

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ERKEN KRETASE YAŞLI ÇAĞLAYAN FORMASYONUNA AİT SİYAH
ŞEYLLERİN TOPLAM ORGANİK KARBON VE İZ ELEMENT İLİŞKİSİNİN
İNCELENMESİ, SİNOP HAVZASI, K TÜRKİYE**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hülya KARADAĞ

EYLÜL 2019
TRABZON



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ERKEN KRETASE YAŞLI ÇAĞLAYAN FORMASYONUNA AİT SİYAH
ŞEYLLERİN TOPLAM ORGANİK KARBON VE İZ ELEMENT İLİŞKİSİNİN
İNCELENMESİ, SİNOP HAVZASI, K TÜRKİYE**

Jeoloji Müh. Hülya KARADAĞ

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“JEOLOJİ YÜKSEK MÜHENDİSİ”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29.08.2019
Tezin Savunma Tarihi : 30.09.2019**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Trabzon 2019

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında
Hülya KARADAĞ Tarafından Hazırlanan**

**ERKEN KRETASE YAŞLI ÇAĞLAYAN FORMASYONUNA AİT SİYAH
ŞEYLLERİN TOPLAM ORGANİK KARBON VE İZ ELEMENT
İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ, SİNOP HAVZASI, K TÜRKİYE**

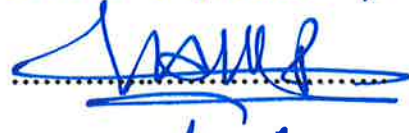
**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 10/09/2019 gün ve 1818 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ



Üye : Prof. Dr. Reyhan KARA GÜLBAY



Üye : Prof. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER



Prof. Dr. Asim KADIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Sinop havzasında yüzeyleyen Erken Kretase yaşlı istifin toplam organik karbon-iz element ilişkisini incelemeyi hedef alan bu çalışma; Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez danışmanı olarak çalışmanın tüm aşamasında bilgi ve desteğini esirgemeyen, çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli ortamı hazırlayarak karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yol gösterici olan Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ'a şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmasının her aşamasında bilgi, eleştiri ve önerileri ile katkıda bulunan Prof. Dr. Reyhan KARA GÜLBAY'a içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarında bana destek olan emeği geçen tüm TPAO çalışanlarına teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez çalışması sırasında bana her türlü yönden destek olan sevgili eşim Jeoloji Yüksek Mühendisi Mustafa KARADAĞ'a, göstermiş olduğu maddi, manevi her türlü fedakârlığı için değerli annem ve babama içten teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamı, canım kızım Elif Gül KARADAĞ'a armağan ediyorum.

Hülya KARADAĞ
Trabzon, 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Erken Kretase Yaşlı Çağlayan Formasyonuna Ait Siyah Şeyllerin Toplam Organik Karbon ve İz Element İlişkinin İncelenmesi, Sinop Havzası, K Türkiye” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ’ın sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 30/09/2019

Hülya KARADAĞ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Coğrafi Konum	1
1.3. Önceki Çalışmalar	2
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	5
2.1. Materyal ve Yöntem	5
2.1.1. Büro Çalışmaları.....	5
2.1.2. Arazi Çalışmaları.....	5
2.1.3. Laboratuvar Çalışmaları	5
2.1.3.1. Örnek Hazırlama.....	5
2.1.3.2. Jeokimyasal Analizler.....	8
2.1.3.2.1. Organik Jeokimyasal Analizler.....	8
2.1.3.2.2. İnorganik Jeokimyasal Analizler	8
3. ÇALIŞMA ALANI VE ÇEVRESİNİN JEOLojİSİ	10
3.1. Boyabat Metamorfizmaları	10
3.2. Akgöl Formasyonu	11
3.3. Bücnük Formasyonu	11
3.4. Akkaya Formasyonu	11
3.5. Çağlayan Formasyonu	15
3.6. Kapanboğazı Formasyonu	23
3.7. Yemişliçay Formasyonu	23
3.7.1. Çokran Üyesi	23
3.8. Cankurtaran Formasyonu.....	23

3.9.	Çaltu Formasyonu.....	24
3.10.	Ardıçlı Formasyonu.....	24
3.10.1.	Ekinveren Üyesi.....	24
3.11.	Gökırmak Formasyonu.....	25
3.12.	Alüvyon.....	25
4.	ÇAĞLAYAN FORMASYONUNUN ORGANİK JEOKİMYASAL İNCELEMELERİ.....	26
4.1.	Toplam Organik Madde Miktarı.....	26
4.1.1.	Rock-Eval Analizleri (Pirroliz).....	26
4.2.	Organik Madde Tipi.....	31
4.3.	Organik Maddenin Olgunluğu.....	32
4.4.	Hidrokarbon Türetme Potansiyeli.....	36
5.	ÇAĞLAYAN FORMASYONUNUN İNORGANİK JEOKİMYASAL İNCELEMELERİ.....	38
5.1.	Element İçerikleri.....	38
5.2.	Element Zenginleşmeleri.....	38
5.3.	Toplam Organik Karbon-Element İlişkisinin İstatistiksel Değerlendirilmesi.....	41
6.	TARTIŞMA.....	57
7.	SONUÇLAR.....	60
8.	KAYNAKLAR.....	63
9.	EKLER.....	68

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans

ÖZET

ERKEN KRETASE YAŞLI ÇAĞLAYAN FORMASYONUNA AİT SİYAH ŞEYLLERİN
TOPLAM ORGANİK KARBON VE İZ ELEMENT İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ,
SİNOP HAVZASI, K TÜRKİYE

Hülya KARADAĞ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
2019, 67 Sayfa, 8 Ek Sayfa

Bu çalışma, Sinop havzasında yüzeleyen Erken Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonun toplam organik karbon ve iz element ilişkisini incelemek amacıyla yapılmıştır. Bu tez kapsamında siyah şeyl çökellerini içeren Çağlayan Formasyonu jeokimyasal olarak incelenmiştir. Alınan örneklerin Piroliz analizleri yapılmış olup, incelenen örneklerin organik madde tipleri, organik madde olgunluğu ve hidrokarbon potansiyelleri belirlenmiştir. Örneklerinin kerojen tiplerinin Tip II-III olduğu, erken olgun-olgun kaynak kaya olduğu, petrol ve gaz türetme potansiyeline sahip oldukları belirlenmiştir. ICP-MS metodu kullanılarak siyah şeyl örneklerinin element incelemeleri yapılarak element zenginleşmeleri, TOK-element ilişkisi ortaya konulmuştur. Ag, As, Au, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, La, Fe, Ga, Hg, Li, Mn, Ni, Pb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Te, Th, U, V, Y ve Zn elementlerinde zenginleşmeler tespit edilmiştir. Çağlayan Formasyonuna ait As, Ca, Ni, Pb, S, Se, Te, Zn, Ca ve S element konsantrasyonlarının ortalama şeyllerle aynı olduğu, Ag, Ce, Sc, Re ve Y element konsantrasyonlarının ortalama şeyllerden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elementlerin TOK ile ilişkisini belirtmek için yapılan Cluster analizi verilerine dayanarak TOK ile Ca, Se, Sc, La, Ce, Ag ve Re elementlerinin güçlü ilişki, özellikle U, S, Y ve P elementlerinin ise çok güçlü pozitif ilişki gösterdiği tespit edilmiştir. Dağılım grafiklerine bakıldığında Ag, B, Ca, Cd, Mo, Ni, Re, Se, Sr, S, Tl, U, V ve Y elementlerinin $p \leq 0,01$ ve $p \leq 0,05$ anlamlılık düzeyinde TOK ile anlamlı pozitif bir korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Erken Kretase, İz Element, Organik Karbon, Sinop Havzası, Siyah Şeyl.

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF THE TOTAL ORGANIC CARBON AND TRACE ELEMENT
RELATIONS OF THE BLACK SHALES BELONG TO EARLY CRETACEOUS AGED
ÇAĞLAYAN FORMATION, SİNOP BASIN, N TURKEY

Hülya KARADAĞ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geological Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
2019, 67 Pages, 8 Pages Appendix

In this study, the total organic carbon and trace element relations of the black shales belong to Early Cretaceous aged Çağlayan Formation which is cropping out in the Sinop basin was investigated. For this purpose, geochemical investigations for the black shales were carried out. Pyrolysis analyses of the samples were performed and, organic matter types, organic matter maturity and hydrocarbon potentials of the samples were determined. It was determined that the kerogen types of the black shale samples are Type II-III, are at the border of early mature source rock and mature source rock, and have the potential to generate petrol and natural gas. Using the ICP-MS method, element investigations were carried out and, element enrichment and TOK-element relationship were examined. Enrichments in the Ag, As, Au, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, La, Fe, Ga, Hg, Li, Mn, Ni, Pb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Te, Th, U, V, Y and Zn elements was determined. It was seen that the concentrations of the As, Ca, Ni, Pb, S, Se, Te, Zn, Ca and S elements of the Çağlayan Formation are similar to the average values of black shales. It was determined that the concentrations of the Ag, Ce, Sc, Re and Y elements are higher than the average values of black shales. Based on the Cluster analysis data, it was found that the TOK and Ca, Se, Sc, La, Ce, Ag, Re elements have strong positive relationship and especially the U, S, Y, P elements have very strong positive relationship. When distribution charts are examined, it was determined that the Ag, B, Ca, Cd, Mo, Ni, Re, Se, Sr, S, Tl, U, V, Y elements exhibit a significant positive correlation with the TOK values at the $p \leq 0,01$ and $p \leq 0,05$ significance levels.

Key Words: Early Cretaceous, Trace Element, Organic Carbon, Sinop Basin, Black Shale.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.	Çalışma alanına ait yer bulduru haritası..... 1
Şekil 2.	Çalışma alanı ve çevresine ait genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesit 12
Şekil 3.	Çalışma alanının jeolojisi haritası 13
Şekil 4.	a) Ekinveren, b) Bürnük, c) Yenyol ve d) Çukurhan bölgesinin detaylı jeoloji haritası 14
Şekil 5.	Çağlayan Formasyonunun Ekinveren bölgesinden alınan ölçülü stratigrafik kesit..... 17
Şekil 6.	Çağlayan Formasyonunun Bürnük bölgesinden alınan ölçülü stratigrafik kesit..... 18
Şekil 7.	Çağlayan Formasyonunun Yenyol bölgesinden alınan ölçülü stratigrafik kesit..... 19
Şekil 8.	Çağlayan Formasyonunun Çukurhan bölgesinden alınan ölçülü stratigrafik kesit..... 20
Şekil 9.	Ekinveren bölgesinde yüzeyleyen Çağlayan Formasyonunun görüntüsü..... 21
Şekil 10.	Bürnük bölgesinde yüzeyleyen Çağlayan Formasyonunun görüntüsü 21
Şekil 11.	Yenyol bölgesinde yüzeyleyen Çağlayan Formasyonunun görüntüsü 22
Şekil 12.	Çukurhan bölgesinde yüzeyleyen Çağlayan Formasyonunun görüntüsü..... 22
Şekil 13.	a) Ekinveren, b)Bürnük ve c)Yenyol bölgesine ait örneklerin Toplam Organik Karbon (TOK) değerlerinin frekans diyagramları (n=örnek sayısı) 27
Şekil 14.	S ₂ -TOK kerojen sınıflama diyagramı (Langford ve Blanc-Valleron, 1190) ve siyah şeyl örneklerinin dağılımı 33
Şekil 15.	S ₂ -TOK kerojen sınıflama diyagramı (Dembicki, 2009) ve siyah şeyl örneklerinin dağılımı 34
Şekil 16.	Hİ-T _{max} kerojen sınıflama diyagramı (Mukhopadhyay vd., 1995) ve siyah şeyl örneklerinin dağılımı 35
Şekil 17.	Hİ-Oİ kerojen sınıflama diyagramı (Espitalie vd., 1977) ve siyah şeyl örneklerinin dağılımı 36
Şekil 18.	Çağlayan Formasyonunun ortalama ana element içerikleri 39
Şekil 19.	Çağlayan Formasyonunun ortalama iz element-NTE içerikleri..... 40
Şekil 20.	Çağlayan Formasyonunun ana element zenginleşme faktörü 40
Şekil 21.	Çağlayan Formasyonunun iz element ve NTE zenginleşme faktörü 40
Şekil 22.	Çağlayan Formasyonuna ait Cluster analizi..... 41

Şekil 23. Çağlayan Formasyonunun TOK-element korelasyon grafikleri
(r=Korelasyon katsayısı) 43



TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Çalışma kapsamında değerlendirilen örneklerin analiz sayıları.....	6
Tablo 2. Ekinveren (E), Bürnük (B), Yenyol (Y) ve Çukurhan (Ç) ÖSK'larına ait örneklerin analiz değerlendirme tablosu	6
Tablo 3. Kaynak kaya sınıflaması	26
Tablo 4. Çağlayan Formasyonuna ait siyah şeylerin Pirofiz (Rock Eval) analiz sonuçları	28
Tablo 5. Merrill (1991)'e göre Hidrojen İndeks değerlerinin kaynak kaya potansiyelini gösteren sınıflama.....	32
Tablo 6. Merrill (1991)'e göre Oksijen İndeks değerlerinin organik madde türü ve olgunluğunu gösteren sınıflama	32
Tablo 7. Çağlayan Formasyona ait elemetlerin ana istatistik parametreleri.....	55

SEMBOLLER DİZİNİ

- HI** : Hidrojen İndeksi
- ICP-MS** : Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometer
- Oİ** : Oksijen İndeksi
- PÜ** : Potansiyel Ürün (S_1+S_2)
- S₁** : Kayaç içerisindeki serbest hidrokarbon miktarı
- S₂** : Kerojenin piroliz sırasında kerojenin ısısal parçalanması ile açığa çıkan hidrokarbon miktarı
- S₃** : Kerojenin piroliz sırasında ısısal parçalanması ile açığa çıkan CO₂ miktarı
- T_{max}** : S₂ pikinin maksimum olduğu andaki sıcaklık değeri
- TOK** : Toplam Organik Karbon
- Üİ** : Üretim İndeksi ($S_1/(S_1+S_2)$)

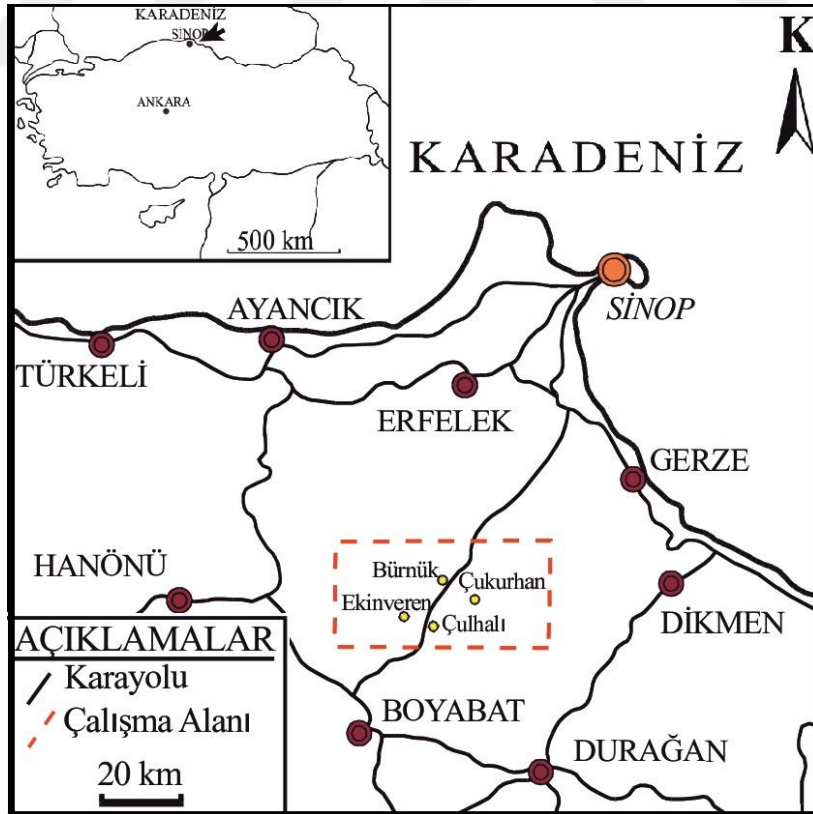
1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Bu çalışmada, Boyabat (Sinop) havzasında yer alan Erken Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonuna ait siyah şeyllerin toplam organik karbon ve iz element ilişkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

1.2. Coğrafik Konum

Çalışma alanı güneyde Boyabat, batıda Hanönü, doğuda Dikmen ve kuzeyde Erfelek arasında yer almaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı, 1/25.000 ölçekli Sinop E 33 c1, c3 ve c4 paftalarını kapsamaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası

1.3. Önceki Çalışmalar

Sinop-Boyabat havzasının bir bölümünü oluşturan bu çalışma alanı, çok kalın bir tortul istiften oluşması ve petrol sızıntısı içermesi yönünden birçok araştırmacının dikkatini çekmiş ve günümüze kadar bu alanda değişik amaçlı pek çok çalışma yapılmıştır.

Bunlardan başlıcaları C. Schmidh (1911), M. Lucius (1925), S.L. Mason (1930), Eyüp (1930), C.E. Taşman (1931), H.M. Kırk (1935), G. Petunikov (1935) ve B. Fuchs (1938), Ericson (1938), Ortynski ve Tromp (1942), Gönül den (1959), Sonel (1989), Ekinveren petrol sızıntısı ile ilgili yersel çalışmalarda bulunmuştur.

Blumenthal (1940), Sinop-Boyabat havzasının 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamış, stratigrafisini ortaya çıkarmış ve formasyonları adlandırmıştır.

Önen (1946), Ekinveren köyü civarı petrol sızıntısı hakkında yazdığı raporda, sızıntının yerinde galeri açıldığını ve petrolün galeride basamaklarla kesildiğini belirtmiştir.

Gayle (1959), Sinop bölgesinin jeolojisini çalışmış, Badgley (1959), Gedik ve Türkay (1961) Sinop Ayancık yöresinin 1/100.000 ve 1/500.000 ölçekli jeolojik haritalarını hazırlayıp bölgede petrol açısından jeolojik çalışmalarda bulunmuşlardır.

Ketin (1962), Blumenthal'ın haritasını derlemiş, bölgenin 1/500.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamış ve petrol olanaklarına değinmiştir.

Ketin ve Gümüş (1963), Sinop Ayancık bölgesinin jeolojisini inceleyip Liyas yaşlı şeyl-kumtaşı ardalımalı Akgöl Formasyonu, Dogger yaşlı konglomeralar Bürnük Formasyonu, Malm-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları İnalı Kireçtaşı ve Alt Kretase yaşlı kumtaşı-şeyl ardalımalı Çağlayan Formasyonu olarak birimlere ayırmıştır.

Akarsu ve Aydın (1977), Durağan-Boyabat-Taşköprü ve Çatalzeytin ilçeleri civarının genel jeolojisini ve petrol olanaklarını çalışmıştır.

Serdar ve diğ. (1984), Sinop-Samsun-Çarşamba-Havza-Vezirköprü-Boyabat ve Taşköprü civarında yaptıkları çalışmada Orta Jura'dan Paleosen'e kadar geçen zamandaki jeolojik gelişmelerden ve oluşan volkanizmadan bahsetmiştir. Ayrıca bölgenin petrol jeolojisi bakımından önemli olan ana, hazne ve örtü kaya fasiyeslerini açıklamışlardır.

Gedik ve Korkmaz (1984), Sinop-Ayancık-Durağan-Kızılırmak-Bafra ve Gerze arasında kalan bölgenin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlayıp bölgenin jeolojik raporunu yazmışlardır.

Korkmaz (1984), Boyabat (Sinop) kuzeydoğusunun petrol yönünden jeolojik ve jeokimyasal incelemesi adlı doktora tezini hazırlamıştır. Bu çalışmada 15 tane formasyon tespit etmiş olup bunların ayrıntılı ÖSK'lerini çıkarmıştır ve bölgenin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamıştır. Ayrıca bölgenin petrol yönünden jeolojik ve jeokimyasal incelemesini yapmıştır.

Aydın ve diğerleri (1986), Sinop Boyabat yöresini ve batısının jeolojisini çalışmışlardır.

Sonel ve diğerleri (1989), Ekinveren fayının petrol açısından önemini açıklamıştır.

Serdar (1990), Boyabat-Durağan yerleşim merkeziyle sınırlı Bürnük yükseliminin revizyon çalışmalarını yapmıştır.

Sarı (1994), bölgede kaynak kaya özelliği gösteren Akgöl, Çağlayan ve Gürsökü Formasyonlarına ait örneklerin organik jeokimyasal analizlerini değerlendirmiş ve formasyonların organik fasiyeslerini belirlemiştir.

Ocak (1994), Saraydüzü (Sinop) dolayının jeolojisi başlığı altında inceleme alanında yer alan kaya stratigrafi birimlerinin ayırtlanması, birimlerin stratigrafik ilişkilerinin tespit edilmesi, kaya stratigrafi birimlerinin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasının hazırlanması, birimlerin kapsadığı fosiller ile sedimenter yapılar ve litolojiden faydalanarak çökeltme ortamlarının yorumunu yapmıştır.

Görmüş (2009), Boyabat Yöresi (Sinop) volkanik kayaçlarının petrolojisi ve jeokimyası üzerine çalışmıştır. Bu çalışmada, Boyabat çevresinde (Sinop İli Güneyi) yeralan volkanik kayaçların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri belirlenerek bu volkaniklerin birbirleri ile korelasyonu yapılmıştır. Kökensel yorumlamalar ve belirlenen yaş tayinleri sonucunda bölgedeki volkanizma hakkındaki sorunlar giderilmeye çalışılmıştır.

Asan (2010), Hamsaros (Sinop) volkanitlerinin kökeni hakkında çalışma yapmıştır. Bu çalışmanın amacı, Sinop yakın civarında yüzeyleyen Geç Kretase yaşlı volkanik kayaçların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerini belirleyerek volkanik kayaçların kökenini ortaya koymak ve bölgeye jeolojik açıdan katkı sağlamak olmuştur.

Yıldırım vd. (2011), Kuzey Anadolu Fayı ile ilişkili Orta Pontidler'de Geç Neojen ve aktif orojenik yükselme: Orta Anadolu Platosu, Türkiye'nin kuzey marjı etkileri adlı çalışmasında Orta Karadeniz Havzasını tektonik olarak incelemiştir.

Çelik (2013), Usta Burnu (Ayancık) civarının jeolojisi ve Karadeniz bindirme kuşağı ile ilişkisini araştırmıştır. Bu tez kapsamında Usta Burnu'nun jeolojisi, tektonik evrimi ve yapısal unsurlarını ortaya koymayı amaçlamıştır.

Eroğlu (2013), Boyabat (Sinop) yöresinde yüzeylenen Geç Jura-Erken Kretase yaşlı İnalıtı Formasyonu'nun mikrofasiyes özelliklerini belirlemiştir. Bu çalışmada Orta Pontidlerde yer alan Geç Jura-Erken Kretase yaşlı İnalıtı Formasyonu'nun mikrofasiyes özellikleri (litofasiyes gelişimi) Eroğlu tarafından incelenmiştir.

Vardaloğlu (2016), Denizel, görsel kaynak kayalar ve kömürlerin organik jeokimyasal özellikleri ve n-alkan sistematığı: seçilmiş sahalar üzerine uygulanması adlı yüksek lisans tezinde Çağlayan Formasyonu araştırılmıştır. Çağlayan Formasyonu içerisinde yer alan örnekler orta derecede hidrokarbon potansiyeline sahip olduğu, oksik bir ortamda çökeldiği tespit edilmiştir.

Kara (2017), Sinop çevresindeki Paleojen istifinin yaşı, cinsi ve ortamını tayin etmeye yönelik çalışma yapmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, Erken Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonunun içerdiği iz element ve toplam organik madde miktarını belirlemek hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda yapılan çalışmalar büro, arazi ve laboratuvar çalışması olmak üzere üç başlık altında yürütülmüştür.

2.1.1. Büro Çalışmaları

Literatür bilgilerinin derlenmesi, arazi ve laboratuvar çalışmalarının sonuçlarının yorumlanması ve tez yazımının tamamlanması bu bölümü oluşturur.

2.1.2. Arazi Çalışmaları

Boyabat (Sinop) havzasında yer alan Çağlayan Formasyonundan dört ayrı lokasyonda ölçülü stratigrafik kesitler alınmış, ayrıntılı olarak litolojik tanımlamaları yapılmış ve kalınlıkları belirlenmiştir. Ölçülen kesitlerden jeokimyasal analizler yapmak için formasyonun içinde yer alan siyah şeyllerden Ekinveren bölgesinden 10 adet, Bürnük bölgesinden 18 adet, Çulhalı köyü Yeniyol mevki yanından 17 adet, Çukurhan bölgesinden 21 adet olmak üzere sistematik örnekler alınmıştır (Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8).

2.1.3. Laboratuvar Çalışmaları

2.1.3.1. Örnek Hazırlama

Araziden alınan örnekler, Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Örnek Hazırlama Laboratuvarında TOK-Piroliz ve ICP-MS analizleri için halkalı öğütücü kullanılarak hazırlanmıştır.

Halkalı titreşimli öğütücü, örneklerin kimyasal analiz boyutunda hazırlanmasında kullanılır. 2 mm altına kırılmış numuneler halkalı öğütücüde kimyasal analiz boyutu olan 100 mikron boyutuna getirilir. Öğütme setleri, silindirik hazne içindeki düz silindirik disk ve silindirik halkaların arasında titreşimle vurma ve sürtünme yoluyla içindeki numuneyi öğütür.

Öğütülmüş örneklerden TOK-Piroliz ve ICP-MS analizleri için her örnekten 2 adet olmak üzere hassas terazi yardımıyla 15'er gram numuneler hazırlanmıştır (Tablo 1 ve 2).

Tablo 1. Çalışma kapsamında değerlendirilen örneklerin analiz sayıları (E: Ekinveren, B: Bürnük, Y: Yenyol, Ç: Çukurhan)

ÖRNEK NOKTASI	ICP-MS	TOK-PIROLİZ
E	10	10
B	14	14
Y	12	12
Ç	21	21
TOPLAM	57	57

Tablo 2. Ekinveren (E), Bürnük (B), Yenyol (Y) ve Çukurhan (Ç) ÖSK'larına ait örneklerin analiz değerlendirme tablosu

ÖRNEK NO	ICP-MS	TOK-PIROLİZ
E1	X	X
E2	X	X
E3	X	X
E4	X	X
E5	X	X
E6	X	X
E7	X	X
E8	X	X
E9	X	X
E10	X	X
B1		
B2	X	X
B3	X	X
B4	X	X
B5		
B6	X	X
B7	X	X
B8	X	X
B9		
B10	X	X
B11	X	X

Tablo 2'nin devamı

ÖRNEK NO	ICP-MS	TOK-PIROLİZ
B12	X	X
B13	X	X
B14	X	X
B15		
B16	X	X
B17	X	X
B18	X	X
Y1	X	X
Y2	X	X
Y3	X	X
Y4	X	X
Y5	X	X
Y6	X	X
Y7		
Y8	X	X
Y9		
Y10	X	X
Y11		
Y12	X	X
Y13		
Y14	X	X
Y15		
Y16	X	X
Y17	X	X
Ç1	X	X
Ç2	X	X
Ç3	X	X
Ç4	X	X
Ç5	X	X
Ç6	X	X
Ç7	X	X
Ç8	X	X
Ç9	X	X
Ç10	X	X
Ç11	X	X
Ç12	X	X
Ç13	X	X
Ç14	X	X
Ç15	X	X
Ç16	X	X
Ç17	X	X
Ç18	X	X
Ç19	X	X
Ç20	X	X
Ç21	X	X

2.1.3.2. Jeokimyasal Analizler

2.1.3.2.1. Organik Jeokimyasal Analizler

Organik jeokimya çalışmaları kapsamında, Sinop havzasındaki Çağlayan Formasyonuna ait siyah şeyllerin organik jeokimyasal özellikleri tespit edilmiştir. Havza içindeki farklı noktalardan alınan siyah şeyl örneklerinin organik madde miktarının, organik madde tipinin ve organik madde olgunluğunun değerlendirilmesi için Piroliz (Rock-Eval) analizleri yapılmıştır. Bu analizler Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) Organik Jeokimya Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir.

Piroliz cihazı (Oil Show Analyser) yardımıyla örneklerin S_1 , S_2 , S_3 ve T_{max} verileri elde edilmiş, bu veriler kullanılarak Kerojen Tipi, OI, HI, PÜ ve Üİ parametreleri hesaplanmıştır (Tablo 4).

Piroliz analizi Rock-Eval VI cihazı kullanılarak yapılmıştır. Rock-Eval VI piroliz analizinde 100 mg'lık öğütülmüş örnekler inert helyum atmosferinde 100°C'den başlayarak 300°C'ye kadar ısıtılır bu süreçte serbest hidrokarbonlar 3 dakika boyunca buharlaşarak cihaz tarafından S_1 piki okunur. S_2 değeri, 300°C'de S_1 piki ölçüldükten sonra örnek, dakikada 25°C ısıtılarak 600°C'ye ulaşana kadar ısıtma devam ettirilir. Bu süreçte hidrokarbona dönüşmemiş kerojenin hidrokarbona dönüşümü ve ağır hidrokarbonların ısıl parçalanması sonucu S_2 piki belirlenir. S_2 piki ayrıca analiz edilen örneğin güncel kaynak kaya potansiyelini göstermektedir. S_2 pikinin maksimum olduğu noktadaki sıcaklık T_{max} 'tır. T_{max} kerojenin olgunluk düzeyinin belirlenmesinde kullanılır. İkinci kısımda ise hava yardımıyla 600 °C de yanma sağlanır. Oluşan CO₂ gazı ısı iletken dedektöründe ölçülerek kayacın toplam organik karbon miktarı belirlenir.

2.1.3.2.2. İnorganik Jeokimyasal Analizler

İndüktif Eşleşmiş Plazma ve Kütle Spektrometresi (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer) katı ve sıvı örneklerde elementlerin hızlı, ucuz, hassas ve doğru biçimde, niteliksel, niceliksel ya da yarı-niceliksel olarak ölçülmesine imkan sunan bir analiz tekniğidir.

Araziden alınan örnekler halkalı öğütücüde öğütüldükten sonra ACME Laboratuvarlarına (Kanada) gönderilmiş olup, burada ICP-MS metodu kullanılarak örneklerin ana, iz ve nadir toprak element miktarlarının saptanmıştır. İndüktif Eşleşmiş Plazma ve Kütle Spektrometresi elektromanyetik indüksiyonla 10,000 °K sıcaklığa ulaştırılan argon plazması tarafından örneğin iyonize edilmesi; iyonize elementlerin kütle spektrometresi tarafından ayrıştırılması ve element derişimlerinin elektron çoklayıcı bir dedektör tarafından ölçülmesi aşamalarını içerir. Örnekteki tüm elementlerin derişimleri 1 ile 2 dakika arasında değişen oldukça kısa bir sürede ölçülür.

Çağlayan Formasyonuna ait organik madde bakımından zengin siyah şeyl örneklerinde 10 adet ana element, 36 adet iz element ve 2 adet nadir toprak element incelemesi yapılmıştır (Ek 1). Siyah şeyl örneklerinin element/Aluminyum ortalamaları ile element zenginleşme ortalamaları belirlenmiştir (Tablo 7).

Çağlayan Formasyonuna ait siyah şeyl örneklerinde öncelikle elementlerin ana istatistik parametreleri hesaplanmıştır. EF hesaplanırken elementlerin aritmetik ortalaması ya da geometrik ortalamasının kullanılmasına karar verebilmek için elementlere Kolmogov-Simirrov (K-S) testi uygulanmıştır. Bu test, örneğe ait dağılımın herhangi bir hipotetik dağılım modeline uyup uymadığını belirler (Lilliefors, 1967). $K-S > 0.05$ olan örneklerde EF hesaplamasında aritmetik ortalamalar kullanılmıştır, $K-S < 0.05$ olan örneklerde ise EF hesaplamasında geometrik ortalama kullanılmıştır (Tablo 7).

3. ÇALIŞMA ALANI VE ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ

Boyabat (Sinop) havzası Türkiye'nin Orta Karadeniz bölgesinde yer alan ve petrol potansiyeli bulunan önemli bir bölgedir (Şekil 1). Bölgenin ana jeolojik özellikleri Korkmaz (1984)'ın çalışmalarından özetlenerek aşağıda verilmiştir.

Çalışma alanında Liyas-Eosen zaman aralığında yaşlıdan gence doğru sırasıyla; Akgöl, Bürnük, Akkaya, Çağlayan, Kapanboğazı, Yemişliçay, Cankurtaran, Çaltu, Ardıçlı, Gökırmak Formasyonları yüzeyler.

Havzanın temelini, Boyabat Metamorfileri oluşturur. Temel üzerine uyumsuz olarak Liyas yaşlı Akgöl Formasyonu gelir. Kırmızı çakıllarının oluşturduğu Bürnük Formasyonu, Akgöl Formasyonunu uyumsuz örter. Dogger-Malm döneminde bölgede sığ bir deniz hakim olup, bu dönemde bölgede kalın katmanlı yer yer resifal özellikte bol organizmalı platform tipi Akkaya Formasyonu çökelmiştir. Akkaya kireçtaşları üzerine uyumsuz olarak gelen Erken Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonu siyah şeyl ve marndan ara katmanlı türbiditik kumlu kireçtaşından oluşmuştur. Bu özellik bölgede denizel bir ortamın varlığını işaret eder. Fosil kıtlığı, piritçe zengin olması, indirgen bir ortamın olduğunu gösterir. Erken Kretase sonunda bölge tektonik olarak yükselmiş, Geç Kretase başlangıcında bölge yeniden derinleşmeye başlamıştır ve derin denizel ortamın özelliklerini yansıtan kırmızı renkli çörttü, mikritik kireçtaşları çökelmiştir. Kampaniyen sonunda bölge jeosenklinal özellik kazanmıştır. Kapanboğazı Formasyonu üzerinde gelişen Yemişliçay Formasyonu, türbiditik kumtaşı, marn ara katmanlı tuf, tüfit ardalanmasından oluşan volkanik fliş fasiyesindedir. Bu birim üzerine tekrar Maestrihtiyen yaşlı türbiditik kumtaşı, marn, şeyl ardalanmasından oluşan fliş fasiyesindeki Cankurtaran Formasyonu gelir. Kireçtaşı, şeyl ve marn ardalanmasından oluşan Çaltu Formasyonu üzerine türbiditik kırmızı renkli Ardıçlı Formasyonu gelir. Ardıçlı Formasyonu üzerine uyumsuz olarak kum-şeyl ardalanmalı Gökırmak Formasyonu çökelmiştir (Şekil 2 ve 3).

3.1. Boyabat Metamorfileri

Çok sayıda araştırmacı tarafından Boyabat Metamorfileri daha evvel Kargı Masifi, Ilgaz Masifi, Kastamonu-Taşköprü Masifi, Daday-Devrekani Masifi olarak değişik adlar

altında tanımlanmıştır (Ericson (1938); Blumenthal (1940); Ortynski ve Tromp (1942); Tidetvater (1961); Eren (1979); Yılmaz (1984)). Adlama Gedik ve diğ. (1981) tarafından yapılmıştır, Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından da aynı adla değerlendirilmiştir. Birim Ekinveren köyünün kuzeyinde yüzeylenmektedir. Boyabat metamorfitleri kuvars, albit, epidot, aktinolit ve klorit şistlerden oluşmaktadır.

3.2. Akgöl Formasyonu

Formasyon Ketin ve Gümüş (1963), Gedik ve diğ. (1981) ve Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından da aynı adla değerlendirilmiştir. Akgöl Formasyonunun yaşı bazı araştırmacılar tarafından Liyas olarak belirlenmiştir (Ketin, 1962). Akgöl Formasyonu tabanda metamorfikler üzerine uyumsuz olarak gelir. Üst sınırında ise Bürnük ve Akkaya Formasyonları yine uyumsuz olarak bulunur. Birim kumtaşı, miltaşı, kuvarsit ve şeyl ardalanmasından oluşur.

3.3. Bürnük Formasyonu

Birim ilk olarak polijenik taban konglomerası olarak tanımlanmış olup (Blumenthal, 1940), daha sonra İnaltı Formasyonu olarak adlandırılmıştır (Ketin ve Gümüş, 1963 ve Gedik ve diğ., 1981). Formasyonun yaşı Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından Dogger-Malm olarak belirlenmiştir. Bürnük Formasyonu altındaki Akgöl Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelir. Üst sınırı ise Akkaya Kireçtaşı ile uyumludur. Birim taban konglomerası görünümünde olup çakıltaşları ve kumtaşlarından oluşmaktadır.

3.4. Akkaya Formasyonu

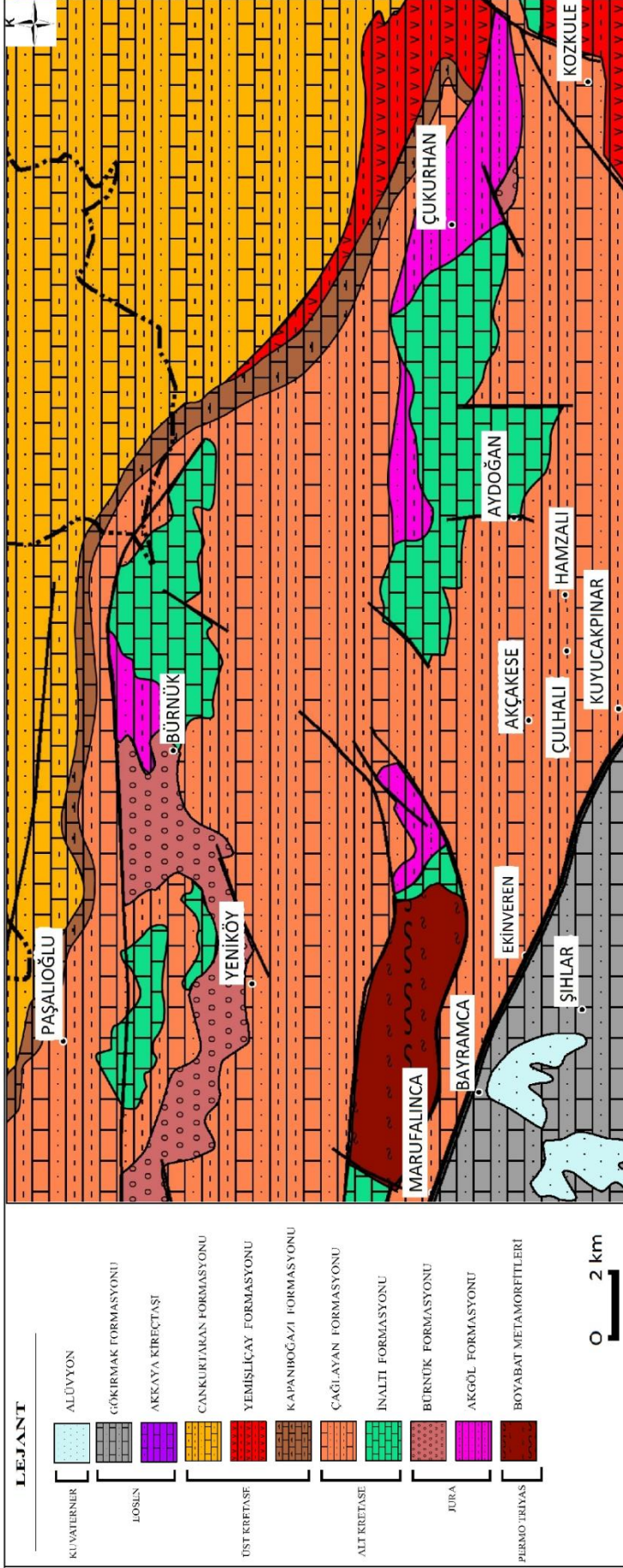
Daha önceki çalışmalarda Ketin ve Gümüş (1963) tarafından aynı ad altında, Gedik ve diğ. (1981) ve Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından İnaltı Kireçtaşı olarak isimlendirilmiştir. Ayrıca Badgley (1959) ve Blumenthal (1940) tarafından da Resif Kalkeri ve Felsenkalker adı altında incelenmiştir. Akkaya Formasyonu alttaki Bürnük Formasyonu ile uyumlu olup bu birimin bulunmadığı alanlarda ise Akgöl Formasyonu ile uyumsuz bir sınır oluşturur. Formasyonun yaşı Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından

Dogger-Malm olarak değerlendirilmiştir. Birim, gri-bej renkli, bol çatlaklı, çatlaklar kalsit dolgululu, çok sert ve masif görünümlü resifal kireçtaşlarından oluşur.

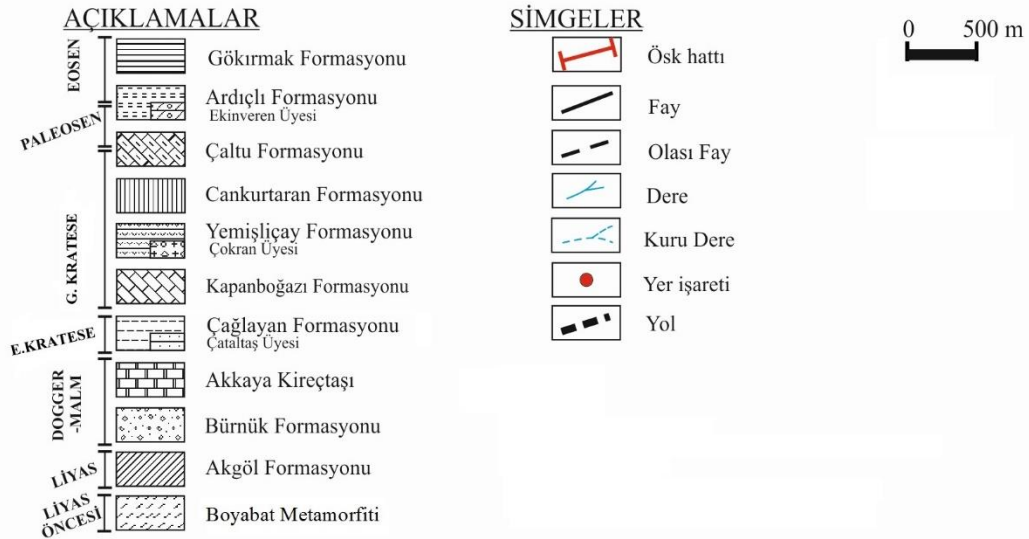
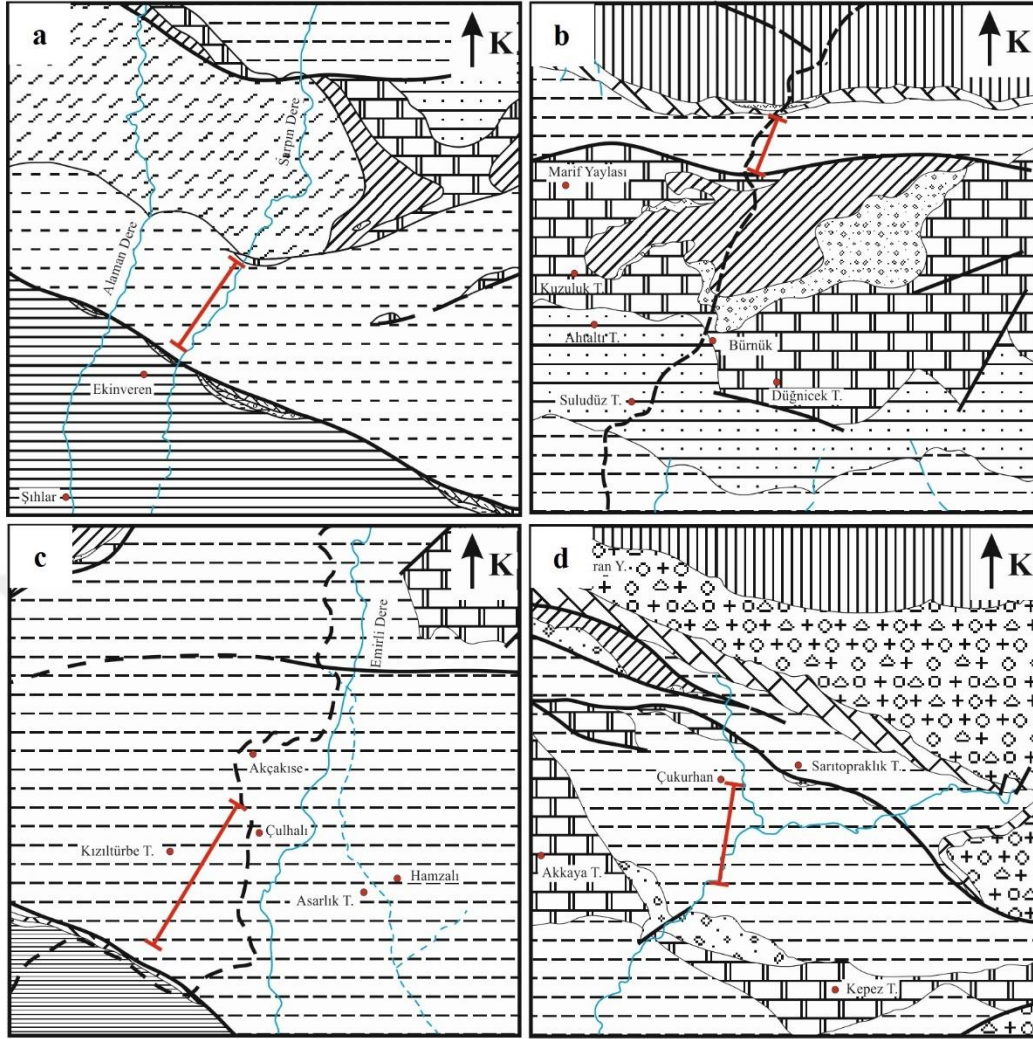
ÜST SİSTEM	SENEZOYİK				LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
	KUV.	TERSİYER	PALEOSEN	ÜYE		
MESOZOYİK	KRETASE				LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
	ÜST KRETASE	YEMİŞLİÇAY	ÇALTU	ÜYE		
PALEOZOYİK	JURA				LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
	DOĞGER-MALM	AKKAYA	DOĞGER-MALM	ÜYE		
PALEOZOYİK	TRİAS				LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
	LIYAS	AKGÖL	TRİAS	ÜYE		
PALEOZOYİK	PERMİYEN				LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
	BOY MET.	PERMİYEN	PERMİYEN	ÜYE		
						Alüvyon
						Kumtaşı, şeyl, marn ardalanması
						Beyaz renkli kireçtaşı, marn
						Kırmızı, bordo, gri renkli marn, şeyl, kumtaşı ardalanması
						Gri, beyaz renkli kireçtaşı, marn
						Kumtaşı, şeyl, marn ardalanması
						Volkano - tortul seri
						Aglomera, lav, tuf
						Kırmızı renkli, killi, çörtlü kireçtaşı
						Kumtaşı, şeyl, marn ardalanması
						Kumtaşı
						Gri, bej renkli resifal kireçtaşı
						Kırmızı renkli, polijenik kumtaşı, çakıltaşı
						Şeyl, kumtaşı, siltaşı ardalanması
						Metamorfik Temel

Ölçeksizdir.

Şekil 2. Çalışma alanı ve çevresine ait genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesit (Korkmaz, 1984).



Şekil 3. Çalışma alanının jeolojisi haritası (Barka vd., 1983 ve Gedik ve Korkmaz, 1984'den kısmen değiştirilerek alınmıştır).



Şekil 4. a) Ekinveren, b) Bürnük, c) Yeniyo ve d) Çukurhan bölgesinin detaylı jeoloji haritası (Korkmaz, 1984).

3.5. Çağlayan Formasyonu

Formasyon ilk olarak Badgley (1959) tarafından koyu gri şeyl, Blumenthal (1940) tarafından Fındıklı tabakaları, Ketin ve Gümüş (1963) ve Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından da Çağlayan Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Formasyon, altındaki Akkaya Kireçtaşları üzerine açısız bir uyumsuzlukla oturur. Birimin üst sınırı ise yine uyumsuz olarak Kapanboğazı Formasyonu tarafından örtülür. Bulunan fosillere göre birimin yaşı Erken Kretase (Barremiyen-Albiyen) olarak değerlendirilmiştir (Gedik ve Korkmaz, 1984). Bu formasyon bu çalışmada petrol ana ve hazne kaya özellikler yönüyle hedef seviye olarak seçilmiştir. Çağlayan Formasyonundan Ekinveren, Bürnük, Yenyol ve Çukurhan bölgelerinden değişken aralıklarla örnekler alınmış ve her bölgenin ölçülü stratigrafik kesitleri çizilmiştir (Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7 ve 8).

Ekinveren bölgesinden yaklaşık 380 metre kalınlığında kesit (ÖSK-1) ölçülmüştür. Alınan ÖSK-1’de birim 70 metre kadar kalınlıkta, ince-orta tabakalı kumtaşı ara katmanlı, gri renkli, ince yapraklanmalı orta sertlikte şeyli bir seviye ile başlar. Bu seviye üzerine 50 metre kadar kalınlıkta, gri renkli, orta sertlikte, ince yapraklanmalı, şeyl ara katmanlı, kalın tabakalı kumtaşı gelir. Birimde tabandan tavana doğru kumtaşı tabakalarında incelmeye görülür. Birimin alt seviyelerinde görülen ince yapraklanmalı, gri renkli şeyller üst seviyelere doğru konkoidal ve çubuğumsu kırılma gösteren, orta sertlikte, koyu gri renkli şeyllere dönüşürler (Şekil 5 ve 9).

Bürnük bölgesinden yaklaşık 280 metre kalınlığında kesit (ÖSK-2) ölçülmüştür. Alınan ÖSK-2’de birim 30 metre kalınlıkta, silttaşı ara bantlı, orta tabakalı, ince yapraklanmalı, gri renkli şeyli bir seviye ile başlar. Bu seviye üzerine 50 metre kalınlıkta, milttaşı-silttaşı ara bantlı, orta tabakalı, çubuğumsu kırılma gösteren, çatlakları kalsit dolgulu gri renkli sertçe şeyli bir seviye gelir. Bu seviyenin devamını yaklaşık 150 metre kalınlığında, ince-orta tabakalı kumtaşı ara bantlı, orta tabakalı, gri renki şeyl oluşturur (Şekil 6 ve 10).

Yenyol bölgesinden yaklaşık 710 metre kalınlığında kesit (ÖSK-3) ölçülmüştür. Alınan ÖSK-3’de birim 30 metre kalınlıkta, çok ince tabakalı, orta sertlikte, gri renkli şeyli bir seviye ile başlar. Bu seviye üzerine 150 metre kalınlıkta, kahverengi, ince tabakalı, orta sertlikte, gri renkli şeyli bir seviye gelir. Bu seviyeye yaklaşık 350 metre boyunca görülen çok ince kumtaşı ara katmanlı konkoidal kırılma gösteren, tabakalı yapı sunan gri renkli marnlı bir seviye takip eder. Devamını ise yaklaşık 300 metre boyunca ise

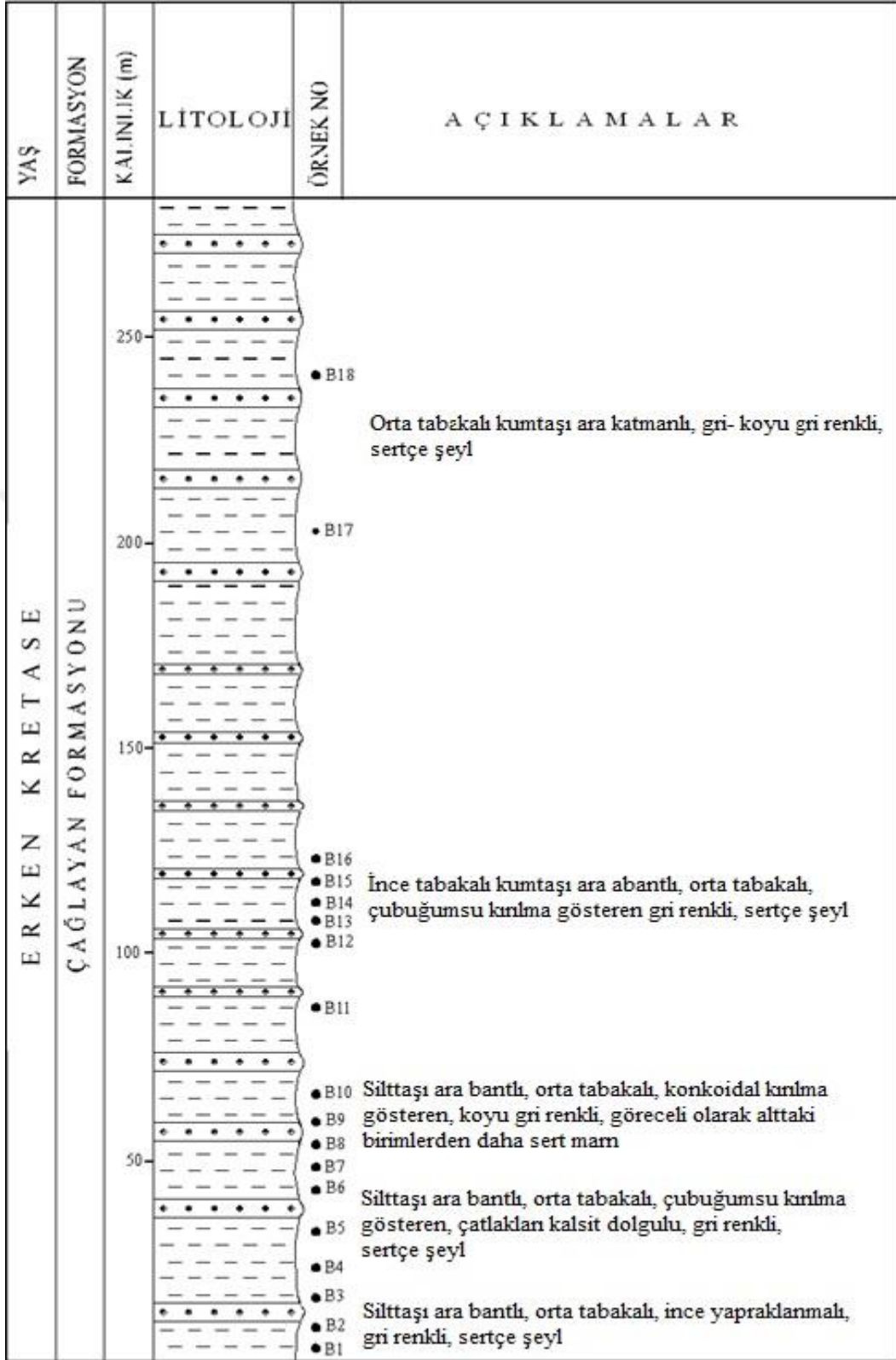
ince-orta tabakalı kumtaşı ara katmanlı, gri renkli, konkoidal kırılma gösteren ince yapraklanmalı gri renkli şeyli seviye takip eder (Şekil 7 ve 11).

Çukurhan bölgesinden yaklaşık 510 metre kalınlığında kesit (ÖSK-4) ölçülmüştür. Alınan ÖSK-4'de birim 20 metre ince-orta tabakalı kirli bordo kumtaşı ara katmanlı, çubuğumsu kırılma gösteren, koyu gri renkli şeyl-marn ardalanmalı seviye ile başlar. Devamında yoğun alterasyon ve kıvrımlanmadan dolayı tabaka yapısı bozulmuş, gri renkli şeyl-marn ardalanmalı seviye gelir. Bu seviyeyi kirli bordo, dilinimli, çatlakları kalsit dolgulu, orta-ince tabakalı, orta sertlikte şeyl-marn ardalanmalı seviye takip eder. Tavana doğru ince-orta tabakalı kumtaşı ara katmanlı siyah-gri renkli marn-şeyl ardalanması gelir (Şekil 8 ve 12).

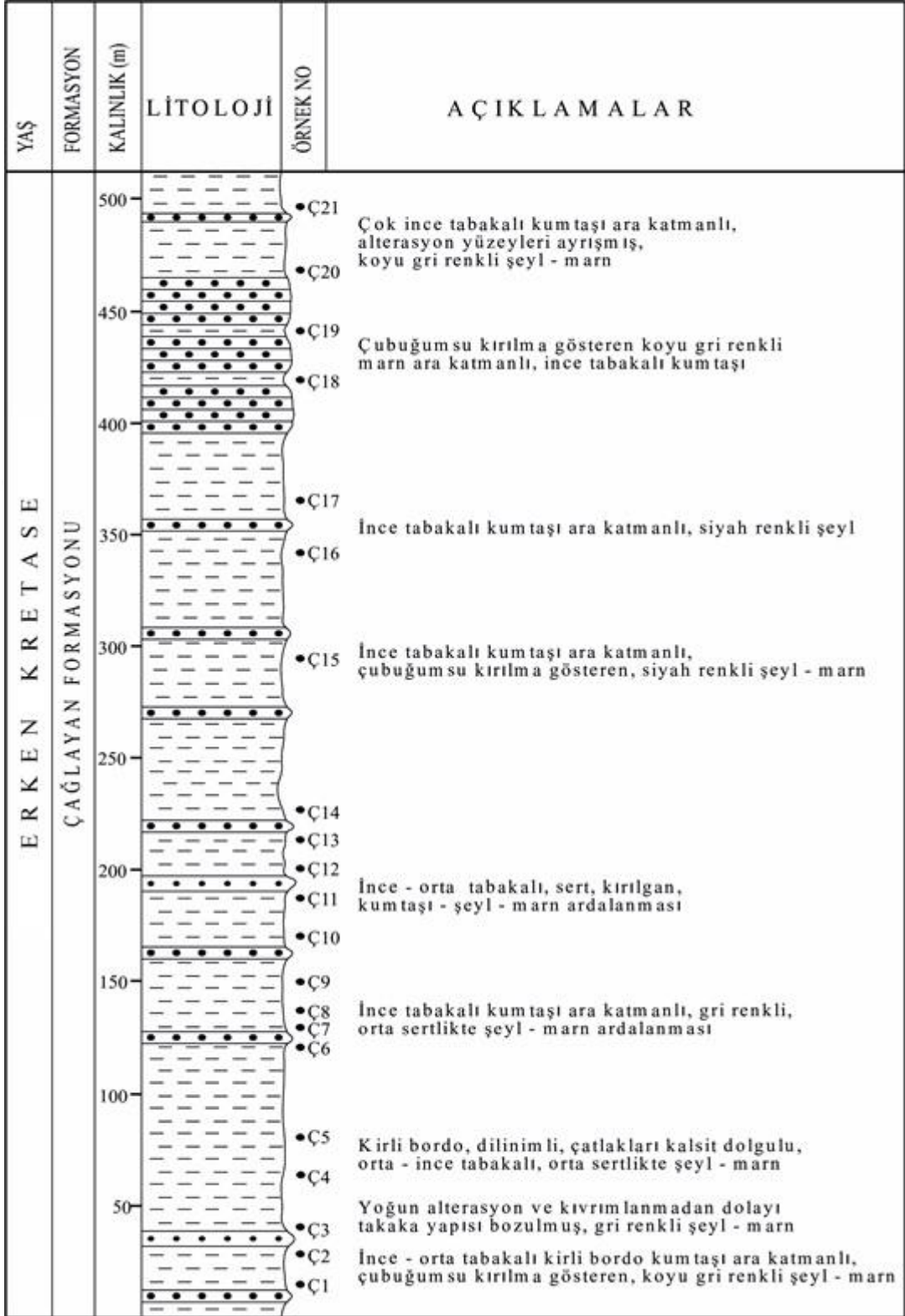


YAŞ	FORMASYON	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	ÖRNEK NO	AÇIKLAMALAR
ERKEN KRETASE	ÇAĞLAYAN FORMASYONU	350		E10	Çok ince tabakalı kumtaşı ara katmanlı, çubuğumsu kırılma gösteren, orta sertlikte, koyu gri renkli şeyl
				E9	
		300		E8	İnce tabakalı kumtaşı ara katmanlı, ince yapraklanmalı, orta sertlikte, koyu gri renkli şeyl
				E7	
				E6	
		250		E5	Orta tabakalı kumtaşı ara katmanlı, koyu gri renkli, konkoidal kırılma gösteren, orta sertlikte şeyl
				E4	
		200		E3	İnce-orta tabakalı kumtaşı ara katmanlı, koyu gri renkli, yumuşak şeyl
				E2	
		150		E1	Gri renkli orta sertlikte ince yapraklanmalı şeyl ara katmanlı, kalın tabakalı kumtaşı
		E1			
					İnce-orta tabakalı kumtaşı ara katmanlı, gri renkli, ince yapraklanmalı, orta sertlikte şeyl

Şekil 5. Çağlayan Formasyonunun Ekinveren bölgesinden alınan ölçülü stratigrafik kesit (ÖSK-1).



Şekil 6. Çağlayan Formasyonunun Bürnük bölgesinden alınan ölçülü stratigrafik kesit (ÖSK-2).



Şekil 8. Çağlayan Formasyonunun Çukurhan bölgesinden alınan ölçülü stratigrafik kesit (ÖSK-4).



Şekil 9. Ekinveren bölgesinde yüzeyleyen Çağlayan Formasyonunun görüntüsü



Şekil 10. Bürnük bölgesinde yüzeyleyen Çağlayan Formasyonunun görüntüsü



Şekil 11. Yeniol bölgesinde yüzeyleyen Çağlayan Formasyonunun görüntüsü



Şekil 12. Çukurhan bölgesinde yüzeyleyen Çağlayan Formasyonunun görüntüsü

3.6. Kapanboğazı Formasyonu

Formasyonun adlanması ilk olarak Ketin ve Gümüş (1963) tarafından yapılmıştır. Gedik ve diğ. (1981) ve Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından da aynı ad altında değerlendirilmiştir. Kapanboğazı Formasyonu altta Çağlayan Formasyonu ile uyumsuz üst sınırı ise Yemişliçay Formasyonu ile uyumludur. Formasyon yaşı Geç Kretase (Santoniyen-Kampaniyen) olarak belirlenmiştir (Gedik ve Korkmaz, 1984). Birim koyu kırmızı-bordo renkli mikritik kireçtaşlarından oluşmuştur. Yer yer yeşilimsi renkli ve çört bantlıdır.

3.7. Yemişliçay Formasyonu

Birimin adlanması Ketin ve Gümüş (1963) tarafından yapılmıştır. Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından da aynı ad altında değerlendirilmiştir. Yemişliçay Formasyonu, altındaki Kapanboğazı Formasyonu ve üzerine gelen Cankurtaran Formasyonu ile geçişli ve uyumludur. Birimin sedimanter seviyeleri içinde bulunan fosillere göre yaşı Geç Kretase (Kampaniyen-Maastrichtiyen) olarak kabul edilmiştir (Gedik ve Korkmaz, 1984). Bu formasyon, kumtaşı, marn, tuf, tüfit, aglomera aralanmasından oluşmuştur.

3.7.1. Çokran Üyesi

Adlama Gedik ve diğerleri (1981) tarafından yapılmıştır. Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından da aynı ad altında değerlendirilmiştir. Çokran Üyesi altındaki Kapanboğazı Formasyonu ile uyumlu ve geçişlidir. Çokran Üyesi baskın olarak aglomera ve yer yer volkanik breşden oluşmaktadır.

3.8. Cankurtaran Formasyonu

Formasyon ilk defa Ketin ve Gümüş (1963) tarafından Gürsökü Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Blumenthal (1940) tarafından Orta Filiş, Gedik ve diğ.(1981), Gedik ve Korkmaz (1984) Cankurtaran Formasyonu olarak değerlendirilmiştir. Cankurtaran Formasyonu içinde belirlenen fosillere göre Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından Geç

Kretase (Geç Kampaniyen-Erken Maastrichtiyen) yaşı verilmiştir. Türbiditik kumtaşı, marn, şeyl, çamurtaşı, kumlu kireçtaşı araldanmasından oluşmuştur. Cankurtaran Formasyonu, altındaki Yemişliçay Formasyonu ve üzerindeki Akveren Formasyonu ile tedrici geçişli ve uyumludur.

3.9. Çaltu Formasyonu

Formasyon daha önceki çalışmalarda, Badgley (1959), Ketin ve Gümüş (1963), Gedik ve diğ. (1981), Gedik ve Korkmaz (1984) aynı ad altında incelenmiştir. Formasyonda bulunan fosillere göre Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından Geç Kretase-Paleosen yaşı verilmiştir. Formasyon kireçtaşı, marn ve şeyllerden oluşur. Çaltu Formasyonu altındaki Cankurtaran ve üzerine gelen Ardıçlı Formasyonu ile tedrici geçişli ve uyumludur.

3.10. Ardıçlı Formasyonu

Formasyon Ketin ve Gümüş (1963), Gedik ve diğ. (1981), Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından aynı ad altında, Blumenthal (1940) tarafından da "Tangal'ın Alacalı Filişi" olarak incelenmiştir. Formasyonda bulunan fosillere göre Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından Geç Kretase-Paleosen yaşı verilmiştir. Ardıçlı Formasyonu altındaki Çaltu Formasyonu ile tedrici geçişli ve uyumludur. Üzerine ise Gökırmak Formasyonu uyumsuz olarak gelir. Formasyon kırmızı, bordo ve bej renkli olup kumtaşı, kireçtaşı ara katmanlı marn-şeyl araldanmasından oluşur.

3.10.1. Ekinveren Üyesi

Adlama Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından yapılmıştır. Blumenthal (1940) ise bu birimi 'Nodüllü Tabakalar' adı altında incelemiştir. Ekinveren Üyesi, orta-ince katmanlı, çört yumruları içeren, beyaz renkli marn ve yumru kireçtaşlarından oluşmuştur.

3.11. Gökırmak Formasyonu

İlk önce Ketin ve Gümüş (1963) tarafından Kusuri Formasyonu olarak incelenmiştir. Gedik ve diğ. (1981) formasyonu üye mertebesine indirerek Yenikonak Formasyonu içinde, Gedik ve Korkmaz (1984) ve Korkmaz (1984) ise birimi Gökırmak Formasyonu olarak benimsemişlerdir. Gökırmak Formasyonu Ardıçlı Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelir. Birimin yaşı fosil topluluğuna göre Erken Eosen (Lütesiyen) olarak alınmıştır (Gedik ve Korkmaz, 1984). Kalın katmanlı ve kanal dolguları içeren kumtaşları ile başlayan formasyon üste doğru ince katmanlı kumtaşı-marn-şeyllerle devam eder.

3.12. Alüvyon

Alüvyonlar çalışma alanında dere yataklarında bulunmaktadır, tutturulmamış silt, kum ve çakıl boyutundaki yuvarlak taneli ve blok boyutundaki köşeli parçalardan oluşmaktadır.

4. ÇAĞLAYAN FORMASYONUNUN ORGANİK JEOKİMYASAL İNCELEMELERİ

4.1. Toplam Organik Madde Miktarı

Toplam organik karbon miktarı, kaya içerisindeki kerojene ilişkin karbon miktarı, kayaç içindeki kalıntı karbon miktarı ile bu kerojenden türemiş fakat kaya dışına atılamamış hidrokarbonlara ait karbon miktarının toplamıdır (Durand ve diğerleri 1972; Jonathan ve diğerleri 1976; Hunt, 1995). Kraus ve Parker (1979) TOK değerlerini kullanarak kaynak kayayı sınıflamıştır (Tablo 3). Ekinveren, Bürnük, Yeniyol bölgesinden alınan Çağlayan Formasyonuna ait siyah şeyl örneklerin toplam organik karbon (TOK) değerleri sırasıyla % 0.29-1.8, 0.85-1.73, 0.54-1.21 arasında değişmekte olup, ortalama değerler ise sırasıyla % 1.2, 1.19, 0.89 olarak tespit edilmiştir (Tablo 4). Bu değerlerden de görüldüğü gibi Ekinveren, Bürnük, Yeniyol bölgesinden alınan Çağlayan Formasyonuna ait siyah şeyl örnekleri benzer bir TOK dağılımı göstermektedir (Şekil 13). Örneklerin ortalama TOK değerleri dikkate alındığında Yeniyol bölgesinde yer alan şeyllerin orta derecede kaynak kaya özelliği gösterdiği, Ekinveren ve Bürnük bölgesinde yer alan şeyllerin ise iyi kaynak kaya özelliği taşıdığı saplanmıştır (Tablo 3).

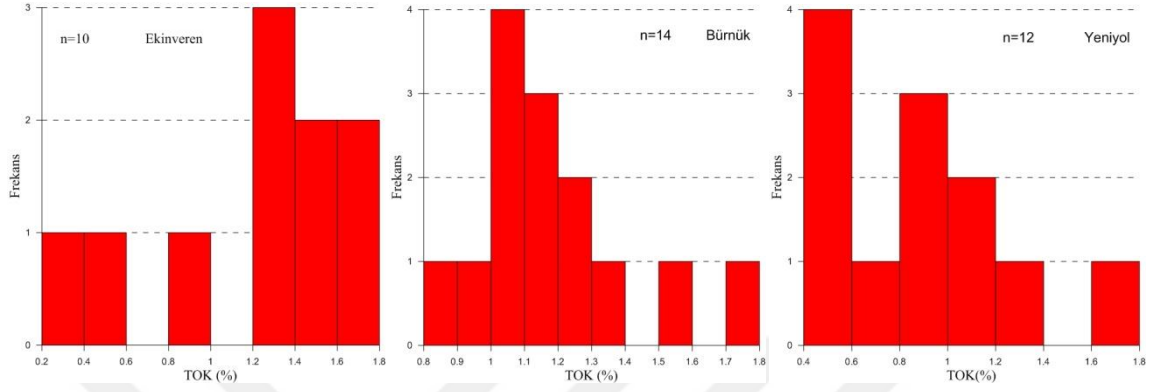
Tablo 3. Kaynak kaya sınıflaması (Kraus ve Parker,1979).

TOK (% C)	Kaynak Kaya Özelliği
<0.5	Zayıf kaynak kaya
0.5-1	Orta derecede kaynak kaya
>1	İyi kaynak kaya

4.1.1. Rock-Eval Analizleri (Piroliz)

Erken Kratese yaşlı Çağlayan Formasyonuna ait siyah şeyl örnekleri üzerinde uygulanan piroliz analiz sonuçları Tablo 4'da sunulmuş olup, Çukurhan bölgesine ait örneklerde S₂'nin sıfır olması nedeniyle bu bölgeden alınan örnekler değerlendirmelerin dışında bırakılmıştır. S₂ piki örneğin güncel kaynak kaya durumunu ifade eder. Çukurhan bölgesinden alınan örneklerde S₂'nin sıfır olmasının nedeni siyah şeyl örneklerinin kaynak

kaya özelliğinin bulunmaması ya da siyah şeyl örneklerin çok iyi bir kaynak kaya olduğu ancak bünyesinde bulunan hidrokarbonu kayaç dışına atmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 13. a) Ekinveren, b)Bürnük ve c)Yeni yol bölgesine ait örneklerin Toplam Organik Karbon (TOK) değerlerinin frekans diyagramları (n=örnek sayısı)

Tablo 4. Çağlayan Formasyonuna ait siyah şeylerin Piroliz (Rock Eval) analiz sonuçları

ÖSK	Örnek No	TOK (%)	S ₁ (mgHC/g kaya)	S ₂ (mgHC/g kaya)	S ₃ (mgCO ₂ /g kaya)	Kerojen Tipi (S ₂ /S ₃)	Tmax (°C)	HI (S ₂ /TOK) (mgHC/g TOK)	OI (S ₃ /TOK) (mgCO ₂ /g TOK)	PÜ (S ₁ +S ₂)	Üİ (S ₁ /(S ₁ +S ₂))
Ekinveren	E1	0.47	0.09	0.05	0.49	0.1	444	11	104	0.14	0.62
	E2	0.29	0.05	0	0.47	0	0	0	162	0.05	1
	E3	1.29	0.09	0.27	0.99	0.27	458	21	77	0.36	0.25
	E4	1.46	0.05	1.97	0.83	2.37	432	135	57	2.02	0.02
	E5	1.33	0.02	1.5	1.45	0.1	435	113	109	1.52	0.01
	E6	1.34	0.09	3.19	0.43	7.42	429	238	32	3.28	0.03
	E7	1.8	0.1	4.92	0.41	12	428	273	23	5.02	0.02
	E8	1.63	0.04	2.82	0.71	3.97	428	173	44	2.86	0.02
	E9	1.49	0.03	2.01	1.31	1.53	432	135	88	2.04	0.02
	E10	0.86	0.02	0.57	1.05	0.54	437	66	122	0.59	0.03
	ortalama	1.2	0.06	1.73	0.81	2.83	435.8	116.5	81.8	1.79	0.2
Bürünk	B2	1.23	0.11	1.61	0.33	4.88	435	131	27	1.72	0.06
	B3	0.85	0.11	0.88	0.27	3.26	434	104	32	0.99	0.11
	B4	1.16	0.11	1.51	0.43	3.51	434	130	37	1.62	0.07
	B6	1.06	0.08	1.53	0.38	4.03	434	144	36	1.61	0.05
	B7	1.19	0.08	1.43	0.31	4.61	436	120	26	1.51	0.05
	B8	1.02	0.09	2.48	0.16	15.5	434	243	16	2.57	0.04
	B10	1.06	0.08	1.82	0.11	16.54	432	172	10	1.9	0.04
	B11	0.95	0.02	0.9	0.82	1.11	439	95	86	0.92	0.03
	B12	1.52	0.16	4.43	0.17	26.01	431	291	11	4.59	0.04
	B13	1.73	0.18	4.57	0.3	15.23	432	264	17	4.75	0.04
	B14	1.17	0.12	3.21	0.17	18.88	434	274	15	3.33	0.04
	B15	1.22	0.09	2.15	0.29	7.41	433	176	24	2.24	0.04
	B17	1.39	0.14	4.49	0.19	23.63	432	323	14	4.63	0.03
	B18	1.05	0.04	1.77	0.62	2.85	436	169	59	1.81	0.02
	ortalama	1.19	0.1	2.34	0.32	10.53	434	188.29	29.29	2.44	0.05

Tablo 4'ün devamı

ÖSK	Örnek No	TOK (%)	S ₁ (mgHC/g kaya)	S ₂ (mgHC/g kaya)	S ₃ (mgCO ₂ /g kaya)	Kerijen Tipi (S ₂ /S ₃)	Tmax (°C)	HI (S ₂ /TOK) (mgHC/g TOK)	OI(S ₃ /TOK) (mgCO ₂ /g TOK)	PÜ (S ₁ +S ₂)	Üİ (S ₁ /(S ₁ +S ₂))
Yeniöl	Y1	1.12	0.02	0.88	0.76	1.16	434	79	68	0.9	0.02
	Y2	1.21	0.01	0.86	0.87	0.98	435	71	72	0.87	0.01
	Y3	1.7	0.09	3.74	0.52	7.19	421	220	31	3.83	0.02
	Y4	1.16	0.02	0.84	0.75	1.12	434	72	65	0.86	0.02
	Y5	0.9	0.01	0.56	0.59	0.95	435	62	66	0.57	0.02
	Y6	0.94	0.01	0.54	0.67	0.81	435	57	71	0.55	0.02
	Y8	0.66	0.01	0.21	0.71	0.3	442	32	108	0.22	0.02
	Y10	0.54	0	0.07	0.63	0.11	444	13	117	0.07	0
	Y12	0.51	0	0.07	0.6	1.17	443	14	118	0.07	0.05
	Y14	0.6	0	0.1	0.67	0.15	446	17	112	0.1	0.02
	Y16	0.89	0.02	0.16	0.85	1.18	443	18	96	0.18	0.09
	Y17	0.49	0	0.08	0.63	1.13	444	16	129	0.08	0.04
		ortalama	0.89	0.02	0.68	0.69	1.35	438	55.92	87.75	0.69
Çukurhan	Ç1	0.65	0.02	0	0.19	0	-	0	29	0.02	1
	Ç2	0.76	0.01	0	0.5	0	-	0	66	0.01	1
	Ç3	0.85	0.01	0	0.1	0	-	0	12	0.01	1
	Ç4	0.71	0.01	0	0.1	0	-	0	14	0.01	1
	Ç5	0.86	0	0	0.05	0	-	0	6	0	1
	Ç6	0.64	0.01	0	0.1	0	-	0	16	0.01	1
	Ç7	0.71	0.01	0	0.14	0	-	0	20	0.01	1
	Ç8	0.73	0.01	0	0.04	0	-	0	5	0.01	1
	Ç9	0.87	0	0	0.02	0	-	0	2	0	1
	Ç10	0.87	0	0	0.38	0	-	0	44	0	1
	Ç11	0.73	0.01	0	0.1	0	-	0	14	0.01	1
	Ç12	0.75	0.01	0	0.08	0	-	0	11	0.01	1
	Ç13	0.91	0.01	0	0.07	0	-	0	8	0.01	1

Tablo 4'ün devamı

ÖSK	Örnek No	TOK (%)	S ₁ (mgHC/g kaya)	S ₂ (mgHC/g kaya)	S ₃ (mgCO ₂ /g kaya)	Kerajen Tipi (S ₂ /S ₃)	Tmax (°C)	HI (S ₂ /TOK) (mgHC/g TOK)	OI(S ₃ /TOK) (mgCO ₂ /g TOK)	PÜ (S ₁ +S ₂)	Üi (S ₁ /(S ₁ +S ₂))	
Çukurhan	Ç14	0.82	0	0	0.04	0	336	0	5	0	1	
	Ç15	0.8	0.02	0	0.07	0	-	0	9	0.02	1	
	Ç16	0.61	0.02	0	0.11	0	-	0	18	0.02	1	
	Ç17	0.88	0.01	0	0.11	0	-	0	12	0.01	1	
	Ç18	0.57	0.01	0	0.07	0	-	0	12	0.01	1	
	Ç19	0.92	0.01	0	0.2	0	-	0	22	0.01	1	
	Ç20	0.88	0.01	0	0.1	0	-	0	11	0.01	1	
	Ç21	1.01	0.02	0	0.26	0	-	0	26	0.02	1	
	ortalama	0.79	0.01	0	0.14	0	-	-	0	17.24	0.01	1

4.2. Organik Madde Tipi

Siyah şeyl örnekleri için S_2 -TOK (Langford ve Blanc-Valleron,1990; Dembicki, 2009), $H\dot{I}-T_{max}$ (Mukhopadhyay vd., 1995) ve $H\dot{I}-O\dot{I}$ (Espitalie vd., 1977) kerojen sınıflama diyagramları kullanılarak, örneklerin kerojen tipleri belirlenmiştir (Şekil 14, Şekil 15, Şekil 16 ve 17). T_{max} değeri, kerojenin olgunluğuna, organik maddenin tipine ve aktivasyon enerjisine bağlı olarak değişmektedir ve dolayısıyla $H\dot{I}-T_{max}$ diyagramı kerojen tipi ayırt etmede kullanılmaktadır (Hunt,1995). $H\dot{I}$ ve $O\dot{I}$ değerleri kerojenin elementel bileşimi ile yakından ilişkilidir ve bu iki parametreyi kullanarak kerojenleri elementel bileşimine göre sınıflayan Van Krevelen diyagramlarını uygulamak mümkündür (Tissot ve Welte, 1984; Hunt, 1995).

Bir havzada üretilebilecek hidrokarbonların petrol ve/veya gaz olması mevcut organik maddenin tipiyle ve onların kimyasal bileşimleriyle alakalıdır. Karasal kökenli yüksek bitkilere ait organik maddeler (Tip-III kerojen) gaz üretirler. Spor, polen, ot, yosun ve yaprak gibi organik maddeler (Tip-II kerojen)'de genellikle petrol ve bir miktar da gaz üretirler. Algal ve plankton türü organik maddeler (Tip-I kerojen) ise petrol üretirler (Tissot ve Welte, 1978).

Piroliz analizi sonuçları kullanılarak oluşturulan S_2 -TOK diyagramında Ekinveren ve Bürnük siyah şeylleri Tip II-III, Yeniyol siyah şeylleri ise Tip II ve baskın olarak Tip III alanında yer almakta olup, orta-iyi kaynak kaya özelliği göstermektedir (Şekil 14 ve 15).

Ekinveren, Bürnük ve Yeniyol sahalarına ait örnekler $H\dot{I}-T_{max}$ diyagramına yerleştirildiğinde, Ekinveren siyah şeyllerin Tip II-III, Bürnük siyah şeyllерinin baskın olarak Tip II ve az oranda Tip III, Yeniyol siyah şeyllерinin ise Tip II ve baskın olarak Tip III alanında yer aldığı görülmektedir (Şekil 16).

$H\dot{I}$ değerleri kayanın içindeki kerojenin hidrojen, $O\dot{I}$ ise oksijen zenginliğini ifade etmektedir. Ekinveren, Bürnük ve Yeniyol sahalarına ait siyah şeyl örneklerin ortalama $H\dot{I}$ değerleri sırasıyla 117, 118 ve 56 mg HC/gTOK ve ortalama $O\dot{I}$ değerleri ise 82, 29 ve 88 mg CO_2 /gTOK olarak belirlenmiştir. Piroliz analizi sonucunda elde edilen Hidrojen İndeksi ($H\dot{I}$) değerleri Ekinveren, Bürnük ve Yeniyol sahalarına ait siyah şeyl örnekleri için 11-291 mg HC/gTOK arasında hesaplanmıştır. $H\dot{I}$ bakıldığında siyah şeyllерin gaz tۈretme potansiyelinin yüksek, petrol tۈretme potansiyelinin ise düşük olduğu görۈlmektedir (Tablo 5). Oksijen İndeksi ($O\dot{I}$) değerleri ise 11-129 mg HC/gTOK arasında olup, bu değer aralığı örneklerin gaz tۈretme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir

(Tablo 6). Espitalie vd. (1977) tarafından oluşturulan Hİ-Oİ diyagramına bakıldığında Ekinveren sahasına aity örneklerin Tip II-III, Bürnük sahasına ait örneklerin basın olarak Tip II, az oranda Tip III, Yeni yol sahasına ait örneklerin ise az oranda Tip II, baskın oranda Tip III kerojen içerdikleri görülmektedir (Şekil 17).

Bu özelliklere göre Ekinveren ve Bürnük ve Yeni yol bölgesinde yer alan siyah şeyler petrol ve gaz türetme potansiyeline sahipken, Yeni yol bölgesinde yer alan siyah şeyler ise baskın olarak gaz türetme potansiyeline sahiptir.

Tablo 5. Merrill (1991)'e göre Hidrojen İndeks değerlerinin kaynak kaya potansiyelini gösteren sınıflama

Hidrojen İndeksi	Kaynak Kaya Potansiyeli
<150	Gaz potansiyeli
150-300	Gaz-Petrol potansiyeli
>300	Petrol potansiyeli

Tablo 6. Merrill (1991)'e göre Oksijen İndeks değerlerinin organik madde türü ve olgunluğunu gösteren sınıflama

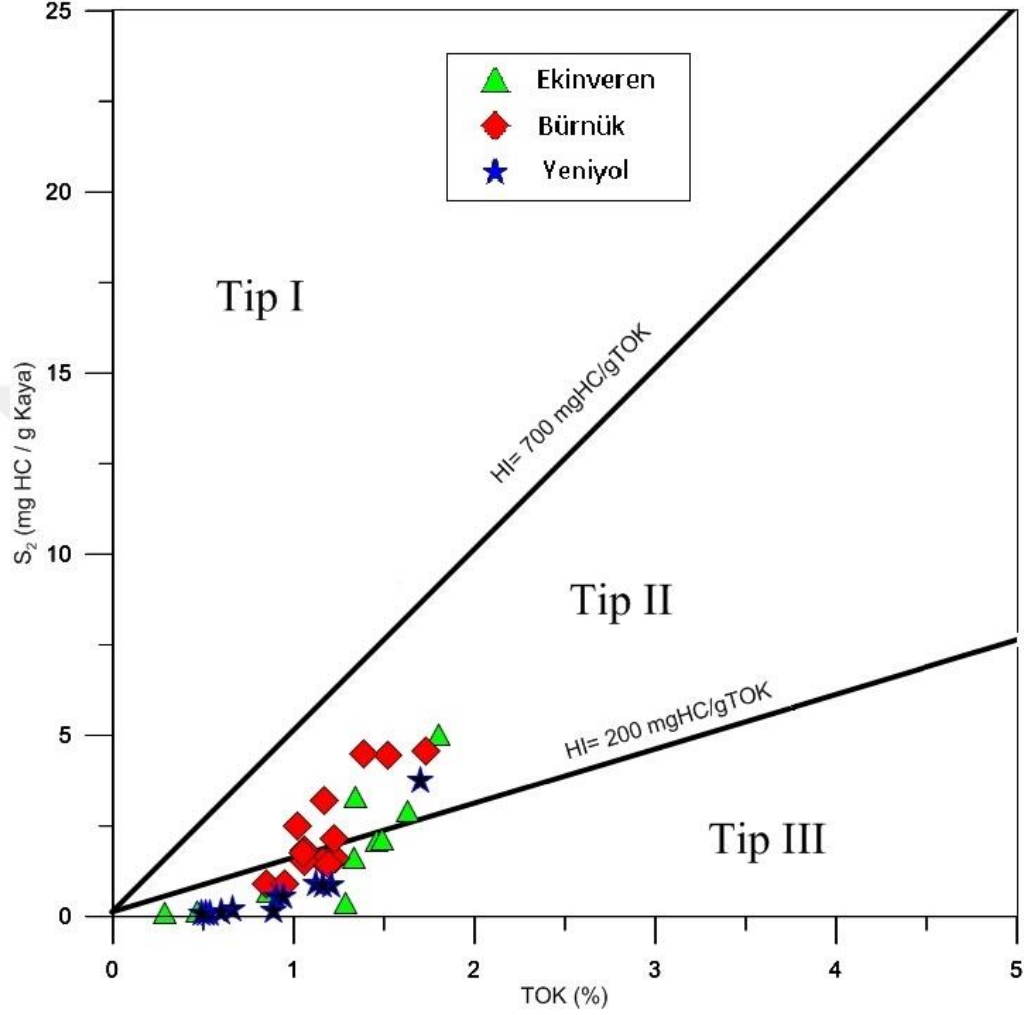
Oksijen İndeksi	Hidrojen İndeksi	Organik Madde Türü ve Olgunluğu
<40 mg/g	Yüksek	İyi-Çok iyi kaynak kaya potansiyeli
	Düşük	Karasal kökenli organik madde ve/veya olgun organik madde
>40 mg/g	Yüksek	Petrol oluşturma potansiyeli, genellikle olgunlaşmamış
	Düşük	Gaz potansiyeli olan organik madde; genellikle olgunlaşmamış

4.3. Organik Maddenin Olgunluğu

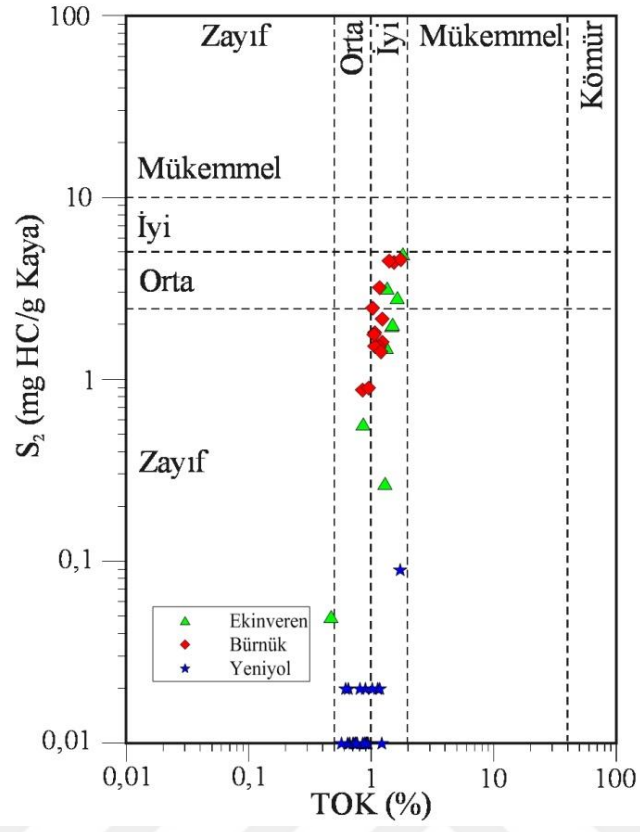
Organik maddenin olgunluğu, sedimanter bir havzada çökmesinden itibaren ısı, basınç, gömülme ve zaman gibi çeşitli etkenler altında fizikokimyasal olarak değişime uğrayıp daha basit hidrokarbon bileşiklerini meydana getirmesi süreci olarak tanımlanmaktadır (Tissot ve Welte, 1984). Organik maddenin ısısal evrimi, çökellerin birçok fiziksel ve kimyasal özelliğini değiştirmekte ve bu özelliklerden yararlanılarak organik maddenin olgunluğu ölçülmektedir (Kara Gülbay ve Korkmaz, 2005).

Ekinveren, Bürnük ve Yeni yol bölgesinden alınan siyah şeyl örnekleri için ortalama T_{max} değerleri sırasıyla 436, 434 ve 438°C olarak hesaplanmıştır ve bu değer Çağlayan

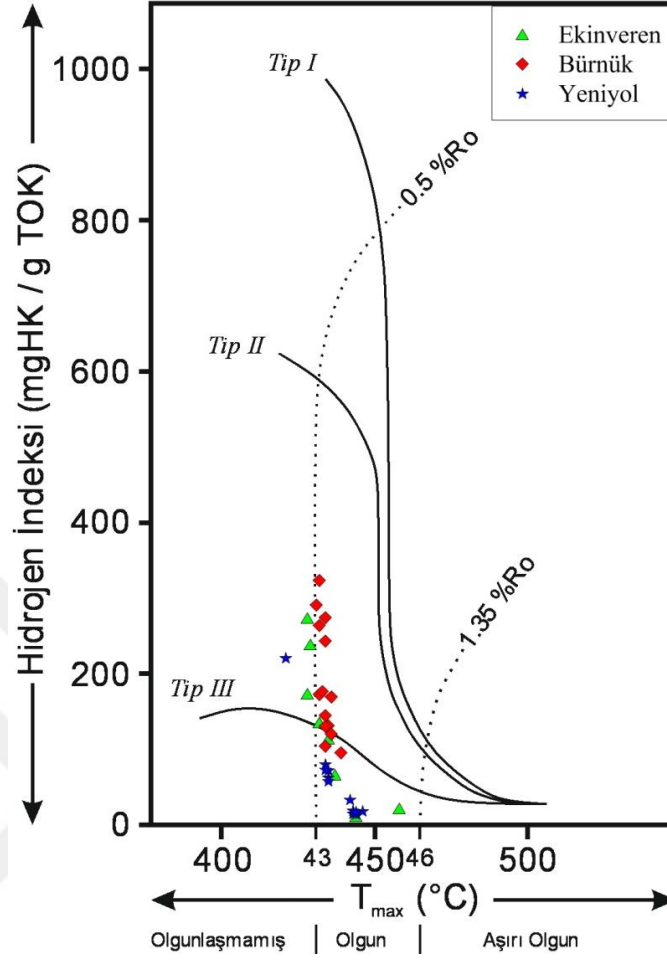
Formasyonuna ait siyah şeyllerin erken olgun-olgun kaynak kaya olduğunu işaret etmektedir (Şekil 16).



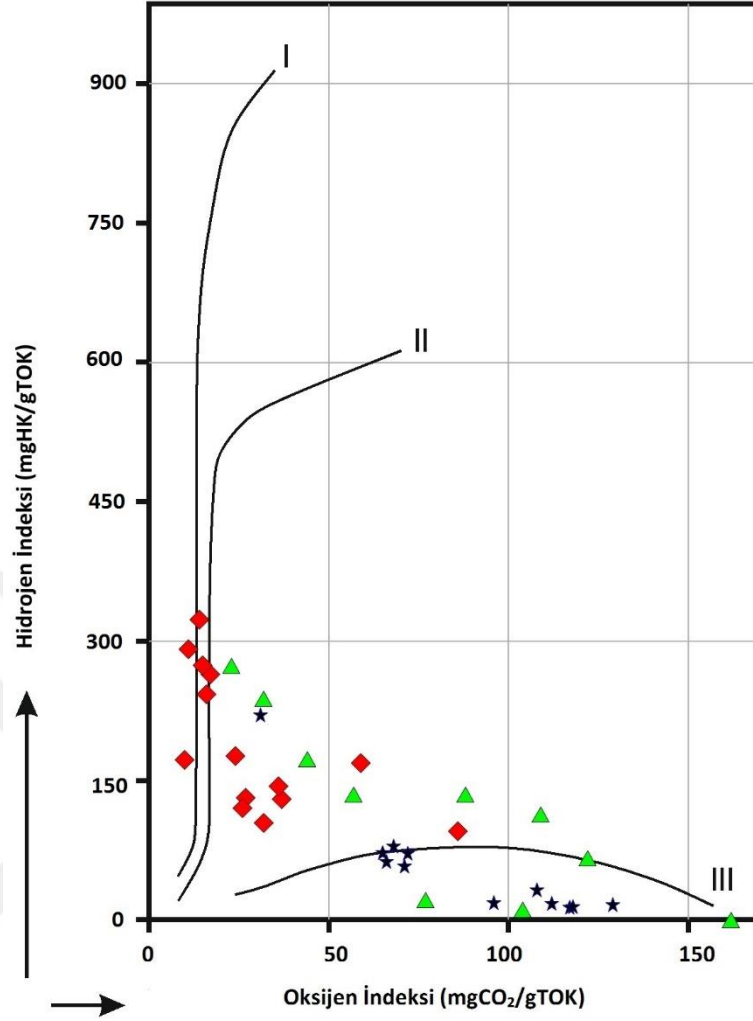
Şekil 14. S₂-TOK kerojen sınıflama diyagramı (Langford ve Blanc-Valleron, 1190) ve siyah şeyl örneklerinin dağılımı



Şekil 15. S₂-TOK kerogen sınıflama diyagramı (Dembicki, 2009) ve siyah şeyl örneklerinin dağılımı



Şekil 16. $H\dot{I}-T_{max}$ kerojen sınıflama diyagramı (Mukhopadhyay vd., 1995) ve siyah şeyl örneklerinin dağılımı



Şekil 17. Hİ-Oİ kerojen sınıflama diyagramı (Espitalie vd., 1977) ve siyah şeyl örneklerinin dağılımı

4.4. Hidrokarbon Türetme Potansiyeli

Rock-Eval pirolizinden yararlanarak örneklerin ana kaya potansiyeli hakkında nicelik yönünden bir fikir elde edilebilir. S_1 ve S_2 değerlerinin toplanmasıyla hesaplanan Potansiyel Ürün (PÜ) parametresi bir kayanın hidrokarbon türetme potansiyeli hakkında fikir vermektedir (Tissot ve Welte, 1984).

Ekinveren, Bürnük ve Yeni yol bölgesinden alınan örneklerin ortalama PÜ değerleri sırasıyla 1.79, 2.44, 0.69 mgHC/g olup, bu değerler Ekinveren ve Yeni yol örneklerinin kaynak kaya potansiyelinin zayıf olduğunu, Bürnük örneklerinin orta derecede kaynak kaya özelliğinde olduğunu göstermektedir (Tablo 4 ve 6).

Tablo 6. Kaynak kaya potansiyeli sınıflaması (Tissot ve Welte, 1984).

Potansiyel Ürün (S ₁ +S ₂) mgHC/g	Kaynak Kaya Potansiyeli
<2	Zayıf potansiyele sahip kaynak kaya. Petrol kaynak kayası olamaz, nadiren gaz kaynak kayası olabilir.
2-6	Orta derecede potansiyele sahip kaynak kaya.
>6	İyi derecede potansiyele sahip kaynak kaya.

Erken Kratese yaşlı Çağlayan Formasyonuna ait Ekinveren, Bürnük ve Yenyol bölgelerinden alınan siyah şeyl örnekleri üzerinde uygulanan piroliz analiz sonuçları bir bütün halinde değerlendirildiğinde, örneklerin Tip II ve III kerojen içerdikleri, erken olgun-olgun kaynak kaya oldukları ve gaz/petrol türetme potansiyeline sahip hidrokarbon içerdikleri görülmüştür.

5. ÇAĞLAYAN FORMASYONUNUN İNORGANİK JEOKİMYASAL İNCELEMELERİ

Siyah şeyller organik madde ve bazı iz elementlerce (Ag, Zn, Ni, Cu, Cr, V, Co, Mo ve U gibi) normal şeyllere göre daha zengindirler (Vine ve Tourtelot, 1970; Vignall, 1994). Organik maddenin biriktiği anoksik koşullar bazı elementlerin zenginleşmeleri için uygundur (Calvert ve diğ., 1985; Warning ve Brumsack, 2000). Çağlayan Formasyonundan alınan siyah şeyl örneklerinden bazıları ICP-MS analizine gönderilmiştir (Tablo 2 ve Ek 1).

5.1. Element İçerikleri

Çağlayan Formasyonuna ait siyah şeyl örneklerinin element içeriklerine bakıldığında Al konsantrasyonunun ortalama şeyl değerinden düşük olduğu görülmüştür (Şekil 18). Siyah şeyllerde klastik madde girdisinde azalmadan kaynaklanabilmektedir (Kara Gülbay ve Korkmaz, 2005).

Çağlayan Formasyonuna ait Al, Fe, K, Mg, Mn, Na, P ve Ti ana element konsantrasyonlarının ortalama şeyllerden önemli ölçüde düşük olduğu, Ca ve S ana element konsantrasyonlarının ise ortalama şeyllerle aynı olduğu görülmüştür. Ag, Ce, Se, Re ve Y iz ve nadir toprak element konsantrasyonlarının ortalama şeyllerden yüksek, Au, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Ga, Hf, Hg, La, Ln, Li, Mo, Nb, Rb, Sb, Sn, Sr, Th, Tl, U, V ve Zr iz ve nadir toprak element konsantrasyonlarının ortalama şeyllerden düşük, As, Ni, Pb, Se, Te ve Zn iz element konsantrasyonlarının ise ortalama şeyllerle aynı olduğu görülmüştür (Şekil 19).

5.2. Element Zenginleşmeleri

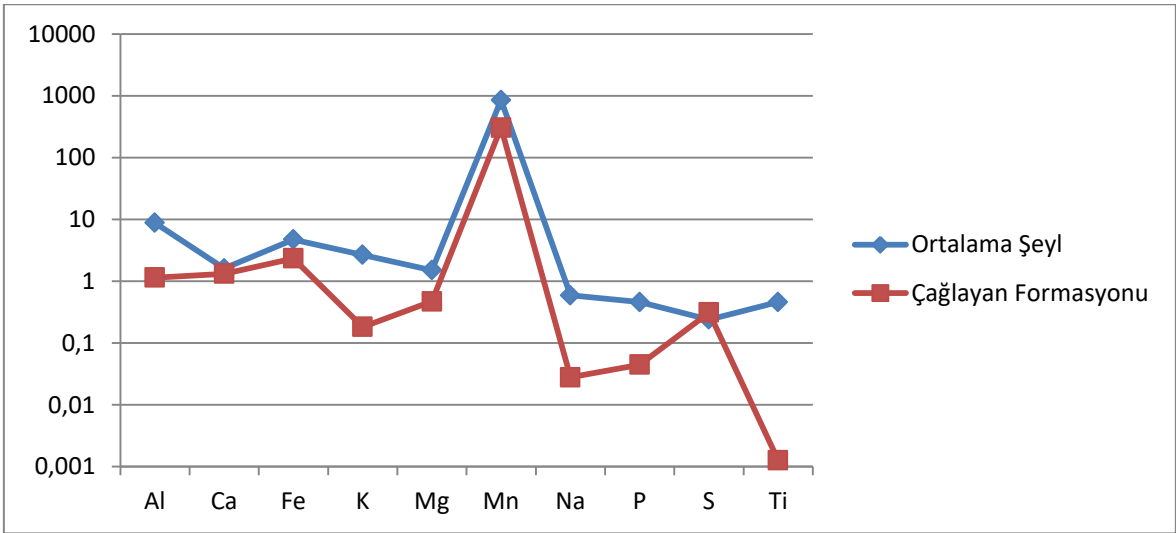
Organik maddece zengin kayaçlar çok önemli petrol ve gaz kaynağı olmalarının yanında ekonomik bakımdan ihtiyaç duyulan elementlerin zenginleşmeleri yönünden de oldukça önemlidir. Elementlerin zenginleşme faktörü şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$EF_{x \text{ element}} = (X/Al)_{\text{örnek}} / (X/Al)_{\text{ortalama örnek}} \text{ (Brumsack 2006).}$$

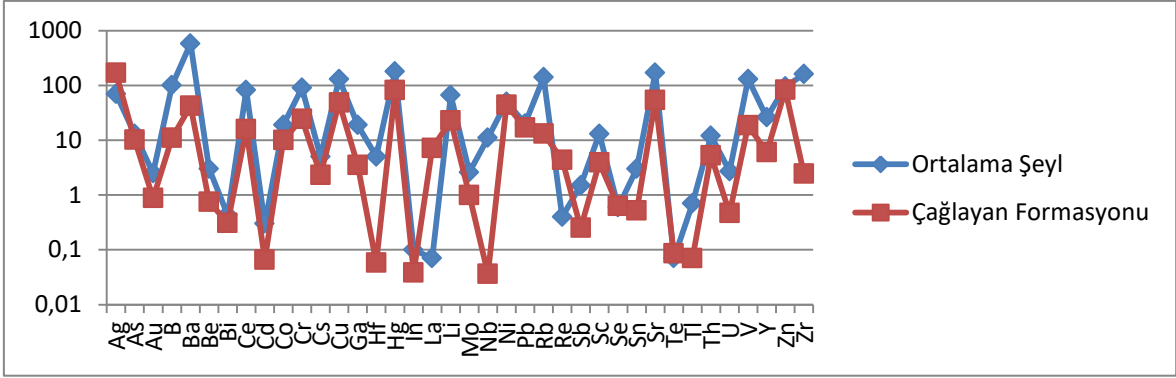
Al elementi karasal kırıntılar içerisinde bolluğuyla en duyarlı element olarak kabul edilir. Böylece elementler Al ile standartlaştırılır. Eğer EF_x 1'den büyük ise, o zaman X elementi zenginleşmiştir, EF_x 1'den küçükse de X elementi tüketilmiştir şeklinde yorumlanır (Brumsack 2006). Petrol şeylerindeki çoğu element zenginleşmeleri, elementlerin anoksik şartlar altında biriken sülfidler ya da organik maddelerle zenginleşmeleriyle ilişkilidir (Calvert ve diğ., 1985; Warning ve Brumsack, 2000).

Al ile normalleştirilmiş analiz sonuçlarına göre, Çağlayan Formasyonuna ait organik maddece zengin siyah şeyl örneklerindeki Ca, Fe, Mg, Mn ve S ana elementlerinde zenginleşmeler görülürken; K, Na, P, Ti elementlerinde ise tüketilmeler belirlenmiştir (Şekil 20).

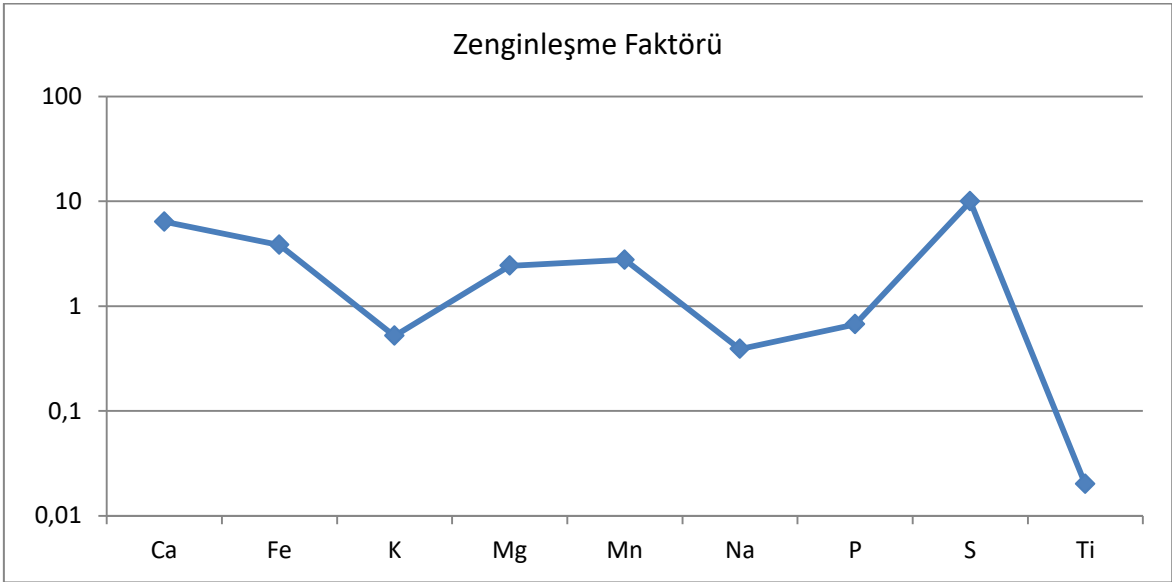
Al ile normalleştirilmiş analiz sonuçlarına göre Ag, As, Au, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Ga, Hg, La, Li, Ni, Pb, Re, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Te, Tl, Th, U, V, Y ve Zn iz ve nadir toprak elementlerinde zenginleşmeler görülürken, B, Ba, Hf, In, Mo, Nb, Rb ve Zr iz elementlerinde ise tüketilmeler görülmüştür (Şekil 21).



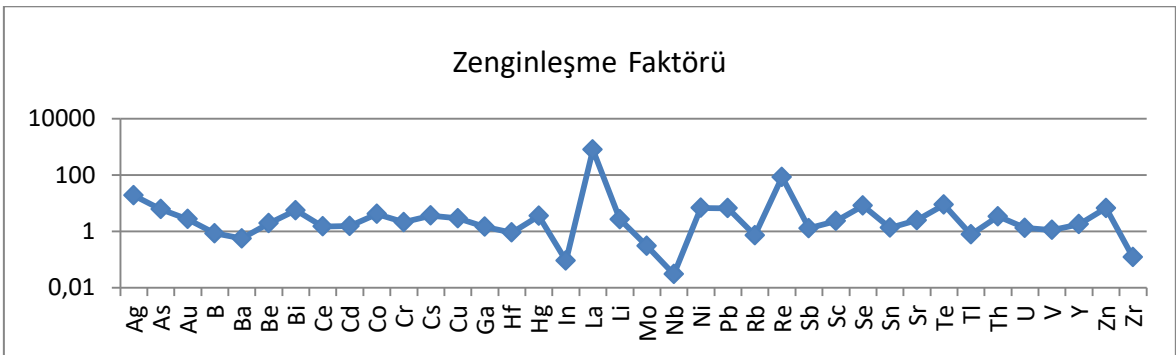
Şekil 18. Çağlayan Formasyonunun ortalama ana element içerikleri



Şekil 19. Çağlayan Formasyonunun ortalama iz element-NTE içerikleri



Şekil 20. Çağlayan Formasyonunun ana element zenginleşme faktörü

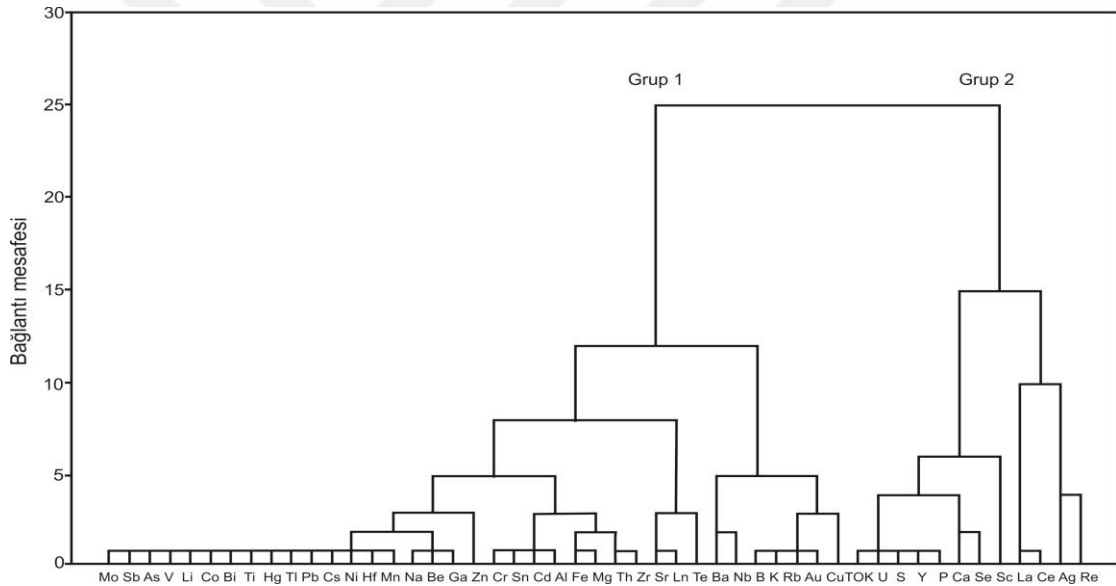


Şekil 21. Çağlayan Formasyonunun iz element ve NTE zenginleşme faktörü

5.3. Toplam Organik Karbon-Element İlişkisinin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Toplam organik madde ile element ilişkisi belirlemede Cluster Analizi kullanılmış ve böylece elementlerin TOK ile gruplanması değerlendirilmeye alınmıştır.

Elementlerin TOK ile ilişkisini belirtmek için Cluster analizi verileri iki gruba ayrılarak yorumlanmıştır (Şekil 22). Grup 1'e bakıldığında Mo, Sb, As, V, Li, Co, Bi, Ti, Hg, Tl, Pb, Sc, Ni, Hf, Mn, Na, Be, Ga, Zn, Cr, Sn, Cd, Al, Fe, Mg, Th, Zr, Sr, Ln, Te, Ba, Nb, B, K, Rb, Au ve Cu elementleriyle TOK miktarının ilişkisinin bulunmadığını görülmektedir. Grup 2'ye bakıldığında ise TOK miktarı özellikle U, S, Y ve P elementleriyle çok yakın ilişkili; Ca, Se, Sc, La, Ce, Ag ve Re elementleriyle ise güçlü ilişkili olduğu görülmektedir.



Şekil 22. Çağlayan Formasyonuna ait Cluster analizi

TOK ve elementler arasındaki ilişkiler korelasyon matrisleri hazırlanarak belirlenmiştir. Korelasyonlar $p \leq 0,01$ ve $p \leq 0,05$ anlamlılık düzeyinde test edilmiş ve TOK ile anlamlı bir korelasyona sahip elementlerin TOK'a göre dağılım diyagramları ile bu diyagramlara ait regresyon doğruları çizilmiş ve doğru denklemleri hesaplanmıştır (Şekil 23).

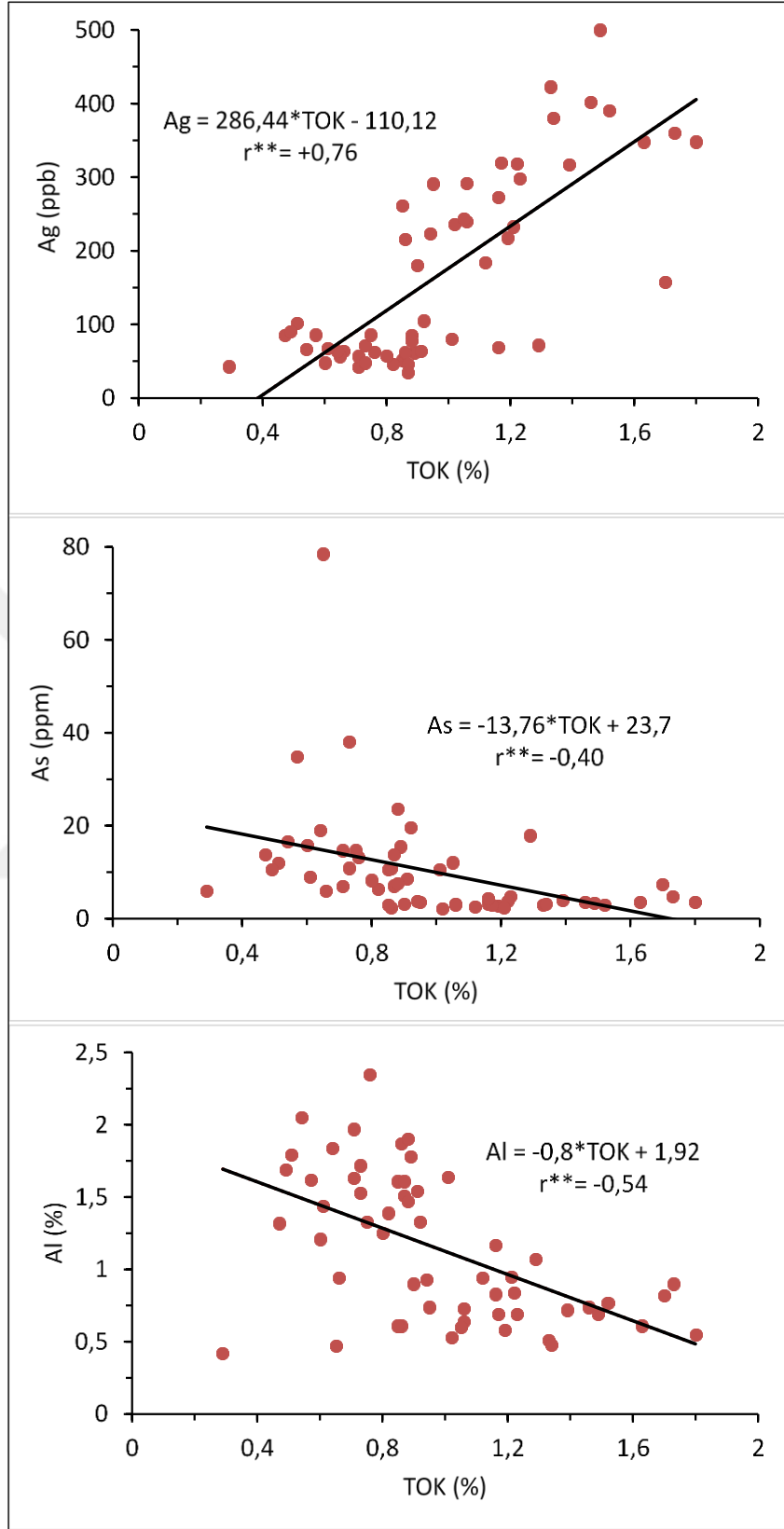
Dağılım grafiklerine bakıldığında Ag, B, Ca, Cd, Mo, Ni, Re, Se, Sr, S, Tl, U, V ve Y elementleri $p \leq 0,01$ ve $p \leq 0,05$ anlamlılık düzeyinde anlamlı pozitif bir korelasyon

göstermekteyken; Al, As, Be, Bi, Co, Cr, Cs, Fe, Ga, Hg, Li, In, Mg, Mn, Ni, Pb, Sn ve Te elementleri $p \leq 0,01$ ve $p \leq 0,05$ anlamlılık düzeyinde anlamlı negatif bir korelasyon göstermektedir (Şekil 23).

Dağılım grafikleri ile Cluster analiz sonucu birlikte değerlendirildiğinde U, S, Y, Ca, Se elementlerinin TOK ile çok güçlü, Ag ve Re elementlerinin ise TOK ile güçlü ilişkili olduğu görülmüştür. Sedimanter kayalarda bulunan uranyum çoğunlukla organik madde ile ilişkilidir. Organik madde U ile birlikteliği siyah şeylerle, kömürlerde, asfaltitlerde ve petrolde görülür (Colodner ve diğ., 1995; Lipinski ve diğ., 2003). Se çoğunlukla kömür ve şeylerde bulunur (Neal, 1992; Coleman, 1993). Se elementi diğer tortullar ve normal şeyllere göre, siyah şeylerle çok daha yakın ilişkilidir (Swaine, 1990). Se kömürlerde ve organik maddece zengin siyah şeylerde organik karbon ve sülfürle bağlantılıdır (Vesper ve diğ., 2008). Sedimanter kayalar Re bakımından oldukça zengindir. Re kabukta ve oksik sedimanlarda düşük konsantrasyon içerirken, organik maddece zengin sedimalarda indirgenme koşullarında depolanırlar (Crusius ve diğ., 1996; Colodner ve diğ., 1995; Lipinski ve diğ., 2003).

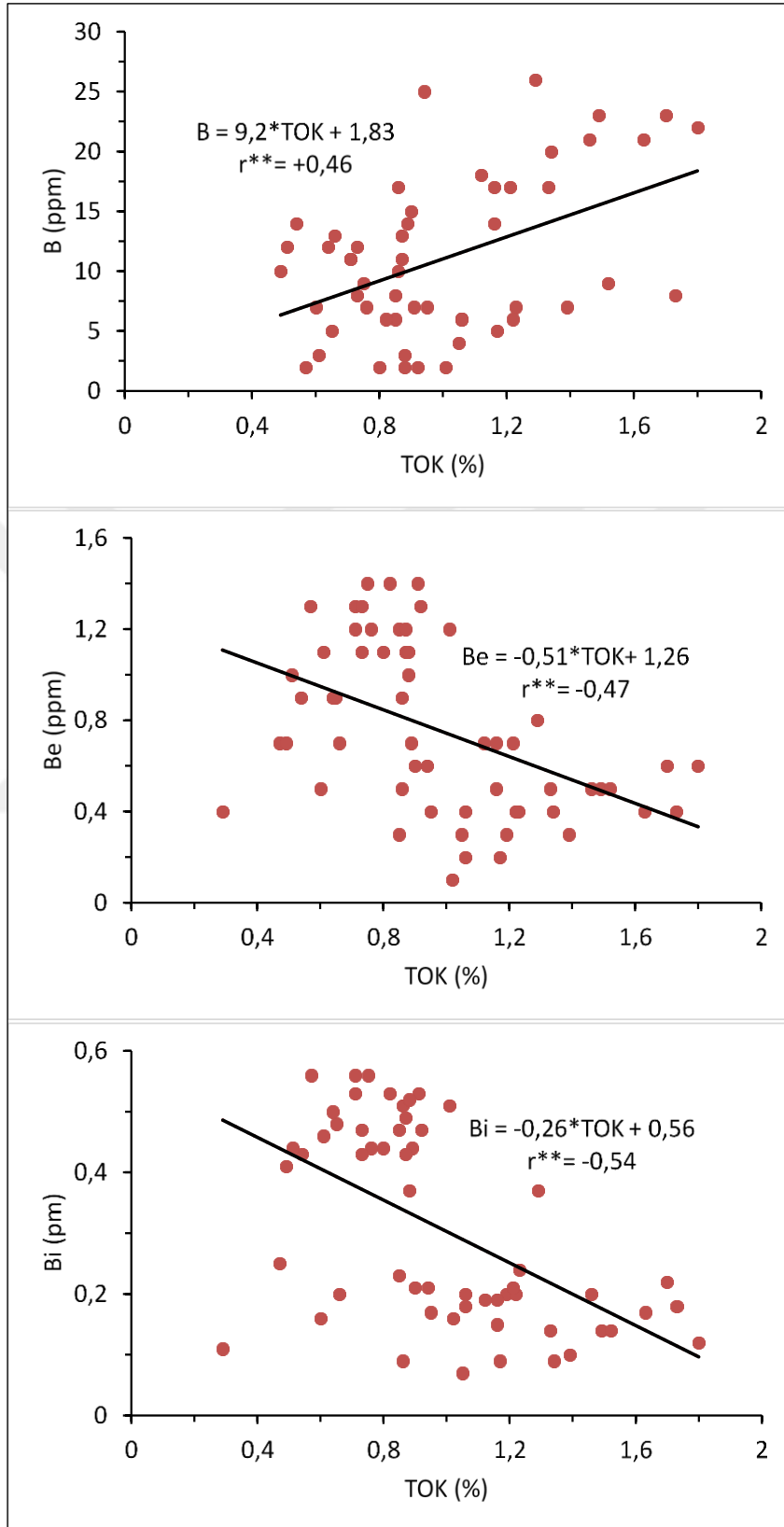
Dağılım grafiklerinde Mo, Tl, Cd, Sr ve B elementleri TOK ile pozitif korelasyon göstermesine rağmen, Cluster analizine göre bu elementlerin TOK ile ilişkili olmadığı görülmektedir. Mo siyah şeylerde yüksek zenginleşme gösteren elementlerden biridir (Kara Gülbay ve Korkmaz, 2008). Organik maddece zengin kayalarda görülen Mo zenginleşmesine asidik şartlar altında humik organik madde içerisinde hapsolması sebep olmaktadır (Brumsack, 1989).

Ayrıca Cluster analizinde P elementi TOK ile ilişkili olmasına rağmen, dağılım grafiğinde TOK ile pozitif anlamlı bir korelasyona sahip değildir. Günümüze kadar yapılan araştırmalarda, organik madde miktarı ile bazı elementlerin birikiminin doğru orantılı olduğu görülmüştür. Bu birikimin sebebi (örneğin S ve P elementleri), çökelme ortamının koşulları ve su kolonundaki biyolojik üretkenlikten kaynaklanabilir. Eğer çökelme ortamındaki canlı yoğunluğunun azlığı, çökelme hızının yavaş olması ya da ortamın oksijen seviyesi bu birikimi olumsuz yönde etkilediği düşünülebilir (Wignall, 1994; Algeo vd., 2004).

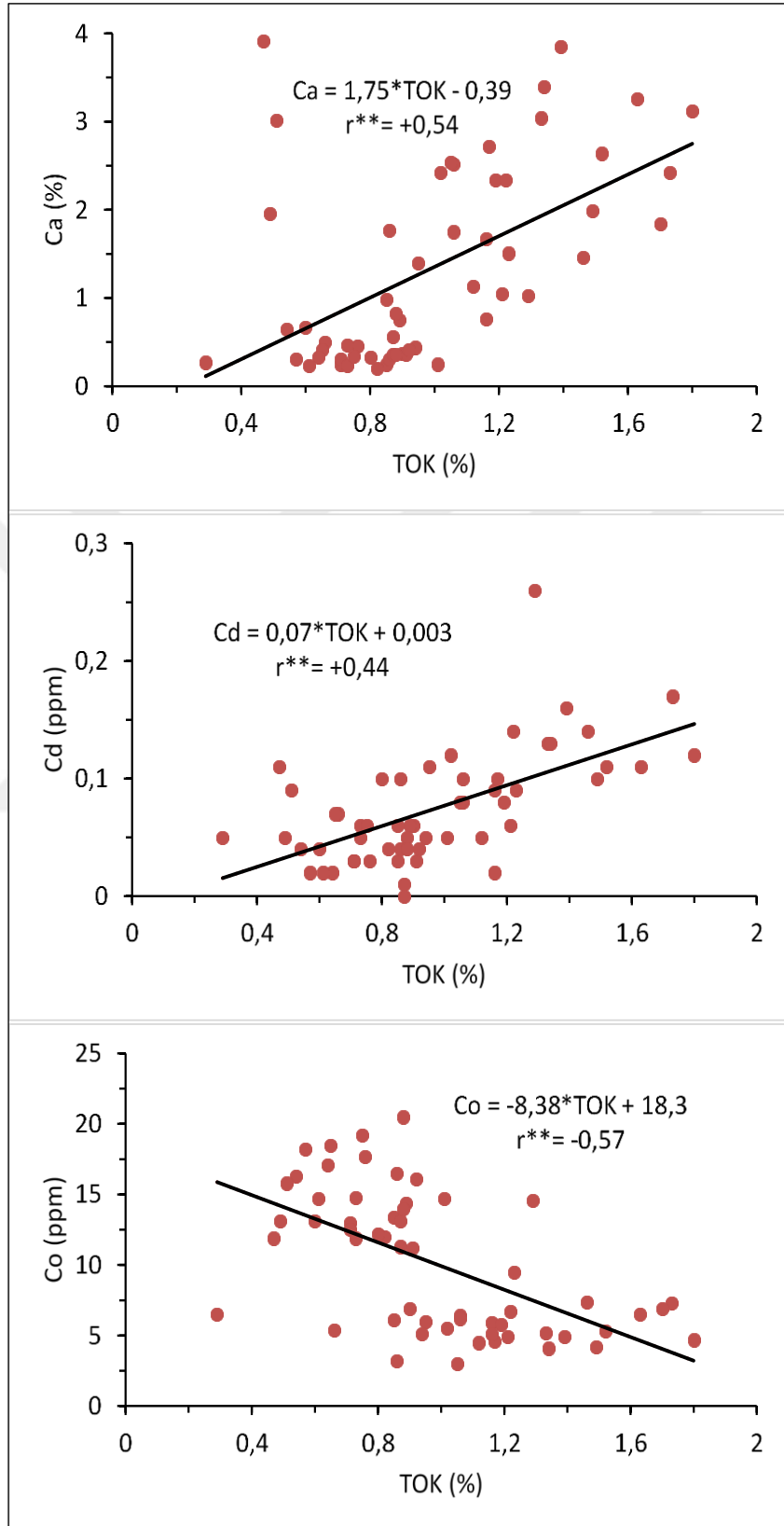


Şekil 23. Çağlayan Formasyonunun TOK-element korelasyon grafikleri (r=Korelasyon katsayısı)

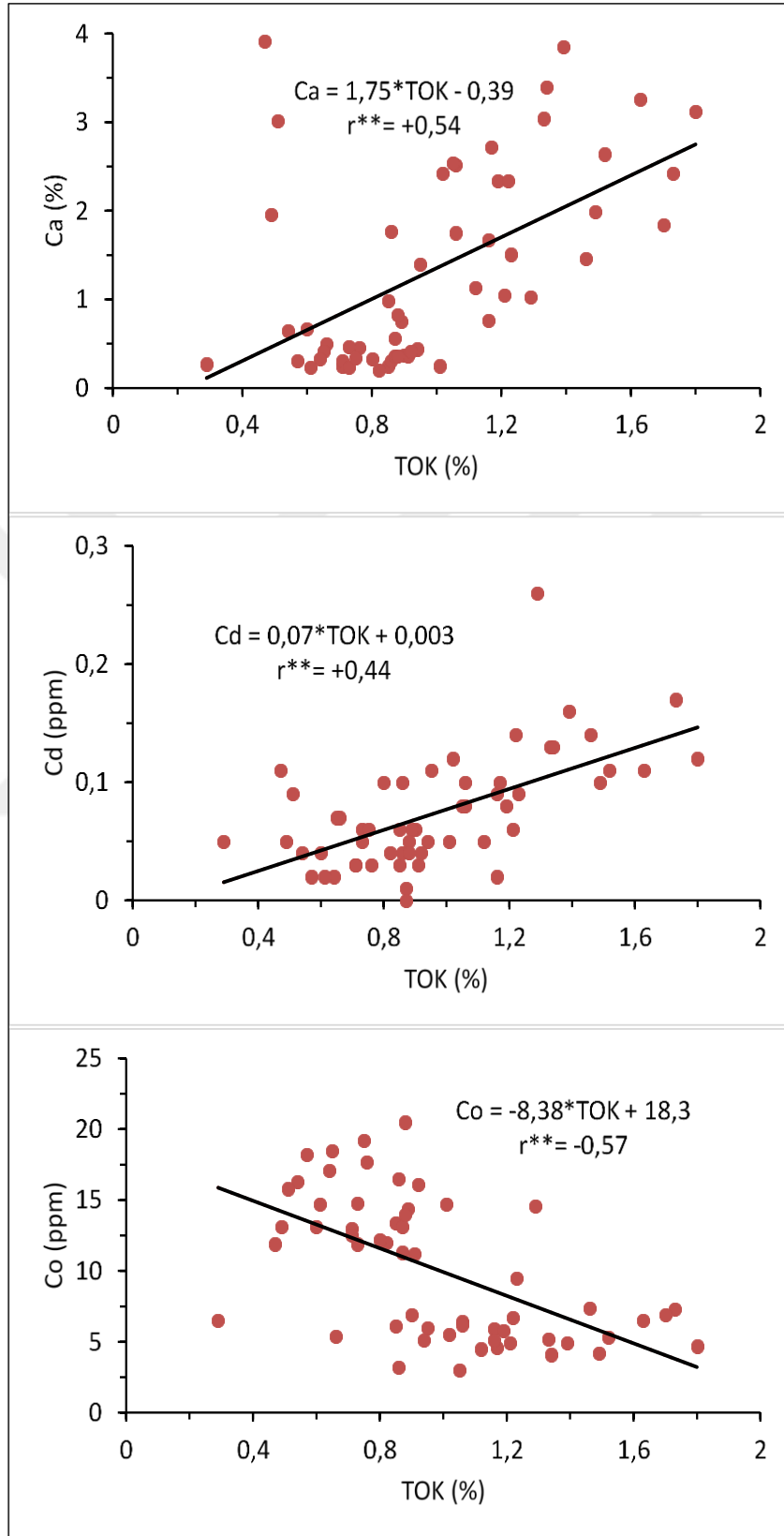
Şekil 23'nin devamı



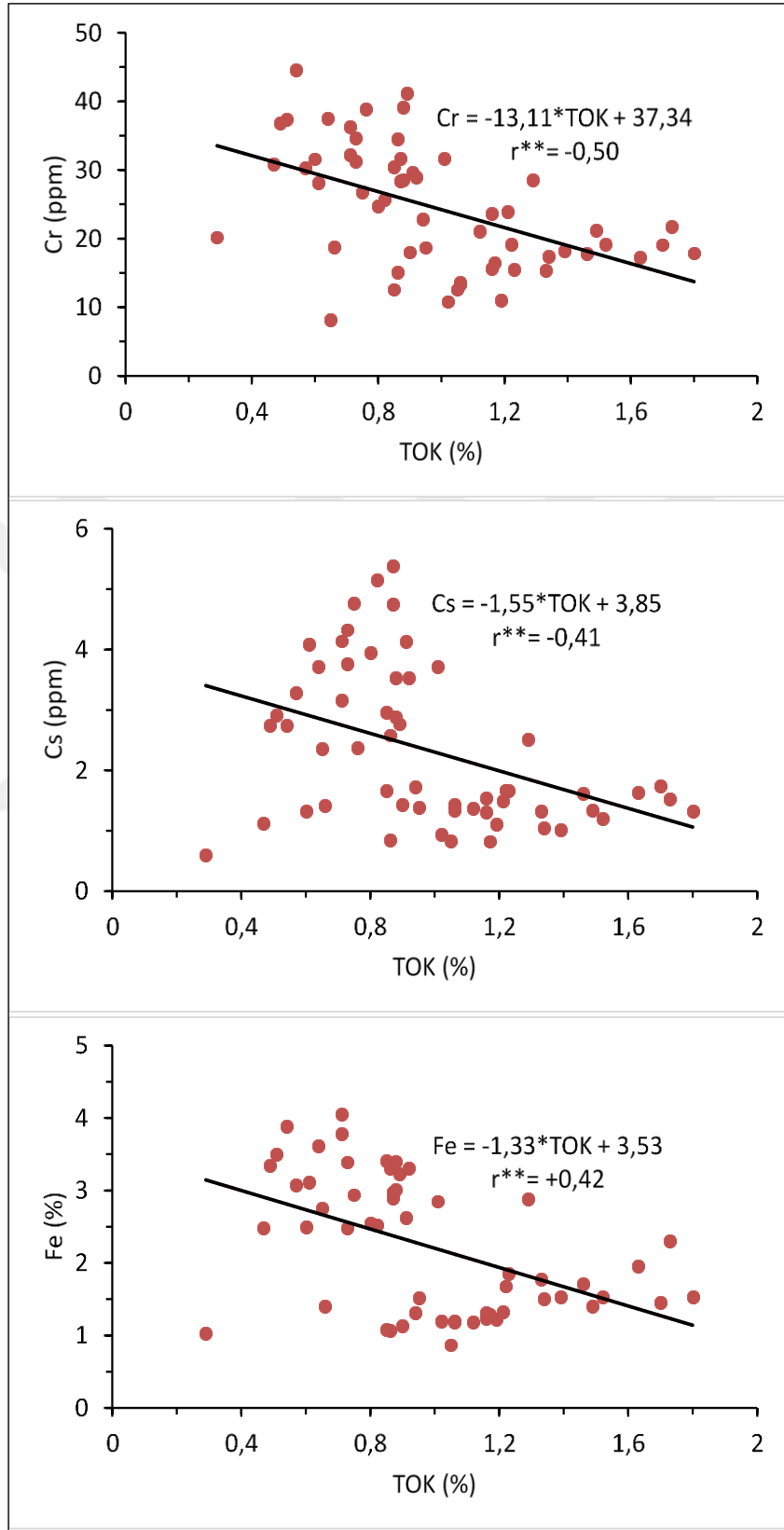
Şekil 23'nin devamı



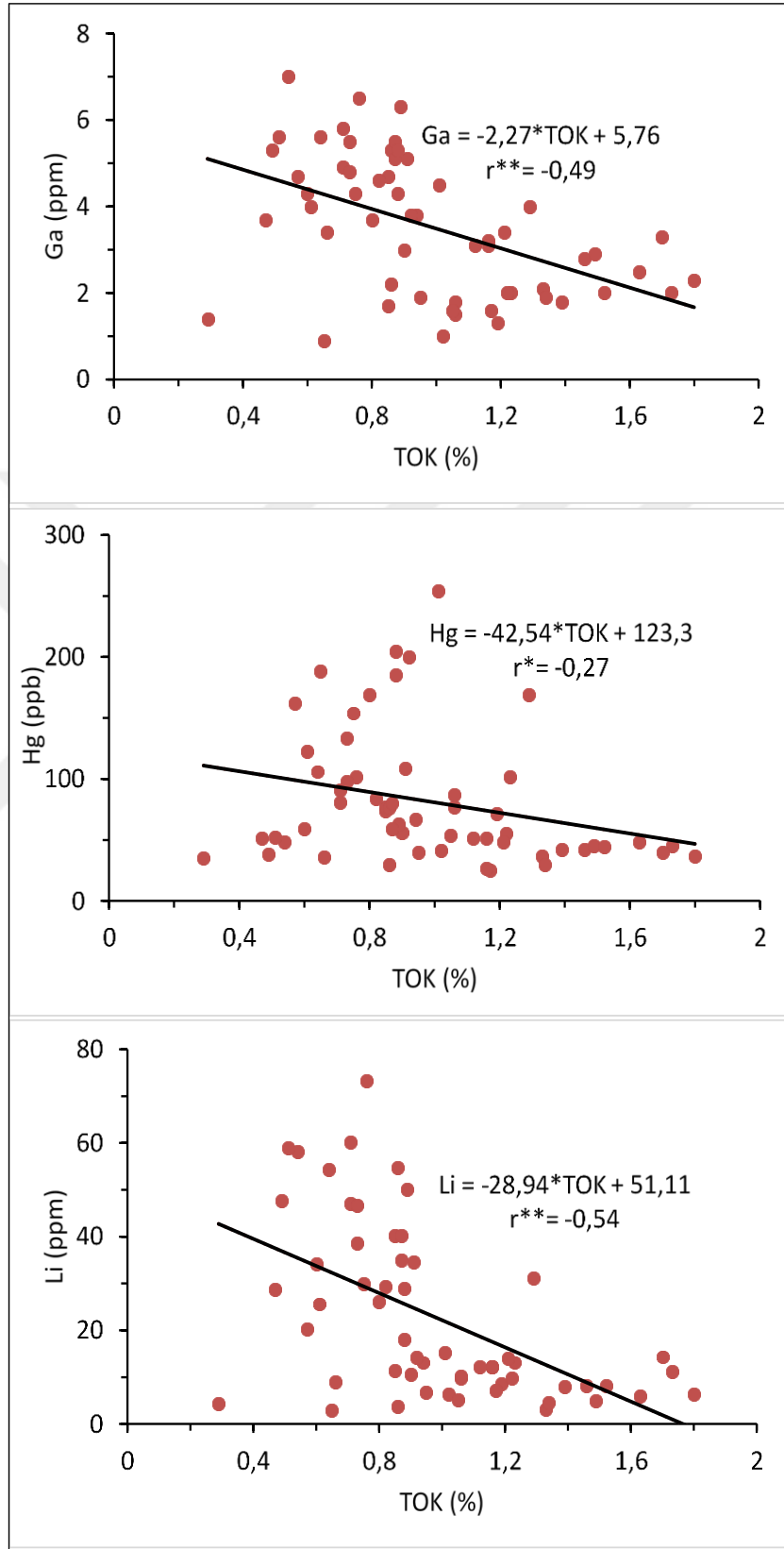
Şekil 23'nin devamı



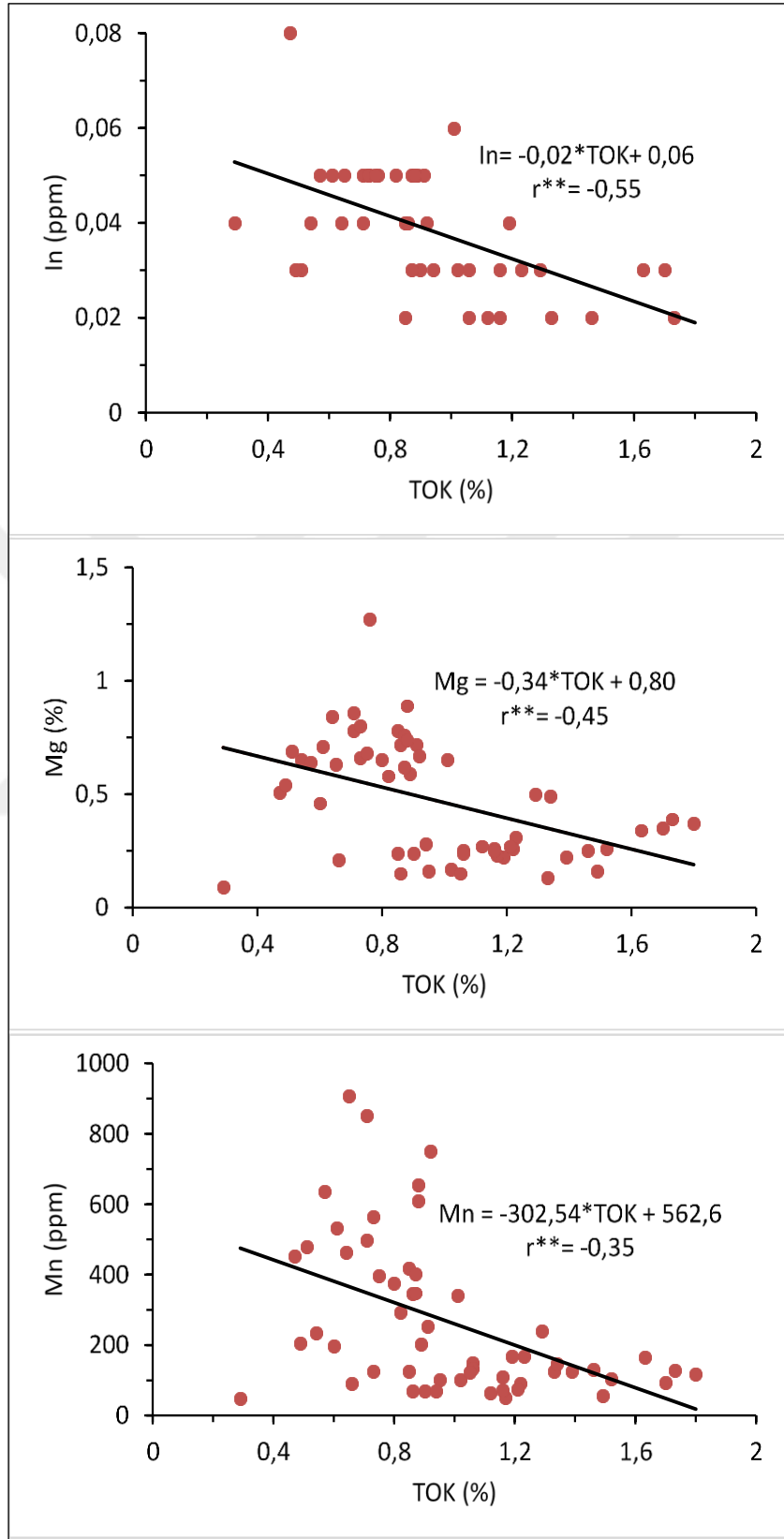
Şekil 23'nin devamı



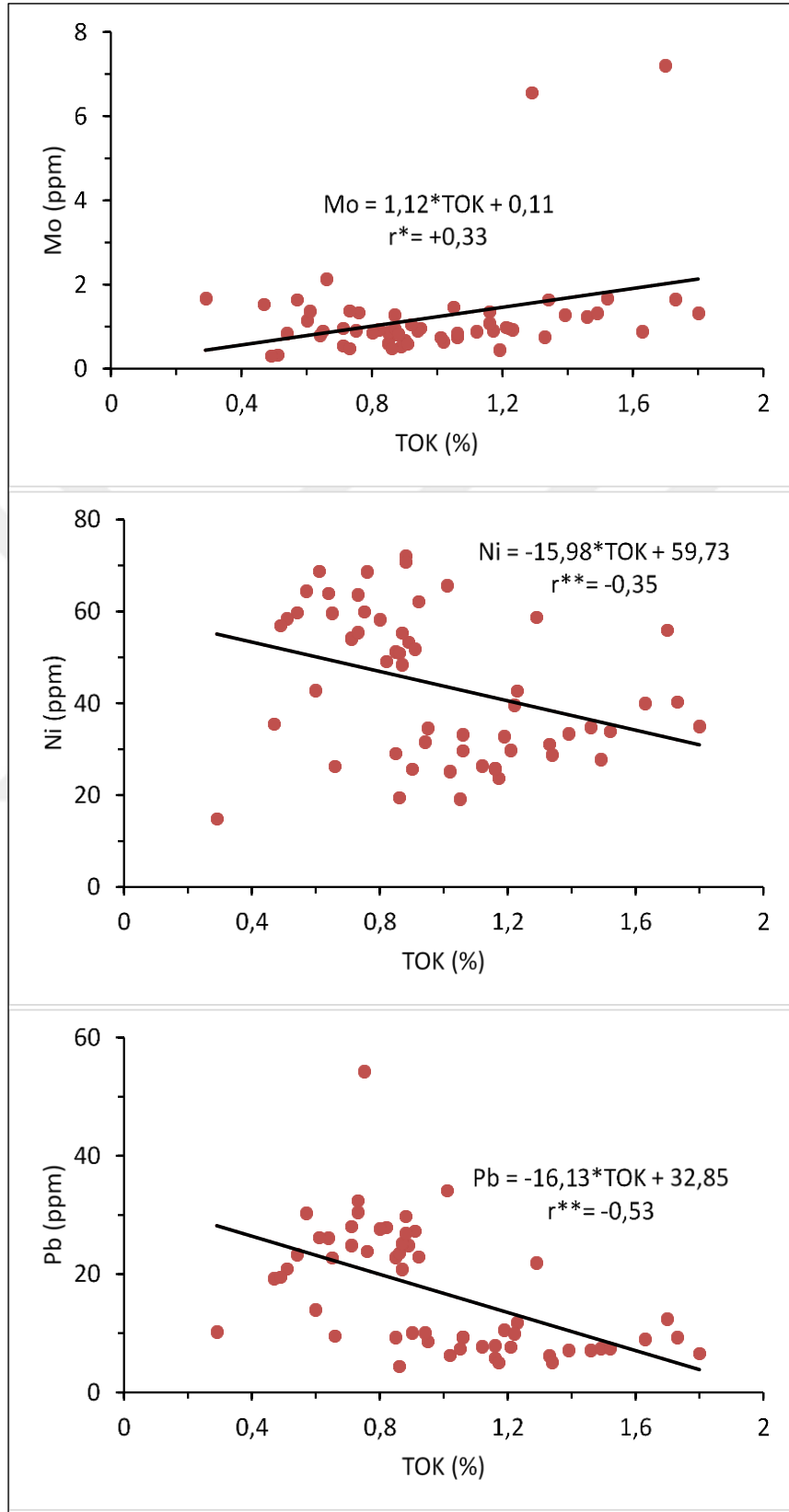
Şekil 23'nin devamı



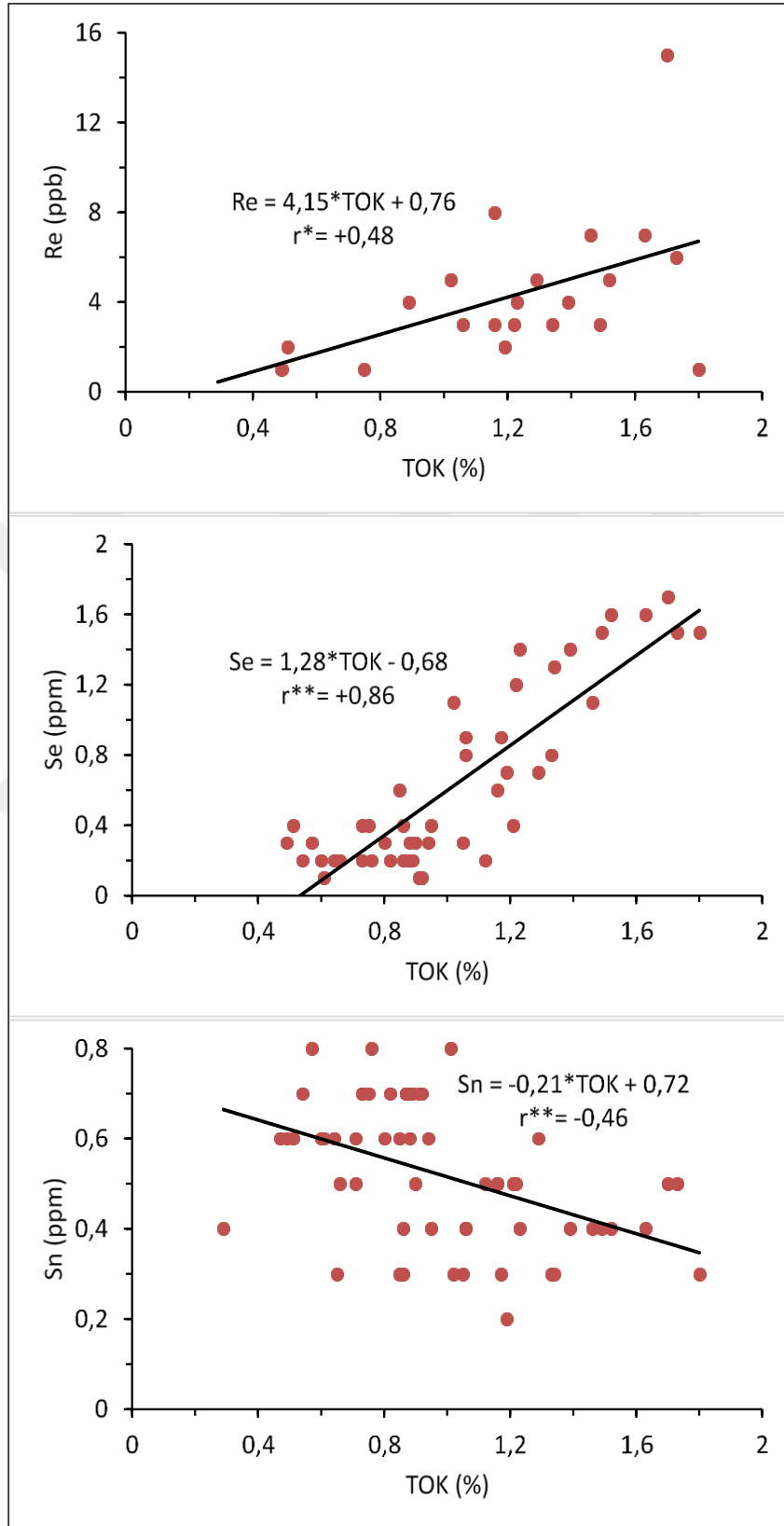
Şekil 23'nin devamı



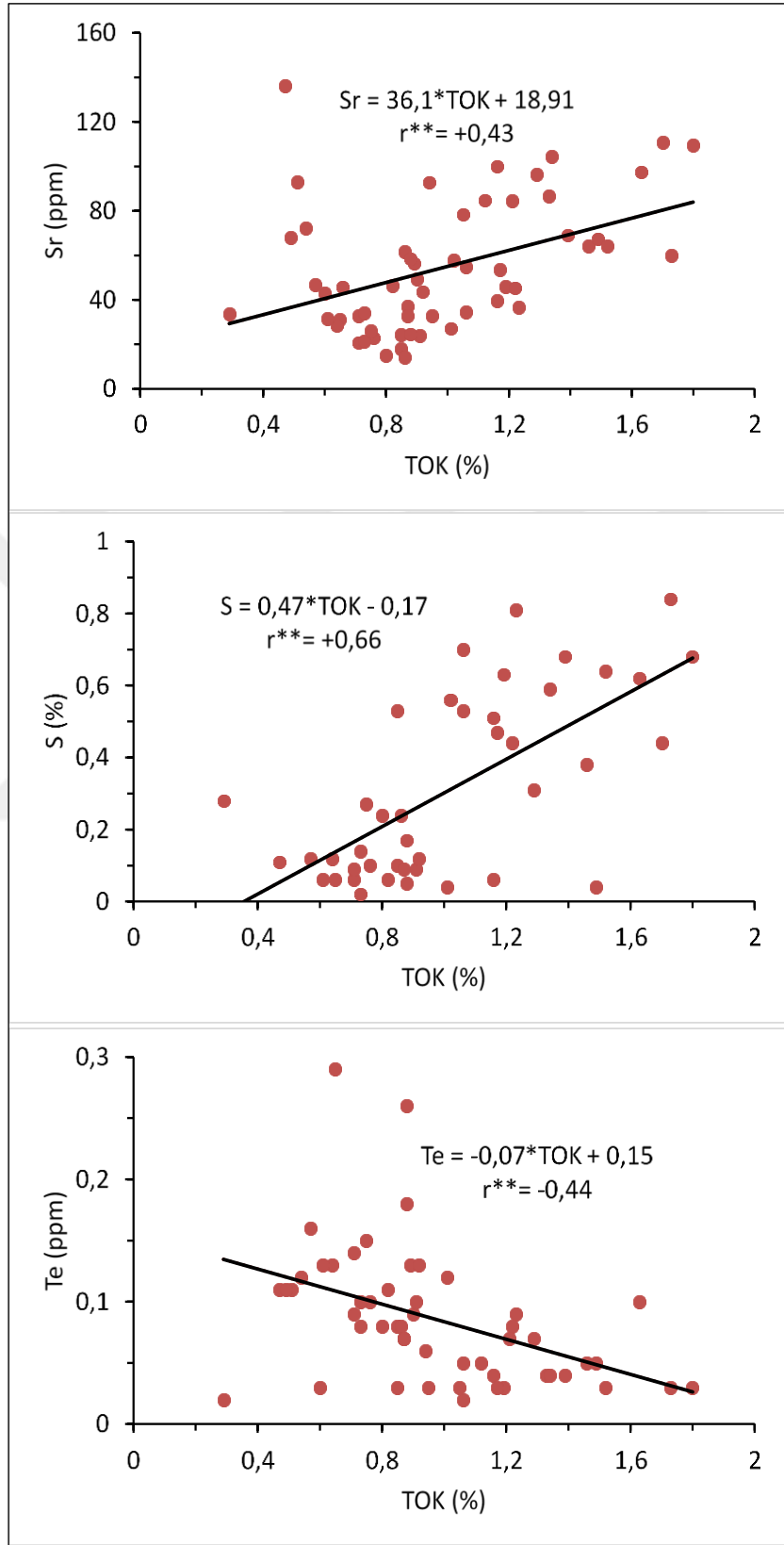
Şekil 23'nin devamı



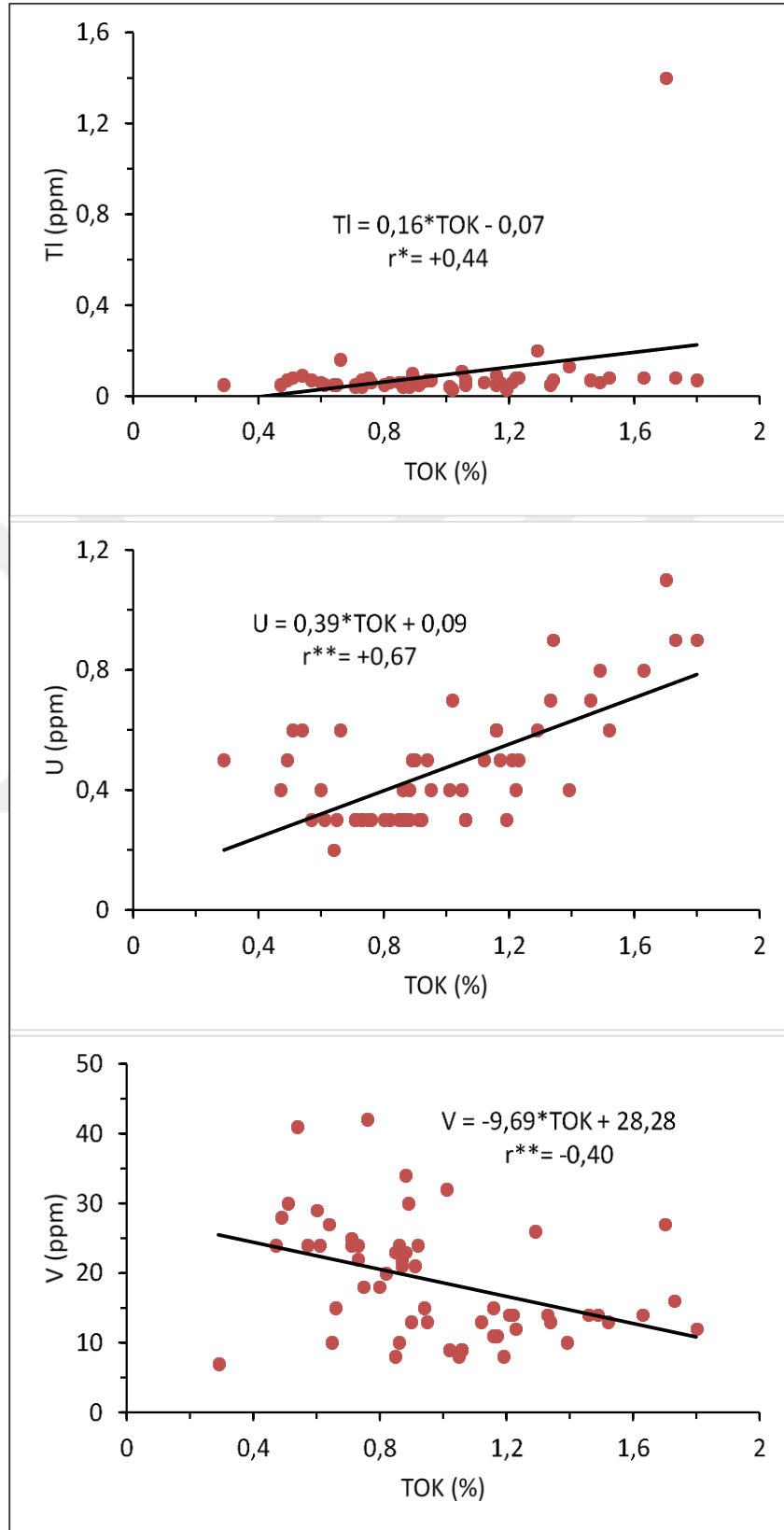
Şekil 23'nin devamı



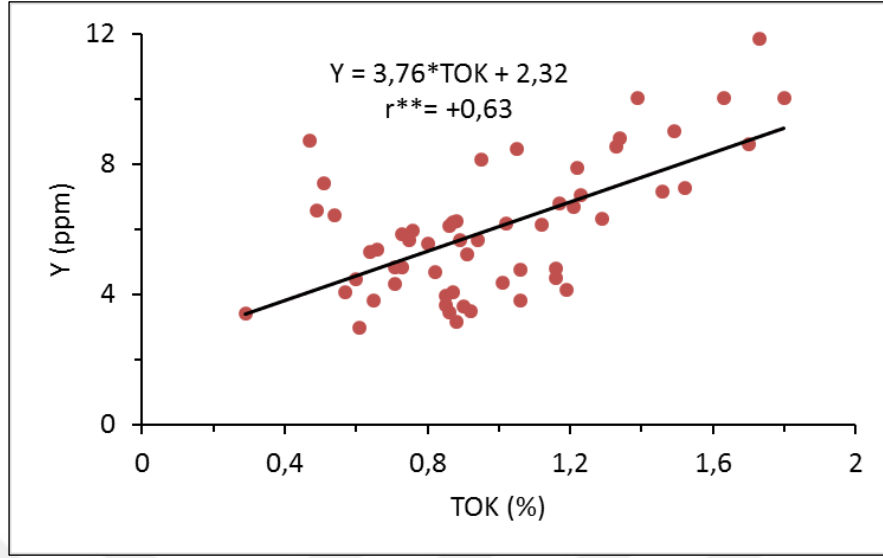
Şekil 23'nin devamı



Şekil 23'nin devamı



Şekil 23'nin devamı



Tablo 7. Çağlayan Formasyona ait elementlerin ana istatistik parametreleri

	Aritmetik Ortalama	Geometrik Ortalama	Ortalama Şeyl	Zenginleşme Faktörü (EF)	Standart sapma	Min.	Mak.	Mod	Medyan	K-S testi
TOK	0.98	0.92			0.34	0.29	1.8	0.71	0.9	0.462
Ag	170.33	126.12	70	18.78	128.13	35	500	64	90	0.002
Al	1.14	1.03	8.8	1	0.51	0.61	0.95	0.42	2.35	0.122
As	10.22	7	13	6.07	11.91	2.2	78.5	3	7	0.002
Au	0.88	0.7	2.5	2.72	0.66	0.2	3.2	0.3	0.7	0.353
B	11	8.87	100	0.85	6.61	7	10	2	26	0.351
Ba	65.9	42.4	580	0.56	151.54	17.1	1169.7	34.3	34.3	0
Be	0.75	0.65	3	1.93	0.37	0.1	1.4	0.4	0.7	0.215
Bi	0.39	0.26	0.43	5.56	0.16	0.07	0.56	0.2	0.23	0.2
Ca	1.32	0.88	1.6	6.37	1.1	0.2	3.91	0.31	0.83	0.042
Cd	0.1	0.07	0.3	1.54	0.16	0.01	1.26	0.05	0.06	0
Ce	15.83	14.76	82	1.49	6.18	7.7	34.3	12.2	14.1	0.248
Co	10.1	8.85	19	4.1	4.99	3	20.5	13.1	9.5	0.024
Cr	24.51	22.84	90	2.1	8.92	8.1	44.6	12.6	23.7	0.311
Cs	2.33	0.01	5	3.6	1.28	0.6	5.38	1.32	1.67	0.007
Cu	48.8	45.94	130	2.9	16.54	16.8	90.72	52.16	48.22	0.993
Fe	2.34	2.08	4.72	3.83	1.24	0.87	8.47	1.53	2.3	0.181
Ga	3.54	3.15	19	1.44	1.6	0.9	7	2	3.4	0.429
Hf	0.06	0.06	5	0.9	0.02	0.03	0.11	0.06	0.06	0.038
Hg	81.65	68.39	180	3.5	53.43	25	254	48	59	0.066
In	0.04	0.04	0.1	0.09	0.01	0.02	0.08	0.05	0.04	0.107
K	0.18	0.18	2.66	0.52	0.04	0.17	0.18	0.11	0.29	0.378
La	7.15	6.51	0.07	788.47	3.11	2.9	13.5	5	6.1	0.077
Li	22.78	16.03	66	2.66	18.48	2.9	73.2	9.8	14.1	0.008
Mg	0.47	0.4	1.5	2.42	0.26	0.9	1.27	0.24	0.46	0.067

Tablo 7'un devamı

	Aritmetik Ortalama	Geometrik Ortalama	Ortalama Şeyl	Zenginleşme Faktörü (EF)	Standart sapma	Min.	Mak.	Mod	Medyan	K-S testi
Mn	304.42	201.67	850	22.76	367.11	47	2502	69	167	0.003
Mo	1.21	1	2.6	0.3	1.16	0.31	7.21	0.96	0.93	0
Na	0.04	0.03	0.59	0.39	0.05	0.01	0.02	0.01	0.21	0
Nb	0.04	0.04	11	0.03	0.01	0.02	0.08	0.04	0.04	0.263
Ni	44.08	41.1	50	6.8	15.77	14.9	72.1	25.9	42.8	0.179
P	0.04	0.04	0.46	0.67	0.02	0.02	0.09	0.02	0.04	0.58
Pb	17.06	14.14	20	6.58	10.36	4.46	54.34	7.5	12.46	0.014
Rb	13.12	12.71	140	0.72	3.59	7.9	25.5	10.7	12.5	0.066
Re	4.38	3.51	0.4	84.53	3.15	1	15	3	4	0.475
S	0.31	0.2	0.24	9.97	0.25	0.02	0.84	0.06	0.24	0.063
Sb	0.25	0.22	1.5	1.29	0.16	0.09	0.91	0.18	0.2	0.005
Sc	3.92	3.69	13	2.33	1.33	0.8	7.4	3	3.5	0.259
Se	0.63	0.45	0.6	8.1	0.51	0.1	1.7	0.2	0.4	0.004
Sn	0.52	0.49	3	1.34	0.16	0.2	0.08	0.6	0.5	0.137
Sr	54.26	47.05	170	2.46	28.81	14.2	136.3	32.8	46.3	0.304
Te	0.09	0.07	0.07	8.82	0.06	0.02	0.29	0.03	0.08	0.438
Th	5.25	5.12	12	3.38	1.3	2.7	9.9	5.1	5.1	0.029
Ti	0.001	0.001	0.46	0.02	0.01	0	0.001	0	0.01	0
Tl	0.09	0.07	0.7	0.77	0.18	0.03	1.4	0.05	0.06	0
U	0.47	0.43	2.7	1.32	0.2	0.2	1.1	0.3	0.4	0.018
V	18.79	17.03	130	1.12	8.39	7	42	24	16	0.088
Y	6	5.68	26	1.78	2.04	2.96	11.84	5.67	5.67	0.607
Zn	82.69	79.78	95	6.72	22.09	36.5	143	36.5	81.1	0.941
Zr	2.46	2.4	160	0.12	0.52	1.2	3.9	2	2.5	0.64

6. TARTIŞMA

Ekinveren, Bürnük, Yeni yol bölgesinden alınan ağlayan Formasyonuna ait siyah Şeyl örneklerin toplam organik karbon (TOK) değerleri sırasıyla % 0.29-1.8, 0.85-1.73, 0.54-1.21 arasında değişmekte olup, ortalama değerler ise sırasıyla % 1.2, 1.19, 0.89 olarak tespit edilmiştir. Örneklerin ortalama TOK değerleri dikkate alındığında, Ekinveren ve Bürnük bölgesinde yer alan Şeylerin ise iyi derecede kaynak kaya özelliği taşıdığı, Yeni yol bölgesinde yer alan Şeylerin orta derecede kaynak kaya özelliği gösterdiği saptanmıştır.

Ekinveren, Bürnük, Yeni yol bölgesinden alınan ağlayan Formasyonuna ait siyah Şeyl rneklerin TOK miktarı, çökelme ortamda bulunan canlı miktarına, çökelme ortamının tortulaşma hızına ve ortamın anoksik ve asidik oluşuna bağlıdır. Yeni yol bölgesinden alınan siyah Şeyl rneklerinin TOK miktarının Ekinveren ve Bürnük bölgelerine nazaran az olmasının sebebi çökelme ortamındaki biyolojik üretkenliğin düşük olması ya da çökel ortamının oksik olması olabilir.

Ekinveren, Bürnük ve Yeni yol sahalarına ait siyah Şeyl örneklerin ortalama HI değerleri sırasıyla 117, 188 ve 56 mg HC/gTOK ve ortalama OI değerleri ise 82, 29 ve 88 mg CO₂/gTOK olarak belirlenmiştir. Piroliz analizi sonucunda elde edilen Hidrojen İndeksi (HI) değerleri Ekinveren, Bürnük ve Yeni yol sahalarına ait siyah Şeyl rnekleri için 11-291 mg HC/gTOK arasında hesaplanmıştır. HI-OI diyagramında Bürnük sahasına ait örneklerin Tip II, Ekinveren ve Yeni yol sahasına ait örneklerin ise Tip II ve Tip III kerojen içerdikleri tespit edilmiştir.

Piroliz analizi sonuçları kullanılarak oluşturulan S₂-TOK diyagramında Ekinveren ve Bürnük siyah Őeyleri Tip II-III, Yeni yol siyah Őeyleri ise Tip II ve baskın olarak Tip III alanında yer almakta olup, orta-iyi kaynak kaya özelliği göstermektedir. Ekinveren, Bürnük ve Yeni yol sahalarına yer alan örneklerin HI-T_{max} diyagramına yerleştirildiğinde Ekinveren siyah Şeylerin Tip II-III, Bürnük siyah Őeylerinin baskın olarak Tip II ve az oranda Tip III, Yeni yol siyah Őeylerinin ise Tip II ve baskın olarak Tip III alanında yer aldığı görülmektedir.

Kerojen tiplerine ve P değerlerine bakıldığında Ekinveren, Bürnük ve Yeni yol bölgesinde yer alan siyah Şeyler petrol ve gaz türetme potansiyeline sahip olduğu grlmştir.

Ekinveren, Bürnük ve Yeni yol bölgesinden alınan siyah şeyl örnekleri için ortalama T_{max} değerleri sırasıyla 436, 434 ve 438°C olarak hesaplanmıştır ve bu değer Çağlayan Formasyonuna ait siyah şeylerin erken olgun-olgun kaynak kaya olduğunu işaret etmektedir.

Ekinveren, Bürnük ve Yeni yol bölgesinden alınan örneklerin ortalama PÜ değerleri sırasıyla 1.79, 2.44, 0.69 mgHC/g olup bu değerler Ekinveren ve Yeni yol örneklerinin hidrokarbon türetme potansiyelinin zayıf olduğu ve gaz türetebileceği, Bürnük örneklerinin orta derecede hidrokarbon potansiyeline sahip olduğu ve gaz/petrol türetebileceği tespit edilmiştir.

Erken Kratese yaşlı Çağlayan Formasyonuna ait Ekinveren, Bürnük ve Yeni yol bölgelerinden alınan siyah şeyl örnekleri üzerinde uygulanan piroliz analiz sonuçları birbütün halinde değerlendirildiğinde, örneklerin Tip II ve III kerojen içerdikleri, erken olgun-olgun kaynak kaya oldukları ve gaz/petrol türetme potansiyeline sahip hidrokarbon içerdikleri görülmüştür.

Çağlayan Formasyonuna ait siyah şeyller; erken olgun-olgun özellikleri ve HI (Tip II/III) değerlerine göre bölgede petrol ve doğal gaz türetmiş olup, halen bir miktar petrol/gaz potansiyeline sahiptirler.

Ag, As, Au, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Ga, Hg, Li, Ni, Pb, Re, Sb, Se, Sn, Sr, Te, Th, U, V ve Zn iz elementlerinde Al ile normalleştirilmiş analiz sonuçlarına göre zenginleşmeler görülürken, B, Ba, Hf, In, Mo, Nb, Rb, ve Zr iz elementlerinde ise tüketilmeler tespit edilmiştir. Ce, La, Sc ve Y nadir toprak elementlerinde Al ile normalleştirilmiş analiz sonuçlarına göre zenginleşmeler tespit edilmiştir.

Çağlayan Formasyonuna ait Al, Fe, K, Mg, Mn, Na, P ve Ti ana element konsantrasyonlarının ortalama şeyllerden önemli ölçüde düşük olduğu, Ca ve S ana element konsantrasyonlarının ise ortalama şeylerle aynı olduğu görülmüştür. Ag ve Re iz element konsantrasyonlarının ortalama şeylerden yüksek, Au, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Ga, Hf, Hg, Ln, Li, Mo, Nb, Rb, Sb, Sn, Sr, Th, U, V ve Zr iz element konsantrasyonlarının ortalama şeylerden düşük, As, Ni, Pb, Se, Te ve Zn iz element konsantrasyonlarının ise ortalama şeylerle benzer olduğu görülmüştür. Ce, Sc ve Y nadir toprak element konsantrasyonlarının ise ortalama şeylere göre yüksek, La konsantrasyonunun düşük olduğu tespit edilmiştir.

Toplam organik madde-element ilişkisi belirlemede Cluster Analizi kullanılarak elementlerin TOK ile gruplanması yapılmış ve sonuç değerlendirilmeye alınmıştır. Cluster

analizi verilerine bakılarak TOK-element ilişkisi iki gruba ayrılarak yorumlanmıştır. Grup 1'e bakıldığında TOK miktarı ile Mo, Sb, As, V, Li, Co, Bi, Ti, Hg, Tl, Pb, Sc, Ni, Hf, Mn, Na, Be, Ga, Zn, Cr, Sn, Cd, Al, Fe, Mg, Th, Zr, Sr, Ln, Te, Ba, Nb, B, K, Rb, Au, Cu elementlerinin zayıf ilişkili, Grup 2'ye bakıldığında ise özellikle U, S, Y ve P elementleriyle çok yakın ilişkili; Ca, Se, Sc, La, Ce, Ag ve Re elementleriyle ise güçlü ilişkili olduğu görülmektedir.

Dağılım grafikleri ile Cluster analiz sonucu birlikte değerlendirildiğinde U, S, Y, Ca, Se elementlerinin TOK ile çok güçlü, Ag ve Re elementlerinin ise TOK ile güçlü ilişkili olduğu görülmüştür.

Dağılım grafiklerinde Mo, Tl, Cd, Sr ve B elementleri TOK ile pozitif korelasyon göstermesine rağmen, Cluster analizine göre bu elementlerin TOK ile ilişkili olmadığı görülmektedir. Mo siyah şeyllerde yüksek zenginleşme gösteren elementlerden biridir (Kara Gülbay ve Korkmaz, 2008). Organik maddece zengin kayalarda görülen Mo zenginleşmesine asidik şartlar altında humik organik madde içerisinde hapsolması sebep olmaktadır (Brumsack, 1989).

Ayrıca Cluster analizinde P elementi TOK ile ilişkili olmasına rağmen, dağılım grafiğinde TOK ile pozitif anlamlı bir korelasyona sahip değildir. Günümüze kadar yapılan araştırmalarda, organik madde miktarı ile bazı elementlerin birikiminin doğru orantılı olduğu görülmüştür. Bu birikimin sebebi (örneğin S ve P elementleri), çökelme ortamının koşulları ve su kolonundaki biyolojik üretkenlikten kaynaklanabilir. Eğer çökelme ortamındaki canlı yoğunluğunun azlığı, çökelme hızının yavaş olması ya da ortamın oksijen seviyesi bu birikimi olumsuz yönde etkilediği düşünülebilir (Wignall, 1994; Algeo vd., 2004).

7. SONUÇLAR

Boyabat (Sinop) havzasında yer alan Çağlayan Formasyonundan dört ayrı lokasyonda ölçülü stratigrafik kesitler alınmış, ayrıntılı olarak litolojik tanımlamaları yapılmış ve kalınlıkları belirlenmiştir. Ölçülen kesitlerden jeokimyasal analizler yapmak için formasyonun içinde yer alan siyah şeyllerden Ekinveren bölgesinden 10 adet, Bürnük bölgesinden 18 adet, Çulhalı köyü Yeniyol mevki yanında 17 adet, Çukurhan bölgesinden 21 adet olmak üzere sistematik örnekler alınmıştır.

Araziden alınan örnekler, Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Örnek Hazırlama Laboratuvarında TOK-Piroliz ve ICP-MS analizleri için halkalı öğütücü kullanılarak hazırlanmıştır. Öğütülmüş örneklerden TOK-Piroliz ve ICP-MS analizleri için her örnekten 2 adet olmak üzere hassas terazi yardımıyla 15'er gram numuneler hazırlanmıştır.

Havza içindeki farklı noktalardan alınan siyah şeyl örneklerinin organik madde miktarının, organik madde tipinin ve organik madde olgunluğunun değerlendirilmesi için Piroliz (Rock-Eval) analizleri yapılmıştır. Bu analizler Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) Organik Jeokimya Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir.

Ekinveren, Bürnük, Yeniyol bölgesinden alınan Çağlayan Formasyonuna ait siyah şeyl örneklerin toplam organik karbon (TOK) değerleri sırasıyla % 0.29-1.8, 0.85-1.73, 0.54-1.21 arasında değişmekte olup, ortalama değerler ise sırasıyla % 1.2, 1.19, 0.89 olarak tespit edilmiştir. Örneklerin ortalama TOK değerleri dikkate alındığında Yeniyol bölgesinde yer alan şeyllerin orta derecede kaynak kaya özelliği gösterdiği, Ekinveren ve Bürnük bölgesinde yer alan şeyllerin ise iyi derecede kaynak kaya özelliği taşıdığı saptanmıştır.

Ekinveren, Bürnük ve Yeniyol sahalarına ait siyah şeyl örneklerin ortalama Hİ değerleri sırasıyla 117, 188 ve 56 mg HC/gTOK ve ortalama Oİ değerleri ise 82, 29 ve 88 mg CO₂/gTOK olarak belirlenmiştir. Piroliz analizi sonucunda elde edilen Hidrojen İndeksi (Hİ) değerleri Ekinveren, Bürnük ve Yeniyol sahalarına ait siyah şeyl örnekleri için 11-291 mg HC/gTOK arasında hesaplanmıştır. HI bakıldığında siyah şeyllerin gaz türetme potansiyelinin yüksek, petrol türetme potansiyelinin ise düşük olarak kaydedilmiştir. Oksijen İndeksi (Oİ) değerleri ise 11-129 mg HC/gTOK arasında olup olgun-gaz türetme potansiyeli düşük olarak kaydedilmiştir. Hİ-Oİ diyagramına

bakıldığında Bürnük sahasına ait örneklerin Tip II, Ekinveren ve Yeniyol sahasına ait örneklerin ise Tip II ve Tip III kerojen içerdikleri tespit edilmiştir.

Piroliz analizi sonuçları kullanılarak oluşturulan S₂-TOK diyagramında Ekinveren ve Bürnük siyah şeylleri Tip II-III, Yeniyol siyah şeylleri ise Tip II ve baskın olarak Tip III alanında yer almakta olup, orta-iyi kaynak kaya özelliği göstermektedir. Ekinveren, Bürnük ve Yeniyol sahalarına yer alan örneklerin H_I-T_{max} diyagramına yerleştirildiğinde Ekinveren siyah şeyllerin Tip II-III, Bürnük siyah şeyllерinin baskın olarak Tip II ve az oranda Tip III, Yeniyol siyah şeyllерinin ise Tip II ve baskın olarak Tip III alanında yer aldığı görülmektedir. Bu özelliklere göre Ekinveren, Bürnük ve Yeniyol bölgesinde yer alan siyah şeyler petrol ve gaz türetme potansiyeline sahip olduğu görülmüştür.

Ekinveren, Bürnük ve Yeniyol bölgesinden alınan siyah şeyl örnekleri için ortalama T_{max} değerleri sırasıyla 436, 434 ve 438°C olarak hesaplanmıştır ve bu değer Çağlayan Formasyonuna ait siyah şeylerin erken olgun-olgun kaynak kaya olduğunu işaret etmektedir.

Ekinveren, Bürnük ve Yeniyol bölgesinden alınan örneklerin ortalama PÜ değerleri sırasıyla 1.79, 2.44, 0.69 mgHC/g olup bu değerler Ekinveren ve Yeniyol örneklerinin hidrokarbon türetme potansiyelin zayıf olduğu ve gaz türetebileceği, Bürnük örneklerinin orta derecede hidrokarbon potansiyeline sahip olduğu ve gaz/petrol türetebileceği tespit edilmiştir.

Araziden alınan örnekler halkalı öğütücüde öğütüldükten sonra ACME Laboratuvarlarına (Kanada) gönderilmiş ve ICP-MS analizi yapılarak örneklerin ana, iz ve nadir toprak element miktarlarının belirlenmiştir.

Çağlayan Formasyonuna ait siyah şeyl örneklerinde öncelikle elementlerin ana istatistik parametreleri hesaplanmıştır. EF hesaplanırken elementlerin aritmetik ortalaması ya da geometrik ortalamasının kullanılmasına karar verebilmek için elementlere Kolmogov-Simirrov (K-S) testi uygulanmıştır. K-S>0.05 olan örneklerde EF hesaplamasında aritmetik ortalamalar kullanılmıştır, K-S<0.05 olan örneklerde ise EF hesaplamasında geometrik ortalama kullanılmıştır.

Çağlayan Formasyonuna ait organik maddece zengin siyah şeyl örneklerindeki Ca, Fe, Mg, Mn ve S elementlerinde Al ile normalleştirilmiş analiz sonuçlarına göre zenginleşmeler tespit edilmiştir.

Ag, As, Au, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Ga, Hg, La, Li, Ni, Pb, Re, Sc, Sb, Se, Sn, Sr, Te, Th, U, V, Y ve Zn iz ve nadir toprak elementlerinde Al ile normalleştirilmiş analiz sonuçlarına göre zenginleşmeler tespit edilmiştir.

Çağlayan Formasyonuna ait Al, Fe, K, Mg, Mn, Na, P ve Ti ana element konsantrasyonlarının ortalama şeyllerden önemli ölçüde düşük olduğu, Ca ve S ana element konsantrasyonlarının ise ortalama şeylerle aynı olduğu görülmüştür. Ag, Ce, Re, Sc ve Y iz ve nadir toprak element konsantrasyonlarının ortalama şeylerden yüksek, As, Ni, Pb, Se, Te ve Zn iz element konsantrasyonlarının ise ortalama şeylerle benzer olduğu görülmüştür.

Toplam organik madde-element ilişkisi belirlemede Cluster Analizi kullanılarak elementlerin TOK ile gruplanması yapılmış ve sonuç değerlendirilmeye alınmıştır. Cluster analizi verilerine bakılarak TOK-element ilişkisi iki gruba ayrılarak yorumlanmıştır. U, S, Y ve P elementleriyle TOK'un çok yakın ilişkili; Ca, Se, Sc, La, Ce, Ag ve Re elementleriyle ise güçlü ilişkili olduğu görülmektedir.

Dağılım grafiklerine bakıldığında Ag, B, Ca, Cd, Mo, Ni, Re, Se, Sr, S, Tl, U, V ve Y elementleri $p \leq 0,01$ ve $p \leq 0,05$ anlamlılık düzeyinde anlamlı pozitif bir korelasyon göstermektedir.

Dağılım grafikleri ile Cluster analiz sonucu birlikte değerlendirildiğinde U, S, Y, Ca, Se elementlerinin TOK ile çok güçlü, Ag ve Re elementlerinin ise TOK ile güçlü ilişkili olduğu görülmüştür.

8. KAYNAKLAR

- Akarsu, İ. ve Aydın, M., 1977. Durağan, Boyabat, Taşköprü ve Çatalzeytin dolaylarının jeoloji raporu, T.P.A.O. Arşivi, Rapor no: 1183.
- Algeo, T. J. and Maynard, J. B., 2004. Trace element behavior and redox facies in core shale of Upper Pennsylvanian Kansas-type cyclothem. *Chemical Geology* 206, 289-318.
- Asan, Ç. A., 2010. Hamsaros (Sinop) Volkanitlerinin Kökeni, Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Aydın, M., Şahintürk, O., Serdar, H. S., Özcelik, Y., Akarsu, İ., Ungör, A., Çokuğraş, R. ve Kasar, S., 1986. Ballıdağ-Çangaldağı (Kastamonu) arasındaki bölgenin jeolojisi, *Türkiye jeol. Kur. Bült.*, 29, 2, 1-16.
- Badgley, P. C., 1959. Stratigraphy and petroleum possibilities of Sinop region, Tidewater Oil Co, Petrol İşleri Gen. Müd. Arşivi (Yayımlanmamış).
- Barka, A, Sütçü, Y. F., Tekin, F., Gedik, İ., Karabıyıkoglu, M., Saraç, G, Önal, Ö., Arel, E. ve Özdemir M., 1983. Sinop Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi. *Türkiye Jeoloji Kurultayı 1983 Bülteni*, 55s.
- Blumental, M., 1940. Gökırmak ile Karadeniz arasındaki Pontid silsilesinin jeolojisi hakkında rapor, Rapor no: 1067, MTA, Ankara.
- Brumsack, H. J., 1986. The organic geochemistry of Cretaceous Black Shales (DSPDP leg 41) in comparison to modern upwelling sediments from the Gulf of California. In *North Atlantic Paleoceanography*, (Shackleton, N. J., Summerhayes, C. P., Eds.), Geological Society of London Special Publication, , London, U.K., 21, 447-462.
- Brumsack, H. J., 2006. *Geol. Rundsch*, 78, 851-882.
- Brumsack, H. J., 2006. The trace metal content of recent organic carbon-rich sediments: Implications for Cretaceous black shale formation, *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 232, 344-361.
- Calvert, S. E., Mukherjee, S. ve Morris, R. J., 1985. *Oceanol. Acta*, 8, 167-173.
- Coledner, D., Edmond, J. ve Boyle, E., 1995. *EPSL*, 131, 1-15.
- Coleman, L., Bragg; L. J. ve Finkelman, R. B., 1993. *Environ. Geochem. Health*, 15, 215-227.
- Crusius, J., Calvert, S., Pederse, T. ve Sage, D., 1996. *EPSL*, 145, 65-78.

- Çelik, S., 2013. Usta Burnu (Ayancık) Civarının Jeolojisi ve Karadeniz Bindirme Kuşağı ile İlişkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dembicki, H., 2009. Three common source rock evaluation errors made by geologists during prospect or play appraisals, American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 93, 341-356.
- Durand, B., Espitalig, J. ve Nिकासе, G., 1972. Etüde de la. matiere organixue insoluble des argiles de Toarcien du Bassin de Paris, Rev. Ins. Fr. Petrole, 276, 865-884.
- Eren, R. H., 1979. Kastamonu, Taşköprü bölgesi, metamorfitlerinin jeolojik ve petrografik etüdü, 34. T.J.K. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özetleri, 42-43, Ankara.
- Ericson, D. B., 1938. Boyabat hakkında rapor, Rapor no.817, MTA, Ankara.
- Eroğlu, T., 2013. Boyabat (Sinop) Yöresinde Yüzeylenen Geç Jura – Erken Kretase Yaşlı İnalıtı Formasyonunun Mikrofasiyes Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Espitalie, J., Madec, M. ve Tissot, B., 1977. Source Rock Characterization, 9th Offshore Technology Conference, 439-444.
- Eyüp, C., 1930. Şimal ve Şark vilayetlerinde petrol imalatı üzerine rapor, Rapor no: 201, 29 s.
- Fatimah, Ward, C. R. ve Int. J., 2008. Coal Geol.
- Fuchs, B., 1938. Beitrag zur Kenntnis der Kreide von Ekinveran bei Sinop, Deut. Geol. Ges. 90, 4, 213-220.
- Gayle, R. B., 1959. Geology of the Sinop Region, Tidevater Oil Co., Petrol İşleri Gen. Müd. Arşivi (yayımlanmamış şirket raporu).
- Gedik, A., İzbudak., N., Iztan, H., Korkmaz, S. ve Ağrıdağ, D. S., 1981. Sinop havzasının jeolojisi ve petrol olanakları ile ilgili ön sonuçlar, TJK 35, Bil. Tek. Kurul. Bil. Özetleri.
- Gedik, A. ve Korkmaz, S., 1984. Sinop havzasının jeolojisi ve petrol olanakları, Jeoloji Mühendisliği Der., 19, 53-79.
- Gönülden, P., 1959. Boyabat sahası hakkında jeolojik rapor, TPAO raporu (yayımlanmamış).
- Görmüş, N., 2009. Boyabat Yöresi (Sinop) Volkanik Kayaçlarının Petrolojisi ve Jeokimyası, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Hunt, J. M., 1995. *Petroleum Geochemistry and Geology*, W. H. Freeman and Company, New York, 743.
- Kara Gülbay R. ve Korkmaz, S., 2005. Kuzeybatı Anadolu'daki Bitümlü Şeyllerin Organik Jeokimyasal özellikleri ve Çökelme Ortamları, Türkiye Jeoloji Bülteni, 48, 2, 21-41.
- Kara Gülbay R. ve Korkmaz, S., 2008. Element Contents and Organic Matter-Element Relationship or the Tertiary Oil Shale Deposits in Northwest Anatolia, Turkey. Energy&Fuels, 22, 3164-3173.
- Kara H., 2016. Sinop Çevresindeki Paleojen İstifinin Planktonik Foraminifer Biyostratigrafisi ve Ortamsal Yorumu, Yüksek lisans tezi, Dumlupınar Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ketin, I. ve Gümüş, Ö., 1963. The Geological report of the South of Sinop-Ayancık region. Turkish Petroleum Corporation (TPAO), Report No. 288, Ankara (unpublished, in Turkish).
- Ketin, I., 1962. 1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası ve izahnamesi (Sinop paftası), MTA yayını, Ankara.
- Kırk, H. M., 1935. Geology notes on Boyabat region, MTA Enstitüsü derleme, Rap. no: 194.
- Korkmaz, S., 1984. Boyabat (Sinop) kuzeydoğusunun petrol yönünden jeolojik ve jeokimyasal incelemesi: Doktora Tezi (yayımlanmamış), MTA kütüphanesi, No: 95737,193 s., Ankara.
- Jonathan, D., Le Tran, K., Oudin, S. L. ve Van der Weide, I. M., 1976. Les methodes d'wtude phisic chmique de la matiere organique. Bull. Centre Rech., Pau SNPA, 101, 39-108.
- Langford, F. F. ve Blanc-Valleron, M. M., 1990. Interpreting Rock-Eval Pyrolysis Data Using Graphs of Pyrozilable Hidrocarbons vs. Total Organic Carbon, AAPG Bulletin, 74, 799-804.
- Lilliefors, H. W., 1967. On the Kolmogorov-Simirnov test for normality with mean and variance unknown, Jour. Of the American Statistical Association, 62, 399-402.
- Lipinnski, M., Warning, B. ve Brumsack, H. J., 2003. Palaeo, 190, 459-475.
- Lucius, M., 1925. Ekinveren (Boyabat) bölgesinin jeolojik etüdü, MTA derleme no: 197, Ankara.
- Mason, S. L., 1930. Geology of Prospective Oil Territory in The Republic of Turkey, AAPG Bull, 14.

- Merill, R. K., 1991. Source and Migration Processes and Evaluation Techniques (R. K. Merill Eds.), Oklahoma.
- Mukhopadhyay, P. K., Wade, J. A. ve Kruge, M. A., 1995. Organic Facies and Maturation of Jurassic/Cretaceous Rocks, and Possible Oil-Source Rock Corelation Based on Pyrolysis of Asphaltenes, Scotion Basin, Canada, *Organic Geochemistry*, 22, 85-104.
- Neal, R. H., 1992. Selenium. In *Heavy Metals in Soils*, 2nd ed., (Alloway, B.J., Ed) Blackie Academic and Professional: London, U.K., Chapter 12, 260-283.
- Ortynski, İ. ve Tromp, S. W., 1942. Boyabat – Ekinveren bölgesinin jeolojisi, *MTA dergisi*, 28, 425-452.
- Petunnikov, G., 1935. Das Erdölvorkommen bei Ekinveren (Turkei), *Petroleum* 35, 18, 315-322.
- Sarı, A., 1994. Boyabat (Sinop) Yöresi (Triyas-Kretase) Birimlerinin Organik Fasiyes İncelemesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 37, 2, 111-119.
- Schmidt, C., 1991. Expertise du suintement petrolifere pres d' Ekinviran, Yayınlanmamış rapor, MTA derleme no:199.
- Serdar, H. S. ve Uğur, M. Ş., 1990. Mengen (Bolu ili) dolayının jeolojisi ve petrol olanakları. TPAO Arama Grubu, Rap. no: 2696.
- Serdar, S. H., Aydın, M. ve Yazman, M., 1984. Orta pontitlerin jeolojisi, *TJK* 38, Bil.Tek. Kurul. Bil. Özetleri.
- Sonel, N., 1989. Boyabat havzası (Sinop) birimlerinin petrol ana kaya özellikleri, *S.Ü. Müh. Mim. Fak. Der.*, 3, 1, 80-98.
- Sonel, N., Sarı, A., Coşkun, B. ve Tozlu. E., 1989. Boyabat (Sinop) havzası Ekinveren fayının petrol aramalarındaki önemi: *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 32, 1-2, 39-51.
- Swaine, D. J., 1990. Trace Elements in Coal; Butterworths, London, U. K.
- Taşman, C. E., 1931. Petroleum possibilites of Turkey, *AAPG Bull*, V. 5.
- Tıdewater, 1961. Sinop havzasına ait terk raporları: Petrol İşleri Genel Md, arşivi.
- Tissot, B. P. ve Welte, D. H., 1984. Petroleum Formaiton and Occurrence, Springer Verlag, Berlin, 694.
- Vardaloğlu, H., 2016. Denizel, Gösel Kaynak Kayalar ve Kömürlerin Organik Jeokimyasal Özellikleri ve n-Alkan Sistematiği: Seçili Sahalara Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Vesper, D. J., Roy, M. ve Rhoads, C. J., Int. J., 2008. Coal Geol.,73, 237-249.

Vine, J. D. ve Tourtelot, E. B., 1970. Econ. Geol., 65, 253-272.

Yıldırım, C., Schildgen, T. F., Echtler, H., Melnick, D. ve Strecker, M. R., 2011. Late Neogene and Active Orogenic Uplift in the Central Pontides Associated With the North Anatolian Fault: Implications For the Northern Margin of the Central Anatolian Plateau, Turkey, Tectonics, 30.

Warning, B. ve Brumsack, H. J., 2000. Trace metal signatures of Mediterranean sapropels, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 158, 293-309.

Wignall, P. B., 1994. Black Shales, Clarendon Press, Oxford, U.K.



9. EKLER

EK 1. Ekinveren (E), Bürnük (B), Yeniol (Y) ve Çukurhan (Ç) bölgesinden alınan örneklerin ICP-MS analizi sonuçları

Örnek No	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10
TOC (%)	0.47	0.29	1.29	1.46	1.33	1.34	1.80	1.63	1.49	0.86
Ag (ppb)	85.00	43.00	72.00	402.00	423.00	381.00	348.00	348.00	500.00	216.00
Al (%)	1.32	0.42	1.07	0.74	0.51	0.48	0.55	0.61	0.69	0.61
As (ppm)	13.80	5.90	17.90	3.50	2.90	3.20	3.50	3.60	3.40	2.30
Au (ppb)	3.20	1.10	1.80	1.70	0.60	0.80	0.60	1.30	0.50	<0.2
B (ppm)	20.00	20.00	26.00	21.00	17.00	20.00	22.00	21.00	23.00	17.00
Ba (ppm)	44.60	112.60	102.50	100.70	56.50	76.30	71.40	55.40	54.20	111.70
Be (ppm)	0.70	0.40	0.80	0.50	0.50	0.40	0.60	0.40	0.50	0.50
Bi (ppm)	0.25	0.11	0.37	0.20	0.14	0.09	0.12	0.17	0.14	0.09
Ca (%)	3.91	0.27	1.03	1.46	3.04	3.40	3.12	3.26	1.99	1.77
Cd (ppm)	0.11	0.05	0.26	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10
Ce (ppm)	18.60	23.80	17.40	19.20	23.10	17.70	20.80	22.40	20.60	15.40
Co (ppm)	11.90	6.50	14.60	7.40	5.20	4.10	4.70	6.50	4.20	3.20
Cr (ppm)	30.80	20.20	28.50	17.80	15.40	17.40	17.90	17.30	21.20	15.10
Cs (ppm)	1.12	0.60	2.51	1.62	1.32	1.05	1.32	1.63	1.34	0.85
Cu (ppm)	30.59	16.80	45.27	52.16	43.41	24.06	32.72	41.35	29.95	30.51
Fe (%)	2.48	1.03	2.88	1.71	1.78	1.51	1.53	1.96	1.40	1.07
Ga (ppm)	3.70	1.40	4.00	2.80	2.10	1.90	2.30	2.50	2.90	2.20
Hf (ppm)	0.06	0.06	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.05	0.06	0.04
Hg (ppb)	51.00	35.00	169.00	42.00	37.00	30.00	37.00	48.00	45.00	30.00
In (ppm)	0.08	0.04	0.03	0.02	0.02	<0.02	<0.02	0.03	<0.02	<0.02
K (%)	0.18	0.21	0.25	0.23	0.17	0.17	0.20	0.22	0.22	0.15
La (ppm)	7.40	10.90	7.00	9.20	12.20	10.10	11.80	12.20	12.40	8.90
Li (ppm)	28.80	4.30	31.20	8.10	3.10	4.50	6.40	6.00	4.90	3.80
Mg (%)	0.51	0.09	0.50	0.25	0.13	0.49	0.37	0.34	0.16	0.15

EK 1'in devamı

Örnek No	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9	E-10
Mn (ppm)	453.00	47.00	239.00	130.00	124.00	146.00	117.00	166.00	57.00	69.00
Mo (ppm)	1.53	1.68	6.56	1.24	0.76	1.64	1.33	0.89	1.32	0.79
Na (%)	0.02	0.02	0.06	0.03	0.02	0.14	0.09	0.02	0.02	0.02
Nb (ppm)	0.02	<0.02	0.04	0.04	0.05	0.02	<0.02	0.02	0.04	0.04
Ni (ppm)	35.50	14.90	58.80	34.80	31.10	28.80	35.10	40.00	27.80	19.50
P (%)	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04
Pb (ppm)	19.33	10.25	21.90	7.19	6.22	5.09	6.60	9.04	7.50	4.46
Rb (ppm)	10.50	8.80	17.00	16.40	12.80	11.10	13.70	16.40	14.70	9.70
Re (ppb)	<1	<1	5.00	7.00	<1	3.00	1.00	7.00	3.00	<1
S (%)	0.11	0.28	0.31	0.38	<0.02	0.59	0.68	0.62	0.04	<0.02
Sb (ppm)	0.25	0.18	0.75	0.20	0.15	0.17	0.14	0.19	0.18	0.13
Sc (ppm)	3.50	0.80	3.90	3.30	3.90	3.00	3.50	4.10	3.10	2.50
Se (ppm)	<0.1	<0.1	0.70	1.10	0.80	1.30	1.50	1.60	1.50	0.40
Sn (ppm)	0.60	0.40	0.60	0.40	0.30	0.30	0.30	0.40	0.40	0.30
Sr (ppm)	136.30	33.70	96.40	64.20	86.60	104.50	109.50	97.40	67.40	61.60
Te (ppm)	0.11	0.02	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.10	0.05	<0.02
Th (ppm)	5.00	6.20	7.10	5.40	4.80	3.70	4.70	5.40	5.10	3.50
Ti (%)	0.00	<0.001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tl (ppm)	0.05	0.05	0.20	0.07	0.05	0.07	0.07	0.08	0.06	0.04
U (ppm)	0.40	0.50	0.60	0.70	0.70	0.90	0.90	0.80	0.80	0.40
V (ppm)	24.00	7.00	26.00	14.00	14.00	13.00	12.00	14.00	14.00	10.00
Y (ppm)	8.72	3.43	6.33	7.16	8.52	8.79	10.01	10.02	9.02	6.10
Zn (ppm)	83.30	36.50	95.00	88.30	67.30	53.30	65.90	70.40	57.70	62.80
Zr (ppm)	2.00	2.00	2.80	2.20	2.20	3.30	2.90	2.30	1.80	1.80

EK 1'in devamı

Örnek No	B-2	B-3	B-4	B-6	B-7	B-8	B-10	B-11	B-12	B-13	B-14	B-16	B-17	B-18
TOC (%)	1.23	0.85	1.16	1.06	1.19	1.02	1.06	0.95	1.52	1.73	1.17	1.22	1.39	1.05
Ag (ppb)	298.00	261.00	273.00	240.00	218.00	236.00	292.00	291.00	390.00	360.00	320.00	318.00	317.00	244.00
Al (%)	0.69	0.61	1.17	0.64	0.58	0.53	0.73	0.74	0.77	0.90	0.69	0.84	0.72	0.60
As (ppm)	4.70	3.00	3.10	3.20	2.70	2.20	3.00	3.50	3.00	4.70	2.90	3.80	3.90	12.10
Au (ppb)	0.90	1.70	<0.2	1.00	1.30	1.30	0.70	0.70	<0.2	0.30	<0.2	0.30	<0.2	<0.2
B (ppm)	7.00	6.00	14.00	6.00	20.00	20.00	6.00	7.00	9.00	8.00	5.00	6.00	7.00	4.00
Ba (ppm)	44.50	36.00	53.90	45.00	36.20	34.30	33.50	136.80	34.30	34.30	23.10	30.50	33.90	1,169.70
Be (ppm)	0.40	0.30	0.50	0.20	0.30	0.10	0.40	0.40	0.50	0.40	0.20	0.40	0.30	0.30
Bi (ppm)	0.24	0.23	0.15	0.18	0.20	0.16	0.20	0.17	0.14	0.18	0.09	0.20	0.10	0.07
Ca (%)	1.51	0.98	1.67	2.52	2.34	2.42	1.75	1.40	2.64	2.42	2.72	2.34	3.85	2.54
Cd (ppm)	0.09	0.06	0.09	0.10	0.08	0.12	0.08	0.11	0.11	0.17	0.10	0.14	0.16	0.08
Ce (ppm)	12.10	8.20	9.10	8.60	7.70	9.70	7.70	16.30	12.50	16.40	11.20	13.30	16.10	16.80
Co (ppm)	9.50	6.10	5.90	6.40	5.80	5.50	6.20	6.00	5.30	7.30	4.60	6.70	4.90	3.00
Cr (ppm)	15.50	12.60	23.70	13.30	11.00	10.80	13.60	18.70	19.20	21.80	16.50	19.20	18.20	12.60
Cs (ppm)	1.66	1.66	1.31	1.34	1.11	0.94	1.43	1.39	1.20	1.52	0.82	1.67	1.02	0.83
Cu (ppm)	59.70	72.88	53.40	55.99	65.11	45.88	51.77	45.23	36.48	33.14	30.32	38.42	27.77	23.54
Fe (%)	1.85	1.08	1.23	1.20	1.22	1.20	1.18	1.52	1.53	2.30	1.29	1.68	1.53	0.87
Ga (ppm)	2.00	1.70	3.20	1.50	1.30	1.00	1.80	1.90	2.00	2.00	1.60	2.00	1.80	1.60
Hf (ppm)	0.06	0.07	0.05	0.05	0.03	0.03	0.06	0.06	0.04	0.06	0.05	0.07	0.06	0.04
Hg (ppb)	102.00	74.00	51.00	77.00	72.00	41.00	87.00	40.00	44.00	45.00	25.00	55.00	42.00	54.00
In (ppm)	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	<0.02	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
K (%)	0.17	0.16	0.29	0.15	0.13	0.11	0.19	0.16	0.18	0.17	0.13	0.15	0.13	0.12
La (ppm)	5.00	3.30	3.80	3.50	2.90	3.60	3.20	7.70	5.30	6.80	4.50	5.40	7.40	7.60
Li (ppm)	13.10	11.50	12.30	9.80	8.60	6.30	10.10	6.80	8.20	11.20	7.20	9.80	7.90	5.10
Mg (%)	0.31	0.24	0.26	0.25	0.22	0.17	0.24	0.16	0.26	0.39	0.23	0.26	0.22	0.15

EK 1'in devamı

Örnek No	B-2	B-3	B-4	B-6	B-7	B-8	B-10	B-11	B-12	B-13	B-14	B-16	B-17	B-18
Mn (ppm)	168.00	125.00	108.00	149.00	167.00	101.00	134.00	102.00	104.00	128.00	52.00	90.00	127.00	122.00
Mo (ppm)	0.94	0.61	1.36	0.75	0.45	0.65	0.85	0.96	1.68	1.66	0.92	0.97	1.28	1.47
Na (%)	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Nb (ppm)	<0.02	<0.02	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.03	<0.02	0.02	<0.02	0.02	0.02	<0.02
Ni (ppm)	42.80	29.10	25.90	29.70	32.80	25.20	33.20	34.60	33.90	40.40	23.70	39.70	33.40	19.20
P (%)	0.04	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.04	0.04	0.06	0.04	0.04	0.07	0.06
Pb (ppm)	11.78	9.39	5.84	9.36	10.55	6.33	9.42	8.65	7.50	9.29	5.04	9.91	7.17	7.41
Rb (ppm)	13.60	12.00	15.90	10.00	9.20	7.90	12.40	12.00	11.30	13.00	7.90	11.80	9.80	8.30
Re (ppb)	4.00	<1	8.00	3.00	2.00	5.00	<1	<1	5.00	6.00	<1	3.00	4.00	<1
S (%)	0.81	0.53	0.51	0.53	0.63	0.56	0.70	<0.02	0.64	0.84	0.47	0.44	0.68	<0.02
Sb (ppm)	0.35	0.19	0.17	0.22	0.20	0.18	0.22	0.25	0.20	0.26	0.14	0.27	0.18	0.44
Sc (ppm)	3.30	2.50	2.90	2.80	2.60	2.40	2.70	3.40	3.30	4.20	2.90	3.30	3.40	2.10
Se (ppm)	1.40	0.60	0.60	0.80	0.70	1.10	0.90	0.40	1.60	1.50	0.90	1.20	1.40	0.30
Sn (ppm)	0.40	0.30	0.50	0.40	0.20	0.30	0.40	0.40	0.40	0.50	0.30	0.50	0.40	0.30
Sr (ppm)	36.50	24.40	39.70	54.90	46.10	57.90	34.70	32.80	64.00	59.80	53.60	45.40	69.00	78.40
Te (ppm)	0.09	0.03	0.04	0.05	0.03	<0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.08	0.04	0.03
Th (ppm)	5.40	4.40	4.10	4.30	4.50	3.80	4.10	4.90	4.50	6.60	3.60	4.80	4.50	2.70
Ti (%)	0.00	<0.001	0.00	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.00	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Tl (ppm)	0.08	0.06	0.05	0.05	0.03	0.03	0.07	0.07	0.08	0.08	0.06	0.08	0.13	0.11
U (ppm)	0.50	0.30	0.60	0.30	0.30	0.70	0.30	0.40	0.60	0.90	0.50	0.40	0.40	0.40
V (ppm)	12.00	8.00	15.00	9.00	8.00	9.00	9.00	13.00	13.00	16.00	11.00	14.00	10.00	8.00
Y (ppm)	7.05	3.66	4.49	4.77	4.14	6.19	3.80	8.13	7.28	11.84	6.80	7.88	10.02	8.47
Zn (ppm)	89.90	82.20	81.10	77.60	67.00	76.60	78.40	63.90	71.30	91.70	58.80	79.10	72.10	45.70
Zr (ppm)	2.80	2.30	2.00	2.00	1.30	1.20	2.10	1.90	2.00	2.70	1.60	2.40	2.00	1.20

EK 1'in devamı

Örnek No	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	Y-5	Y-6	Y-8	Y-10	Y-12	Y-14	Y-16	Y-17
TOC (%)	1.120	1.210	1.700	1.160	0.900	0.940	0.660	0.540	0.510	0.600	0.890	0.490
Ag (ppb)	184.000	233.000	157.000	69.000	181.000	224.000	64.000	66.000	102.000	48.000	62.000	90.000
Al (%)	0.940	0.950	0.820	0.830	0.900	0.930	0.940	2.050	1.790	1.210	1.780	1.690
As (ppm)	2.600	2.400	7.400	4.300	3.100	3.800	6.000	16.600	12.000	15.800	15.500	10.500
Au (ppb)	<0.2	0.600	<0.2	<0.2	0.300	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
B (ppm)	18.000	17.000	23.000	17.000	15.000	25.000	13.000	14.000	12.000	7.000	14.000	10.000
Ba (ppm)	25.200	24.600	28.400	34.100	37.100	29.700	120.200	23.700	23.000	22.200	36.200	25.900
Be (ppm)	0.700	0.700	0.600	0.700	0.600	0.600	0.700	0.900	1.000	0.500	0.700	0.700
Bi (ppm)	0.190	0.210	0.220	0.190	0.210	0.210	0.200	0.430	0.440	0.160	0.440	0.410
Ca (%)	1.130	1.050	1.840	0.760	0.370	0.440	0.500	0.650	3.020	0.670	0.750	1.960
Cd (ppm)	0.050	0.060	1.260	0.020	0.060	0.050	0.070	0.040	0.090	0.040	0.060	0.050
Ce (ppm)	21.800	22.000	23.300	19.300	17.200	22.300	19.900	34.300	26.200	23.700	32.000	28.300
Co (ppm)	4.500	4.900	6.900	5.100	6.900	5.100	5.400	16.300	15.800	13.100	14.400	13.100
Cr (ppm)	21.100	23.900	19.100	15.600	18.000	22.900	18.800	44.600	37.400	31.600	41.200	36.900
Cs (ppm)	1.370	1.490	1.740	1.540	1.430	1.720	1.420	2.740	2.920	1.320	2.770	2.750
Cu (ppm)	44.570	49.240	32.770	35.110	61.520	64.550	28.900	37.720	43.790	20.960	44.080	39.940
Fe (%)	1.190	1.330	1.460	1.310	1.130	1.310	1.400	3.890	3.500	2.500	3.230	3.340
Ga (ppm)	3.100	3.400	3.300	3.100	3.000	3.800	3.400	7.000	5.600	4.300	6.300	5.300
Hf (ppm)	0.070	0.080	0.090	0.080	0.060	0.060	0.080	0.060	0.070	0.110	0.070	0.080
Hg (ppb)	51.000	48.000	40.000	27.000	56.000	67.000	36.000	48.000	52.000	59.000	63.000	38.000
In (ppm)	0.020	<0.02	0.030	0.030	0.030	0.030	<0.02	0.040	0.030	<0.02	0.050	0.030
K (%)	0.210	0.220	0.190	0.190	0.180	0.230	0.170	0.260	0.230	0.160	0.270	0.220
La (ppm)	10.400	11.000	11.500	9.400	8.100	11.100	10.500	13.500	10.900	10.200	13.100	11.500
Li (ppm)	12.200	14.100	14.300	12.200	10.500	13.100	9.100	58.200	59.000	34.100	50.100	47.700
Mg (%)	0.270	0.270	0.350	0.250	0.240	0.280	0.210	0.650	0.690	0.460	0.590	0.540

EK 1'in devamı

Örnek No	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	Y-5	Y-6	Y-8	Y-10	Y-12	Y-14	Y-16	Y-17
Mn (ppm)	65.00	76.00	94.00	73.00	70.00	69.00	91.00	235.00	479.00	197.00	203.00	206.00
Mo (ppm)	0.89	0.99	7.21	1.09	0.68	0.91	2.14	0.84	0.33	1.15	0.53	0.31
Na (%)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.18	0.01	0.08	0.02
Nb (ppm)	0.04	0.05	0.03	0.04	0.03	0.03	0.05	0.04	0.03	0.08	0.06	0.04
Ni (ppm)	26.40	29.80	56.00	25.90	25.70	31.60	26.30	59.80	58.50	42.90	53.40	57.00
P (%)	0.03	0.03	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.02	0.03	0.04
Pb (ppm)	7.74	7.71	12.46	7.97	10.14	10.12	9.56	23.37	20.95	14.02	24.85	19.53
Rb (ppm)	14.30	14.90	16.20	14.20	14.10	17.10	13.40	24.00	22.00	12.50	25.50	21.60
Re (ppb)	<1	<1	15.00	3.00	<1	<1	<1	<1	2.00	<1	4.00	1.00
S (%)	<0.02	<0.02	0.44	0.06	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Sb (ppm)	0.12	0.16	0.69	0.12	0.20	0.21	0.21	0.38	0.34	0.49	0.34	0.27
Sc (ppm)	3.00	3.10	3.70	2.60	2.50	3.00	2.80	5.40	4.90	3.00	5.40	4.60
Se (ppm)	0.20	0.40	1.70	<0.1	0.30	0.30	0.20	0.20	0.40	0.20	0.20	0.30
Sn (ppm)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.60	0.50	0.70	0.60	0.60	0.70	0.60
Sr (ppm)	84.80	84.60	110.70	100.00	49.50	92.90	45.70	72.20	93.00	43.10	56.30	67.90
Te (ppm)	0.05	0.07	<0.02	<0.02	0.09	0.06	<0.02	0.12	0.11	0.03	0.13	0.11
Th (ppm)	5.00	5.10	5.60	5.10	4.80	5.30	4.90	9.60	7.60	5.40	9.90	8.20
Ti (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Tl (ppm)	0.06	0.06	1.40	0.09	0.07	0.07	0.16	0.09	0.08	0.06	0.10	0.07
U (ppm)	0.50	0.50	1.10	0.60	0.50	0.50	0.60	0.60	0.60	0.40	0.50	0.50
V (ppm)	13.00	14.00	27.00	11.00	13.00	15.00	15.00	41.00	30.00	29.00	30.00	28.00
Y (ppm)	6.14	6.67	8.61	4.81	3.62	5.67	5.39	6.42	7.42	4.46	5.67	6.58
Zn (ppm)	62.10	72.80	113.70	54.40	54.00	73.50	44.40	90.20	93.20	71.70	91.90	94.50
Zr (ppm)	2.70	3.00	3.50	2.90	2.60	2.60	2.60	3.10	3.00	3.90	2.50	2.70

EK 1'in devamı

Örnek No	Ç-1	Ç-2	Ç-3	Ç-4	Ç-5	Ç-6	Ç-7	Ç-8	Ç-9	Ç-10	Ç-11	Ç-12	Ç-13	Ç-14	Ç-15	Ç-16	Ç-17	Ç-18	Ç-19	Ç-20	Ç-21
TOC (%)	0.65	0.76	0.85	0.71	0.86	0.64	0.71	0.73	0.87	0.87	0.73	0.75	0.91	0.82	0.80	0.61	0.88	0.57	0.92	0.88	1.01
Ag (ppb)	57.00	63.00	52.00	42.00	62.00	64.00	57.00	71.00	46.00	35.00	48.00	86.00	64.00	46.00	58.00	68.00	85.00	86.00	105.00	78.00	80.00
Al (%)	0.47	2.35	1.61	1.97	1.87	1.84	1.63	1.72	1.61	1.51	1.53	1.33	1.54	1.39	1.25	1.44	1.47	1.62	1.33	1.90	1.64
As (ppm)	78.50	13.20	10.60	7.00	10.80	19.10	14.70	38.10	13.80	7.10	10.90	14.70	8.50	6.30	8.30	8.90	23.70	34.80	19.70	7.60	10.50
Au (ppb)	0.60	0.30	0.80	0.50	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.30	0.20	<0.2	0.40	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
B (ppm)	5.00	7.00	8.00	11.00	10.00	12.00	11.00	12.00	13.00	11.00	8.00	9.00	7.00	6.00	2.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Ba (ppm)	42.80	31.70	28.30	57.20	25.10	21.80	17.10	27.60	31.40	105.10	24.30	28.80	32.80	26.90	24.50	32.90	36.40	67.50	33.00	32.70	66.00
Be (ppm)	0.90	1.20	1.20	1.30	0.90	0.90	1.20	1.10	1.10	1.20	1.30	1.40	1.40	1.40	1.10	1.10	1.10	1.30	1.30	1.00	1.20
Bi (ppm)	0.48	0.44	0.47	0.53	0.51	0.50	0.56	0.43	0.43	0.49	0.47	0.56	0.53	0.53	0.44	0.46	0.52	0.56	0.47	0.37	0.51
Ca (%)	0.41	0.46	0.25	0.24	0.31	0.33	0.31	0.47	0.56	0.36	0.23	0.34	0.36	0.20	0.33	0.23	0.36	0.31	0.41	0.83	0.25
Cd (ppm)	0.07	0.03	0.03	0.03	0.04	0.02	0.03	0.05	0.01	<0.01	0.06	0.06	0.03	0.04	0.10	0.02	0.05	0.02	0.04	0.04	0.05
Ce (ppm)	9.40	10.00	10.40	12.10	11.50	10.50	11.20	12.20	14.40	13.80	12.20	12.20	14.20	14.10	12.90	13.50	11.00	11.70	8.70	10.60	10.60
Co (ppm)	18.50	17.70	13.40	13.00	16.50	17.10	12.50	14.80	13.10	11.30	11.90	19.20	11.20	12.00	12.20	14.70	20.50	18.20	16.10	14.00	14.70
Cr (ppm)	8.10	38.90	30.50	36.30	34.50	37.50	32.20	34.70	31.70	28.40	31.20	26.80	29.70	25.70	24.70	28.10	28.50	30.30	29.00	39.10	31.70
Cs (ppm)	2.36	2.37	2.96	3.16	2.58	3.71	4.14	3.76	4.75	5.38	4.33	4.77	4.13	5.15	3.95	4.09	3.53	3.29	3.53	2.88	3.71
Cu (ppm)	64.60	42.32	54.41	52.93	48.22	57.29	63.47	56.13	60.15	49.33	90.72	87.86	56.47	57.83	72.06	57.06	77.27	47.07	61.31	83.23	52.16
Fe (%)	2.76	8.47	3.41	3.78	3.31	3.62	4.05	3.39	2.90	2.98	2.48	2.94	2.62	2.52	2.55	3.11	3.01	3.07	3.31	3.40	2.85
Ga (ppm)	0.90	6.50	4.70	5.80	5.30	5.60	4.90	5.50	5.50	5.10	4.80	4.30	5.10	4.60	3.70	4.00	4.30	4.70	3.80	5.30	4.50
Hf (ppm)	0.05	0.06	0.06	0.05	0.07	0.05	0.05	0.07	0.05	0.05	0.06	0.06	0.04	0.05	0.06	0.04	0.05	0.04	0.05	0.03	0.04
Hg (ppb)	188.00	102.00	77.00	81.00	76.00	106.00	91.00	133.00	80.00	59.00	98.00	154.00	109.00	84.00	169.00	123.00	185.00	162.00	200.00	205.00	254.00
In (ppm)	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	<0.02	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06
K (%)	0.16	0.21	0.20	0.17	0.18	0.14	0.14	0.17	0.18	0.17	0.15	0.19	0.18	0.19	0.16	0.20	0.17	0.21	0.13	0.16	0.16
La (ppm)	3.90	4.00	4.60	5.00	4.90	4.30	4.70	4.90	5.80	6.10	5.10	5.20	5.80	6.20	5.40	6.10	4.80	5.00	3.70	4.10	4.50
Li (ppm)	2.90	73.20	40.30	60.10	54.80	54.40	47.00	46.70	40.20	34.90	38.50	29.90	34.60	29.30	26.10	25.60	28.90	20.20	14.20	18.00	15.20
Mg (%)	0.63	1.27	0.78	0.78	0.72	0.84	0.86	0.80	0.76	0.62	0.66	0.68	0.72	0.58	0.65	0.71	0.74	0.64	0.67	0.89	0.65

EK 1'in devamı

Örnek.No	Ç-1	Ç-2	Ç-3	Ç-4	Ç-5	Ç-6	Ç-7	Ç-8	Ç-9	Ç-10	Ç-11	Ç-12	Ç-13	Ç-14	Ç-15	Ç-16	Ç-17	Ç-18	Ç-19	Ç-20	Ç-21
Mn (ppm)	908.00	2502.00	419.00	498.00	345.00	463.00	851.00	565.00	401.00	348.00	125.00	397.00	254.00	292.00	375.00	532.00	611.00	636.00	750.00	655.00	342.00
Mo (ppm)	0.90	1.34	0.87	0.96	0.48	0.81	0.55	1.38	0.96	1.29	0.48	0.92	0.59	0.93	0.86	1.37	0.82	1.64	1.05	0.83	0.75
Na (%)	0.11	0.04	0.05	0.09	0.03	0.04	0.02	0.03	0.05	0.03	0.02	0.04	0.04	0.19	0.04	0.05	0.04	0.21	0.19	0.05	0.04
Nb (ppm)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Ni (ppm)	59.70	68.70	51.30	54.10	51.00	64.00	54.30	63.70	55.40	48.40	55.50	60.00	51.80	49.20	58.20	68.80	72.10	64.50	62.20	70.80	65.70
P (%)	0.05	0.08	0.05	0.07	0.06	0.08	0.06	0.08	0.09	0.05	0.06	0.08	0.07	0.06	0.08	0.03	0.03	0.06	0.03	0.07	0.04
Pb (ppm)	22.79	23.89	22.85	24.90	23.60	26.16	28.07	30.48	20.83	25.20	32.44	54.34	27.35	27.92	27.64	26.18	29.79	30.37	22.97	26.89	34.19
Rb (ppm)	10.30	13.70	13.50	11.40	11.10	10.70	10.70	12.20	12.80	12.90	11.50	13.00	12.40	13.40	11.70	13.50	12.10	13.50	9.40	10.70	11.40
Re (ppb)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1.00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
S (%)	0.06	0.10	0.10	0.06	0.24	0.12	0.09	0.14	0.09	<0.02	0.02	0.27	0.09	0.06	0.24	0.06	0.17	0.12	0.12	0.05	0.04
Sb (ppm)	0.91	0.29	0.21	0.16	0.40	0.27	0.18	0.46	0.16	0.14	0.09	0.41	0.11	0.10	0.17	0.20	0.36	0.19	0.19	0.10	0.12
Sc (ppm)	6.70	7.00	5.30	3.60	3.00	4.10	5.30	5.80	5.20	5.00	3.10	4.00	5.10	4.20	4.60	5.20	5.90	4.70	5.80	7.40	5.20
Se (ppm)	<0.1	0.20	<0.1	<0.1	0.20	0.20	<0.1	0.40	<0.1	0.20	0.20	0.40	0.10	0.20	0.30	0.10	0.20	0.30	0.10	0.30	<0.1
Sn (ppm)	0.30	0.80	0.60	0.50	0.40	0.60	0.60	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60	0.80	0.70	0.70	0.80
Sr (ppm)	31.00	22.90	18.10	32.80	14.20	28.40	20.80	34.30	37.00	32.80	21.40	26.20	24.10	46.30	15.00	31.60	24.50	46.80	43.60	58.50	27.10
Te (ppm)	0.29	0.10	0.08	0.09	0.08	0.13	0.14	0.08	0.07	0.07	0.10	0.15	0.10	0.11	0.08	0.13	0.26	0.16	0.13	0.18	0.12
Th (ppm)	3.60	4.70	4.80	5.10	4.90	5.10	5.10	5.20	6.30	5.70	5.40	6.10	5.80	5.40	6.20	4.70	4.40	5.00	4.30	6.00	6.10
Ti (%)	<0.001	0.00	<0.001	<0.001	<0.001	0.00	<0.001	0.00	0.00	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Tl (ppm)	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.04	0.07	0.05	0.05	0.04	0.08	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.07	0.06	0.04	0.04
U (ppm)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.20	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.40
V (ppm)	10.00	42.00	23.00	25.00	24.00	27.00	24.00	24.00	22.00	21.00	22.00	18.00	21.00	20.00	18.00	24.00	23.00	24.00	24.00	34.00	32.00
Y (ppm)	3.83	5.94	3.95	4.31	3.45	5.31	4.84	5.84	6.22	4.07	4.83	5.66	5.22	4.69	5.54	2.96	3.17	4.06	3.49	6.24	4.37
Zn (ppm)	113.30	98.90	70.30	81.80	87.80	87.50	104.50	135.50	76.70	68.10	112.70	129.00	95.20	96.20	143.00	76.80	116.60	97.40	82.10	108.10	99.50
Zr (ppm)	2.50	2.70	2.80	2.60	3.10	2.40	2.60	2.80	2.80	2.50	2.40	2.90	2.60	2.50	2.80	2.70	2.60	2.40	2.30	2.20	2.00

ÖZGEÇMİŞ

Hülya Karadağ, 12.10.1987 yılında Sinop, Boyabat'ta doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Boyabat'ta tamamladı. 2005 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliğinde başladığı lisans öğrenimini 2010 yılında tamamlayarak Jeoloji Mühendisi unvanı almıştır. 2010 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2013 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Genel Müdürlüğüne Jeoloji Mühendisi olarak atanmış olup, şuan Elazığ Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğünde görevine devam etmektedir.