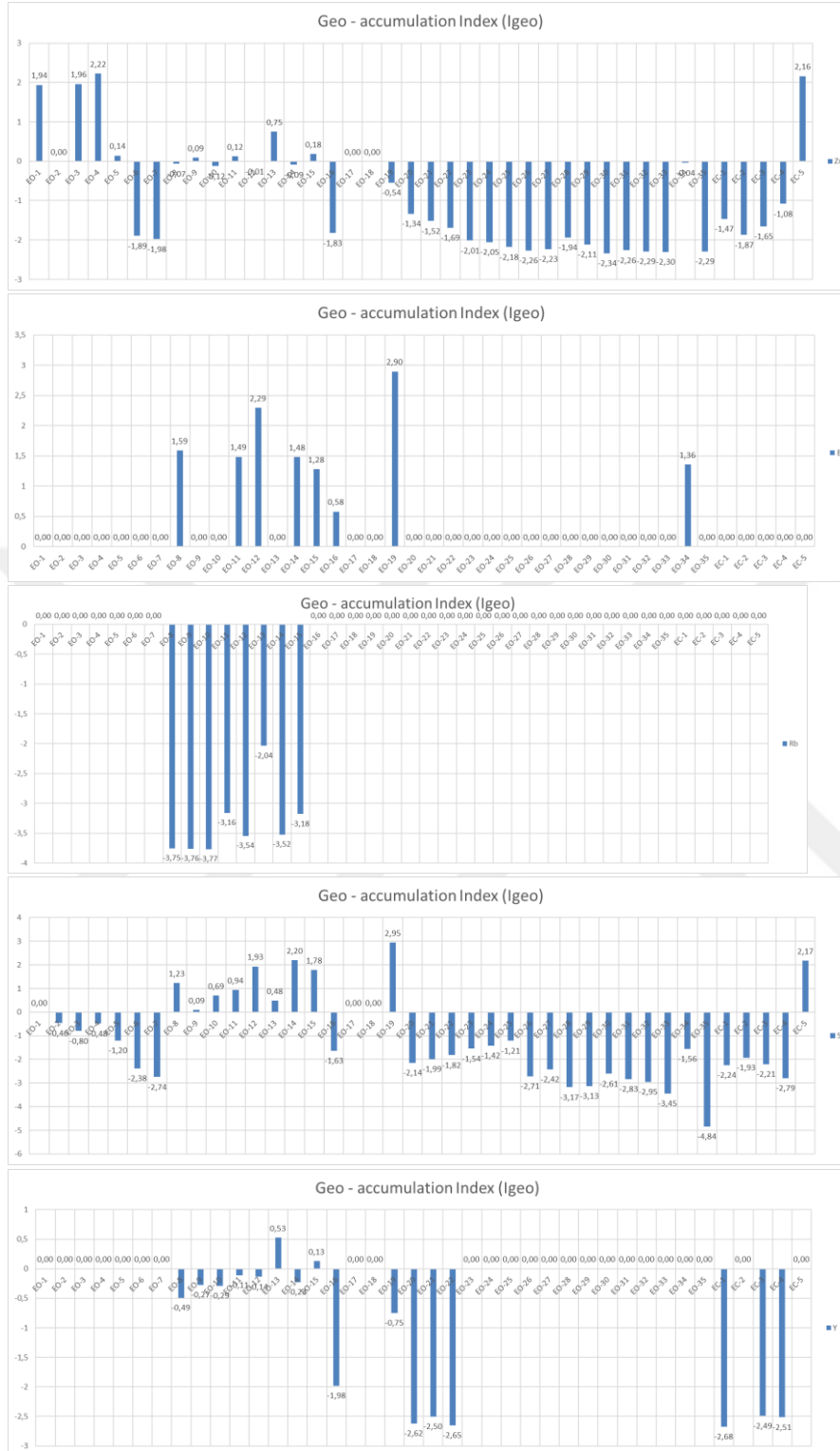


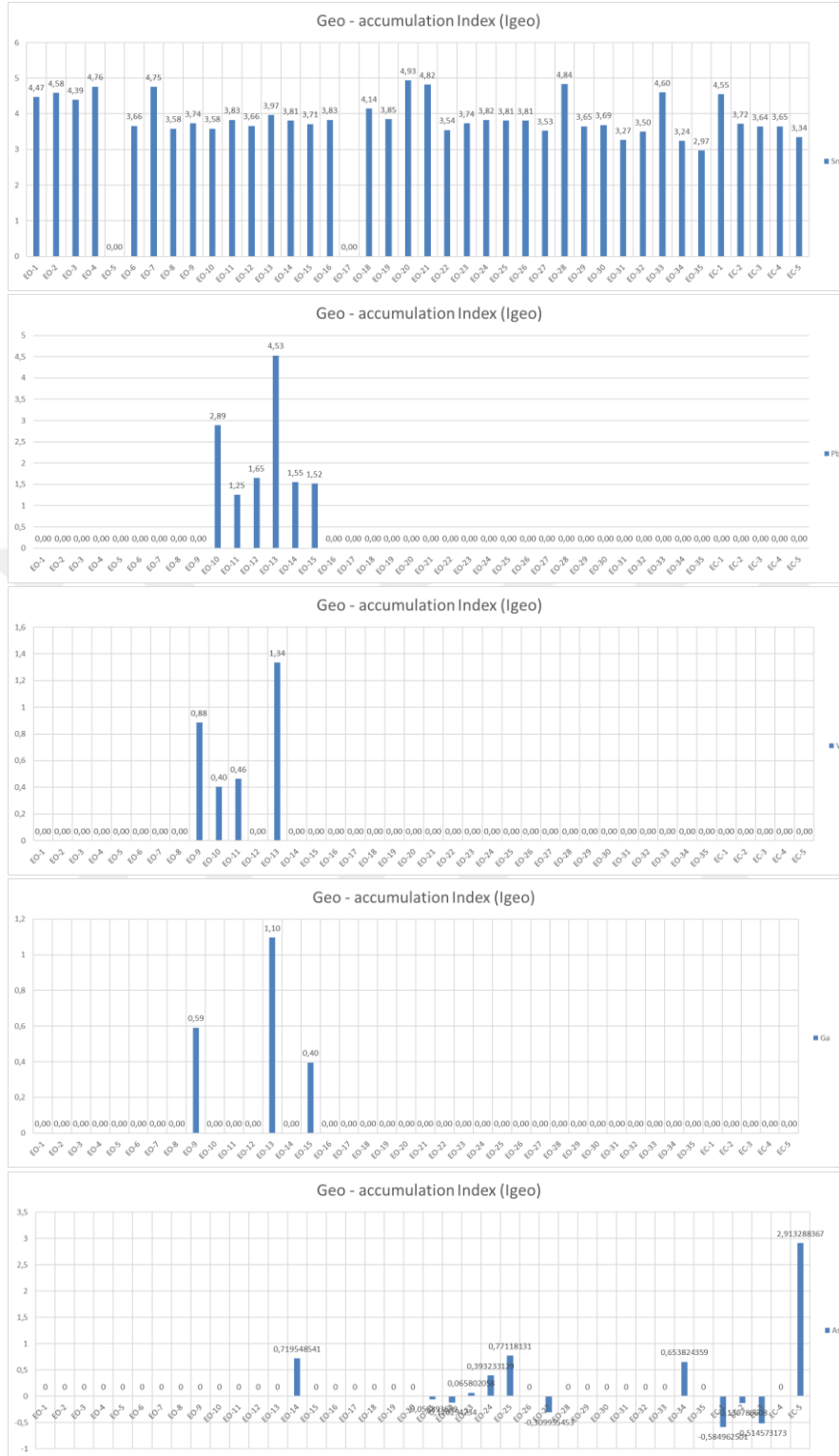
EK-4. Jeo-birikim İndeksi Grafikleri (Geo-accumulation Index)



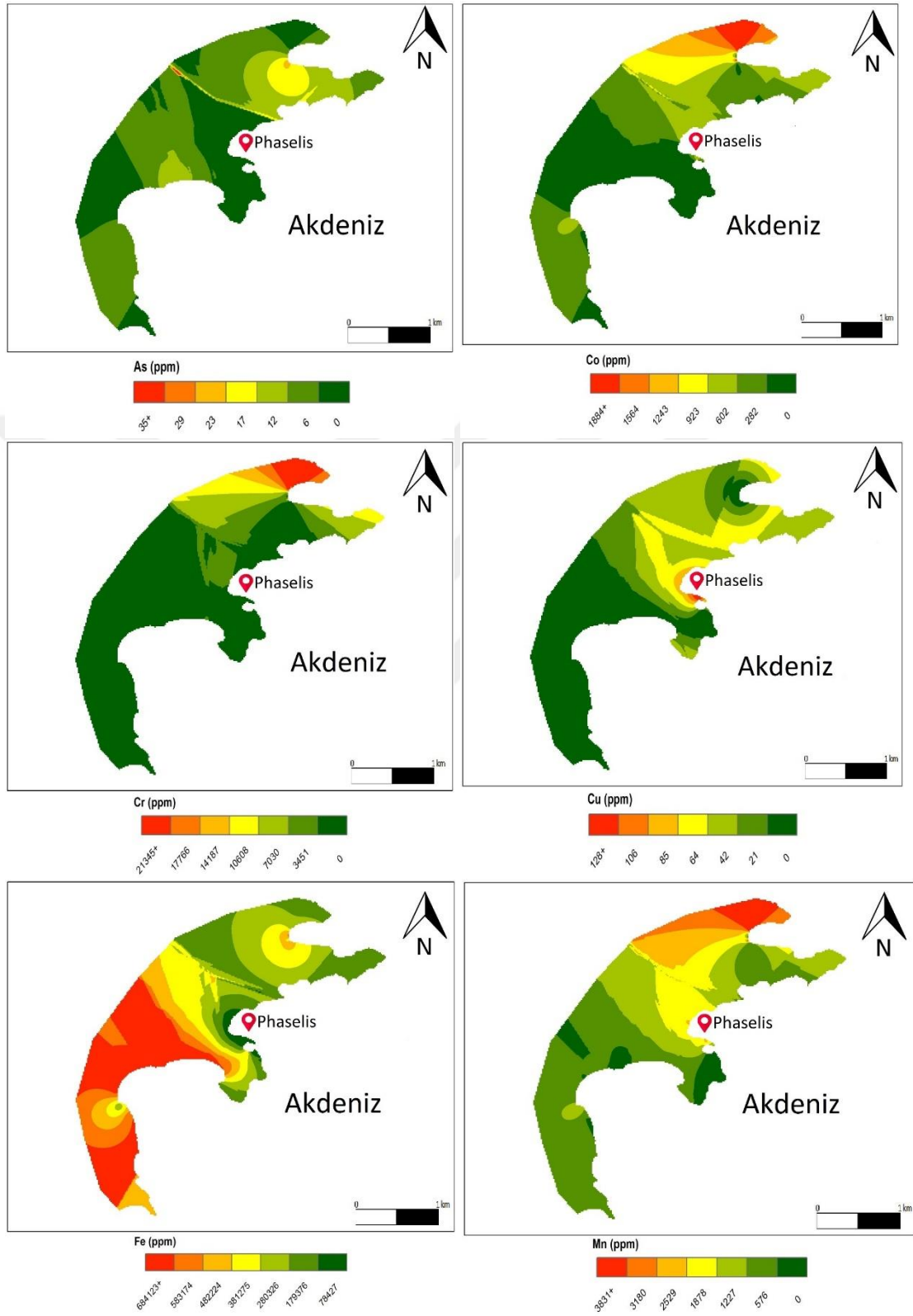


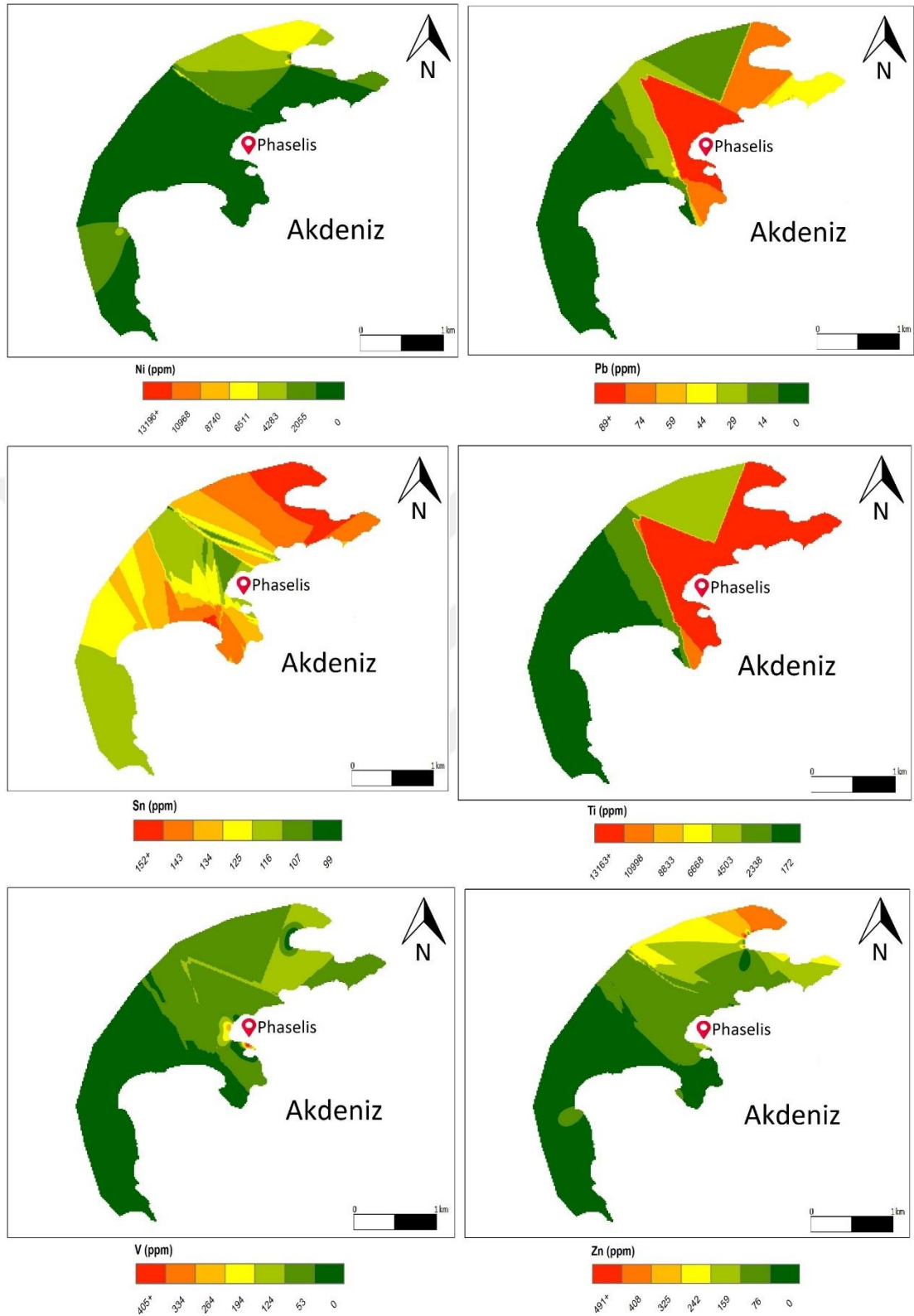






EK-5. Kriging haritaları





ÖZGEÇMİŞ

EMİR CAN ÖZÇELİK

emircanozcelik@outlook.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2017 – Devam Ediyor	Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2012 – 2017	Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü; Antalya

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan bildiriler

- 1- Gökdal İ., **Özçelik E.C.**, İlbeyli N., Güneş A., Özer Ö., “The Origin of Feldspar And Quartz Deposits in the Soke Region (Aydın, Turkey)”, 9th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, ANTALYA, TÜRKİYE, 7-11 Mayıs 2018, pp.221-222.
- 2- Gökdal İ., **Özçelik E.C.**, Özer Ö., Yalçın M.G., “Hierarchical Dendogram Analysis of Camyuva (Antalya) Beach Sand and Evaluation of Health”, 72nd with International Participations Geological Congress of Turkey, January 28-February 1, 2019, pp.1057-1060.
- 3- Gökdal İ., **Özçelik E.C.**, Özer Ö., Yalçın M.G., “Evaluation of Geo Accumulation Index (Igeo) and Human Health in Kiris (Antalya) Beach Sand”, 72nd with International Participations Geological Congress of Turkey, January 28-February 1, 2019, ppm.1061-1064.