

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**EREĞLİ-BOR (KONYA-NİĞDE) HAVZASI  
YENİKÖY SONDAJLARINDA KESİLEN BİTÜMLÜ ŞEYL İSTİFİNİN  
ORGANİK JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

**Jeoloji Mühendisi Mert Samet ERDOĞAN**

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

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13.12.2013  
Tezin Savunma Tarihi : 10.01.2014**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Trabzon 2014**

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı  
Mert Samet ERDOĞAN tarafından hazırlanan

EREĞLİ-BOR (KONYA-NİĞDE) HAVZASI  
YENİKÖY SONDAJLARINDA KESİLEN BİTÜMLÜ ŞEYL İSTİFİNİN  
ORGANİK JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

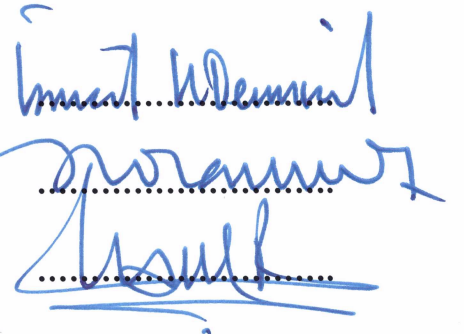
başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 17.12.2013 gün ve 1534 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
YÜKSEK LİNSANS TEZİ  
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. İsmail Hakkı DEMİREL

Üye : Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Üye : Doç. Dr. Reyhan KARA GÜLBAY



Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ  
Enstitü Müdürü

## ÖNSÖZ

Orta Anadolu'da Konya-Ereğli-Yeniköy yöresinde bulunan Katrandedetepe Formasyonuna ait bitümlü şeyllerin organik jeokimyasının incelenmesini amaçlayan bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne bağlı Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Danışmanlığımı üstlenerek tez çalışmamı yönlendiren Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Her zaman bana destek olarak, engin bilgi birikimlerini benim ile paylaşan saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. İsmail Hakkı DEMİREL, Doç. Dr. Reyhan KARA GÜLBAY ve Yrd. Doç. Dr. Fatma HOŞ ÇEBİ'ye müteşekkirim.

Bu çalışmanın gerçekleşmesini sağlayan MTA'dan Dr. Gökhan Kadıncık'a ve çalışmayı maddi olarak destekleyen KTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında bana destek olan çalışma arkadaşım Jeoloji Yük. Müh. Oğuzhan Gümrük ve her zaman yanımda olan mesai arkadaşlarım KTÜ Jeoloji Mühendisliği araştırma görevlilerine teşekkür ederim.

Bu çalışmanın her aşamasında yanımda olan, maddi ve manevi tüm desteği benden esirgemeyen sevgili annem Sibel ERDOĞAN, babam Mehmet ERDOĞAN, kardeşim Livanur ERDOĞAN ve arkadaşım Jeoloji Müh. Kamer TAŞ'a şükran duygum ilelebet yaşayacaktır.

Mert Samet ERDOĞAN

Trabzon, 2014

## **TEZ BEYANNAMESİ**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Ereğli-Bor Havzasındaki (Konya-Niğde) Bitümlü Şeyllerin Organik Jeokimyasal Özellikleri, Orta Anadolu” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ’ın sorumluluğunda tamamladığımı, örneklerin analizlerini ilgili laboratuvarlarda yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi ve çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun davrandığımı, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 13.12.2013

Mert Samet ERDOĞAN

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa No</u></b>
ÖNSÖZ .....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER-KISALTMALAR DİZİNİ .....	XII
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	1
1.3. Coğrafik Konum .....	1
1.4. Önceki Çalışmalar.....	2
1.5. Bölgesel Jeoloji .....	5
1.5.1. Ulukışla Grubu.....	5
1.5.2. Kılan Grubu .....	6
1.5.3. Bohçadikmen Grubu .....	7
1.6. Genel Jeoloji .....	7
1.6.1. Güney Formasyonu .....	9
1.6.2. Kızılbayır Formasyonu .....	10
1.6.3. Katrandedetepe Formasyonu.....	12
1.6.4. Beştepeler Formasyonu.....	17
2. ORGANİK JEOKİMYA.....	19
2.1. Giriş.....	19
2.2. Teknik ve Yöntem.....	19
2.2.1. Toplam Organik Karbon (TOK) ve Rock-Eval Piroliz Analizleri.....	19
2.2.1.1. Toplam Organik Karbon (TOK) Analizi .....	20
2.2.1.2. Rock-Eval Piroliz Analizi ve Ölçülen Değerler.....	21
2.2.1.2.1. TOK ve Rock-Eval Değerlerinden İtibaren Hesaplanan Oranlar .....	24
2.2.1.3. Organik Madde Tipi.....	28

2.2.1.4.	Organik Madde Olgunluğu .....	30
2.2.1.5.	Hidrokarbon Potansiyeli .....	30
2.2.2.	Özüt Analizleri.....	31
2.2.2.1.	Özütleme (Ekstraksiyon) Analizi.....	31
2.2.2.2.	Gaz Kromatografisi (GC).....	31
3.	BULGULAR.....	33
3.1.	Piroliz (Rock-Eval) Analizleri .....	33
3.1.1.	KEY-12/1 Kuyusu Analiz Sonuçları .....	33
3.1.1.1.	Organik Madde Miktarı .....	35
3.1.1.2.	Organik Madde Tipi.....	35
3.1.1.3.	Organik Madde Olgunluğu .....	38
3.1.1.4.	Hidrokarbon Potansiyeli .....	39
3.1.2.	KEY 12/2 Kuyusu Analiz Sonuçları.....	40
3.1.2.1.	Organik Madde Miktarı .....	40
3.1.2.2.	Organik Madde Tipi.....	41
3.1.2.3.	Organik Madde Olgunluğu .....	44
3.1.2.4.	Hidrokarbon Potansiyeli .....	45
3.1.3.	KEY-12/3 Kuyusu Analiz Sonuçları .....	46
3.1.3.1.	Organik Madde Miktarı .....	46
3.1.3.2.	Organik Madde Tipi.....	47
3.1.3.3.	Organik Madde Olgunluğu .....	49
3.1.3.4.	Hidrokarbon Potansiyeli .....	50
3.1.4.	KEY-12/4 Kuyusu Analiz Sonuçları .....	51
3.1.4.1.	Organik Madde Miktarı .....	52
3.1.4.2.	Organik Madde Tipi.....	53
3.1.4.3.	Organik Madde Olgunluğu .....	56
3.1.4.4.	Hidrokarbon Potansiyeli .....	57
3.2.	Gaz Kromatografisi (GC) Analizleri .....	58
4.	TARTIŞMA .....	64
5.	SONUÇLAR .....	69
6.	KAYNAKLAR .....	71

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

EREĞLİ-BOR (KONYA-NİĞDE) HAVZASI YENİKÖY SONDAJLARINDA KESİLEN  
BİTÜMLÜ ŞEYL İSTİFİNİN ORGANİK JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Mert Samet ERDOĞAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ  
2014,75 Sayfa,

Orta Anadolu'da Ereğli-Bor Neojen havzasında yapılan sondajlarda ortalama kalınlığı 72-160 m arasında değişen Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı bitümlü şeyl istifisi kesilmiştir. Bitümlü şeyl içeren Üst Miosen-Pliosen yaşlı istiflerin tabanında Kızılbayır Formasyonu yer almaktadır. Bu birim üzerine kıltaşı, kumtaşı, silttaşı, jips, anhidrit ve bitümlü şeyl içeren Katrandedetepe Formasyonu gelir. İstifin üst bölümünde kumtaşı ve kıltaşı araldanmasından oluşan Beştepeler Formasyonu yer alır. Havzada bu birimler üzerine uyumsuz olarak Üst Pliyosen-Holosen yaşlı kırıntılı çökeller ve volkanik kayalar gelir. Yapılan sondajlarda kesilen bitümlü şeyl istifinden seçilen örneklerin piroliz ve GC analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre bitümlü şeyl istifinin toplam organik karbon miktarı (TOK) %0.89-13.98 arasında değişmekte olup, ortalama TOK değeri %4.66'dır. Hidrojen indeksi (HI) değerleri 52-956 mgHK/gkaya arasında, Oksijen indeksi (OI) değerleri 5-152 mgCO<sub>2</sub>/gkaya arasında olup, bu değerlere göre bitümlü şeyller Tip II kerojenden oluşmuştur. T<sub>max</sub> değerleri 326-424 °C arasında değişmektedir. T<sub>max</sub> verilerine göre, bitümlü şeyller olgunlaşmamış evrede olup, çok az bir bölümü de erken olgun evrededir. Piroliz verilerine göre havzada henüz petrol türümü yoktur fakat yüksek S<sub>1</sub>, Üİ ve düşük T<sub>max</sub> değerleri kirlenmeyi işaret etmektedir. Gaz Kromatografisi sonuçlarına göre gölgesel algal organik madde indirgen bir ortamda çökelmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ereğli-Bor baseni, bitümlü şeyl, kerojen, piroliz, gaz kromatografisi

Master Thesis

SUMMARY

ORGANİK GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF OIL SHALE DEPOSITS IN  
THE YENİKÖY DRILLING, EREĞLİ-BOR BASIN (KONYA-NİĞDE)

Mert Samet ERDOĞAN

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Geological Engineering Graduate Program  
Supervisor: Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ  
2014, 75 Pages,

Upper Miocene-Pliocene sequence consisting mainly of oil shales vary from 72 m. to 160 m. in different wells at Ereğli-Bor basin of central TURKEY. Upper Miocene-Pliocene aged Kızılbayır formation, is overlain by the Katrandedetepe formation which is composed of claystone, sandstone, siltstone, gypsum, anhydrite and oil shale. Sandstone and claystone alternations, known as Beştepeler Formation, form the upper part of the sequence. All these units are overlain unconformably by Upper Pliocene-Holocene aged clastic sediments and volcanic rocks. According to the Pyrolysis analyses results of the selected oil shale samples, total organic carbon contents (TOC) of the samples range between %0.89 and 13.98, with an average TOC value of %4.66. Hydrogen index (HI) and oxygen index (OI) values, ranging between 52-956 mgHC/grock and 5-152 mgCO<sub>2</sub>/grock respectively, suggest that oil shales are formed by Type II kerogen. T<sub>max</sub> values range between 326 and 424 °C. Considering the T<sub>max</sub> values, oil shales are considered to represent the immature stage, although some of them reflect the early mature stage. Pyrolysis data suggest no oil generation in the basin but high S<sub>1</sub>,PI and low T<sub>max</sub> values shows a migrated oil. Gas chromatograms of the samples shows that organic matter composed from algae and deposited in reducing lacustrine depositional environment.

**Key Words:** Ereğli-Bor basin, bituminous shale, kerogen, pyrolysis, gas chromatography



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası .....	2
Şekil 2. Çalışma Alanının Genel Jeoloji Haritası. ....	6
Şekil 3. Ereğli-Bor Havzasının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesit .....	8
Şekil 4. KEY-12/1 kuyusunun dikme kesiti .....	11
Şekil 5. KEY-12/2 kuyusunun dikme kesiti .....	13
Şekil 6. Sondajlarda kesilen Katradedetepe formasyonuna ait bitümlü şeyllerin karot resimleri .....	15
Şekil 7. KEY-12/3 Kuyusunun dikme kesiti .....	16
Şekil 8. KEY-12/4 Kuyusunun dikme kesiti .....	18
Şekil 9. Rock-Eval tarafından analiz edilen organik fraksiyonlar .....	21
Şekil 10. Piroliz esnasında kayaç içerisindeki organik maddenin evrimi.....	22
Şekil 11. KEY-12/1 kuyusuna ait örneklerin TOK değerlerinin yüzde dağılımlarının histogram grafiği .....	33
Şekil 12. KEY-12/1 kuyusuna ait örneklerin TOK, Tmax, Hİ ve PÜ değerlerinin grafiksel gösterimi.....	36
Şekil 13. KEY-12/1 kuyusuna ait örneklerin S <sub>2</sub> -TOK diyagramında gösterimi	37
Şekil 14. KEY-12/1 kuyusuna ait örneklerin Hİ-Oİ diyagramı üzerindeki gösterimi .....	38
Şekil 15. a. KEY-12/1 kuyusuna ait örneklerin Hİ-TOK diyagramı üzerindeki gösterimi b. KEY-12/1 kuyusuna ait örneklerin S <sub>2</sub> -TOK diyagramı üzerindeki gösterimi .....	39
Şekil 16. KEY-12/2 kuyusuna ait örneklerin TOK değerlerinin yüzde dağılımlarının histogram grafiği .....	41
Şekil 17. KEY-12/2 kuyusuna ait örneklerin TOK, Tmax, Hİ ve PÜ değerlerinin grafiksel gösterimi .....	42
Şekil 18. KEY-12/2 kuyusuna ait örneklerin S <sub>2</sub> -TOK diyagramında gösterimi	43
Şekil 19. KEY-12/2 kuyusuna ait örneklerin Hİ-Oİ diyagramı üzerindeki gösterimi .....	44
Şekil 20. a. KEY-12/2 kuyusuna ait örneklerin Hİ-TOK diyagramı üzerindeki gösterimi b. KEY-12/2 kuyusuna ait örneklerin S <sub>2</sub> -TOK diyagramı üzerindeki gösterimi .....	45
Şekil 21. KEY-12/3 kuyusuna ait örneklerin TOK değerlerinin yüzde dağılımlarının histogram grafiği .....	47

Şekil 22.	KEY-12/3 kuyusuna ait örneklerin TOK, Tmax, Hİ ve PÜ değerlerinin grafiksel gösterimi.....	48
Şekil 23.	KEY-12/3 kuyusuna ait örneklerin S <sub>2</sub> -TOK diyagramında gösterimi	49
Şekil 24.	KEY-12/3 kuyusuna ait örneklerin Hİ-Oİ diyagramı üzerindeki gösterimi .....	50
Şekil 25.	a. KEY-12/3 kuyusuna ait örneklerin Hİ-TOK diyagramı üzerindeki gösterimi b. KEY-12/3 kuyusuna ait örneklerin S <sub>2</sub> -TOK diyagramı üzerindeki gösterimi .....	51
Şekil 26.	KEY-12/4 kuyusuna ait örneklerin TOK değerlerinin yüzde dağılımlarının histogram grafiği.....	53
Şekil 27.	KEY-12/4 kuyusuna ait örneklerin TOK, Tmax, Hİ ve PÜ değerlerinin grafiksel gösterimi.....	54
Şekil 28.	KEY-12/4 kuyusuna ait örneklerin S <sub>2</sub> -TOK diyagramında gösterimi	55
Şekil 29.	KEY-12/4 kuyusuna ait örneklerin Hİ-Oİ diyagramı üzerindeki gösterimi .....	56
Şekil 30.	a. KEY-12/4 kuyusuna ait örneklerin Hİ-TOK diyagramı üzerindeki gösterimi b. KEY-12/1 kuyusuna ait örneklerin S <sub>2</sub> -TOK diyagramı üzerindeki gösterimi .....	57
Şekil 31.	Pristan/nC <sub>17</sub> -fitan/nC <sub>18</sub> kerojen sınıflama diyagramında bitümlü şeyllerin dağılımı .....	59
Şekil 32.	Fitan/pristan-pristan/nC <sub>17</sub> çökelme ortamı tayini diyagramında bitümlü şeyllerin dağılımı.....	59
Şekil 33.	MSE-122 örneğine ait doymun fraksiyonlarının gaz kromatogramı..	60
Şekil 34.	MSE-212 örneğine ait doymun fraksiyonlarının gaz kromatogramı..	61
Şekil 35.	MSE-305 örneğine ait doymun fraksiyonlarının gaz kromatogramı..	62
Şekil 36.	MSE-414 örneğine ait doymun fraksiyonlarının gaz kromatogramı..	63
Şekil 37.	Konya-Ereğli-Yeniköy (KEY) kuyularından seçilmiş 76 örneğin TOK değerlerinin yüzde dağılımlarının histogram grafiği.....	64
Şekil 38.	Konya-Ereğli-Yeniköy (KEY) kuyularından seçilmiş 76 örneğin S <sub>2</sub> -TOK diyagramında gösterimi .....	65
Şekil 39.	a. Seçilen bitümlü şeyl örneklerinin Hİ-TOK diyagramı üzerindeki gösterimi b. Seçilen bitümlü şeyl örneklerinin S <sub>2</sub> -TOK diyagramı üzerindeki gösterimi .....	67

## TABLULAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. Jarvie (1991)'e göre şeyl ve karbonatların TOK değerlerine göre sınıflamaları .....	21
Tablo 2. Espitalie vd. 1985'e göre $T_{max}$ sınır değerleri.....	24
Tablo 3. Merrill (1991)'e göre Hidrojen İndeks değerlerinin kaynak kaya potansiyelini gösteren sınıflama .....	25
Tablo 4. Merrill (1991)'e göre Oksijen İndeks değerlerinin Organik madde türü ve olgunluğunu gösteren sınıflama .....	26
Tablo 5. Merrill (1991)'e göre Üretim İndeks değerlerinin Kaynak Kaya olgunluğunu gösteren sınıflama.....	26
Tablo 6. Jarvie ve Barker (1984)'ın yaptığı kayaç türü ve olgunlaşmayı gösteren sınıflama.....	26
Tablo 7. Clementz vd. (1979) tarafından $S_2/S_3$ oranının Kerojen tipini gösterdiği sınıflama .....	27
Tablo 8. Espitalie vd. (1977)'ye göre Potansiye verimin ( $S_1+S_2$ ) Kaynak Kaya potansiyelini gösteren sınıflama.....	28
Tablo 9. KEY-12/1 kuyusuna ait bitümlü şeyl örneklerinin piroliz analiz sonuçları.....	34
Tablo 10. KEY-12/2 kuyusuna ait bitümlü şeyl örneklerinin piroliz analiz sonuçları.....	40
Tablo 11. KEY-12/3 kuyusuna ait bitümlü şeyl örneklerinin piroliz analiz sonuçları.....	46
Tablo 12. KEY-12/4 kuyusuna ait bitümlü şeyl örneklerinin piroliz analiz sonuçları.....	52
Tablo 13. Yeniköy (Konya-Ereğli) bitümlü şeyl örneklerine ait gaz kromatogramlarından hesaplanan parametreler.....	58

## SEMBOLLER-KISALTMALAR DİZİNİ

GC : Gaz Kromatografisi

Hİ : Hidrojen İndeks

HK : Hidrokarbon

KEY : Konya-Ereğli-Yeniköy

MTA: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

Oİ : Oksijen İndeksi

Ph : Fitan

Pr : Pristan

PÜ : Potansiyel Ürün ( $S_1+S_2$ )

$S_1$  : Kayaç içerisindeki serbest hidrokarbon miktarı

$S_2$  : Kerojenin piroliz sonrasında ısıl parçalanması ile açığa çıkan hidrokarbon miktarı

$S_3$  : Kerojenin piroliz sonrasında ısıl parçalanması ile açığa çıkan  $CO_2$  miktarı

$S_4$  : Kalıntı karbon, oksidasyon sırasında açığa çıkan  $CO_2$  miktarı

$T_{max}$  :  $S_2$  pikinin maksimum olduğu zamanki sıcaklık değeri

TOK : Toplam Organik Karbon

Üİ : Üretim İndeksi ( $S_1/(S_1+S_2)$ )

## **1. GENEL BİLGİLER**

### **1.1. Giriş**

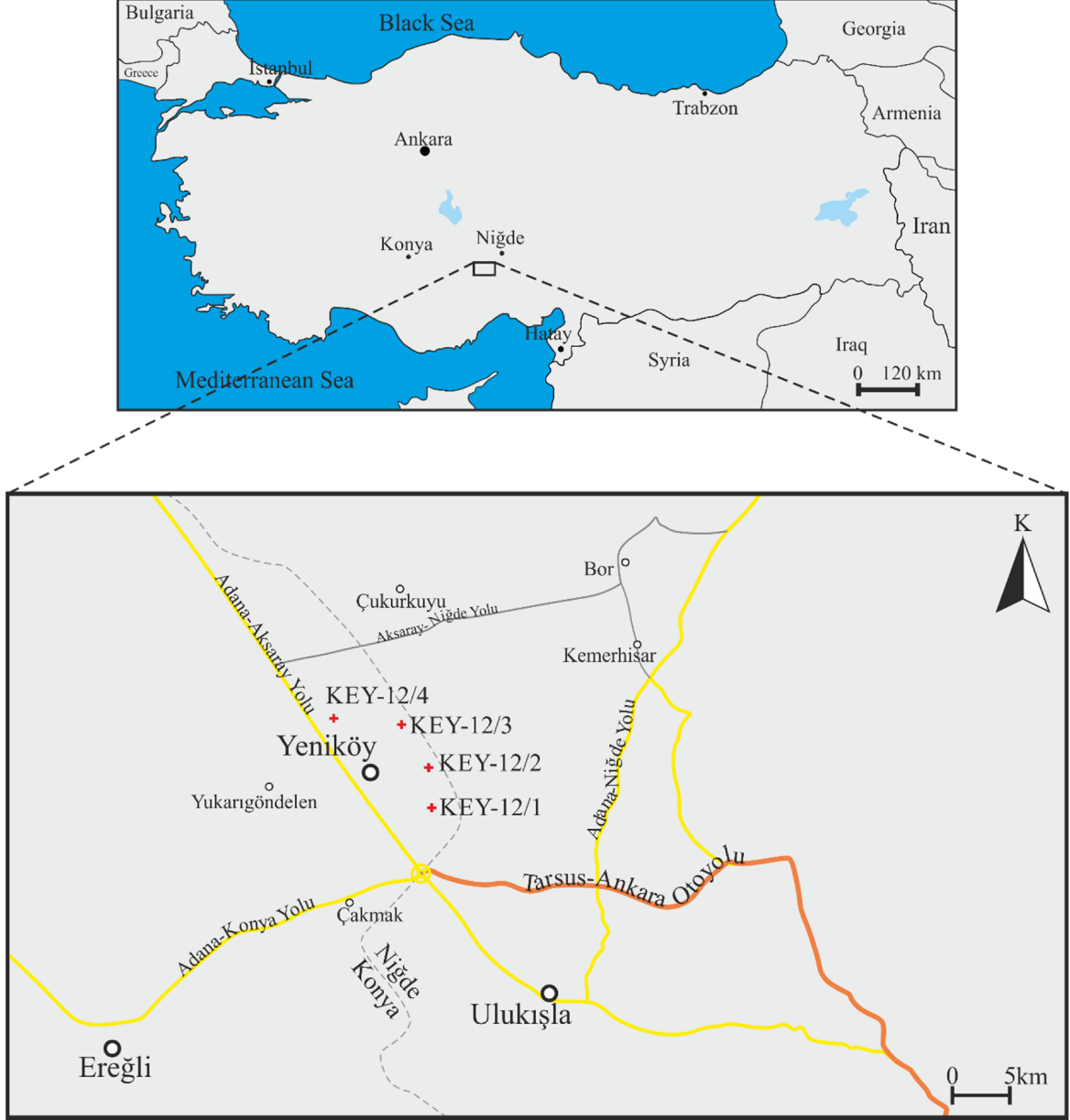
### **1.2. Çalışmanın Amacı**

Yüksek lisans tez projesi olarak hazırlanan bu çalışmada; MTA tarafından Konya Ereğli-Bor havzası içerisinde yer alan Yeniköy köyü mevkiinde yapılan 4 sondajın organik jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Kuyu sonlarının 704 ile 825.60 metre arasında değiştiği sondajların, bitümlü şeyl seviyeleri içeren Katrandedetepe Formasyonunu kesen derinliklerinden 76 örnek alınmıştır. Kuyuların birbirlerine uzaklıkları 2.5-4 kilometre arasında değişirken ilk ve son kuyu arası mesafe yaklaşık 7 kilometredir. Kaynak kaya özellikleri incelenen Katrandedetepe Formasyonu daha önceki çalışmalarda sınırlı örselenmiş yüzey örneği veya daha az sayıda alınmış sondaj numuleri aracılığı ile incelenmiştir.

Önceki çalışmalara nazaran çok daha fazla örnek üzerinde inceleme yapılan bu çalışmada, formasyonun derinliğe göre organik madde miktarı, olgunluğu, organik madde tipi ve çökelme ortamı değişimi ilk defa incelenmiş ve yorumlanmıştır. Örnekler üzerinde gözlenen canlı petrol emareleri bölgede petrol türümünün olduğunu düşündürsede, aynı bölgede yapılan önceki çalışmalarda olgunlaşmanın görülmemesi bu durumun sorgulanmasına neden olmuştur.

### **1.3. Coğrafi Konum**

Çalışma alanı 1:25.000 ölçekli M32-C<sub>1</sub> ve C<sub>2</sub> paftaları içinde, Niğde-Ulukışla ve Konya-Ereğli arasında kalan Konya iline bağlı Yeniköy çevresinde 60 km<sup>2</sup> bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası

#### 1.4. Önceki Çalışmalar

Bölgede jeolojik ve ekonomik amaçlı çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan önemlileri aşağıda özetlenmiştir.

Türkunal (1972), Konya-Ereğli bölgesinde yaptığı çalışmalarda, bölgenin petrol kapanımı açısından herhangi bir yapısal unsura sahip olmadığını, gerekli fosil ve canlı petrol emarelerine rastlanmadığını belirtmiştir. Ayrıca yaptığı çalışmalarda bölgedeki geniş

yayımlı kumtaşı-kiltaşı aralanmalarının sıg denizel ortamda çökeldiğini ve bu aralanmanın Eosen fişine ait olduğunu belirtmiştir.

Oktay (1982), Ulukışla ve çevresinin stratigrafisini ve jeolojik evrimini incelemiştir. Bu çalışmaya göre Tuz Gölü Havzası Üst Kretase'de okyanusal nitelikte olduğu ortaya konulmuştur. Üst Kretase'de Tuz gölü havzasında gelişen kuzeye doğru dalan dalma-batma zonu sonrasında havzada doğu-batı doğrultulu bir ada yayı geliştiğini ve bölgedeki okyanusun varlığının Lütésiyen sonlarına kadar devam ettiğini ifade etmektedir. Bölgenin, Üst Miyosen-Alt Miyosen zamanında yeni tektonik hareketlere ve iklime bağılı olarak oluşan yeni bir çökeme dönemine girdiğine işaret ederek Üst Miyosen'de yeni tektonik rejim içinde gelişen çukurluklarda oluşan göllerde önce kırıntılı sonra karbonat ve daha sonra yine kırıntılı çökemesi olduğunu belirtmiştir.

Yoldaş (1973), Niğde-Ulukışla batısındaki Katrandedetepe ve Tepeköy'deki Solağınarkaç mevkilerinde bulunan bitümlü şeyllerin özelliklerini ve ekonomik olanaklarını belirlemek için çalışmalarda bulunmuştur. Çalışma sırasında bölgenin 1/25.000 ve 1/10.000 ölçekli detay haritaları yapılmıştır. 490 km<sup>2</sup>'lik çalışma alanında Eosen yaşlı Güney Formasyonunun volkanik ara katkılar içeren kumtaşı-şeyl aralanması şeklinde olduğunu ve Üst Miyosen yaşlı gösel birimler tarafından diskordans ile örtüldüğünü ifade etmektedir. Altay Formasyonunun kızıl ve yeşil renkli kumtaşı-şeyl aralanmasından oluştuğunu berlirten Yoldaş (1973), birimin kalınlığını 200-250 m olarak hesaplamıştır. Altay Formasyonunun üstüne gelen Ulukışla formasyonuna ait killi kireçtaşı-şeyl aralanması 50 m olarak ölçülürken bitümlü şeyl kalınlığının yer yer 13 m'ye ulaştığını belirtmiştir. Bitümlü şeyllerin ekonomik özellikleri için yapılan kimyasal analizlerde ısı değerleri 0-2790 Kcal/kg, bitüm oranları % 0-13.7 olarak ölçmüştür.

Demirtaşlı ve diğeri (1986), Bolkardağları ile Ereğli-Ulukışla Havzasının Genel Jeolojisi isimli çalışmasında bölgenin yapısal ve stratigrafik özelliklerini belirlemek için 1/25.000 ölçekli harita hazırlamışlar ve formasyonların özelliklerini detaylı bir şekilde vermişlerdir. Ereğli-Ulukışla Havzasında bulunan Üst Kretase-Paleosen ve Eosen yaşlı formasyonların filiş fasiyesinde geliştiklerini belirtmişlerdir.

Ayhan ve diğeri (1986), Karağınar-Ereğli (Konya)-Ulukışla (Niğde) civarının jeolojisi adlı çalışmalarında bölgenin 1/25.000 ölçekli haritasını yaparak bölgenin jeolojisini ve stratigrafisini açıklamışlardır. Üst Eosen-Oligosen döneminde havzada evaporasyonun hakim olduğunu, Miyosende ise akarsu ve göl sedimantasyonunun etkin olduğunu belirtmişlerdir.

Murat (1996), Ereğli-Ulukışla Tersiyer havzasında evaporitler arasında yer alan kireçtaşı merceklerinin içindeki sölestinlerin yayılımı ve ekonomikliğini tespit etmek amacı ile çalışmalar yapmıştır. Sölestinlerin kireçtaşları içinde çatlak ve boşluk dolgusu olarak yerleştiğini ifade ederek yeterli serbestleşmenin olmamasından ötürü ekonomik yönden önemsiz olduğunu belirtmiştir.

Murat ve Kadıncık (2009), Karapınar-Ayrancı havzasında kimyasal sedimanter hammaddeler ile diğer hammaddelerin varlığını belirlemek amacı ile çalışmalarda bulunmuşlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda Kavuklar Köyü civarındaki sondajlarda toplam 24 m kalınlığındaki linyit zonunun varlığını belirlemişlerdir.

Sonel ve Sarı (2004), Ereğli-Ulukışla havzasının hidrokarbon potansiyelinin incelenmesi adlı çalışmalarında, havzanın güney bölgesindeki Üst Kretase yaşlı Çiftehan, Paleosen yaşlı Halkapınar ve Eosen yaşlı Hasangazi Formasyonlarının Rock-Eval ve Gaz Kromotografi analizlerini yaparak hidrokarbon potansiyellerini değerlendirmişlerdir.

Pusat (2005), Ulukışla (Niğde) bitümlü şeyllerin jeolojisi ve jeokimyası isimli yüksek lisans tezinde Katrandedetepe Formasyonunun mostra verdiği 3 lokasyonundan 8 örneğin TOK, XRD, inorganik ana ve iz element analizlerini yaparak bu analizler sonucunda bölgenin sentetik petrol açısından verimli ve iz element potansiyeli açısından önemsiz olduğunu belirtmiştir.

Sağlam (2011), Bor Ulukışla (Niğde) Neojeninde bitümlü şeyl petrol ilişkisi isimli yüksek lisans tezinde sondaj çalışması ile yüzeye çıkarılmış beş karot örneğinin piroliz sonuçları ile kerojen tiplerini belirlemiş ve retortlama yöntemi ile petrol ve gaz verimliliklerinin derinliğe bağlı değişimlerini göstererek ham petrolün anakayayı terk etmediğini belirtmiştir.

Sınacı (2006), Ereğli-Ulukışla havzası Güney Formasyonu nannoplankton sistematiği isimli tez çalışmasında, Güney Formasyonundan alınan örnekler ile formasyonun nannoplankton biyostratigrafisini inceleyerek, 18 cins ve 46 tür ile 5 biozon belirlemiştir.

Soner (2008), Ereğli-Ulukışla basisinin petrol kaynak kaya karakteristiklerini incelediği çalışmasında, Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı derin deniz ortamında çökelen şeyller ile Orta-Üst Eosen yaşlı kıtasal yamaçta çökelen şeyl ve kumtaşı örneklerini incelemiştir. Çalışmada incelenen Çiftehan, Halkapınar ve Hasangazi formasyonlarından alınan örneklerin organik madde tipi ağırlıkla karasal Tip III ve karasal Tip IV olduğu, TOK değerlerinin %0.04-0.73 değiştiği belirtilmektedir. Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlı



örneklerin erken olgun seviyede Orta-Üst Eosen yaşlı örneklerin ise olgunlaşmamış evrede olduklarını belirlemiş, pristan/fitan oranları ile çökme ortamının anoksikten oksijene doğru olduğunu belirtmiştir.

Sonel (2009), Ereğli-Ulukışla baseninde bulunan Üst Kretase, Orta-Üst Eosen yaşlı kumtaşlarının petrografisi, kökeni ve rezervuar karakteristiklerini incelediği çalışmasında kumtaşlarının orojenik ve kıvrım-bindirme kuşaklarından türediğini belirtmiştir. Kumtaşlarının ortalama %25 kil matriksi ve kalsit çimentodan oluştuğunu ve gözenekliliğinin 1.96-3.80 arasında, geçirimsizliği ise 1 mD'den az olduğunu hesaplamışlar ve bu kumtaşlarının zayıf rezervuar kaya özelliği gösterdiğini belirlemiştir.

## **1.5. Bölgesel Jeoloji**

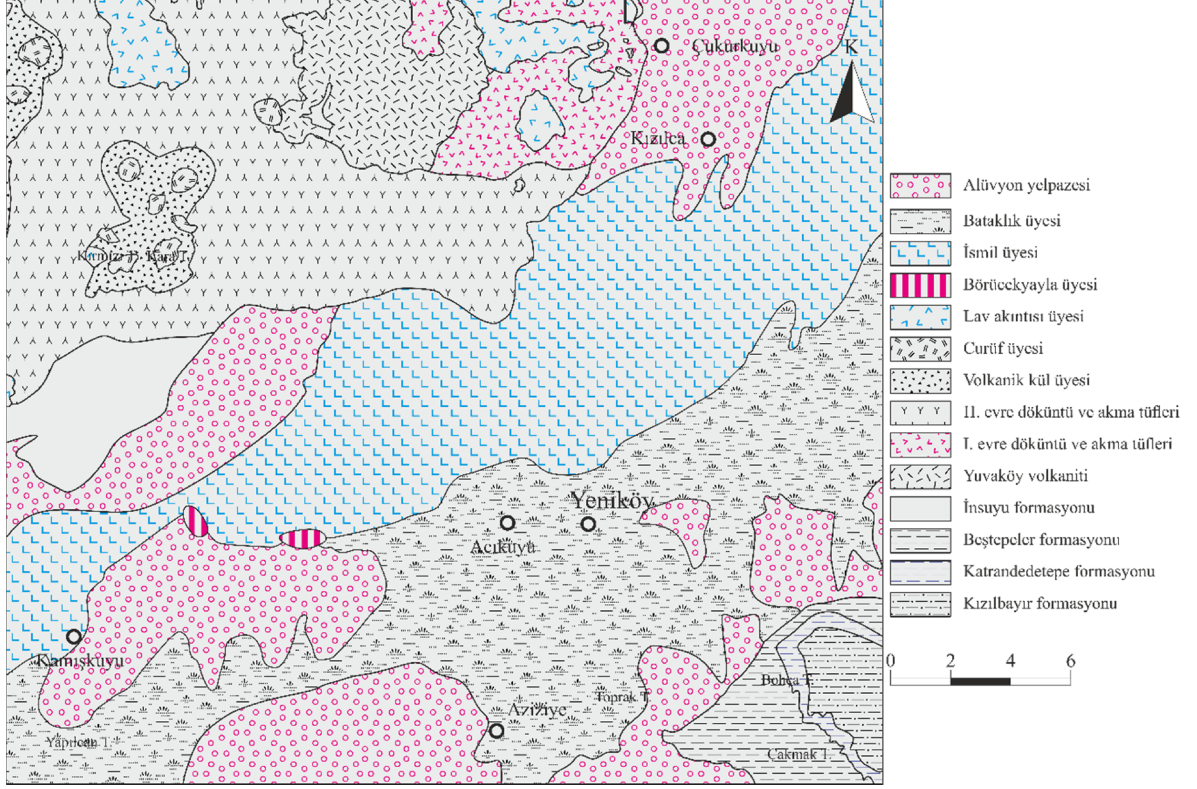
Çalışma alanı olan Ereğli-Bor havzası Alt Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalardan oluşan ve ilk kez Ketin (1956) tarafından tanımlanan Niğde Masifinin doğusunda bulunmaktadır. Niğde Masifi genel olarak gnays, mermer, kuvarsit ve amfibolitler ile temsil edilmektedir. Literatürde Niğde Masifi metamorfiklerine Niğde Grubu da denilmektedir (Göncüoğlu, 1977).

Ulukışla ve çevresinde Üst Kretase'de görülen ofiyolit yerleşmesinin ardından (Şimşin Fm; Ketin ve Akarsu, 1965; Bolkardağ kuzeyindeki melanj; Demirtaşlı vd., 1973) günümüze kadar oluşan istifler tektonik ve litostratigrafik özelliklerine göre Oktay (1982) tarafından Ulukışla Gurubu, Kılan Grubu ve Bohçadikmen Grubu olarak üç gruba ayrılmıştır.

### **1.5.1. Ulukışla Grubu**

Bölgede ofiyolitinin üzerine Paleosen-Eosen yaşlı ve ilk olarak Demirtaşlı vd. (1973) tarafından tanımlanan Ulukışla formasyonu gelmektedir. Oktay (1982) tarafından ise bölgedeki sığ-denizel tortullar, deniz altı volkanitleri ve bunlar içinde dayk yada sığ sokulumlar şeklinde yerleşen siyenitik-monzonitik magmatitlerden oluşan birimlere Ulukışla grubu adı verilmiştir. Ulukışla Grubu, Sansartepe Formasyonu, Serenkaya Formasyonu, Başmakçı Kireçtaşı, Cehirtepe Siyeniti, Karatepe Kireçtaşı, Güney

Formasyonu, Tayhacı Andeziti ve Dikmendedetepe Trakitinden oluşmaktadır (Oktay, 1982).



Şekil 2. Çalışma Alanının Genel Jeoloji Haritası (MTA 1/100000'lik haritasından sadeleştirilerek alınmıştır).

### 1.5.2. Kılan Grubu

Kılan grubunun Ulukışla Grubu üzerine açılal uyumsuzlukla gelmesi, Üst Lütésiye'n'de başlayan bir tektonik hareket ile ada yayı ve Bolkardağ arasında kalan bölgenin deforme olarak su üzerine çıktığını göstermektedir (Oktay, 1982). Kılan Grubu, Zeyvegediği Anhidritleri, Kurtulmuştepe Formasyonu, Kızılöz Formasyonu, Kızıltepe Traverteni olarak dört birime ayrılmıştır (Oktay, 1982).

### 1.5.3. Bohçadikmen Grubu

Kılan gurubunun üzerine uyumsuz olarak gelen Bohçadikmen grubu Oktay (1982) tarafından Kızılbayır formasyonu, Katrandedetepe formasyonu, Beştepeler formasyonu olarak üç birime ayrılmıştır.

Kızıltepe traverteninin üzerine gelen Üst Miyosen-Orta Miyosen yaşlı Kızılbayır Formasyonu, tabanda kırmızı-yeşil renkli, çakıllı killer ile başlayarak, üste doğru merceksel çapraz tabakalı kumtaşı, çakıltaşı ara tabakaları ile devam etmektedir. Birimin en üstünde ise giderek kalınlaşan marn ve kireçtaşı seviyeleri gözlenmektedir (Ulu, 2009).

Kızılbayır Formasyonunun üzerine uyumlu olarak, çalışmanın hedefinde bulunan Üst Miyosen yaşlı Katrandedetepe Formasyonu gelmektedir. İlk olarak Yoldaş (1973) tarafından Altay Formasyonu olarak adlandırılan birim Oktay (1982) tarafından Katrandedetepe Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Ortalama kalınlığı 200 m olan birim tabanında iyi laminalı kahverengimsi gri renkli bitümlü şeyller içeren yeşil renkli marn ve bej renkli kireçtaşları ile başlamaktadır; üste doğru yeşil-beyaz renkli marn ve krem renkli gölsel kireçtaşları ile devam ederek üst bölümlerde kumlu, siltli ara tabakalar görülmektedir.

Göllerin sığlaşması ile birlikte Beştepeler Formasyonu çökmeye başlamıştır. Formasyon tatlı su gölünde çökelen kenar fasiyeslerinden oluşmaktadır (Ulu, 2009). İlk defa Yoldaş (1973) tarafından isimlendirilen Beştepeler Formasyonu tabanında konglomera ara katkılı yeşil kumtaşları ile başlayarak, üste doğru killi kireçtaşı ara katkılı kumtaşı-kiltası-konglomera ardalanması olarak devam eder. Birimin en üst seviyesi ise tamamen konglomeralardan oluşmuştur.

### 1.6. Genel Jeoloji

İnceleme alanı Oktay (1982) tarafından yapılan çalışmaya göre Ulukışla Gurubu, Kılan Grubu ve Bohçadikmen grubu olarak üç gruba ayrılmıştır. Ulukışla Grubu, Sansartepe Formasyonu, Serenkaya Formasyonu, Başmakçı Kireçtaşı, Cehirtepe Siyeni, Karatepe Kireçtaşı, Güney Formasyonu, Tayhacı Andeziti ve Dikmendedetepe Trakitinden

GRUP	YAŞ	FORMASYON	LİTOLOJİ	ÖZELLİKLER
BOHÇADIKMEN GRUBU	PLİYÖSEN(?) ÜST MİYOSEN	BEŞTEPELER FM		Merceksel çakıllı marnlı, gevşek tutturulmuş kalsit-jips çimentolu kumlar
	ÜST MİYOSEN	KATRANDEDETEPE FM		Kırıntılı ara katkılı, bitümlü şeyl seviyeleri içeren yeşil marn beyaz kireçtaşı ara katkılı yeşil marn(GÖLSEL)
	ÜST MİYOSEN ORTA MİYOSEN(?)	KIZILBAYIR FM		Marn-kçt ara katkılı bitümlü Şeyl kırmızı-yeşil kil, çapraz tabakalı çakıllı kireçtaşı mercikleri
KILAN GRUBU	ORTA MİYOSEN(?)	KIZILTEPE TRAVERTENİ		Açısal uyumsuzluk Bitki ve yaprak fosili içeren traverten
	ALT - ORTA MİYOSEN	KIZILÖZ FM		Yeşil-kırmızı çakıllıtaşı, kumtaşı, çamurtaşı ardalanması (AKARSU)
	ALT MİYOSEN ÜST OLİGOSEN	KURTULMUŞTEPE FM		Kahverengi gösel kireçtaşı Kahverengi-kırmızı-yeşil marn
	OLİGOSEN Üst Eosen	ZEVVEGEDİĞİ FM		Kireçtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ardalanması Anhidrit
ULUKIŞLA GRUBU	LÜTESİYEN	GÜNEY FM TAYHANCI ANDEZİTİ DİKMENDEDETEPE TRAKİTİ		Açısal uyumsuzluk Kırmızı, gri çamurtaşı-kireçtaşı kalsitürbitik kaba kumtaşı Ekzolitik bloklü trakitik andezit
		KARATEPE KİREÇTAŞI		Nimülitli, mercanlı, gastrapodlu kireçtaşı
	ÜST PALEOSEN	CEHRİYETEPE SİYENİTİ		Siyenit
		BASKAMÇI KİREÇTAŞI		Resifal nimülitli kireçtaşı
		SERENKAYA FM		Şeyl, volkanik çakıllı konglomera
		KÖYDERESİ TRAKİTİ		Şeyl, silt, kumtaşı Bloklü kaba konglomera
SANSARTEPE FM		Monzonitik sıg sokulumlar (trakiandezit) bazlat-olivin dolerit bileşimli yastık lavlar, ince ara tabakalı kireçtaşı		
ÜST KRETASE ÖNCESİ	TEMEL		Serpantin, rayolarit, çörtlü kireçtaşı, globoturunkanalı kireçtaşı, kalkşist-kuvars, serizit-muskovit şist, kristalin kireçtaşı	

Şekil 3. Ereğli-Bor Havzasının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesit (Oktay,1982'den sadeleştirilerek alınmıştır.)

oluşmaktadır. Kılan Grubu, Zeyvegediği Anhidritleri, Kurtulmuştepe Formasyonu, Kızılöz Formasyonu, Kızıltepe Traverteninden meydana gelirken, Bohçadikmen Grubu ise Kızılbayır Formasyonu, Katrandedetepe Formasyonu, Beştepeler Formasyonundan oluşmaktadır.

Yüksek lisans tezi kapsamında incelenen örneklerin alındığı ve MTA tarafından yapılan KEY/12 sondajlarında dört formasyon kesilmiştir. Yapılan sondajlara ait dikme kesitler Şekil 4, 5, 6 ve 7’de verilmiştir. Kuyularda kesilen formasyonlar; Eosen yaşlı Güney Formasyonu, Orta-Üst Miyosen yaşlı Kızılbayır Formasyonu, Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Katrandedetepe ve Beştepeler Formasyonlarıdır.

### **1.6.1. Güney Formasyonu**

Dellaloğlu ve Aksu (1986) tarafından Ovacık Formasyonu olarak adlandırılmasına rağmen, istifin en iyi gözlendiği yer Ulukışla ilçesine bağlı Güney Köyü çevresi olması nedeni ile bu çalışmada Oktay (1982)’nin yaptığı adlandırma olan Güney Formasyonu kullanılacaktır. Tip mevkisinde ve Ulukışla güneydoğusunda farklı fasiyes ve yaşlarda izlenir (Oktay, 1982). Depolanma derinliği havzanın tabanına bağlı olarak kuzeyden güneye doğru farklılık göstermektedir. Güney Formasyonu sondaj kuyularından sadece KEY-12/1 kuyusunda 700 metre derinliğinden sonra görülmektedir (Şekil 4).

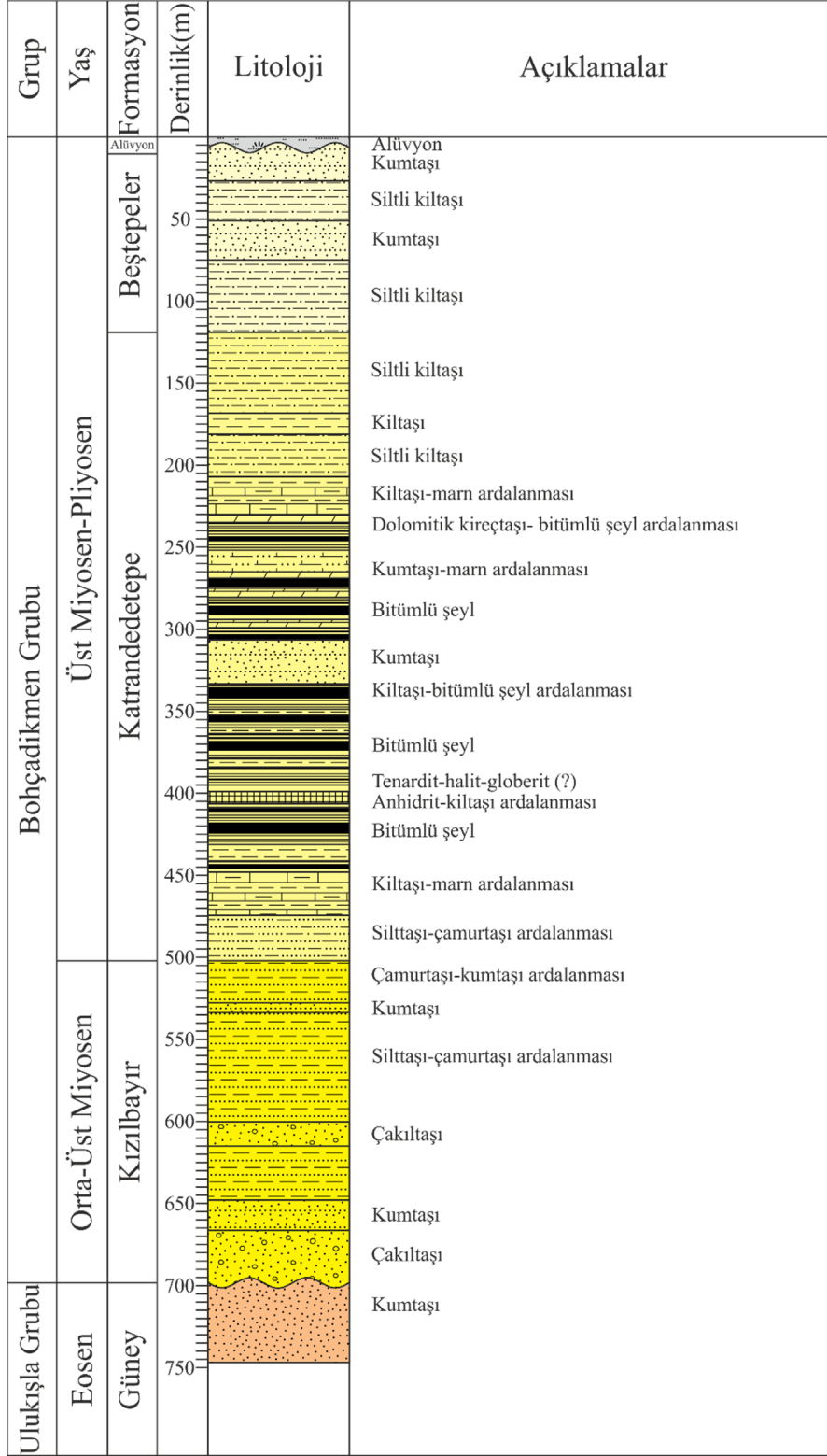
Tip kesit kalınlığı 880 metre olsa da formasyon litoloji ve kalınlık açısından büyük değişimler göstermektedir. Ulukışla’nın çevresinde 365 metre kalınlığında kumtaşı-çakıltası ardalanması olarak gözlenirken doğuya gidildiğinde Porsuk köyü çevresinde genellikle 90 m, Ulukışla-Niğde yolu üzerindeki Çaykavak geçidi doğusunda ise 160 m kalınlığında kumtaşı-çakıltası-şeyl ardalanması şeklinde gözlenmektedir. İstifin alt kesimindeki kaba taneli kırıntılıların içirişinde gözlenen merceksellik, çapraz tabakalanmalar ve yanal olarak hızlı litolojik değişimler sığ-derin denizel koşullarda ki hızlı bir çökelişi işaret etmektedir. Üst kesimlerde gözlenen kumtaşı-şeyl tabakalarının kalınlık ve yoğunluklarının değişmesi, çakıltası-kumtaşı-şeyl istiflerinin geçişlerinin aşınmalı-kanallı oluşu, büyük oygu yapıları, yaygın içyapı olarak dereceli tabakaların gözlenmesi ve yer yer kayma yapılarının görülmesi sığ denizel çökeliş koşullarının değişerek ortamın derinleştiğini göstermektedir.

Sınacı (2006)'ya göre Güney Formasyonu içerdiği nannoplankton biyozonları ile Geç Paleosen-Erken Eosen yaşındadır. Formasyonun içerdiği, Discoaster multiradiatus Zonu (Tanesiyen), Heliolithus ridelii Zonu (Tanesiyen), Heliolithus kleinpellii Zonu (Geç Selandiyen-Erken Tanesiyen) ve Fasciculithus tympaniformis Zonu (Geç Selandiyen) ile Geç Paleosen yaşında olduğu, Tribrachiatus contortus Zonu (İpresiyen) ile Erken Eosen yaşında olduğu anlaşılmıştır (Sınacı, 2006).

### **1.6.2. Kızılbayır Formasyonu**

Oktay (1982) tarafından ilk defa isimlendirilen formasyon, en iyi Altay köyünün güneybatısında bulunan Kızılbayır mevkinde görülmektedir. Üst-Orta Miyosen yaşlı olan birim Hacıbekirli köyü ile Altay köyü arasında KD-GB yönlü yayılım göstermektedir. Kızılbayır Formasyonu bölgede göl ve akarsu ortamında çökelen ilk istifdir. Formasyon, Hacıbekirli kuzeyinde Gelinkayaları civarında, Katrandedetepe doğusunda, Bohçadikmen Tepesi güneyinde, Şahingüzmesi Sırtının doğusunda ve Altay köyü civarında geniş yayılım göstermektedir. Kızılbayır Formasyonu Yoldaş (1973)'ün çalışmasına göre Altay Formasyonuna karşılık gelmektedir.

Formasyonun kalınlığı yaklaşık olarak 200-250 m civarındadır. KEY/12-1 kuyusunda 200 metre kesilen birim KEY/12-2 ve KEY/12-4 kuyularında yüzeyden 665 ve 775 metre derinliklerinde kesilmiş fakat kuyu sonlandırıldığı için tam kalınlığı görülememiştir. Tabanında Zeyvegediği Anhidritleri üzerine diskordan olarak gelir. Altay köyü doğusunda Serenkaya Formasyonu üzerine ise tektonik uyumsuzluk ile gelmekte ve üstüne gelen Katrandedetepe Formasyonu ile uyumlu bir geçiş göstermektedir. Gölsel ve akarsu koşullarında oluşan formasyonun tanelerinin kötü boylanmalı ve iyi yuvarlaklaşmamış oluşu, kısa mesafelerden taşınan kırıntıların çalkantılı bir ortamda çökeldiğini göstermektedir.



Şekil 4. KEY-12/1 kuyusunun dikme kesiti

Kızılbayır Formasyonu gözleendiği lokasyonlarda litolojik olarak farklılıklar göstermektedir. Altay köyü KD'sunda kırmızı-yeşil renkli kumtaşı kıltaşı ardalanması şeklinde görülürken içerisinde jipsli su getirimi sonrası oluşan jips damarları da bulunmaktadır. Kızılbayır mevkiinde, tabanında kırmızı-yeşil renkli iri çakıllı killer gözlenen birim, üste doğru gidildikçe merceksel-çapraz katmanlı kumtaşı-çakıltası aratabakaları ile devam ederek en üstte marn ve kireçtaşının artması ile Katrandedetepe Formasyonuna geçiş yapar. Hacıhüseyinler Obası mevkiinde tabanında kırmızı-yeşil çakıllı killer, gevşek çimentolu pembe renkli, içinde beyaz ve siyah renkli kristalize kireçtaşı ve çakıllar içeren çakıltası seviyesi ile başlar. Üzerine kahve renkli genellikle çapraz tabakalı kumtaşı ve kırmızı-yeşil renkli kıltaşı ardalanması gelmektedir. Bu ardalanmanın içerisinde 3-5 m kalınlığındaki kireçtaşı seviyeleri ve kalınlığı 1-20 cm arasında değişen kömür seviyeleri bulunmaktadır. Fakat bu ara seviyeler merceksel olarak bulunurlar ve yanal devamlılıkları yoktur.

Kızılbayır Formasyonunun yaşını verecek paleontolojik çalışmalar olmasada üzerine uyumlu gelen Katrandedetepe Formasyonunun Üst Miyosen yaşlı olması dolayısıyla formasyonun, Orta-Üst Miyosen yaşlı olduğu düşünülmektedir.

### **1.6.1. Katrandedetepe Formasyonu**

İlk defa Yoldaş (1973) tarafından Ulukışla Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Formasyon tipik olarak Niğde-Ulukışla Tepeköy Köyü Katrandedetepe mevkiinde gözleendiği için Oktay (1982) tarafında Katrandedetepe Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Katrandedetepe Formasyonu altındaki Kızılbayır Formasyonu ve üzerindeki Beştepeler Formasyonu ile uyumludur. Hafif bir eğim ile Ereğli-Bor havzası alüvyonları altında kalmaktadır.





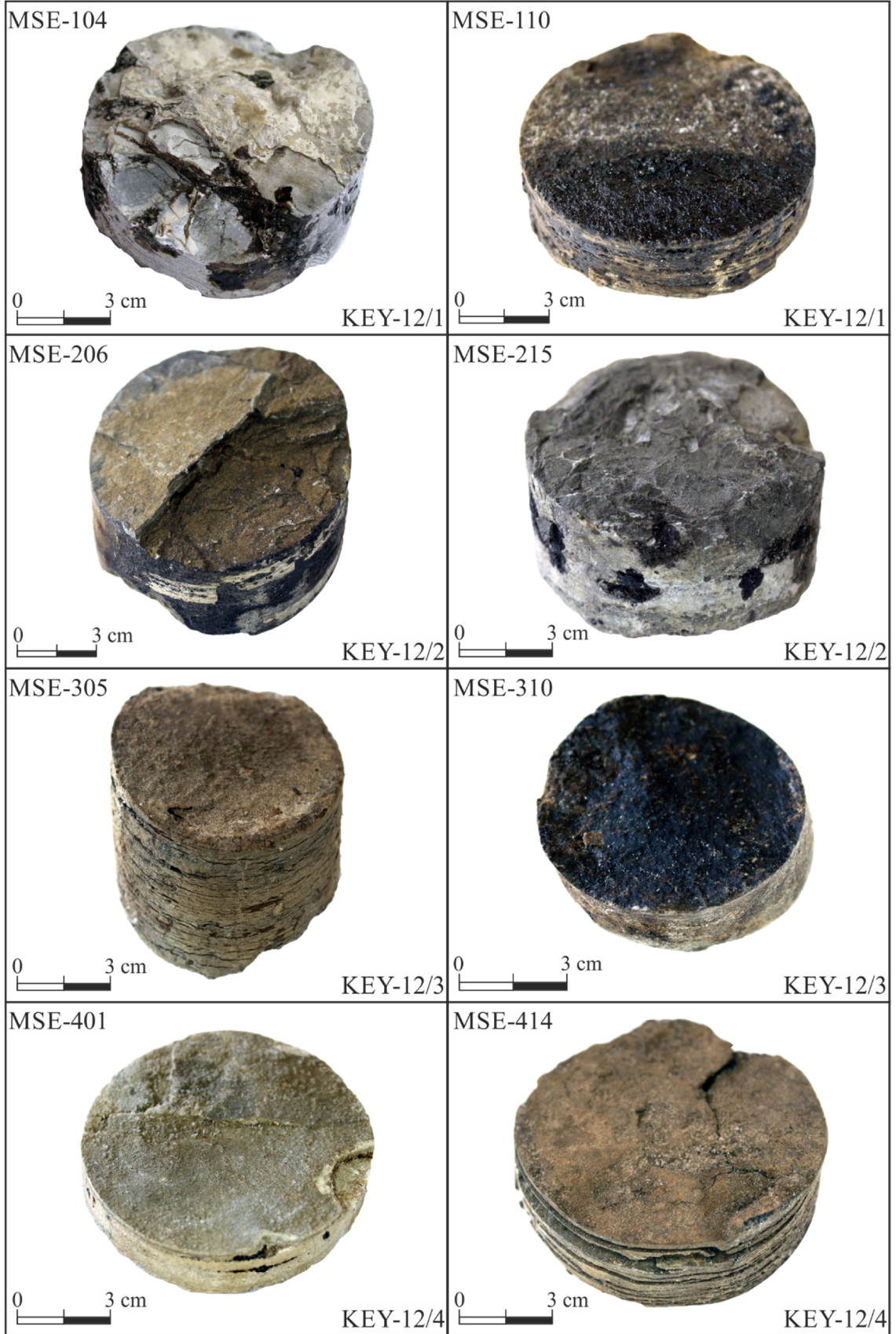
Katrandedetepe Formasyonu da üzerine geldiği Kızılbayır Formasyonu gibi gösel ortamda çökelmiştir. Chara gibi tatlı su yosunlarının varlığı göl sularının tatlı olduğunu göstermektedir (Yoldaş, 1973).

Katrandedetepe Formasyonu, üzerine uyumlu olarak geldiği kırmızı-yeşil renkli Kızılbayır Formasyonundan kirli beyaz rengi ile kolaylıkla ayırt edilmektedir. Üzerine geldiği Kızılbayır Formasyonuna uyumlu ve paralel bir şekilde yayılım göstermektedir. Kuzeyde, Güçük Tepe doğusunda, Boztepe'de, Çakmaktepe kuzeyinde, Beştepeler civarında gözlenen formasyon güneyde, Karakaya Tepe'de, Katrandedetepe ve Tozlu Tepe'de yayılım göstererek Hacıbekirli batısındaki Çayhan vadisinde kamalanarak sona ermektedir.

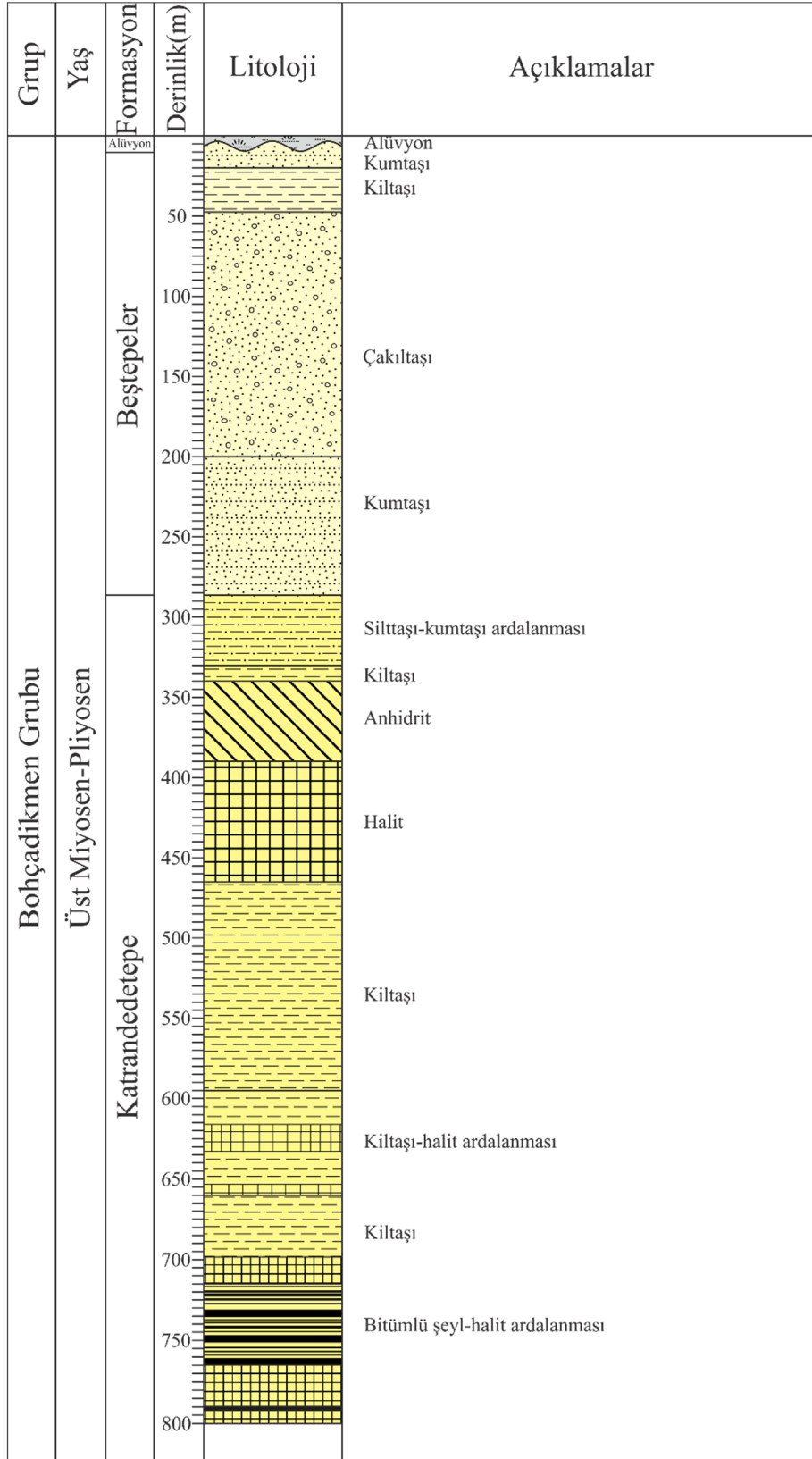
Katrandedetepe Formasyonu genelinde killi kireçtaşı-marn ardalanması şeklindedir. Tabanında genel olarak yeşil marn, bej kireçtaşı ardalanması görülmektedir. Ayrıca kalınlığı 1-40 cm arasında değişen birçok iyi laminalı kahverengimsi gri bitümlü şeyl seviyesi içermektedir. Bitümlü şeyller evaporitler ile ardalanmalı olarak görülmektedir. Formasyonun bitüm içeriğinin arttığı yerlerde rengi koyu kahve-siyah olarak değişmektedir.

Formasyon tip kesitinde 200 metre kalınlıkta görülmektedir. Ancak MTA'nın yaptığı sondaj çalışmalarında formasyon kalınlığının 263-515 metre arasında değiştiği ve havzanın gömülmesiyle beraber kalınlığının arttığı belirtilmiştir.

Yoldaş (1973), aldığı bitümlü şeyl örneklerinde spor ve polenlere göre yaptığı yaşlandırmada formasyonun yaşını Üst Miyosen olarak tespit etmiştir. Oktay (1982), birimin tabanında bulunan yeşil marnlardan derlediği *Cypris* sp., *Caspioeypris* cf. *Candida*, *Lymnocythere luculente*, *Candona dedectoformis*, *C. Ricca*, *Ilyocypris* sp., *Lymnocythere* (*Leptocythere*) *prebaquana* Ostracod faunasına göre yaptığı yaşlandırmada Alt Ponsiyeni (Üst Miyoseni) işaret etmektedir.



Şekil 6. Sondajlarda kesilen Katradedetepe formasyonuna ait bitümlü şeyllerin karot resimleri



Şekil 7. KEY-12/3 Kuyusunun dikme kesiti

### 1.6.2. Beştepeler Formasyonu

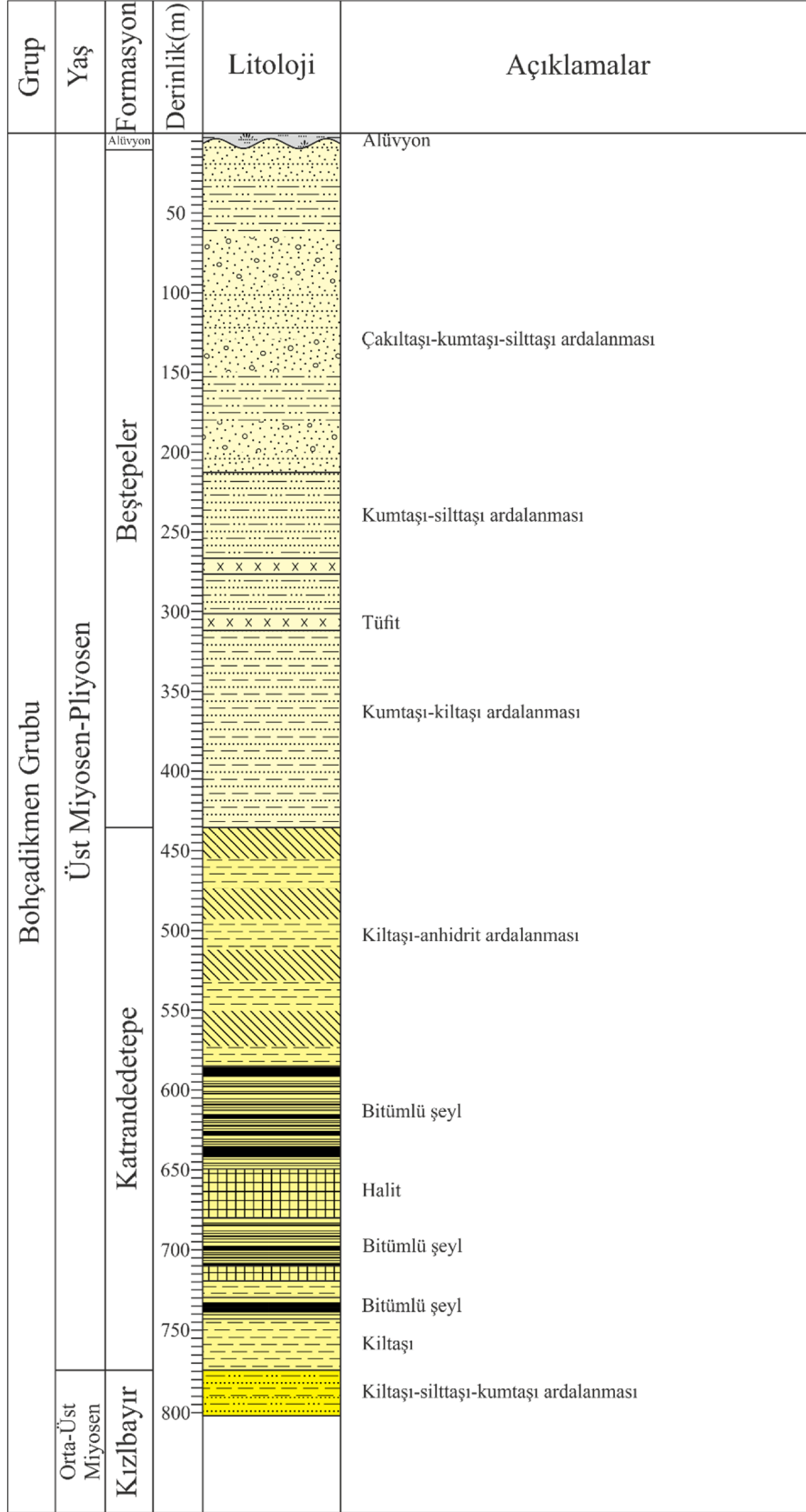
Beştepeler Formasyonu Ereğli-Bor havzasında akarsu ve göl ortamında çökelmiş olan en son formasyondur. KD-GB yönlü bir yayılım göstererek Katrandedetepe Formasyonunu uyumlu olarak örterek hafif bir eğim ile Ereğli-Bor havzası alüvyonlarının altında kalmaktadır. Tipik olarak Beştepeler civarında görüldüğü için Beştepeler Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Kuzeyde Gücük Tepe-Bögelek Tepe, Beştepeler, Tepeköy'ün güneydoğusu, Şeyhomerli, Çayhan, Hacıömerli kuzeyi, Bozdağ kuzeyinden ovaya kadar çok geniş bir yayılım gösterir. Formasyonun çökme ortamı akarsu, tatlı su gölüdür. Kırıntılı malzemenin çok oluşu daha çok sıg ve hareketli bir ortamı göstermektedir.

Formasyon kuzey bölgelerde çakıltaşı ara tabakalı yeşil kumtaşları ile başlamakta olup, killi kireçtaşı ara tabakalı kumtaşı-kıltaşı-konglomera ardalanması şeklinde görülmektedir. Üstüne gevşek tutturulmuş çakıltaşı gelmektedir. Hacıbekirli bölgesinin kuzeyinde ve Çayhan dolaylarında killi kireçtaşı-çakıltaşı ardalanması şeklinde görülen formasyon, çakıltaşı içinde merceksel şekilde görülen kumtaşları içermektedir.

Çakıltaşı kuzeyde, ince-orta, batıda orta-kalın tabakalı ve gevşek çimentolu ve iyi yuvarlaklaşmışlardır. Gevşek çimentolu olması sonucunda çabuk dağılarak çakıl yığınları haline gelmektedirler. Kumtaşları yeşilimsi-mor-kızıl renkte, kaba taneli tabakasız yer yer çapraz tabakalıdır. Kıltaşı yeşilimsi gri renktedir. Kalın tabakalı, yer yer kirli beyaz renkte killi kireçtaşı ara seviyeleri içermektedir.

Gölün sığlaşmasına bağlı olarak formasyon kalınlıkları değişmektedir. Formasyonun tip kesitinde ölçülen kalınlığı 150-200 metre civarında iken MTA'nın yaptığı sondaj çalışmaları sonrasında 223-435 metre arasında değişen bir kalınlığa sahip olduğu belirtilmektedir.

Formasyonun içerisinde yaşını gösterebilecek bir paleontolojik veriye rastlanmasa da stratigrafik ilişkiler göz önüne alındığında birimin yaşının Üst Miyosen-Pliyosen olması muhtemeldir (Oktay, 1982).



Şekil 8. KEY-12/4 Kuyusunun dikme kesiti

## **2. ORGANİK JEOKİMYA**

### **2.1. Giriş**

Organik Jeokimya çalışmaları ile Ereğli-Bor havzasında yer alan Konya-Yeniköy mevkiinde yapılmış dört sondajdan alınan bitümlü şeyl örneklerinin; organik jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

### **2.2. Teknik ve Yöntem**

Organik Jeokimya incelemeleri için bitümlü şeyl örneklerinin Toplam Organik Karbon (TOK), Piroliz (Rock-Eval VI) ve Gaz Kromatografisi (GC) analizleri yapılmıştır. Analiz için numuneler Karadeniz Teknik Üniversitesi örnek hazırlama laboratuvarında toz haline getirilmiştir. Toz halindeki numuneler, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) Araştırma merkezi, organik jeokimya laboratuvarlarında analiz edilmiştir.

#### **2.2.1. Toplam Organik Karbon (TOK) ve Rock-Eval Piroliz Analizleri**

Toplam organik karbon (TOK) ve Rock-Eval analizleri endüstride bir kayacın organik jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Bu analizler sonucunda elde edilen veriler ile kaynak kaya potansiyeli, olgunluğu, oluşmuş hidrokarbon ve hidrokarbon kalitesi hakkında yorumlar yapılabilmektedir. Bu yöntemler oldukça hızlı ve güvenilir sonuçlar vererek organik jeokimya çalışmalarında yoğunlukla kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında bir TOK modülü içeren Rock-Eval (VI) cihazı kullanılmıştır.

### 2.2.1.1. Toplam Organik Karbon (TOK) Analizi

Toplam organik karbon analizi, kayaç içerisinde toplam organik madde miktarını belirlemek için yapılmaktadır. Analiz sonucunda organik maddenin kayaç içerisindeki kütle yüzdesi hesaplanmaktadır.

Toplam organik karbon miktarı üç yöntem ile yapılabilmektedir. Bunlardan ilki, seçilmiş kırıntı örneklerinin toz haline getirilip HCl asit ile yıkandıktan sonra LECO cihazı ile analiz edilmesidir. LECO krozelerine konulan örnekler O<sub>2</sub> gazı ile cihazın fırınında 700-1600 °C sıcaklıkları arasında 70 sn boyunca yakılır. Yanma sonucu açığa çıkan CO<sub>2</sub> gazı sırası ile su, kükürt ve halojen tutucularından ve karbon miktarı bilinen bir örnek ile kalibre edilmiş detektörlerden geçirilerek 1 g örnekte bulunan karbon yüzdesi hesaplanır. İkinci yöntem ise Carmograf cihazı ile yakma yaparak yapılan ölçümdür. Yakma işlemi 1100 °C'de gerçekleştirilir. Son yöntem ise piroliz ve oksidasyon mekanizmalarını bir arada bulunduran Rock-Eval piroliz metodudur. Bu çalışmada TOK ve piroliz analizleri için Rock-Eval VI cihazı kullanılmıştır. Rock-Eval analizi bir sonraki başlıkta detaylı olarak anlatılacaktır.

Üç metodunda avantajları ve dezavantajları vardır. İlk iki yöntemde de karbonatların yüksek sıcaklıklardaki dekompozisyonundan kaçınmak için asit ile karbonatların kayaçtan uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu işlem çözünebilen organik maddenin kaybına neden olmaktadır. Özellikle güncel sedimanlar içerisinde ve diyajenez evresindeki sedimanlarda bulunan organik madde bu asit muamelesinden etkilenirken Rock-Eval piroliz cihazında asit muamelesi olmadığı için böyle bir kayıp söz konusu değildir. Leco ve Carmograf cihazlarında 1000 °C üstü yanma olgunlaşmış organik maddeyi içeren (grafit dâhil) örneklerde iyi sonucu verirken, Rock-Eval cihazında olgun kömürlerin analizinde (Ro>2.5) 850 °C'nin üstüne çıkılmadığı için yeterli olmamaktadır. Bir diğer fark ise tek karbonizasyon ile serbest HK ölçümünü Leco ve Carmograf cihazı ile ölçemezken Rock-Eval analizinde serbest HK'lar S<sub>1</sub> piki şeklinde ölçülmektedir.

TOK yüzdesi kaynak kaya potansiyelini belirtmesi açısından önemlidir. Yapılan bazı çalışmalara (Tissot ve Welte,1984) göre sınır değerler şeyl için %0.50 karbonat kayaçlar için %0.30 kabul edilse de gelişen teknoloji ile beraber geleneksel olmayan yöntemler, bu değerler daha aşağılara da çekilebilmektedir.



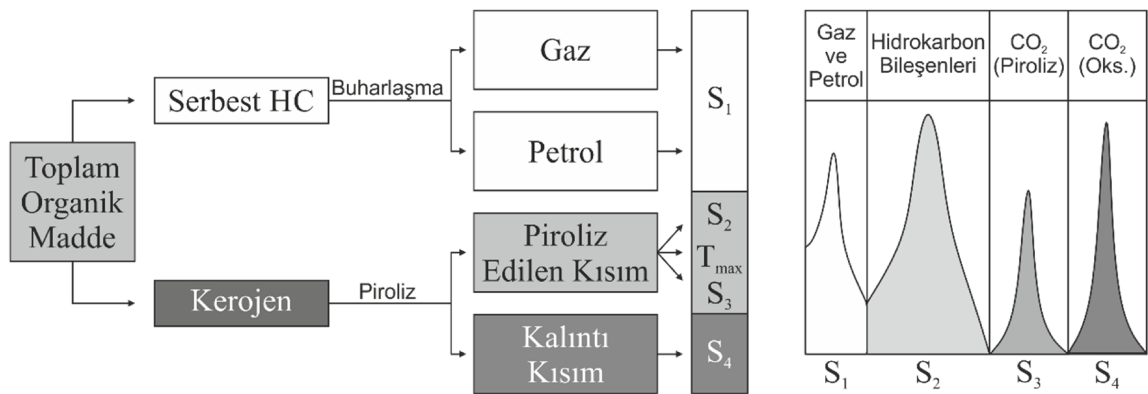
### 2.2.1.2. Rock-Eval Piroliz Analizi ve Ölçülen Değerler

Organik jeokimyanın asıl amacı tortul kayaçlar içinde bulunan organik maddeyi tanımlamak ve petrol potansiyelini ortaya koymaktır. Son yirmi yılda bir çok araştırmacı (Barker, 1974; Claypool ve Reed, 1976; Espitalié vd., 1977 ve 1984; Clementz et al., 1979; Larter ve Douglas, 1980; Horsfield, 1985; Peters ve Simoneit, 1982; Peters, 1986, gibi) piroliz yöntemini kaynak kaya potansiyelini, olgunluğunu ve organik madde türünü tanımlamak için kullanmıştır. Piroliz yöntemleri arasında Rock-Eval piroliz yöntemi endüstride yaygın olarak kullanılmış ve petrol araştırmalarında standart bir analiz yöntemi haline gelmiştir (Lafargue vd, 1998).

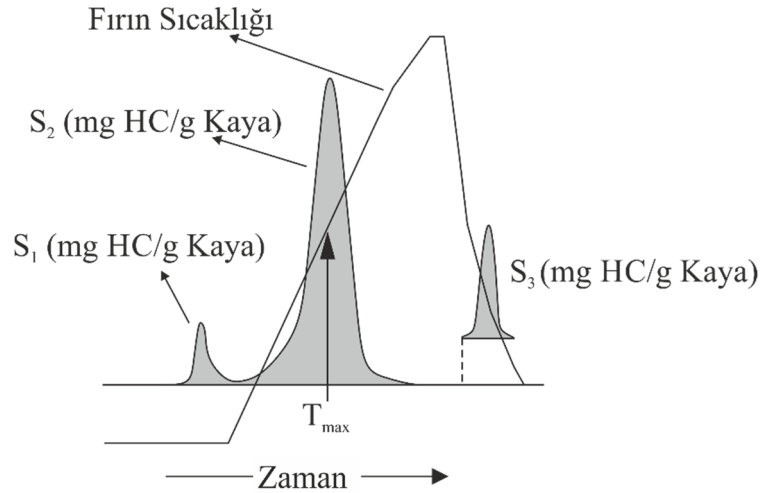
Tablo 1. Jarvie (1991)'e göre şeyl ve karbonatların TOK değerlerine göre sınıflamaları

TOK (%)	Kaynak Kaya Kalitesi
0.0-0.5	Zayıf
0.5-1.0	Değerlendirilebilir
>1.0	Mükemmel

Rock-Eval piroliz analizi kısaca inert atmosferde kademeli ısıtma yöntemi ile serbest HK ( $S_1$  piki) ve ısısal parçalanma sonucunda açığa çıkacak HK ( $S_2$  piki) ve O ( $S_3$  piki) içeren bileşenleri ölçmektedir (Şekil 8, 9). Bunlara ek olarak ikinci bir fırında normal atmosfer koşullarında oksidasyon ile TOK ve piroliz yöntemi ile kalıntı karbon ( $S_4$  piki) hesaplanmaktadır.



Şekil 9. Rock-Eval tarafından analiz edilen organik fraksiyonlar (Bordenave vd, 1993)



Şekil 10. Piroliz esnasında kayaç içerisindeki organik maddenin evrimi (Peters; 1986'dan değiştirilerek alınmıştır).

Analiz yöntemi yıllar boyunca çok değişmese de Rock-Eval VI cihazında sıcaklık sınırları 180-600°C'den 100-850°C'ye değiştirilmiştir. Üst sınırın 850°C'ye çıkarılması karasal tip III kerojen parçalanması için 600°C'nin yeterli olmaması ve S<sub>2</sub> pikinin hatalı veya eksik okunmasıdır. Sıcaklığın değiştirilmesi ile birlikte Hİ (S<sub>2</sub>/TOK) değeri de daha doğru okunarak yorumlamalarda Tip III kerojene bağlı hata yapılmasını engellemektedir. Alt sınırın 180°C'den 100°C'ye indirilmesinde ise serbest HK'ların daha iyi incelenerek rezervuar çalışmalarında hafif ve ağır petrolün ayırımını kolaylaştırmaktadır.

S<sub>1</sub> değeri: Tüm kayaç içerisinde bulunan serbest hidrokarbonları ifade etmektedir. Clementez vd. (1965)'e göre daha ağır serbest HK'lar (C<sub>75+</sub>) ve hidrokarbon olmayan resin ve asfaltenler daha yüksek sıcaklıklarda parçalanarak S<sub>2</sub> piki içinde yer alacak ve S<sub>1</sub> piki sadece daha hafif olan serbest HK'ları ifade edecektir.

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 HK'lar 3 dakika boyunca buharlaşarak cihaz tarafından S<sub>1</sub> piki olarak okunur. Birimi mgHK/gkaya'dır.

S<sub>2</sub> değeri: 300°C'de S<sub>1</sub> piki ölçüldükten sonra örnek, dakikada 25°C ısıtılarak 600°C'ye ulaşana kadar ısıtma devam ettirilir. Bu süreçte hidrokarbona dönüşmemiş kerojenin HK'a dönüşümü ve ağır hidrokarbonların (resin ve asfalten bileşenlerinin) ısıl parçalanması sonucu S<sub>2</sub> piki olarak okunmaktadır. S<sub>2</sub> pikinin şekli organik madde tipinin karakterize eder. S<sub>2</sub> piki Tip I kerojende çok dar Tip II kerojende biraz daha geniş Tip III kerojen ve oksijence zengin kerojenlerde ise çok daha geniş olarak görülmektedir. S<sub>2</sub> piki

ayrıca analiz edilen örneğin güncel kaynak kaya potansiyelini göstermektedir. Birimi mgHK/gkaya'dır.

S<sub>3</sub> değeri: Düşük piroliz sıcaklığında (300-390 °C) ölçülen organik CO<sub>2</sub> miktarını göstermektedir. Fakat S<sub>3</sub> pik değeri inorganik mineral matriksinin dekompozisyonundan etkilenebilir. Birimi mg organik CO<sub>2</sub>/gkaya'dır.

S<sub>4</sub> değeri: Kalıntı carbon "RK" olarak da adlandırılır, Rock-Eval sırasındaki TOK oksidasyonundan elde edilir. S<sub>2</sub> pikinin okunduktan sonra arda kalan organik karbonun, oksijen atmosferinde 850 °C'de oksidasyonu sonucunda ölçülen CO<sub>2</sub> miktarı S<sub>4</sub> olarak kaydedilmektedir.

T<sub>max</sub> değeri: Piroliz sırasında kerojen-hidrokarbon değişiminin maksimum olduğu andaki sıcaklık değeridir (Tissot, 1974). T<sub>max</sub> değeri TOK'un az olması durumunda düşük olarak hesaplanır. S<sub>2</sub> değeri 0.50 ≤ olduğunda S<sub>2</sub> piki tanımlanabilir bir pik olmayabilir. Bu durumda ölçülen T<sub>max</sub> değeri gerçeği yansıtmadığından T<sub>max</sub> değeri güvenilir değildir.

Diğer bir durumda S<sub>2</sub> değeri 2,0 mgHK/gkaya civarında olan killi sedimanlarda ölçülen T<sub>max</sub> değerleri gerçekçi olmadığından T<sub>max</sub> değerleri güvenilir olmayacaktır (Jarvie ve Tobey, 1999). S<sub>2</sub> piki örnek içerisindeki yüksek karbon numaralı serbest hidrokarbonlardan etkilenebilir ki bu durumda T<sub>max</sub> değeri anormal derecede düşük (≤400°C) ölçülebilir. T<sub>max</sub>'ı yükselten diğer etmenler ise taşınmış organik maddenin varlığı ve tuz iyonizasyonudur. Bu iki durumda da T<sub>max</sub> değeri gerçeği yansıtmayacak şekilde yüksek (≥550 °C) ölçülecektir.

Petrolün oluştuğu T<sub>max</sub> değerleri organik madde tipine, oksijen ve kükürt içeriğine göre değişmektedir. Bordenave (1983) yaptığı çalışmalarda kerojen tipine göre T<sub>max</sub> değişimini gösterirken Jarvie vd. (2001)'nin Monterey bitümlü şeyllerinde yaptığı çalışmada T<sub>max</sub>'ın yüksek kükürt ve oksijen içeriğinden dolayı düştüğünü belirtmektedir.

Tip I kerojenin petrol penceresi çok dar iken Tip III kerojenin çok geniş bir dağılıma sahiptir. Green River bitümlü şeylleri 440°C'de olgun değilken 448°C'de aşırı olgundur buna karşılık Tip III kerojen 435°C'de petrol penceresine girerken dönüşüm 465-470°C'lere kadar devam etmektedir. Bu durum Tip II kerojende oksijen ve kükürt içeriklere göre değişiklik göstermektedir. Yüksek kükürt-oksijen içeren Tip II kerojenler (Monterey şeylleri) 390-410°C'lerde olgun değilken T<sub>max</sub> 425°C'lere geldiğinde potansiyelinin %50 oranında petrole dönüşmektedir. Ortalama kükürt-oksijen içeriğine sahip Tip II kerojenler ise 425°C'de petrol penceresine girerken 450°C'de kerojenin %90'ını petrole dönüşmektedir. Düşük kükürt-oksijen içeriğine sahip Tip II kerojenlerde petrol

penceresi 430-435°C'de başlar ve petrol oluşumu 450-460°C'lere kadar devam eder. Tüm bu değişimler ve bilgilere bakıldığında  $T_{max}$  yorumlaması kerojen tipi ve diğer kimyasal özellikler göz önüne alarak yorumlanmalıdır.

Tablo 2. Espitalie vd. 1985'e göre  $T_{max}$  sınır değerleri

Kerojen Türü	Tip I	Tip II	Tip III	Olgunluk
$T_{max}$	<440 °C	<425 °C	<435 °C	Olgunlaşmamış
	440-448 °C	425-450 °C	435-465 °C	Petrol Penceresi
	>448 °C	>450 °C	>465 °C	Gaz Penceresi

#### 2.2.1.2.1. TOK ve Rock-Eval Değerlerinden İtibaren Hesaplanan Oranlar

TOK ve Rock-Eval piroliz analizleri sonrasında elde edilen parametreler ile çeşitli oranlar hesaplanmakta ve elde edilen oranlar ile kerojen tipi, HK türü, kaynak kaya potansiyeli ve kaynak kaya olgunluğu ile ilgili yorumlamalar yapılmaktadır.

a. Hidrojen indeksi (HI),  $HI = (S_2/TOK)*100$

Hidrojen indeksi bir kayaç örneğinin normalize edilmiş hidrojen içeriğidir. Oran olarak ise  $S_2$  pikinin toplam organik karbona oranının yüzde cinsinden ifadesidir. Kerojen hakkında bilgi veren oran, ilk kez Espitalie vd. (1977) tarafından üretilerek kullanılmıştır. Hidrojen indeksine göre Tip I kerojen H'ce zengin, Tip III kerojen hidrojen açısından fakir, Tip II kerojen ise hidrojen açısından Tip I ve Tip III kerojen arasında bir değere sahiptir.

Oluşan hidrokarbonların kalitesi için önemli bir yere sahip olan hidrojen, organik maddenin olgunluğu arttıkça kerojenden itibaren hidrokarbona dönüştüğünden dolayı kerojenin hidrojen içeriği dolayısıyla HI değeri azalacaktır.  $S_2$  piki ölçüm sırasında mineral matriks bozulmalarından dolayı yanlış hesaplanabileceği için HI değeri de olduğundan düşük ölçülebilmektedir.

Ayrıca Hidrojen indeksi oranı ile kaynak kayanın oluşturabileceği hidrokarbon türüne ait sınıflama da yapılabilmektedir (Merrill, 1991; Tablo 3).

Tablo 3. 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

b. Oksijen indeksi (Oİ),  $Oİ = (S_3/TOK)*100$

Oksijen indeksi bir kayaç örneğinin normalize edilmiş oksijen içeriğini gösterir. Oran olarak ise  $S_3$  pikinin toplam organik karbona oranının yüzde cinsinden ifadesidir. Oran ilk olarak Espitalie vd. (1977) tarafından oluşturularak kullanılmıştır. En yüksek Oİ değerleri Tip III kerojende görülürken Tip I ve Tip II kerojenlerin Oİ değerleri daha düşüktür. Piroliz sırasında matriks etkisinden dolayı  $S_3$  piki yüksek okunarak Oİ değerinin gerçekten yüksek hesaplanmasına neden olabilir. Öğütülme sırasında meydana gelebilecek oksidasyon veya örnek içinde bulunan karbonat mineralleri yüzünden de Oİ değeri yanlış okunabilir. Bu tip nedenler ile çok güvenilir olmayan Oİ değerinden emin olunmadığında kerojen sınıflaması için  $Hİ-T_{max}$  diyagramı kullanılabilir (Espitalie ve diğ, 1984).

Merrill (1991)'e göre oksijen indeksi değerine göre yapılan sınıflama ve yorumlamalar hidrojen indeksinin değerlerine göre değişmektedir. Oksijen indeksinin sınıflama değer sınırı 40 mg/g olarak alınırken bu sınırın altında ve üstüne kalan yorumlamalar hidrojen indeksinin yüksek veya düşük olmasına göre değişmektedir. Merrill (1991)'e göre yapılan sınıflama aşağıda verilmiştir (Tablo 4).

c. Üretim İndeksi (PI),  $PI = S_1/(S_1+S_2)$

Üretim indeksi serbest hidrokarbonların ( $S_1$ ), kayacın içerdiği potansiyel hidrokarbonlara ( $S_1+S_2$ ) oranıdır. Espitalie vd. (1977) tarafından üretilen oran petrolün olgunluğu hakkında bilgi vermektedir. Üretim indeksi kaynak kayanın hidrokarbon potansiyelinin ne kadarının serbest hidrokarbona dönüştüğünü belirtmektedir. Üretim indeksi, olgunlaşma ile doğru orantılı olarak artmaktadır. PI değerlerinde oluşan anomaliler fasiyes farklılaşmasından, kirlenmeden veya dışarıya petrol göçünden kaynaklanmaktadır. Merrill (1991)'e göre Üretim indeksi ile yapılan sınıflama tablosu aşağıda verilmektedir (Tablo 5).

Tablo 4. Merrill (1991)'e göre Oksijen İndeks değerlerinin Organik madde türü ve olgunluğunu gösteren sınıflama

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

Tablo 5. Merrill (1991)'e göre Üretim İndeks değerlerinin Kaynak Kaya olgunluğunu gösteren sınıflama

Üretim İndeksi	Kaynak Kaya Olgunluğu
<0.1	Olgunlaşmamış
0.1-0.4	Petrol Penceresi
>0.4	Gaz Penceresi

d. Serbest HK Oranı ( $S_1/TOK \cdot 100$ )

İlk defa Jarvie ve Barker (1984) tarafından kullanılan oran serbest hidrokarbonların toplam organik karbon'a oranı olarak ifade edilir. Bulunan değer rezervuar kayaların veya kaynak kayaların ısıl olgunluğunu tanımlamada kullanılır. Jarvie ve Barker (1984)'in yaptığı kaynak kaya türü ve olgunlaşmayı gösteren tablo aşağıda verilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Jarvie ve Barker (1984)'in yaptığı kayaç türü ve olgunlaşmayı gösteren sınıflama

$(S_1 / TOK) \cdot 100$	Kaynak Kaya Türü / Potansiyeli
0-50	Petrolce fakir, verimsiz
50-100	Olgun kaynak kaya
>100	Rezervuar kaya, Kaynak kayada kirlenme.

e. Residüel karbon ( kalıntı karbon = RK),  $RK = S_4/10$

Kalıntı karbon, kerojen içerisinde petrol üretme potansiyeli olmayan veya çok düşük olan karbon miktarını ifade etmek için kullanılır. Toplam organik madde içerisindeki RC yüzdesi en yüksek Tip III kerojende olurken en düşük Tip I kerojende görülmektedir.

f.  $S_2/S_3$  oranı

Clementz vd. (1979) tarafından geliştirilmiş olan bu oran TOK verisi olmayan kerojen tiplerini belirlemek için üretilmiştir. Bu  $S_2/S_3$  oranının H/C oranını yansıtmaktadır. Hidrojenin karbona oranı, Hİ/Oİ oranına benzediği için kerojen tipi ve hidrokarbon potansiyelinin değerlendirilmesinde kullanılır (Tablo 7).

Tablo 7. Clementz vd. (1979) tarafından  $S_2/S_3$  oranının Kerojen tipini gösterdiği sınıflama

$S_2 / S_3$	<b>Kerojen Tipi</b>
0.0-2.5	Tip III, Gaz türetme potansiyeli
2.5-5.0	Tip III, Gaz/Petrol türetme potansiyeli
>5.0	Tip I veya Tip II, Petrol türetme potansiyeli

g. Potansiyel Ürün ( $S_1+S_2$ )

Kayaç içerisindeki serbest ve potansiyel hidrokarbonlarının toplamı olarak ifade edilir. İlk defa Espitalie vd. (1977) tarafından kaynak kaya potansiyelini belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Kaynak kayanın oluşturup dışarı atmadığı ve oluşturabileceği toplam hidrokarbon miktarını ifade eder. Espitalie vd. (1977)'ye göre  $S_1$  ve  $S_2$  değerlerine göre sınıflaması aşağıda verilmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. Espitalie vd. (1977)'ye göre Potansiye verimin ( $S_1+S_2$ ) Kaynak kaya potansiyelini gösteren sınıflama

Potansiyel Verim (mg/g)	Kaynak kaya potansiyeli
<2	Kaynak kaya potansiyeli yok
2-6	Orta derece kaynak kaya potansiyeli
>6	İyi kaynak kaya potansiyeli

### 2.2.1.3. Organik Madde Tipi

Sedimanter kayaçlar, çökel ortamlarına göre belli oranlarda mineral ve organik madde içermektedirler. Çökelme sonrasında, petrol türeten veya türetebilecek kadar organik madde içeren ince taneli, siyah renkli tortul kayaçlar "kaynak kaya" olarak isimlendirilmektedir (Tissot ve Welte, 1984). Kaynak kaya içerisinde yer alan organik maddenin organik çözücülerde çözünmeyen kısmına kerojen denilmektedir. Kerojen tipi, çökelme ortamı ve koşullarına göre değişiklik gösterirken kerojen tipi ve miktarı petrol potansiyelini direk olarak etkilemektedir. Van Krevelen (1984)'e göre Kerojen O/C ve H/C oranlarına göre dört ana tipe ayrılmıştır.

#### a. Tip I Kerojen

Tip I kerojenler oldukça yüksek H/C (>1.5) oranına ve oldukça düşük O/C (<0.1) oranına sahiptirler. Başlıca algal kökenli lipidlerden ya da mikrobiyal aktiviteler sonucunda lipid oranı yükselmiş organik maddelerden oluşurken, çoğunlukla alifatik zincirler içerip az oranda aromatik çekirdekten meydana gelir. 550-600 °C'de piroliz edildiğinde kerojenin büyük bir bölümü petrole dönüşmektedir. Tip I kerojenin petrol-gaz üretme potansiyeli yüksek olup, doğada en az görülen kerojen tipidir.

#### b. Tip II Kerojen

Tip I kerojene oranla daha düşük H/C (1.2-1.5) oranına ve daha yüksek O/C oranına sahiptir. Petrol ve gaz üretme potansiyeli Tip I kerojene göre daha düşük olsa da ekonomik açıdan önemli kaynak kayalar oluşturabilmektedir. Tip II kerojen genellikle fitoplankton, zooplankton ve mikroorganizmaların (bakteri) karışımından oluşan otokton organik maddelerin bulunduğu denizel sedimanlarda gözlenir. İçerisinde çok fazla



aromatik ve naften bileşenleri içermektedir. İçerisinde diğer kerojen tiplerine göre daha yüksek oranda kükürt bulunabilir ki bu durumda kerojen Tip II/S olarak isimlendirilmektedir. Kükürt içeriğine göre ayrılan Tip II/S, Tip II ye oranla daha düşük sıcaklıklarda olgunlaşarak daha düşük  $T_{max}$  değerleri seviyelerde olgunlaşmayı göstermektedir (Bordenave vd., 1993).

#### c. Tip III Kerojen

Tip III kerojenler düşük H/C oranına, yüksek O/C oranına sahiptirler. Petrol türetme potansiyelleri düşükken yüksek oranda gaz üretme kapasitesine sahiptirler. Genellikle derin gömülme sonrasında gerekli koşullara maruz kaldığında önemli miktarlarda gaz türetme potansiyelindedirler. Tip III kerojen çoğunlukla karasal kökenli yüksek bitkilerden oluşmaktadır.

#### d. Tip IV Kerojen

Düşük H/C (0.5-0.6) oranına ve yüksek O/C (>0.3) oranına sahiptir. Kalıntı veya ölü karbon olarak da isimlendirilmektedir. Çoğunlukla petrol-gaz potansiyeli çok düşüktür ancak çok sınırlı gaz oluşumu görülebilir.

TOK ve Rock-Eval analizlerinin sonuçlarını kullanarak organik madde tipini belirlemek mümkündür. Analiz sonuçları ile kerojen tipine ulaşmak için literatürde çeşitli yöntemler, diyagramlar ve yorumlama türleri mevcuttur. Bu çalışmada ilerleyen bölümlerde kerojen sınıflaması yapmak için Langford ve Blanc-Valleron (1990) tarafından geliştirilen  $S_2$ -TOK diyagramı, Mukhopadhyay vd. (1995) tarafından geliştirilen  $H\dot{I}$ - $T_{max}$  diyagramı ve Espitalie (1977) tarafından geliştirilen  $H\dot{I}$ - $O\dot{I}$  diyagramı kullanılacaktır.

Langford ve Blanc-Valleron (1990) tarafından geliştirilen,  $S_2$ -TOK verilerinin kullanılarak oluşturulan diyagram üç kerojen tipinin ayırt edilmesini sağlamaktadır.  $S_2$ -TOK verilerinin diyagram üzerine düşürülmesi ile değerlerin bulunduğu bölgeler kerojen tipini işaret etmektedir. Diyagrama göre eğimi 2 olan doğrunun altında kalan değerler Tip III kerojeni, 2-7 arasında eğime sahip doğrular arasında olan değerler Tip II ve eğimi 7 olan doğru üzerinde kalan değerler ise Tip I kerojeni ifade etmektedir. Bu sınıflamanın yanı sıra analiz sonuçlarının diyagram üzerinde oluşturduğu regresyon çizgisinin eğimi piroliz edilebilir hidrokarbon yüzdesini vermektedir (Langford ve Blanc-Valleron, 1990).

Mukhopadhyay vd. (1995) tarafından geliştirilen  $H\dot{I}$ - $T_{max}$  diyagramı kerojen türünü belirlemede kullanılmaktadır.  $T_{max}$  organik madde olgunluğunu belirlemede kullanılsa da, kerojen tipine göre olgunlaşma sıcaklıkları değiştiği için kerojen tipini belirlemek için de

kullanılmaktadır (Hunt, 1996).  $T_{max}$  olgunlaşmamış örneklerde kerojen tipine göre değişirken, aşırı olgun örneklerde kerojen tipi farklılığı belirginsizleşmektedir (Peters, 1986).

Espitalie (1977) tarafından geliştirilen Hİ-Oİ diyagramı organik madde ile doğrudan bağlantılı değil daha çok elemental bileşim ile ilişkilidir. Hİ ile H/C oranı ve Oİ ile O/C oranı arasında gözlenen korelasyon sayesinde Van Krevelen tarafından geliştirilen H/C-O/C diyagramı kullanılarak kerojen tipi Hİ ve Oİ'e göre tespit edilebilmektedir (Tissot ve Welte, 1984; Hunt, 1995).

#### **2.2.1.4. Organik Madde 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).

Olgunlaşan kaynak kayanın, olgunlaşma seviyesini anlamak için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden en sık kullanılan yaklaşımlar; Rock-Eval piroliz analiz sonuçları ile yapılan yorumlar, Vitrit yansıtması  $V_R$ , termal alterasyon indeksi (TAI), konodont alterasyon indeksi, biomarker analizi, kerojen florans rengi ve sıvı kapanım termometresidir. Bütün sedimanter kayaçlar yeteri kadar organik madde içeriyorlarsa, uygun sıcaklıklara maruz kaldıklarında HK oluştururlar. Buna rağmen sadece çok az bir bölümü yeteri kadar organik madde içererek ekonomik kaynak kaya özellikleri göstermektedir.

Bu çalışmada organik madde olgunluğunu belirlemek için Rock-Eval piroliz analizinden elde edilen veriler kullanılacaktır.

#### **2.2.1.5. Hidrokarbon Potansiyeli**

Hidrokarbon potansiyeli, sedimanter kaya içerisinde serbest halde bulunan ve daha kayaç bünyesinden atılmamış hidrokarbon ( $S_1$ ) ve henüz hidrokarbona dönüşmemiş fakat dış kaynaklı ısı etki (piroliz) ile hidrokarbona dönüşme potansiyeli ( $S_2$ ) bulunan organik

madde miktarıdır. Hidrokarbon potansiyeli kısaca  $S_1+S_2$  olarak hesaplanır ve literatürde potansiyel ürün (PÜ) olarak geçmektedir (Tissot ve Welte, 1984).

### **2.2.2. Özüt Analizleri**

Konya-Ereğli Yeniköy mevkiinde MTA tarafından yapılmış dört kuyudan seçilen uygun birer örnekten özüt elde edilerek Gaz Kromatografisi (GC) analizi yapılmıştır. İncelenen özütlerin GC analizi sonuçlarına göre çökeltme ortamı ve kerojen tipi ile ilgili yorumlamalar yapılacaktır.

#### **2.2.2.1. Özütleme (Ekstraksiyon) Analizi**

Bu analizin amacı, kayaç içerisinde bulunan serbest hidrokarbonları kayaçtan ayırmaktır. Bu ayrımı yapmak için  $S_1$  değeri yüksek olan örnekler seçilmelidir. Çünkü  $S_1$  değeri örnekten çıkarılabilecek yaklaşık özüt miktarını işaret etmektedir.

Özüt elde etmek için “Soxhlet” Özütleme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem kimyada içerisinde yağ almanın zor olduğu katılardan yağ elde etmek için kullanılır. Kısaca, toz haline getirilen numunenin içerisinde ısıtılarak buharlaştırılmış çözücüler geçirilir ve bu geçiş sırasında katının içerisindeki yağı bünyesine alan çözücü daha sonra başka bir kaptaki yoğunlaştırılıp içerisinde biriken yağ elde edilir. Öğütülmüş numunelerin içerisinde bulunan serbest hidrokarbonları almak için çözücü olarak metilen klorürü kullanmakta ve işleme yaklaşık 40 saat devam edilmektedir. Analiz sonucunda azot gazı yardımı ile çözücü ortamdan uzaklaştırılarak bitüm elde edilmektedir.

#### **2.2.2.2. Gaz Kromatografisi (GC)**

Gaz kromatografi analizi, petrol ve/veya bitüm örnekleri içerisindeki hidrokarbon bileşiklerinin genel dağılımlarını görmek ve bu dağılımlar yardımıyla organik maddenin kaynağı, türü ve olgunlaşması hakkında yorum yapmak için kullanılır.

Gaz kromatografi cihazı, enjeksiyon, kolon ve dedektör olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Analiz türüne ve amacına göre belirli konsantrasyonlarda hazırlanan örnekler bir enjektör yardımı ile enjeksiyon bölümüne yerleştirilir. Analiz işlemi inert olan helyum atmosfer ortamında gerçekleştirilmektedir. Helyum atmosferi kirlenmeyi ve okside olmayı engelleyerek daha doğru ve gerçek sonuçların elde edilmesi için önemlidir. Enjeksiyon sonrası fırın içerisinde olan kolon bölümüne giden örnek, 40 °C'de 8 dakika bekletildikten sonra dakikada 4 °C arttırılarak hedef sıcaklık 270 °C'ye getirilip bu sıcaklıkta 60 dakika bekletilmektedir. Isıtılma sırasında kolon içerisinde kaynama noktaları farklı olan moleküller farklı sıcaklıklarda buharlaşarak dedektörde ölçülmektedir. Ölçümler sonrasında yatay eksen zaman ve düşey eksen bolluk olan tablolarda değişik moleküllerin pik dağılımları görülmektedir. Pik dağılımı ve boylarına bakılarak organik maddenin tipi ve olgunluğu hakkında yorumlamalar yapılabilmektedir.

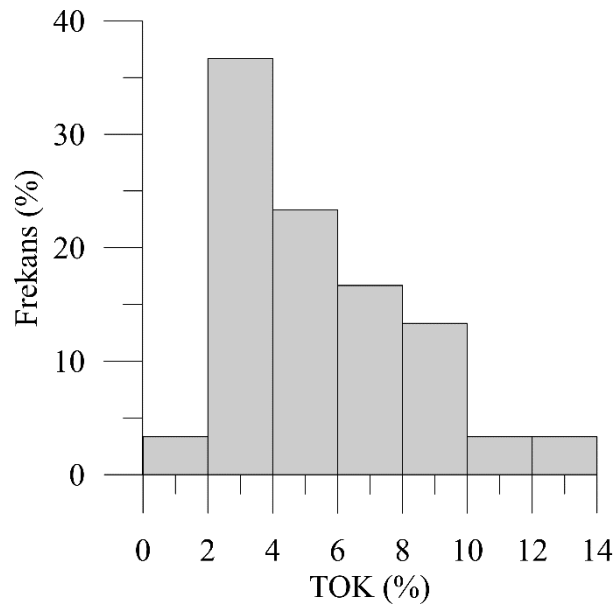
### 3. BULGULAR

Bitümlü şeyllerin organik jeokimyasal özelliklerinin belirlemek amacıyla, Rock-Eval (VI) piroliz analizi ve Gaz Kromatografisi analizi yapılmıştır. Bu analizlerden elde edilen değerler aşağıda verilmiştir.

#### 3.1. Piroliz (Rock-Eval) Analizleri

##### 3.1.1. KEY-12/1 Kuyusu Analiz Sonuçları

MTA'nın yaptığı KEY-12/1 kuyusundan seçilen 30 adet bitümlü şeyl örneğinin analiz sonuçları Tablo 9'da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre TOK değerleri %1.21 ile 13.98 arasında değişirken, ortalama %5.45 olarak hesaplanmıştır. Ortalama  $S_1$  ve  $S_2$  değerleri ise sırası ile 5.3 mgHK/gkaya ve 26.07 mgHK/gkaya olarak ölçülmüştür. Piroliz analiz sonuçlarından itibaren hesaplanan Hİ ve Oİ değerli ortalama olarak 450 mgHK/gkaya ile 18 mgCO<sub>2</sub>/gkaya olarak hesaplanmıştır.



Şekil 11. KEY-12/1 kuyusuna ait örneklerin TOK değerlerinin yüzde dağılımlarının histogram grafiği

Tablo 9. KEY-12/1 kuyusuna ait bitümlü şeyl örneklerinin piroliz analiz sonuçları.

Örnek No	TOK (%)	S <sub>1</sub> (mgHK/gkaya)	S <sub>2</sub> (mgHK/gkaya)	S <sub>3</sub> (mgHK/gkaya)	T <sub>max</sub> (°C)	Hİ (S <sub>2</sub> /TOK)	Oİ (S <sub>3</sub> /TOK)	Üİ (S <sub>1</sub> /(S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> ))
MSE-101	1.21	0.48	1.37	0.47	354	113	39	0.26
MSE-102	2.54	0.93	5.92	1.27	377	233	50	0.14
MSE-103	3.06	2.12	10.35	0.92	367	338	30	0.17
MSE-104	2.30	1.65	6.8	1.01	396	296	44	0.19
MSE-105	4.85	6.37	21.91	1.16	383	452	24	0.23
MSE-106	7.07	4.32	22.82	2.02	374	323	29	0.16
MSE-107	3.37	6.54	13.49	1.1	356	400	33	0.33
MSE-108	3.54	5.51	13.01	0.67	395	368	19	0.3
MSE-109	2.86	5.29	16.83	0.73	396	588	26	0.24
MSE-110	8.52	7.25	28.52	1.14	365	335	13	0.20
MSE-111	11.55	6.43	44.41	1.17	378	385	10	0.13
MSE-112	9.04	7.06	35.85	0.96	374	397	11	0.16
MSE-113	3.12	4.89	13.23	0.59	385	424	19	0.27
MSE-114	5.36	9.22	22.12	0.38	387	413	7	0.29
MSE-115	5.33	7.02	34.40	0.52	391	645	10	0.17
MSE-116	3.52	4.92	11.98	0.62	361	340	18	0.29
MSE-117	3.96	4.78	14.88	0.57	384	376	14	0.24
MSE-118	6.44	7.31	29.29	0.48	378	455	7	0.2
MSE-119	5.21	5.72	20.29	0.83	377	389	16	0.22
MSE-120	5.82	7.49	38.37	0.57	419	659	10	0.16
MSE-121	8.63	8.58	57.31	0.52	414	664	6	0.13
MSE-122	9.03	9.63	53.26	0.63	408	590	7	0.15
MSE-123	4.13	5.87	22.37	0.66	400	542	16	0.21
MSE-124	3.03	6.75	28.98	0.48	400	956	16	0.19
MSE-125	6.07	4.74	29.81	0.59	408	491	10	0.14
MSE-126	4.04	4.62	18.47	1.07	401	457	26	0.2
MSE-127	6.23	5.61	25.21	0.61	403	405	10	0.18
MSE-128	6.09	3.26	34.15	0.52	406	561	9	0.09
MSE-129	13.98	5.24	97.5	0.95	409	697	7	0.05
MSE-130	3.89	0.94	9.20	0.93	391	237	24	0.09
<b>Ortalama</b>	<b>5.45</b>	<b>5.35</b>	<b>26.07</b>	<b>0.80</b>	<b>387</b>	<b>450</b>	<b>18</b>	<b>0.19</b>

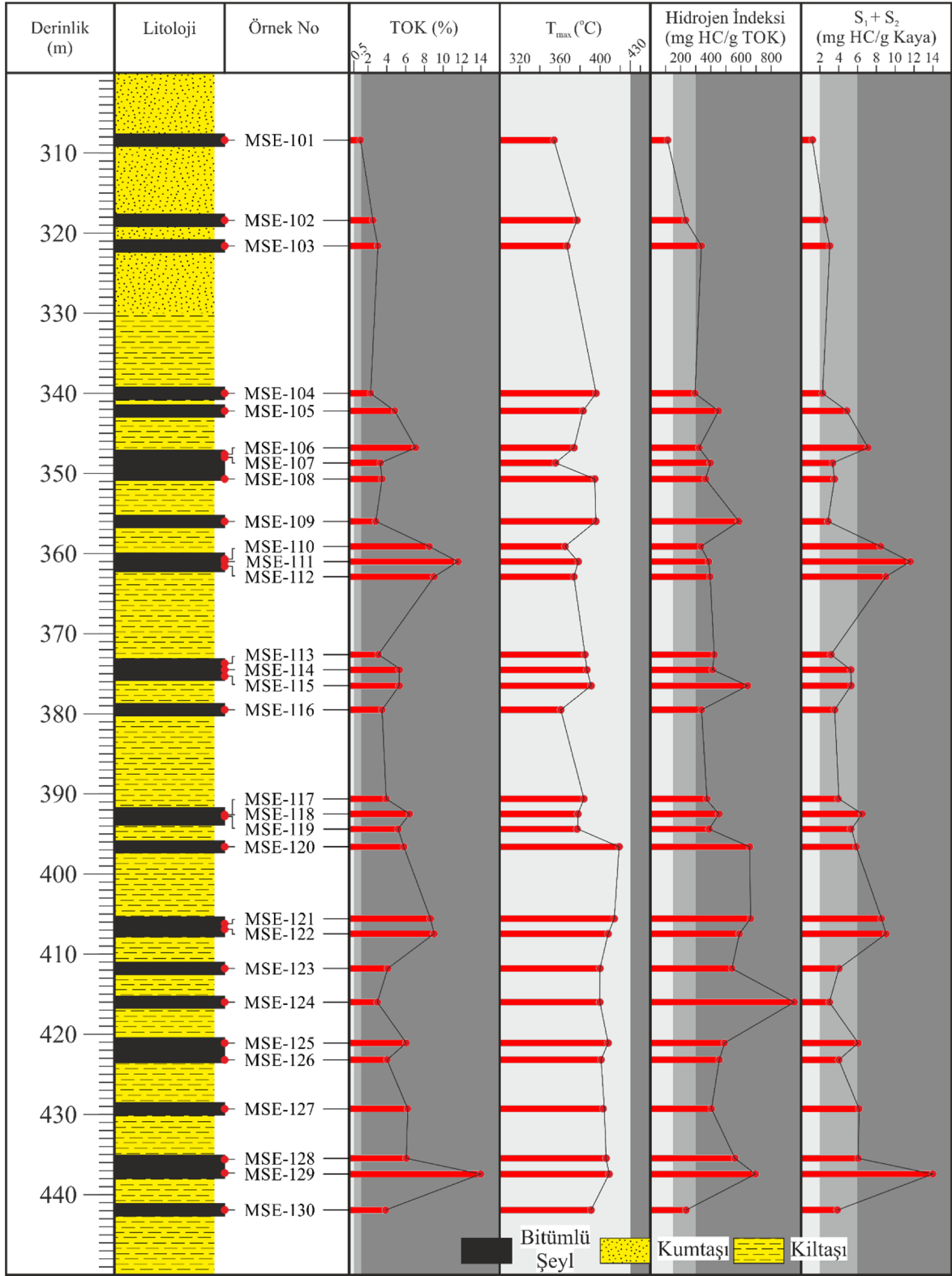
### 3.1.1.1. Organik Madde Miktarı

KEY-12/1 kuyusuna ait bitümlü şeyllerin Toplam Organik Karbon (TOK) değerleri %1.21 ile %13.98 arasında değişmektedir. Ortalama TOK değeri ise %5.45 olarak hesaplanmıştır. TOK değerlerinin yüzde histogram grafiği (Şekil 10) üzerindeki dağılımlarına bakıldığında ise değerlerin %60 oranında %2-6 TOK değerleri arasında yoğunlaştığı görülmektedir.

KEY-12/1 örneklerinin sondaj derinliğine karşı TOK değerleri Şekil 11'de verilmiştir. Buna göre 133 metrelik istifte en yüksek TOK değerine 437.30 metre derinliğindeki MSE-129 örneğinde rastlanmaktadır. En düşük TOK değeri ise istifin en üstünde bulunan 308.40 metre derinliğindeki MSE-101 numaralı örnekte görülmektedir. İstifin geneline bakıldığında derinliğin artması ile birlikte TOK değerlerinin kısmen artıp tekrar azaldığı görülmektedir.

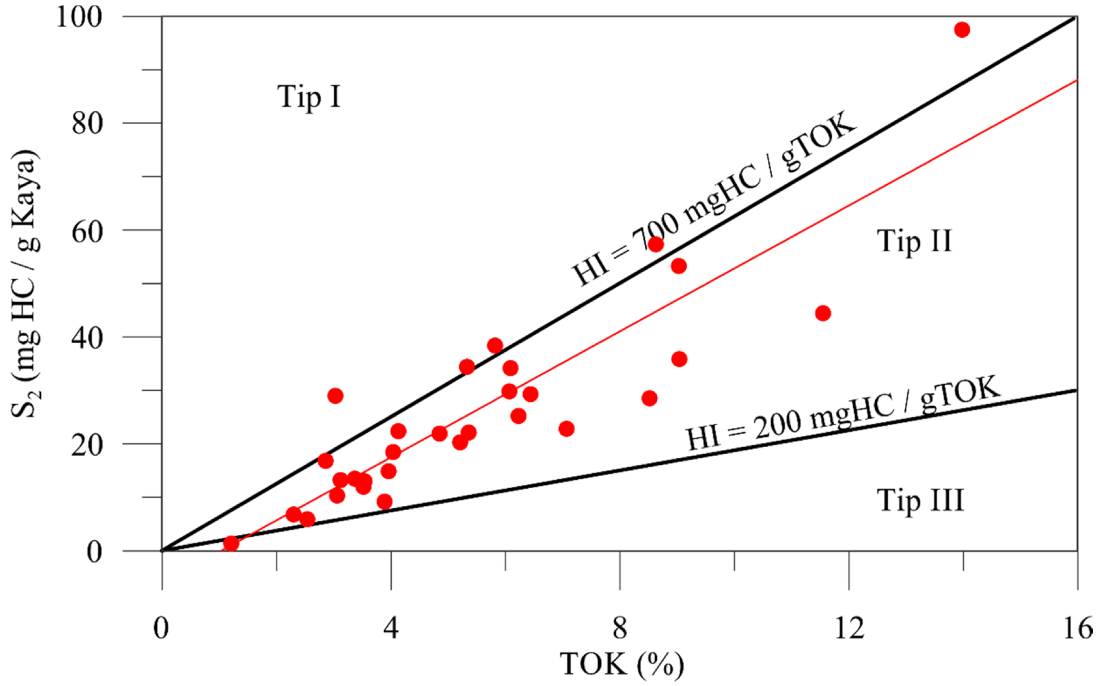
### 3.1.1.2. Organik Madde Tipi

Bitümlü şeyllerin organik madde tiplerinin belirlenmesi amacı ile S<sub>2</sub>-TOK, Hİ-Oİ kerojen sınıflama grafikleri kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre S<sub>2</sub> miktarı 1.37 ve 97.5 mgHK/gTOK arasında değişmektedir. S<sub>2</sub> değerleri Langford ve Blanc-Valleron (1990) tarafından oluşturulan S<sub>2</sub>-TOK (Şekil 12) diyagramına yerleştirildiğinde KEY-12/1 kuyusunun organik madde tipinin ağırlıklı olarak Tip II kerojen alanına düştüğü görülmektedir. Az miktarda örnek de Tip I kerojen alanında yer almaktadır. KEY-12/1 kuyusunun organik madde tipinin, Tip I ve Tip II kerojen karışımı olduğu söylenebilir. Ayrıca bu grafikte bitümlü şeyl örneklerine ait regresyon çizgisinin eğimi 5.88 olarak hesaplanmıştır. Bu eğime göre bitümlü şeyllerin %58.8 piroliz edilebilir hidrokarbon oranına sahip olduğu söylenebilir (Langford ve Blanc-Valleron, 1990).



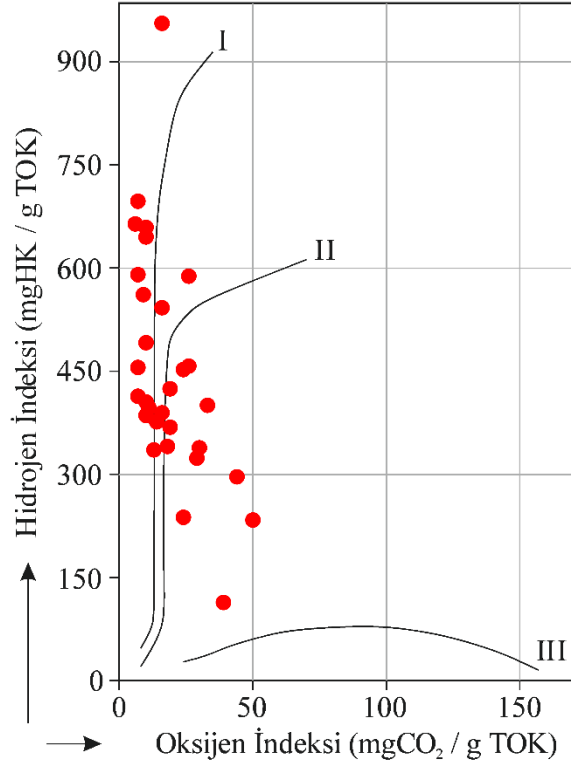
Şekil 12. KEY-12/1 kuyusuna ait örneklerin TOK, Tmax, Hİ ve PÜ değerlerinin grafiksel gösterimi





Şekil 13. KEY-12/1 kuyusuna ait örneklerin Langford ve Blanc-Valleron (1990) tarafından oluşturulan S<sub>2</sub>-TOK diyagramında gösterimi

Örneklerin Hidrojen İndeksi değerlerine bakıldığında 113-956 mgHK/gTOK arasında değiştiği ve ortalama değerinin 451 mgHK/gTOK olduğu görülmektedir. Hİ'nin yüksek olan ortalama değeri organik madde tipinin petrol türetimine uygun olduğunu göstermektedir (Merill, 1991). Oksijen İndeksi değerleri ise 6-50 mgHK/gTOK olarak hesaplanmıştır. Oİ ortalaması 19 mgHK/gTOK hesaplanan örnekler, Merill (1991)'e göre düşük Oİ'ine karşı yüksek Hİ değerleri kaynak kaya potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca Espitalie vd. (1977) tarafından oluşturulan Hİ-Oİ (Şekil 13) diyagramına bakıldığında Tip I ve Tip II alanına düşen değerler organik madde tipinin Tip I ve Tip II kerojen karışımından oluştuğunu yinelemektedir.



Şekil 14. KEY-12/1 kuyusuna ait örneklerin Hİ-Oİ diyagramı üzerindeki gösterimi (Espitalie ve diğ, 1977'den düzenlenerek alınmıştır)

### 3.1.1.3. Organik Madde Olgunluğu

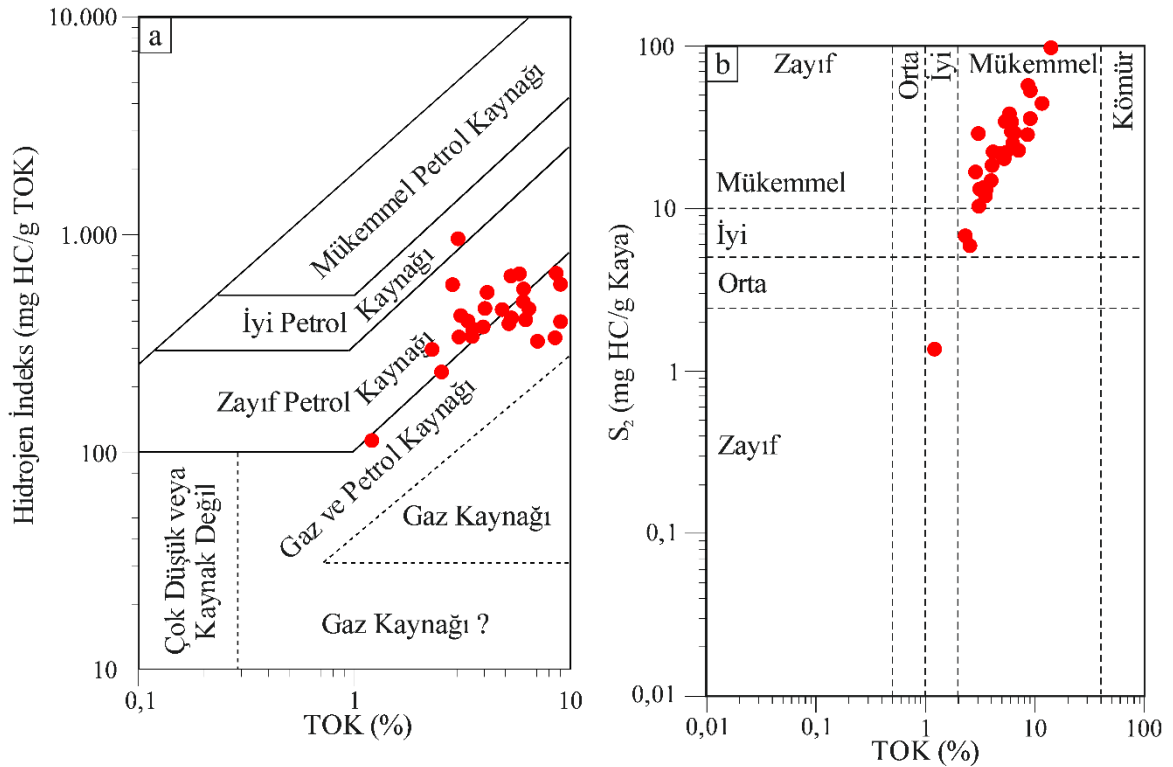
KEY-12/1 kuyusuna ait örneklerin  $T_{max}$  değerlerine bakıldığında değerlerin 354-419°C arasında değiştiği görülmektedir (Tablo 9). Ortalama  $T_{max}$  değerleri 388°C olarak hesaplanmıştır.  $T_{max}$  değerleri 430°C'nin altında kaldığı için bitümlü şeyl örnekleri olgunlaşmamıştır (Peters and Moldowan, 1993).

Üretim indeksine bakıldığında ölçülen değerlerin 0.05 ile 0.33 arasında değiştiği ve ortalamasının 0.19 olduğu görülmektedir. Elde edilen Üretim indeksinin bu yüksek değeri petrol penceresini işaret etmekle birlikte yüksek  $S_1$ , düşük  $T_{max}$ , yüksek  $S_1/TOK$  oranı ve yüksek Üİ oranı muhtemel bir kirlenmeyi göstermektedir (Merill, 1991).

### 3.1.1.4. Hidrokarbon Potansiyeli

KEY-12/1 kuyusu hidrokarbon potansiyeli açısından incelendiğinde içerisinde bulunan serbest hidrokarbon ( $S_1$ ) ve piroliz sonucu oluşan hidrokarbon ( $S_2$ ) toplamı 1.85 ile 102.74 mgHK/gkaya arasında değiştiği ve ortalamasının 31 mgHK/gkaya olduğu görülmektedir. Yüksek potansiyel ürün ( $S_1+S_2$ ) miktarı hidrokarbon oluşturma kabiliyetinin yüksekliğini işaret etmektedir (Merill, 1991).

Jackson vd. (1985) tarafından oluşturulan ve kaynak kaya potansiyelini gösteren Hİ'in TOK'a karşı çizilen diyagramına (Şekil 14a) yerleştirilen örnekler yine petrol ve gaz potansiyelini gösteren alana düşmektedir. Bir diğer kaynak kaya sınıflama diyagramı olan ve Dembicki (2009) tarafından oluşturulmuş  $S_2$  pikine karşılık TOK diyagramında (Şekil 14b) bitümlü şeyl örnekleri mükemmel kaynak kaya potansiyeli göstermektedir.



Şekil 15. a. KEY-12/1 kuyusuna ait örneklerin Hİ-TOK diyagramı üzerindeki gösterimi (Jackson vd., 1985) b. KEY-12/1 kuyusuna ait örneklerin  $S_2$ -TOK diyagramı üzerindeki gösterimi (Dembicki, 2009)

### 3.1.2. KEY 12/2 Kuyusu Analiz Sonuçları

MTA'nın yaptığı KEY-12/2 kuyusundan seçilen 16 adet bitümlü şeyl örneğinin analiz sonuçları Tablo 10'da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre TOK değerleri %0.89 ile 7.98 arasında değişirken, ortalama %3.44 olarak hesaplanmıştır. Ortalama S<sub>1</sub> ve S<sub>2</sub> değerleri ise sırası ile 3.80 mgHK/gkaya ve 15.10 mgHK/gkaya olarak ölçülmüştür. Piroliz analiz sonuçlarından itibaren hesaplanan Hİ ve Oİ değerli ortalama olarak 392 ile 33 olarak hesaplanmıştır.

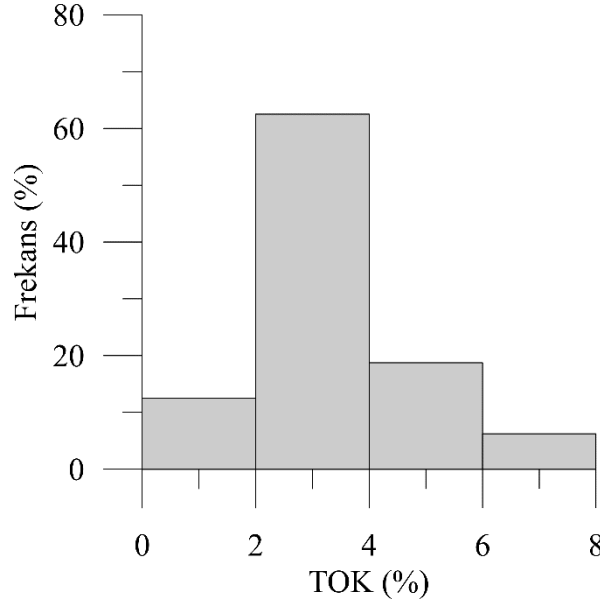
Tablo 10. KEY-12/2 kuyusuna ait bitümlü şeyl örneklerinin piroliz analizi sonuçları.

Örnek No	TOK (%)	S <sub>1</sub> (mgHK/gkaya)	S <sub>2</sub> (mgHK/gkaya)	S <sub>3</sub> (mgHK/gkaya)	T <sub>max</sub> (°C)	Hİ (S <sub>2</sub> /TOK)	Oİ (S <sub>3</sub> /TOK)	Üİ (S <sub>1</sub> /(S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> ))
MSE-201	3.52	2.48	12.26	1.29	378	348	37	0.17
MSE-202	0.89	0.34	0.72	1.35	333	81	152	0.32
MSE-203	1.55	1.09	1.97	1.03	326	127	66	0.36
MSE-204	2.23	3.34	9.92	0.74	332	445	33	0.25
MSE-205	2.06	2.34	4.49	1.09	329	218	53	0.34
MSE-206	3.70	3.62	12.48	1.02	381	337	28	0.22
MSE-207	3.87	1.60	2.01	0.70	390	52	18	0.44
MSE-208	3.27	5.65	14.77	0.69	375	452	21	0.28
MSE-209	3.66	5.96	15.87	0.59	380	434	16	0.27
MSE-210	3.19	4.88	15.49	0.54	389	486	17	0.24
MSE-211	4.19	4.86	17.48	0.43	389	417	10	0.22
MSE-212	7.98	8.70	52.36	0.4	415	656	5	0.14
MSE-213	3.19	3.57	24.07	0.83	418	755	26	0.13
MSE-214	4.20	5.11	22.65	0.65	412	539	15	0.18
MSE-215	4.22	4.93	20.60	0.64	406	488	15	0.19
MSE-216	3.26	2.40	14.51	0.62	409	445	19	0.14
<b>Ortalama</b>	<b>3.44</b>	<b>3.80</b>	<b>15.10</b>	<b>0.78</b>	<b>378</b>	<b>392</b>	<b>33</b>	<b>0.24</b>

#### 3.1.2.1. Organik Madde Miktarı

KEY-12/2 kuyusuna ait 16 bitümlü şeyl örneğinin Toplam Organik Karbon (TOK) değerleri %0.89 ile %7.98 arasında değişmektedir. Ortalama TOK değeri ise %3.44 olarak hesaplanmıştır. TOK değerlerinin yüzde histogram grafiği (Şekil 15) üzerindeki

dağılımlarına bakıldığında ise değerlerin %62.5 oranında %2-4 arasında yoğunlaştığı görülmektedir.

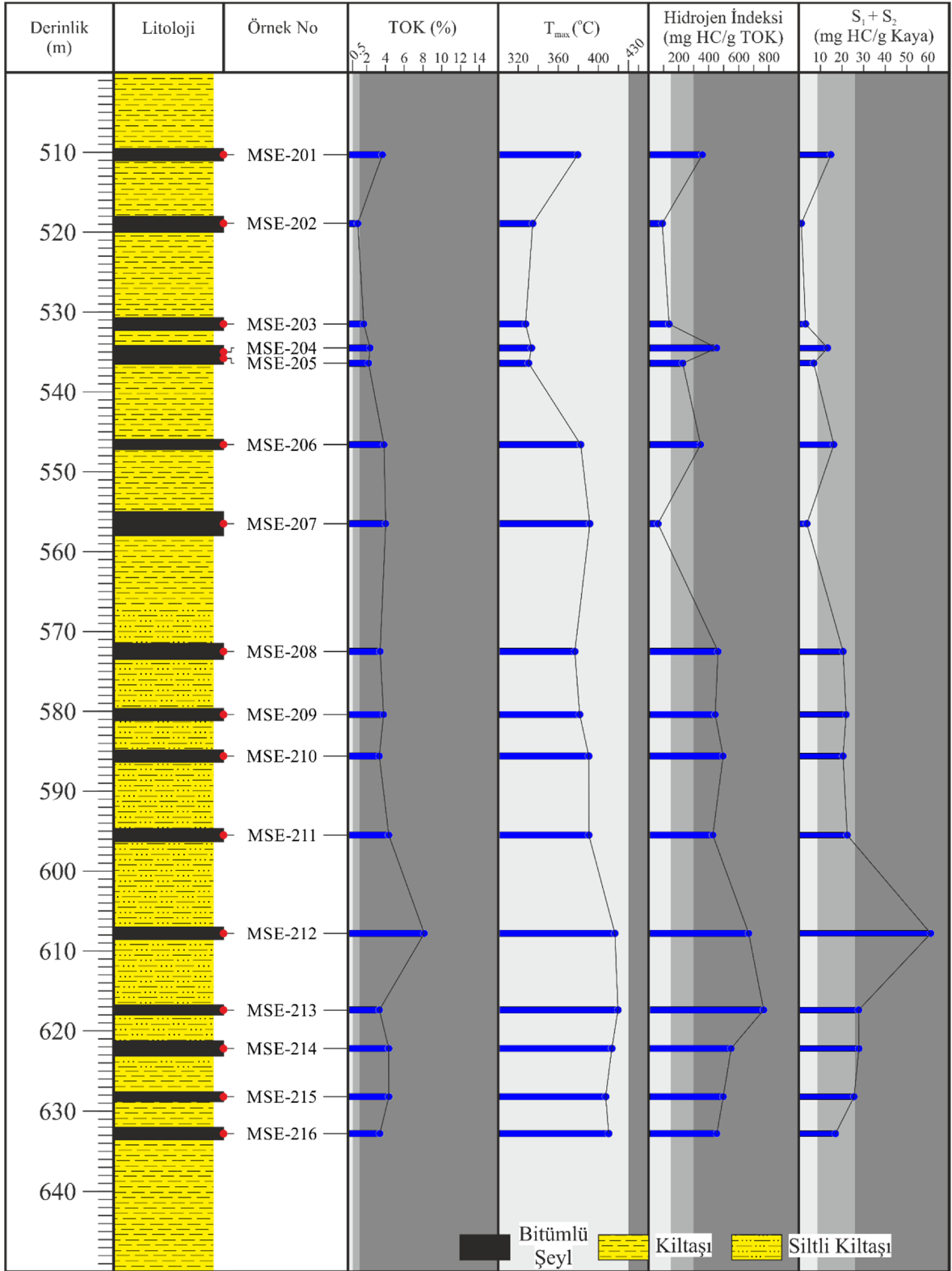


Şekil 16. KEY-12/2 kuyusuna ait örneklerin TOK değerlerinin yüzde dağılımlarının histogram grafiği

KEY-12/2 örneklerinin sondaj derinliğine karşı TOK değerleri Şekil 16'da verilmiştir. Buna göre 122.5 metrelik istifin en yüksek TOK değerine 607.8 metre derinliğindeki MSE-212 örneğinde rastlanmaktadır. En düşük TOK değeri ise istifin üst kısımlarında bulunan 518.9 metrede ki MSE-202 numaralı örnekte gözlenmektedir. Derinlik ve TOK arasında herhangi bir düzen görülmemektedir.

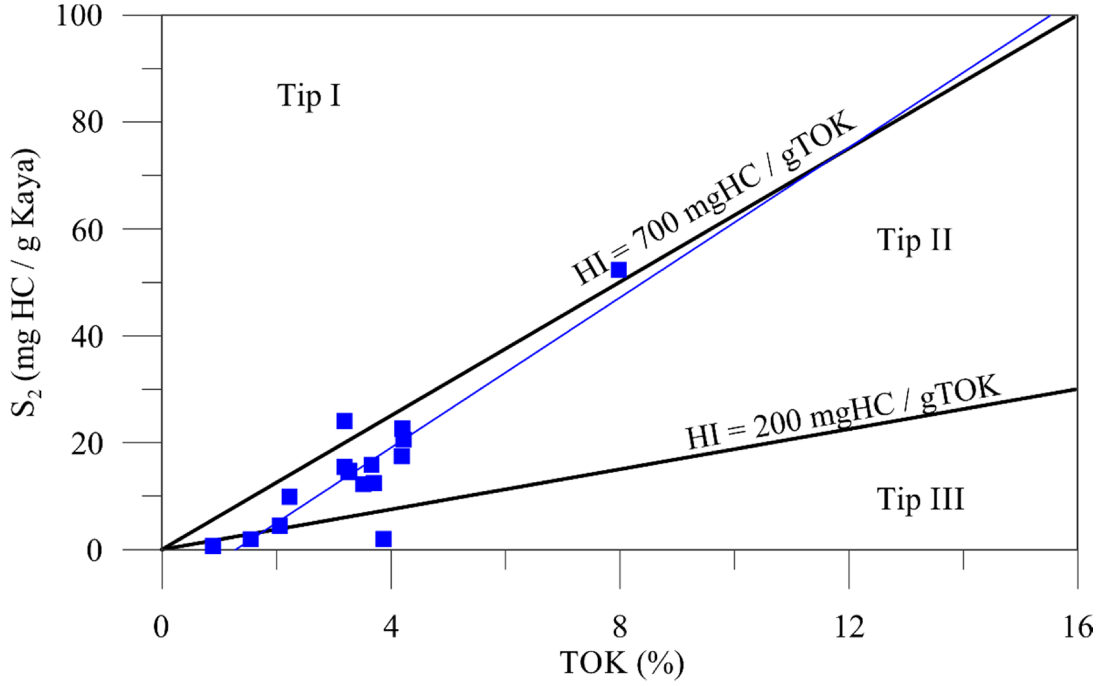
### 3.1.2.2. Organik Madde Tipi

Bitümlü şeyllerin organik madde tiplerinin belirlenmesi amacı ile S<sub>2</sub>-TOK, Hİ-Oİ kerojen sınıflama grafikleri kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre S<sub>2</sub> 0.72 ve 52.36 mgHK/gTOK arasında değişmektedir. S<sub>2</sub> değerleri Langford ve Blanc-Valleron (1990) tarafından oluşturulan S<sub>2</sub>-TOK diyagramına (Şekil 17) yerleştirildiğinde KEY-12/2 kuyusunun organik madde tipinin ağırlıklı olarak Tip II kerojen alanına düştüğü görülmektedir. Az miktarda Tip I ve Tip III kerojen alanına düşen örnekler olmasına rağmen, genel olarak kuyunun organik madde tipi Tip II kerojendir.



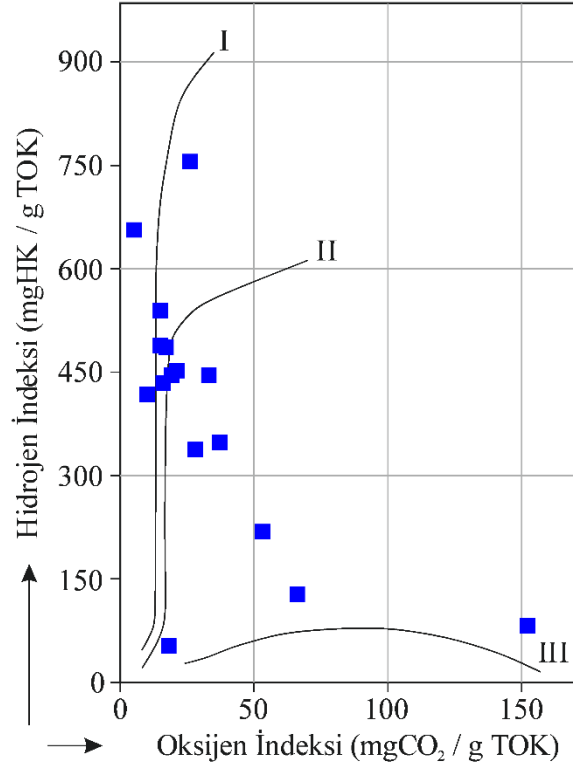
Şekil 17. KEY-12/2 kuyusuna ait örneklerin TOK, Tmax, Hİ ve PÜ değerlerinin grafiksel gösterimi

S<sub>2</sub>-TOK grafiğinde bitümlü şeyl örneklerine ait regresyon çizgisinin eğimi 7.02 olarak hesaplanmıştır. Bu eğime göre bitümlü şeyllerin %70.2 piroliz edilebilir hidrokarbon oranına sahip olduğu söylenebilir (Langford ve Blanc-Valleron, 1990).



Şekil 18. KEY-12/2 kuyusuna ait örneklerin Langford ve Blanc-Valleron (1990) tarafından oluşturulan S<sub>2</sub>-TOK diyagramında gösterimi

Örneklerin Hidrojen İndeksi değerlerine bakıldığında 52-755 mgHK/gTOK arasında değiştiği ve ortalama değerinin 393 mgHK/gTOK olduğu görülmektedir. Hİ'in yüksek olan ortalama değeri organik madde tipinin petrol türetimine uygun olduğunu göstermektedir (Merill, 1991). Oksijen İndeksi değerleri ise 5-152 mgHK/gTOK olarak hesaplanmıştır. Ortalama Oİ değeri 33 mgHK/gTOK hesaplanan örnekler, Merill (1991)'e göre düşük Oİ'ine karşı yüksek Hİ'i değerleri kaynak kaya potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca Espitalie vd. (1977) tarafından oluşturulan Hİ-Oİ diyagramına (Şekil 18) bakıldığında Tip I ve Tip II alanına düşen değerler organik madde tipinin Tip I ve Tip II kerojen karışımından oluştuğunu göstermektedir.



Şekil 19. KEY-12/2 kuyusuna ait örneklerin Hİ-Oİ diyagramı üzerindeki gösterimi (Espitalie vd., 1977'den düzenlenerek alınmıştır)

### 3.1.2.3. Organik Madde Olgunluğu

KEY-12/2 kuyusuna ait örneklerin  $T_{max}$  değerlerine bakıldığında değerlerin 326-418°C arasında değiştiği görülmektedir (Tablo 10). Ortalama  $T_{max}$  değerleri 379°C olarak hesaplanmıştır.  $T_{max}$  değerleri 430°C'nin altında kaldığı için bitümlü şeyl örnekleri olgunlaşmamış evrededir (Peters and Moldowan, 1993).

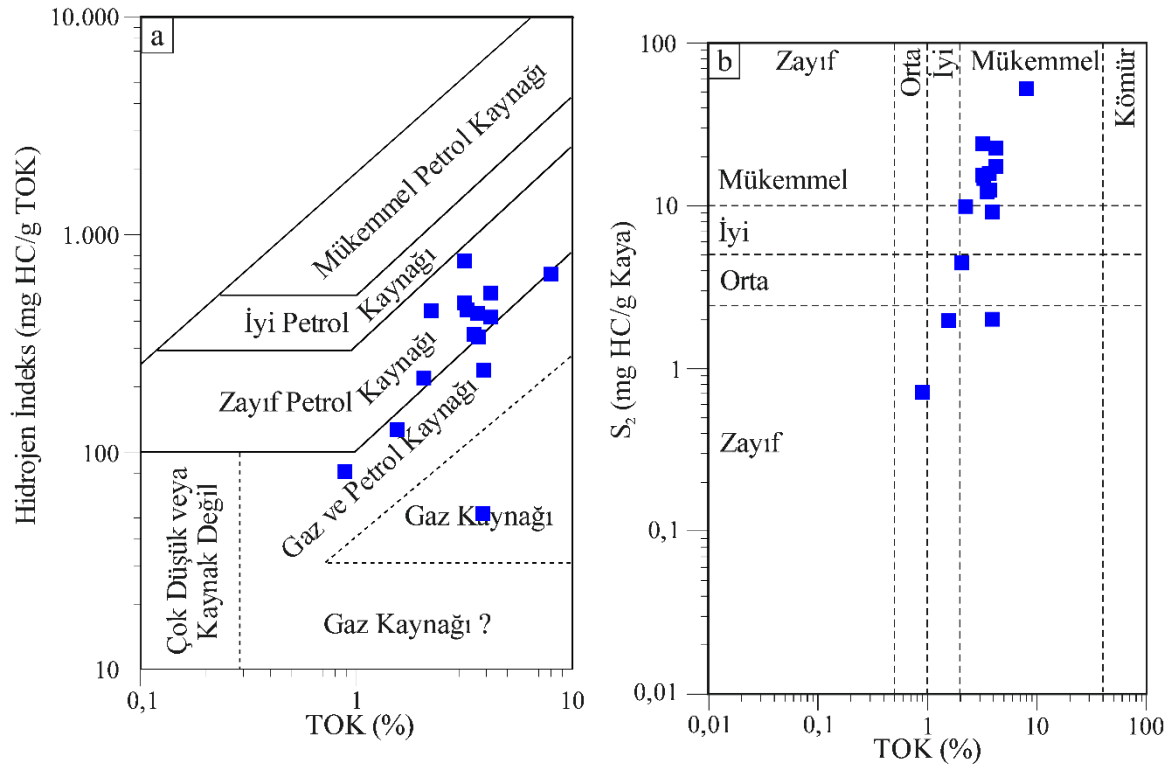
Üretim indeksine bakıldığında ölçülen değerlerin 0.13 ile 0.44 arasında değiştiği ve ortalamasının 0.24 olduğu görülmektedir. Elde edilen Üretim indeksinin bu yüksek değeri petrol penceresini işaret etmekle birlikte yüksek  $S_1$ , düşük  $T_{max}$ , yüksek  $S_1/TOK$  oranı ve yüksek Üİ oranı muhtemel bir kirlenmeyi göstermektedir (Merill, 1991).



### 3.1.2.4. Hidrokarbon Potansiyeli

KEY-12/2 kuyusu hidrokarbon potansiyeli açısından incelendiğinde içerisinde bulunan serbest hidrokarbon ( $S_1$ ) ve piroliz sonucu oluşan hidrokarbon ( $S_2$ ) toplamı 1.06 ile 61.06 mgHK/gkaya arasında değiştiği ve ortalamasının 18.9 mgHK/gkaya olduğu görülmektedir. Yüksek Potansiyel Ürün ( $S_1+S_2$ ) miktarı hidrokarbon oluşturma kabiliyetinin yüksekliğini işaret etmektedir (Merill, 1991).

Jackson vd. (1985) tarafından oluşturulan ve kaynak kaya potansiyelini gösteren Hİ'in TOK'a karşı çizilen diyagramına (Şekil 19a) yerleştirilen örnekler yine petrol ve gaz potansiyelini gösteren alana düşmektedir. Bir diğer kaynak kaya sınıflama diyagramı olan ve Dembicki (2009) tarafından oluşturulmuş  $S_2$  pikine karşılık TOK diyagramında (Şekil 19b) bitümlü şeyl örnekleri yoğunlukla mükemmel kaynak kaya potansiyelini göstermektedir.



Şekil 20. a. KEY-12/2 kuyusuna ait örneklerin Hİ-TOK diyagramı üzerindeki gösterimi (Jackson vd., 1985) b. KEY-12/2 kuyusuna ait örneklerin  $S_2$ -TOK diyagramı üzerindeki gösterimi (Dembicki, 2009)

### 3.1.3. KEY-12/3 Kuyusu Analiz Sonuçları

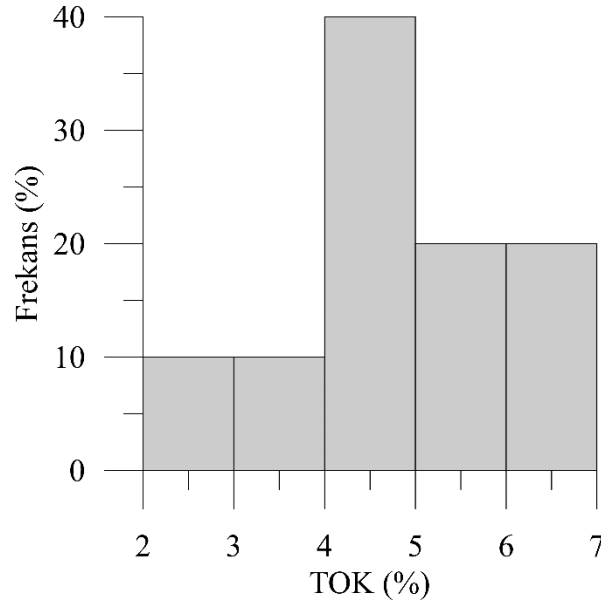
MTA'nın yaptığı KEY-12/3 kuyusundan seçilen 10 adet bitümlü şeyl örneğinin analiz sonuçları Tablo 9'da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre TOK değerleri %2.67 ile 6.68 arasında değişirken, ortalama %4.87 olarak hesaplanmıştır. Ortalama S<sub>1</sub> ve S<sub>2</sub> değerleri ise sırası ile 4.30 mgHK/gkaya ve 13.67 mgHK/gkaya olarak ölçülmüştür. Piroliz analiz sonuçlarından itibaren hesaplanan Hİ ve Oİ değerli ortalama olarak 388 ile 14 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 11. KEY-12/3 kuyusuna ait bitümlü şeyl örneklerinin piroliz analizi sonuçları.

Örnek No	TOK (%)	S <sub>1</sub> (mgHK/gkaya)	S <sub>2</sub> (mgHK/gkaya)	S <sub>3</sub> (mgHK/gkaya)	T <sub>max</sub> (°C)	Hİ (S <sub>2</sub> /TOK)	Oİ (S <sub>3</sub> /TOK)	Üİ (S <sub>1</sub> /(S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> ))
MSE-301	6.68	3.93	16.59	0.51	382	248	8	0.19
MSE-302	2.67	3.50	13.67	0.39	391	512	15	0.20
MSE-303	4.10	2.13	3.09	1.18	394	75	29	0.41
MSE-304	4.69	6.66	17.61	0.56	381	375	12	0.27
MSE-305	5.85	6.28	24.6	0.53	388	421	9	0.20
MSE-306	5.09	3.10	7.44	0.62	395	146	12	0.29
MSE-307	3.47	2.92	6.02	0.79	390	173	23	0.33
MSE-308	6.64	5.71	16.15	0.70	380	243	11	0.26
MSE-309	4.91	2.94	9.65	0.83	383	197	17	0.23
MSE-310	4.61	5.84	21.93	0.44	403	476	10	0.21
<b>Ortalama</b>	<b>4.87</b>	<b>4.30</b>	<b>13.67</b>	<b>0.65</b>	<b>388</b>	<b>286</b>	<b>14</b>	<b>0.26</b>

#### 3.1.3.1. Organik Madde Miktarı

KEY-12/3 kuyusuna ait bitümlü şeyl örneklerinin Toplam Organik Karbon (TOK) değerleri %2.67 ile %6.68 arasında değişmektedir. Ortalama TOK değeri ise %4.87 olarak hesaplanmaktadır. TOK değerlerinin yüzde histogram grafiği (Şekil 20) üzerindeki dağılımlarına bakıldığında ise değerleri %80 oranında % 4-7 arasında olduğu görülmektedir.

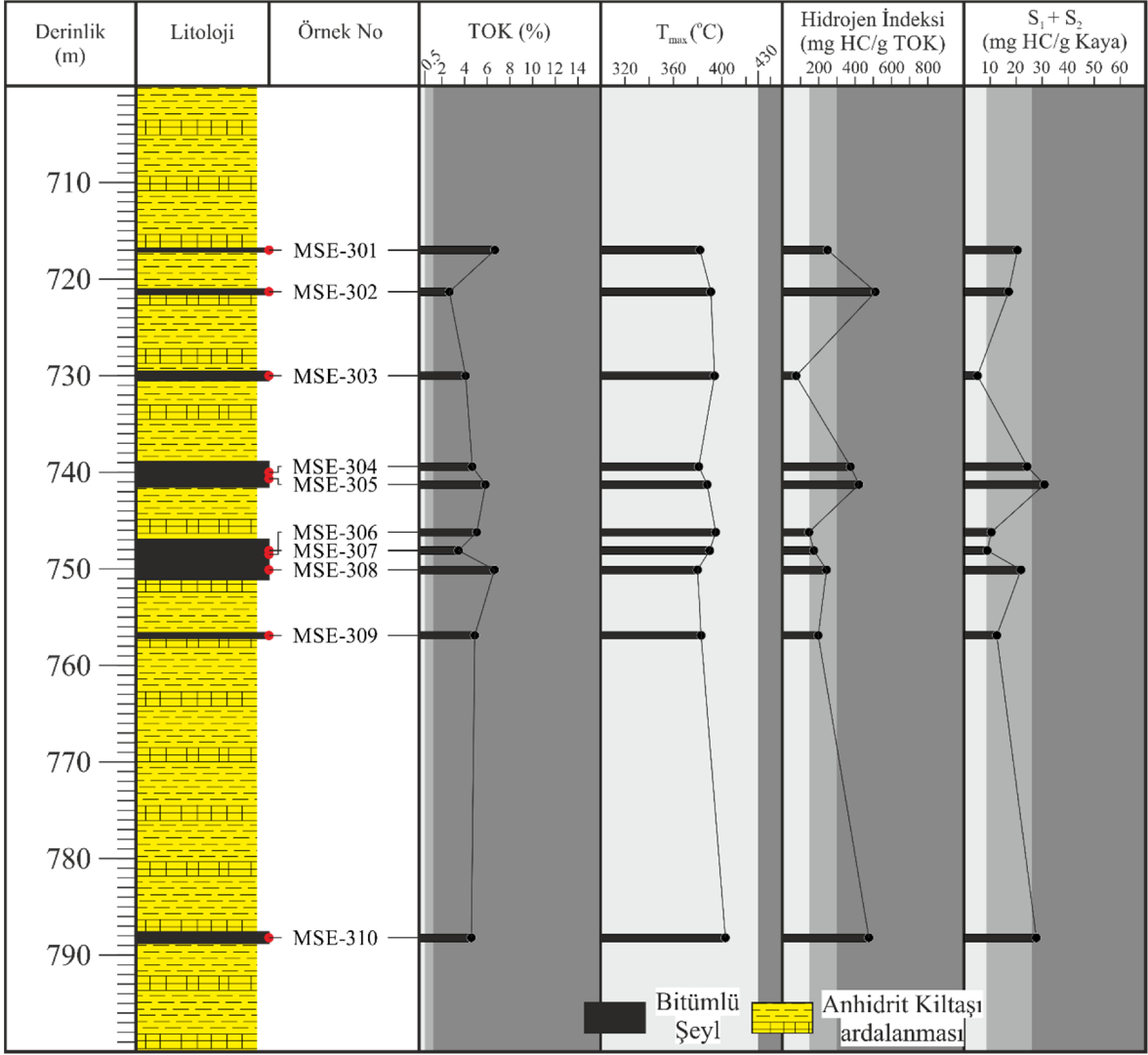


Şekil 21. KEY-12/3 kuyusuna ait örneklerin TOK değerlerinin yüzde dağılımlarının histogram grafiği

KEY-12/3'e ait örneklerinin sondaj derinliğine karşı (Şekil 21) TOK değerleri kıyaslandığında ise 70.8 metrelik istifin en yüksek TOK değerine 716.8 metre derinliğindeki istifin en üstünde bulunan MSE-301 örneğinde rastlanmaktadır. En düşük TOK değeri 721 metredeki MSE-302 numaralı örnekte görülmektedir. İstifin geneline bakıldığında derinliğin ile TOK arasında düzenli bir değişim gözlenmemektedir.

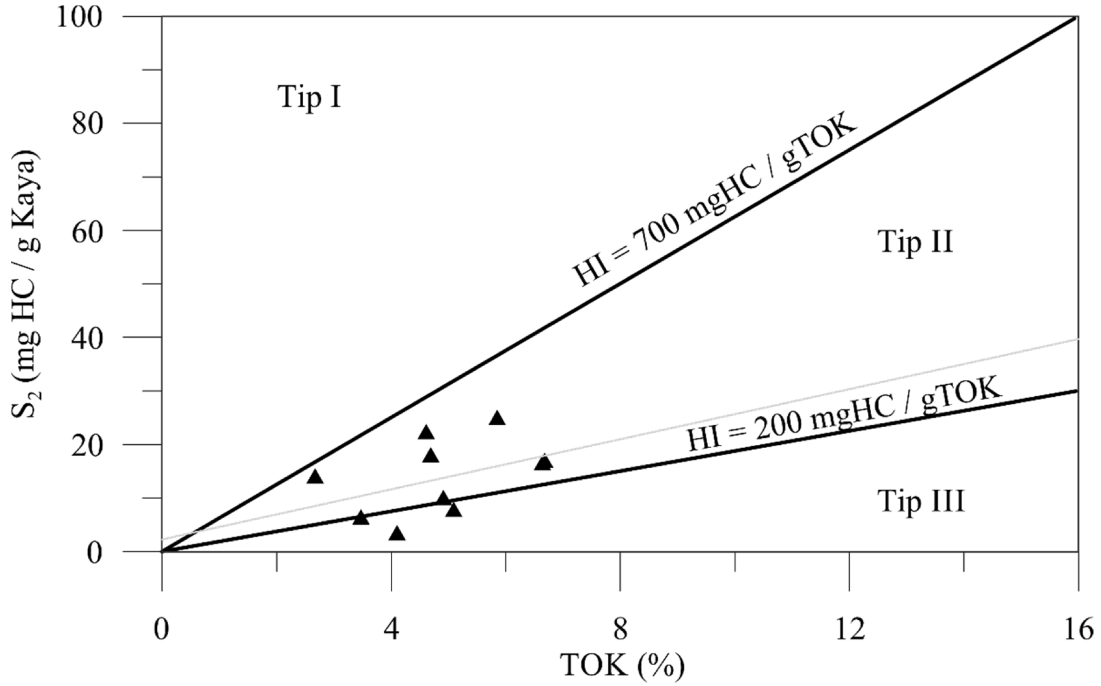
### 3.1.3.2. Organik Madde Tipi

KEY-12/3 kuyusuna ait bitümlü şeyllerin organik madde tiplerinin belirlenmesi amacı ile  $S_2$ -TOK, Hİ-Oİ kerojen sınıflama grafikleri kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre  $S_2$  miktarı 3.09 ile 24.60 mgHK/gTOK arasında değişmektedir ve ortalaması 13.60 mgHK/gTOK'dur.  $S_2$  değerleri Langford ve Blanc-Valleron (1990) tarafından oluşturulan  $S_2$ -TOK diyagramına (Şekil 22) yerleştirildiğinde KEY-12/3 kuyusunun organik madde tipinin ağırlıklı olarak Tip II kerojen alanına düştüğü görülmektedir. Az miktarda Tip III kerojen alanına düşen örnekler olmak ile birlikte kuyunun baskın organik madde tipi Tip II kerojendir.  $S_2$ -TOK diyagramında bitümlü şeyl örneklerine ait regresyon çizgisinin eğimi 2.33 olarak hesaplanmıştır. Bu eğime göre bitümlü şeyllerin %23.3 piroliz edilebilir hidrokarbon oranına sahip olduğu hesaplanmaktadır (Langford ve Blanc-Valleron, 1990).



Şekil 22. KEY-12/3 kuyusuna ait örneklerin TOK, Tmax, Hİ ve PÜ değerlerinin grafiksel gösterimi

Örneklerin Hidrojen İndeksi değerlerine bakıldığında 75-512 mgHK/gTOK arasında değiştiği ve ortalama değerinin 286 mgHK/gTOK olduğu görülmektedir. Yüksek Hİ değerlerine sahip örneklerin ortalama değeri organik madde tipinin petrol türetimine uygun olduğunu göstermektedir (Merill, 1991). Oksijen İndeksi değerleri ise 8-29 mgHK/gTOK olarak hesaplanmıştır. Oİ değeri ortalama 14 mgHK/gTOK hesaplanan örnekler, Merill (1991)'e göre düşük Oİ'ine karşı yüksek Hİ değerleri kaynak kaya potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca Espitalie vd. (1977) tarafından oluşturulan Hİ-Oİ (Şekil 23) diyagramına bakıldığında Tip I ve Tip II alanına düşen değerler organik madde tipinin Tip I ve Tip II kerojen karışımından oluştuğunu göstermektedir.

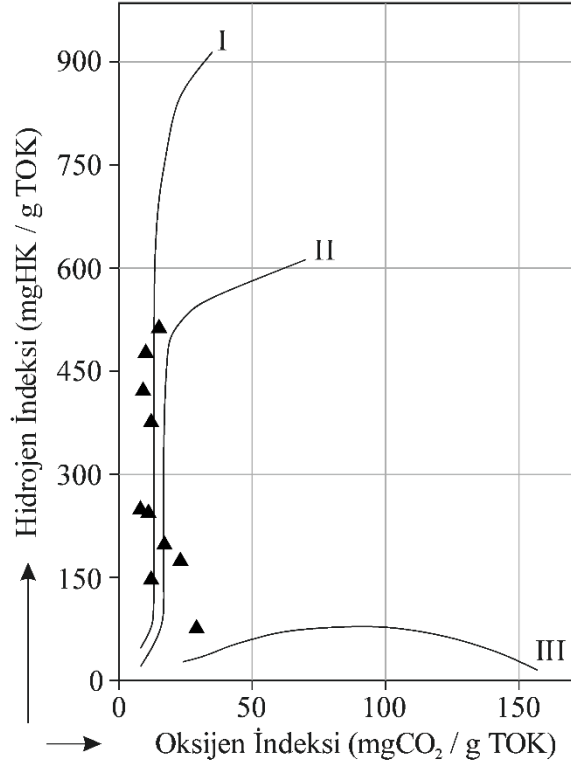


Şekil 23. KEY-12/3 kuyusuna ait örneklerin Langford ve Blanc-Valleron (1990) tarafından oluşturulan S<sub>2</sub>-TOK diyagramında gösterimi

### 3.1.3.3. Organik Madde Olgunluğu

KEY 12/3 kuyusuna ait örneklerin  $T_{max}$  değerlerine bakıldığında değerlerin 380-403°C arasında değiştiği görülmektedir (Tablo 11). Ortalama  $T_{max}$  değerleri 389 °C olarak hesaplanmıştır.  $T_{max}$  değerleri 430 °C'nin altında kaldığı için bitümlü şeyl örneklerinin olgunlaşmamış evrede olduğu belirlenmiştir (Peters and Moldowan, 1993).

Üretim indeksine bakıldığında ise ölçülen değerlerin 0.19 ile 0.41 arasında değiştiği ve ortalamasının 0.26 olduğu görülmektedir. Yüksek çıkan üretim indeksi değeri örneklerin petrol penceresinde olduğunu veya kirlendiğini göstermektedir (Merill, 1991). Düşük  $T_{max}$  değerinden dolayı örneklerin petrol üretmesi mümkün olmayıp muhtemel bir kirlenme söz konusudur.

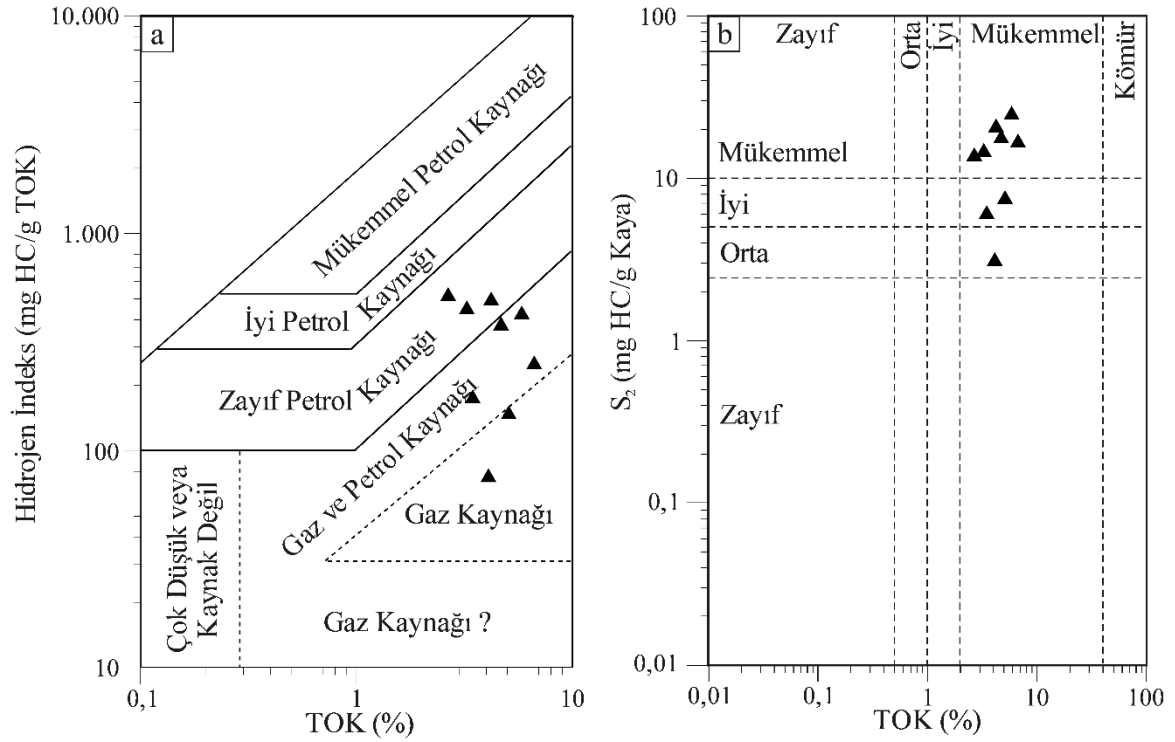


Şekil 24. KEY-12/3 kuyusuna ait örneklerin Hİ-Oİ diyagramı üzerindeki gösterimi (Espitalie vd., 1977'den düzenlenerek alınmıştır)

### 3.1.3.4. Hidrokarbon Potansiyeli

KEY-12/3 kuyusu hidrokarbon potansiyeli açısından incelendiğinde içerisinde bulunan serbest hidrokarbon ( $S_1$ ) ve piroliz sonucu oluşan hidrokarbon ( $S_2$ ) toplamı 5.22 ile 30.88 mgHK/gkaya arasında değiştiği ve ortalamasının 18 mgHK/gkaya olduğu görülmektedir. Yüksek Potansiyel Ürün ( $S_1+S_2$ ) miktarı hidrokarbon oluşturma kabiliyetinin yüksekliğini işaret etmektedir (Merill, 1991).

Jackson vd. (1985) tarafından oluşturulan ve kaynak kaya potansiyelini gösteren Hİ'in TOK'a karşı çizilen diyagramına (Şekil 24a) yerleştirilen örnekler petrol ve gaz potansiyelini gösteren alana denk gelmektedir. Dembicki (2009) tarafından oluşturulmuş  $S_2$  pikine karşılık TOK diyagramında (Şekil 24b) düşürülen bitümlü şeyl örnekleri ise iyi kaynak kaya potansiyelini göstermektedir.



Şekil 25. a. KEY-12/3 kuyusuna ait örneklerin Hİ-TOK diyagramı üzerindeki gösterimi (Jackson vd., 1985) b. KEY-12/3 kuyusuna ait örneklerin S<sub>2</sub>-TOK diyagramı üzerindeki gösterimi (Dembicki, 2009)

### 3.1.4. KEY-12/4 Kuyusu Analiz Sonuçları

MTA'nın yaptığı KEY-12/4 kuyusundan seçilen 20 adet bitümlü şeyl örneğinin analiz sonuçları Tablo 12'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre TOK değerleri %1.40 ile 7.07 arasında değişirken, ortalama %4.35 olarak hesaplanmıştır. Ortalama S<sub>1</sub> ve S<sub>2</sub> değerleri ise sırası ile 5.25 mgHK/gkaya ve 16.90 mgHK/gkaya olarak ölçülmüştür. Piroliz analiz sonuçlarından itibaren hesaplanan Hİ ve Oİ değerli ortalama olarak 385 ile 22 olarak hesaplanmıştır.

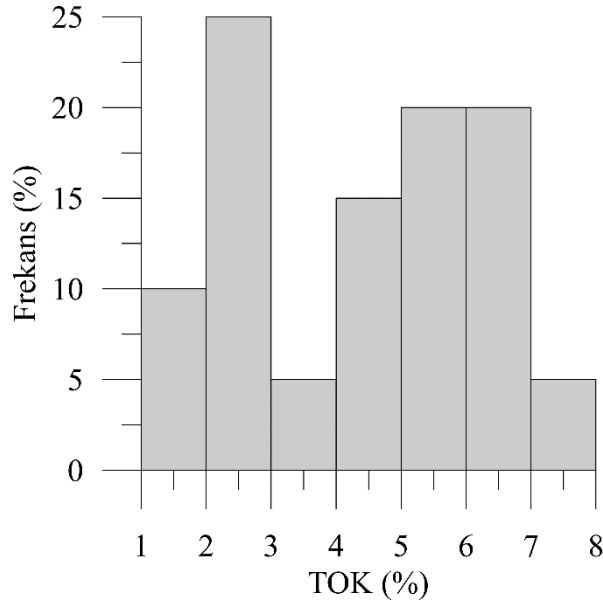
Tablo 12. KEY-12/4 kuyusuna ait bitümlü şeyl örneklerinin piroliz analizi sonuçları.

Örnek No	TOK (%)	S <sub>1</sub> (mgHK/gkaya)	S <sub>2</sub> (mgHK/gkaya)	S <sub>3</sub> (mgHK/gkaya)	T <sub>max</sub> (°C)	Hİ (S <sub>2</sub> /TOK)	Oİ (S <sub>3</sub> /TOK)	Üİ (S <sub>1</sub> /(S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> ))
MSE-401	4.26	3.56	25.74	1.11	412	604	26	0.12
MSE-402	2.68	5.64	14.89	0.94	348	556	35	0.27
MSE-403	2.06	4.81	6.31	0.66	339	306	32	0.43
MSE-404	4.34	4.85	11.96	0.83	378	276	19	0.29
MSE-405	4.03	3.46	7.52	0.77	388	187	19	0.32
MSE-406	3.80	6.91	20.15	0.39	393	530	10	0.26
MSE-407	6.41	7.83	23.95	0.51	384	374	8	0.25
MSE-408	5.67	5.87	20.84	0.71	378	368	13	0.22
MSE-409	5.34	6.70	23.82	0.54	387	446	10	0.22
MSE-410	6.18	6.59	20.67	0.78	384	334	13	0.24
MSE-411	7.00	6.17	20.66	0.91	387	295	13	0.23
MSE-412	6.95	6.01	21.49	1.02	383	309	15	0.22
MSE-413	5.77	8.25	24.41	0.61	378	423	11	0.25
MSE-414	7.07	10.89	33.77	0.62	378	478	9	0.24
MSE-415	2.30	1.58	6.70	0.83	424	291	36	0.19
MSE-416	5.09	6.51	25.41	0.89	395	499	17	0.20
MSE-417	2.57	3.59	12.57	0.46	400	489	18	0.22
MSE-418	1.40	1.45	3.64	0.58	365	260	41	0.28
MSE-419	1.40	1.50	4.66	0.90	408	333	64	0.24
MSE-420	2.61	2.95	9.00	1.02	400	345	39	0.25
<b>Ortalama</b>	<b>4.35</b>	<b>5.25</b>	<b>16.90</b>	<b>0.75</b>	<b>385</b>	<b>385</b>	<b>22</b>	<b>0.25</b>

### 3.1.4.1. Organik Madde Miktarı

KEY-12/4 kuyusuna ait bitümlü şeyllerin Toplam Organik Karbon (TOK) değerleri %1.40 ile %7.07 arasında değişmektedir. Ortalama TOK değeri ise %4.35 olarak hesaplanmıştır (Tablo 12). TOK değerlerinin yüzde histogram grafiği (Şekil 25) üzerindeki dağılımlarına bakıldığında ise değerlerin %55 oranında %4-7 arasında yoğunlaştığı görülmektedir.



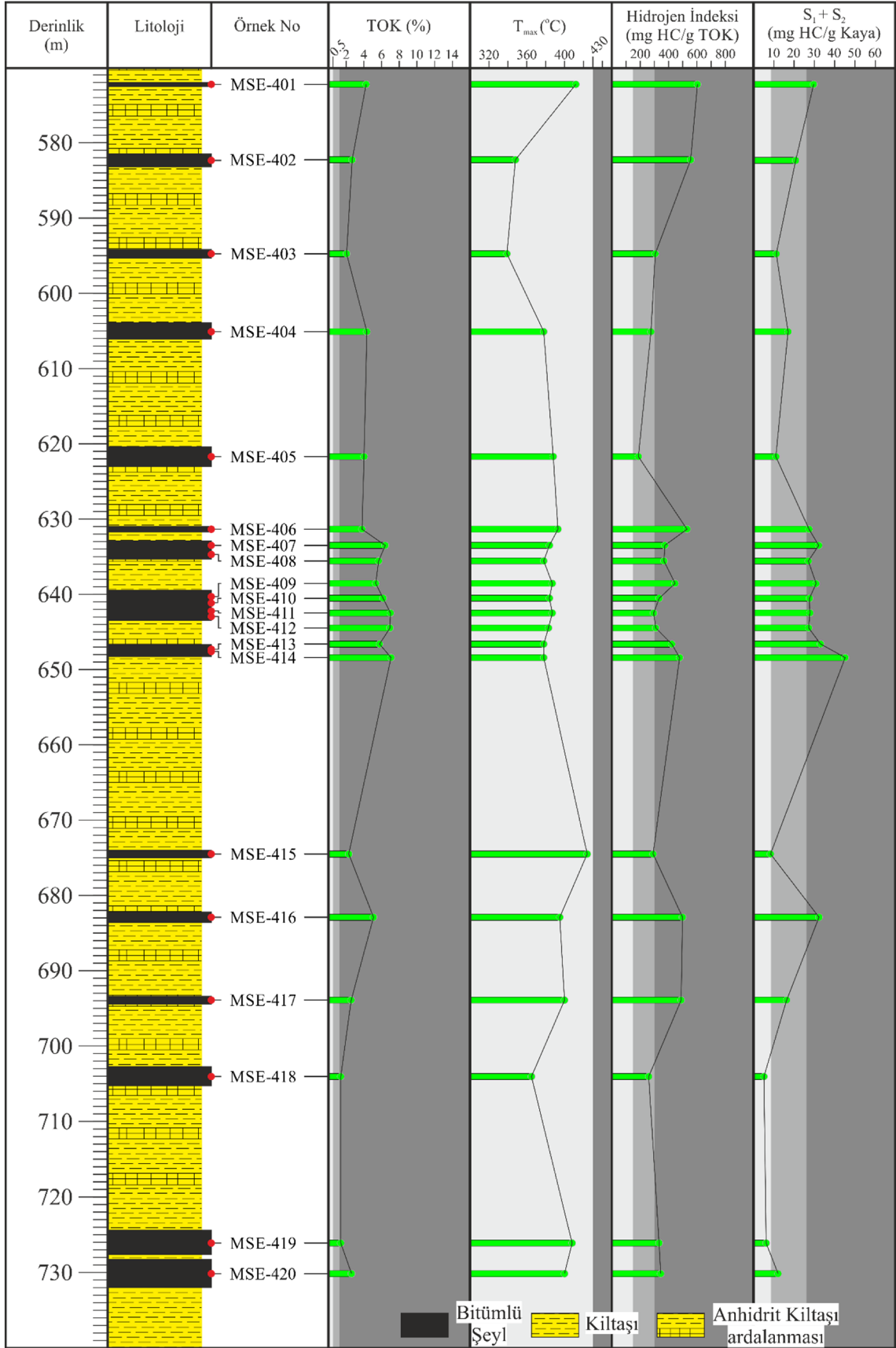


Şekil 26. KEY-12/4 kuyusuna ait örneklerin TOK değerlerinin yüzde dağılımlarının histogram grafiği

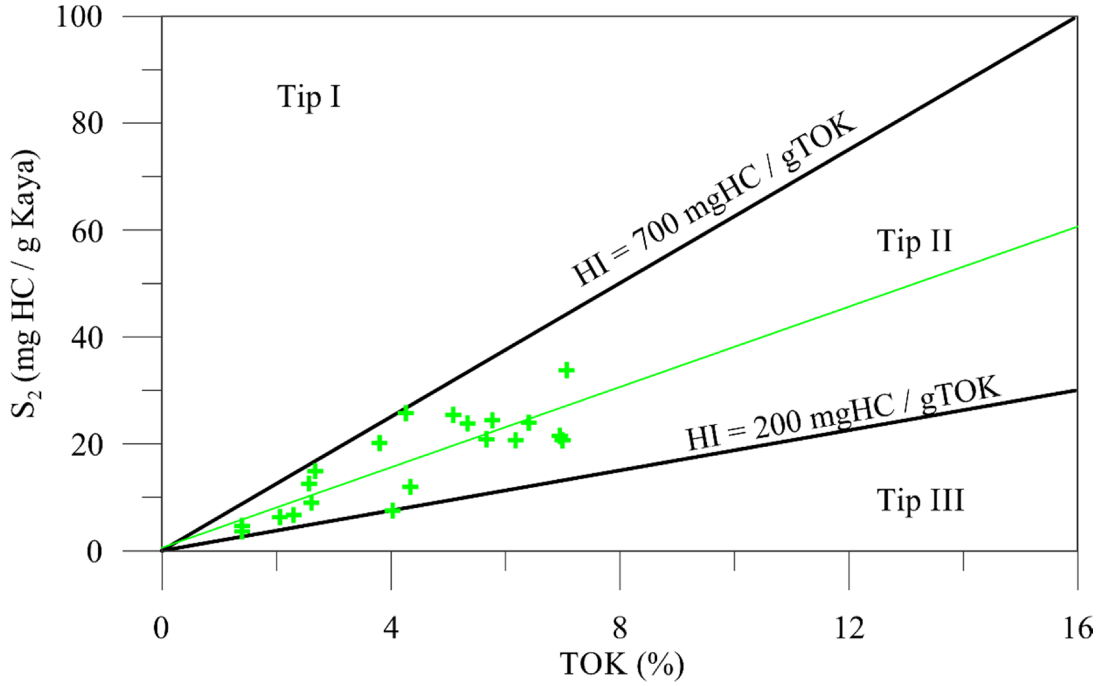
KEY-12/4 örneklerinin sondaj derinliğine karşı TOK değerleri (Şekil 26) kıyaslandığında ise 156.3 metrelik istifin en yüksek TOK değerine 647.1 metre derinliğindeki MSE-414 örneğinde görülmektedir. En düşük TOK değerine ise istifin 702.8 ve 724.5 metrelerindeki MSE-418/419 numaralı örneklerinde rastlanılmaktadır. İstifin geneline bakıldığında ise derinliğin artması ile birlikte TOK değerlerinin önce artıp daha sonra tekrardan azaldığı gözlenmektedir.

### 3.1.4.2. Organik Madde Tipi

KEY-12/4 kuyusuna ait bitümlü şeyl örneklerinin organik madde tiplerinin belirlenmesi amacı ile  $S_2$ -TOK, Hİ-Oİ kerojen sınıflama grafikleri kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre  $S_2$  miktarı 3.64 ve 33.77 mgHK/gTOK arasında değişirken ortalama  $S_2$  değeri 17 mgHK/gTOK'dur.  $S_2$  değerleri Langford ve Blanc-Valleron (1990) tarafından oluşturulan  $S_2$ -TOK diyagramına (Şekil 27) yerleştirildiğinde KEY-12/4 kuyusuna ait örneklerinin hepsinin Tip II kerojen alanına düştüğü görülmektedir.  $S_2$ -TOK diyagramında bitümlü şeyl örneklerine ait regresyon çizgisinin eğimi 3.75 olarak hesaplanmıştır. Bu eğime göre bitümlü şeyllerin %37.5 piroliz edilebilir hidrokarbon oranına sahip olduğu söylenebilir (Langford ve Blanc-Valleron, 1990).

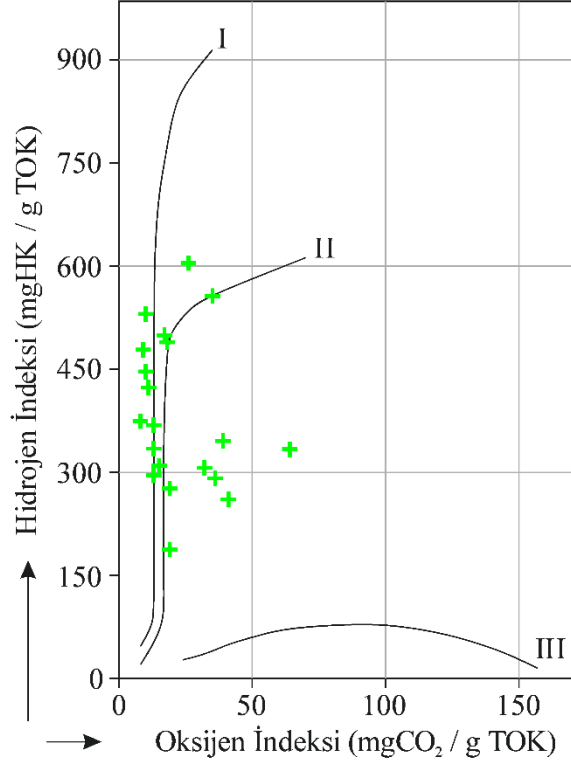


Şekil 27. KEY-12/4 kuyusuna ait örneklerin TOK,  $T_{max}$ , Hİ ve PÜ değerlerinin grafiksel gösterimi.



Şekil 28. KEY-12/4 kuyusuna ait örneklerin Langford ve Blanc-Valleron (1990) tarafından oluşturulan S<sub>2</sub>-TOK diyagramında gösterimi

Örneklerin Hidrojen İndeksi değerleri 187-604 mgHK/gTOK arasında değişmektedir. Ortalama Hİ'si, 385 mgHK/gTOK olarak hesaplanmıştır. Yüksek Hİ'i değerlerine sahip olan bitümlü şeyl örneklerinin organik madde tipi açısından petrol türetimine uygundur (Merill, 1991). Oksijen İndeksi değerleri ise 8-64 mgHK/gTOK olarak hesaplanmıştır. Oİ değeri ortalama 22 mgHK/gTOK olarak hesaplanan örnekler, düşük Oİ'ine karşı yüksek Hİ değerlerine sahip olduğu için Merill (1991)'e göre kaynak kaya potansiyeli yüksektir. Ayrıca Espitalie vd. (1977) tarafından oluşturulan Hİ-Oİ diyagramına (Şekil 28) bakıldığında Tip I ve Tip II alanına düşen değerler organik madde tipinin Tip I ve Tip II kerojen karışımından oluştuğunu göstermektedir.



Şekil 29. KEY-12/4 kuyusuna ait örneklerin HI-Oİ diyagramı üzerindeki gösterimi (Espitalie vd., 1977'den düzenlenerek alınmıştır)

### 3.1.4.3. Organik Madde Olgunluğu

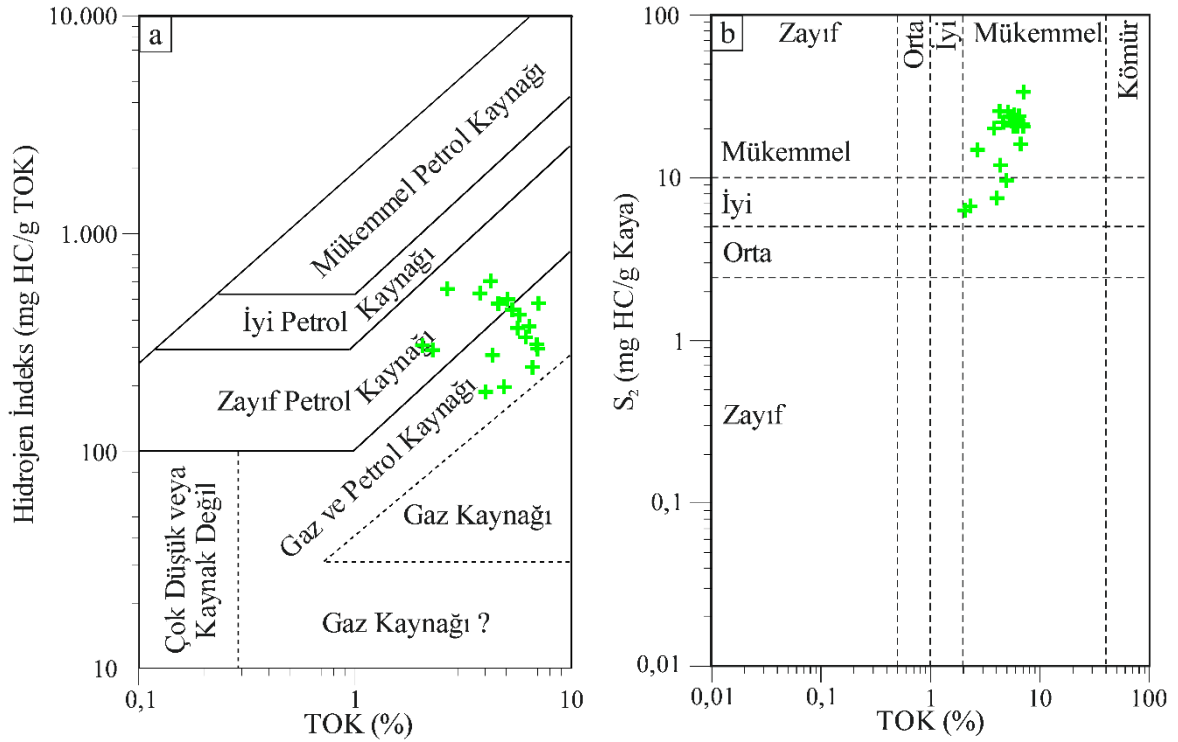
KEY-12/4 kuyusuna ait örneklerin  $T_{max}$  değerlerine bakıldığında değerlerin 339-424°C arasında değiştiği görülmektedir (Tablo 12). Ortalama  $T_{max}$  değerleri 385 °C olarak hesaplanmıştır. Peters ve Moldowan (1993)'e göre  $T_{max}$  değerleri 430 °C'nin altında kalan bitümlü şeyl örnekleri olgunlaşmamış evrededir.

Üretim indeksine bakıldığında ölçülen değerlerin 0.12 ile 0.43 arasında değiştiği ve ortalamasının 0.25 olduğu görülmektedir. Elde edilen yüksek üretim indeksi değerine göre KEY-12/4 kuyusu örnekleri ya petrol penceresinde bulunmaktadır ya da kirlenmişlerdir (Merill, 1991). Düşük  $T_{max}$  değeri göz önüne alındığında örneklerin kirlenme gösterdikleri düşünülmektedir.

### 3.1.4.4. Hidrokarbon Potansiyeli

KEY-12/4 kuyusu hidrokarbon potansiyeli açısından incelendiğinde içerisinde bulunan serbest hidrokarbon ( $S_1$ ) ve piroliz sonucu oluşan hidrokarbon ( $S_2$ ) toplamı 5.09 ile 44.66 mgHK/gkaya arasında değiştiği ve ortalamasının 21 mgHK/gkaya olduğu görülmektedir. Yüksek Potansiyel Ürün ( $S_1+S_2$ ) miktarı hidrokarbon oluşturma kabiliyetinin çok iyi olduğunu işaret etmektedir (Merill, 1991).

Jackson vd. (1985) tarafından oluşturulan ve kaynak kaya potansiyelini gösteren Hİ'in TOK'a karşı çizilen diyagramına (Şekil 29a) yerleştirilen örnekler yine petrol ve gaz potansiyelini gösteren alana düşmektedir. Bir diğer kaynak kaya sınıflama diyagramı olan ve Dembicki (2009) tarafından oluşturulmuş  $S_2$  pikine karşılık TOK diyagramında (Şekil 29b) bitümlü şeyl örnekleri mükemmel kaynak kaya potansiyelini göstermektedir.



Şekil 30. a. KEY-12/4 kuyusuna ait örneklerin Hİ-TOK diyagramı üzerindeki gösterimi (Jackson vd., 1985) b. KEY-12/1 kuyusuna ait örneklerin  $S_2$ -TOK diyagramı üzerindeki gösterimi (Dembicki, 2009)

### 3.2. Gaz Kromatografi (GC) Analizleri

Konya-Ereğli, Yeniköy (KEY) bölgesinde yapılan sondajlardan alınan MSE-122, MSE-212, MSE-305, MSE-414 örneklerden elde edilen özütlerin doymun fraksiyonları üzerinde yapılan Gaz Kromatografi analizi sonucunda elde edilen gaz kromatogramları Şekil 32, 33, 34, 35'te verilmiştir.

Yapılan analiz sonrasında gaz kromatogramından okunan ortalama pristan/fitan oranı 0.15 olarak hesaplanmıştır. Ortalama  $Pr/nC_{17}$  ve  $Pr/nC_{18}$  oranları ise sırası ile 0.63 ve 3.79 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu gaz kromatogramlarından ölçülmüş pristan, fitan,  $nC_{17}$ ,  $nC_{18}$  değerlerinden itibaren hesaplanan oranlar Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13. Yeniköy (Konya-Ereğli) bitümlü şeyl örneklerine ait gaz kromatogramlarından hesaplanan parametreler

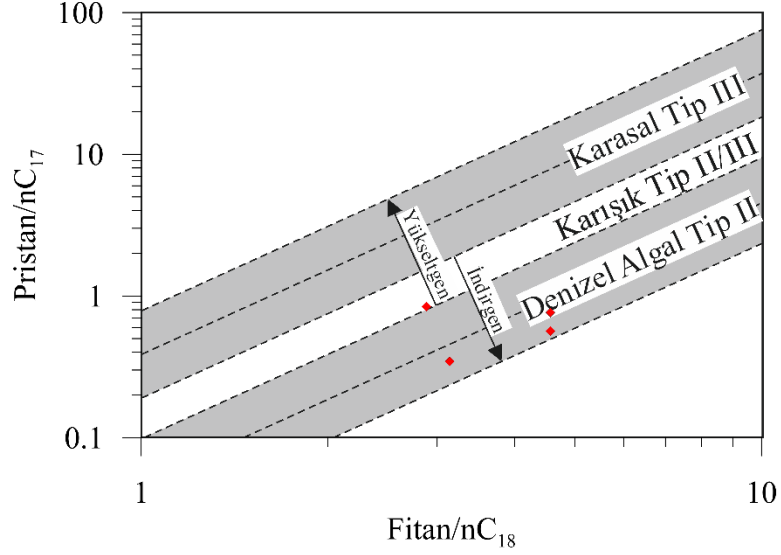
Örnek No	Pr/Ph	Ph/Pr	Pr/ $nC_{17}$	Ph/ $nC_{18}$
MSE-122	0.15	6.43	0.56	4.56
MSE-212	0.11	8.80	0.34	3.14
MSE-305	0.21	4.62	0.84	2.88
MSE-414	0.12	8.40	0.76	4.57

Yeniköy kuyularından (KEY/12-1, 2, 3, 4) alınan örneklerin gaz kromatogramlarında n-alkanlar baskın bileşen değildirler (Şekil 32, 33, 34, 35). Fakat kısa zincirli n-alkanların, uzun zincirli n-alkanlara göre daha bol olması önemli bir algal kaynağı göstermektedir (Tissot ve Welte, 1984; Waples, 1985; Peters ve Moldowan, 1993).

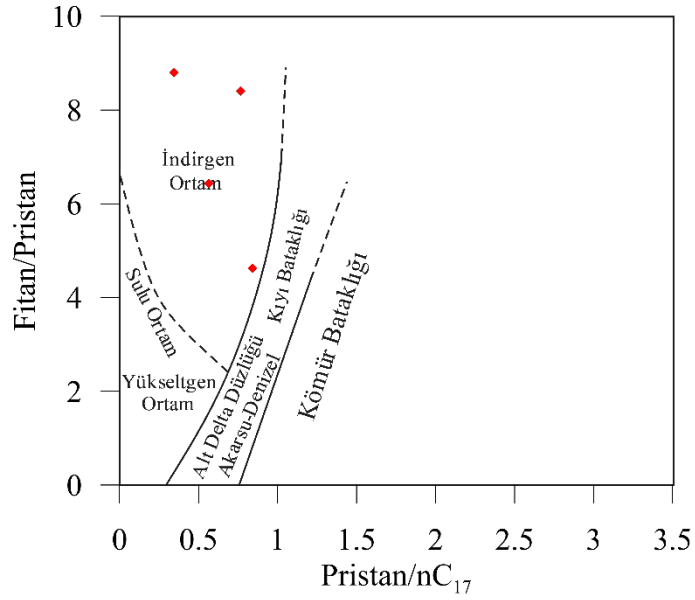
Pristanın fitana oranı (pr/ph) 0.11 ile 0.21 arasında değişirken ortalaması 0.15 olarak hesaplanmıştır (Tablo 13). Bu değerlere göre Konya-Ereğli-Yeniköy (KEY) kuyularında kesilen bitümlü şeyl örneklerinin anoksik bir ortamda çökeldeği söylenebilmektedir (Peters ve Moldowan, 1993).

Bitümlü şeyl örneklerinin Pristan/ $nC_{17}$  oranına karşılık Fitane/ $nC_{18}$  kerojen sınıflama diyagramı (Şekil 30) ve Fitane/Pristan oranına karşılık Pristan/ $nC_{17}$  çökeltme ortamı sınıflama diyagramı (Şekil 31) çizilmiştir. Pristan/ $nC_{17}$ -Fitane/ $nC_{18}$  diyagramında örnekler algal Tip II kerojen alanına düşmektedir. Rock-Eval piroliz ile elde edilen sonuçlarla uyumlu olan diyagrama göre çökeltme ortamı indirgen özellik göstermektedir.

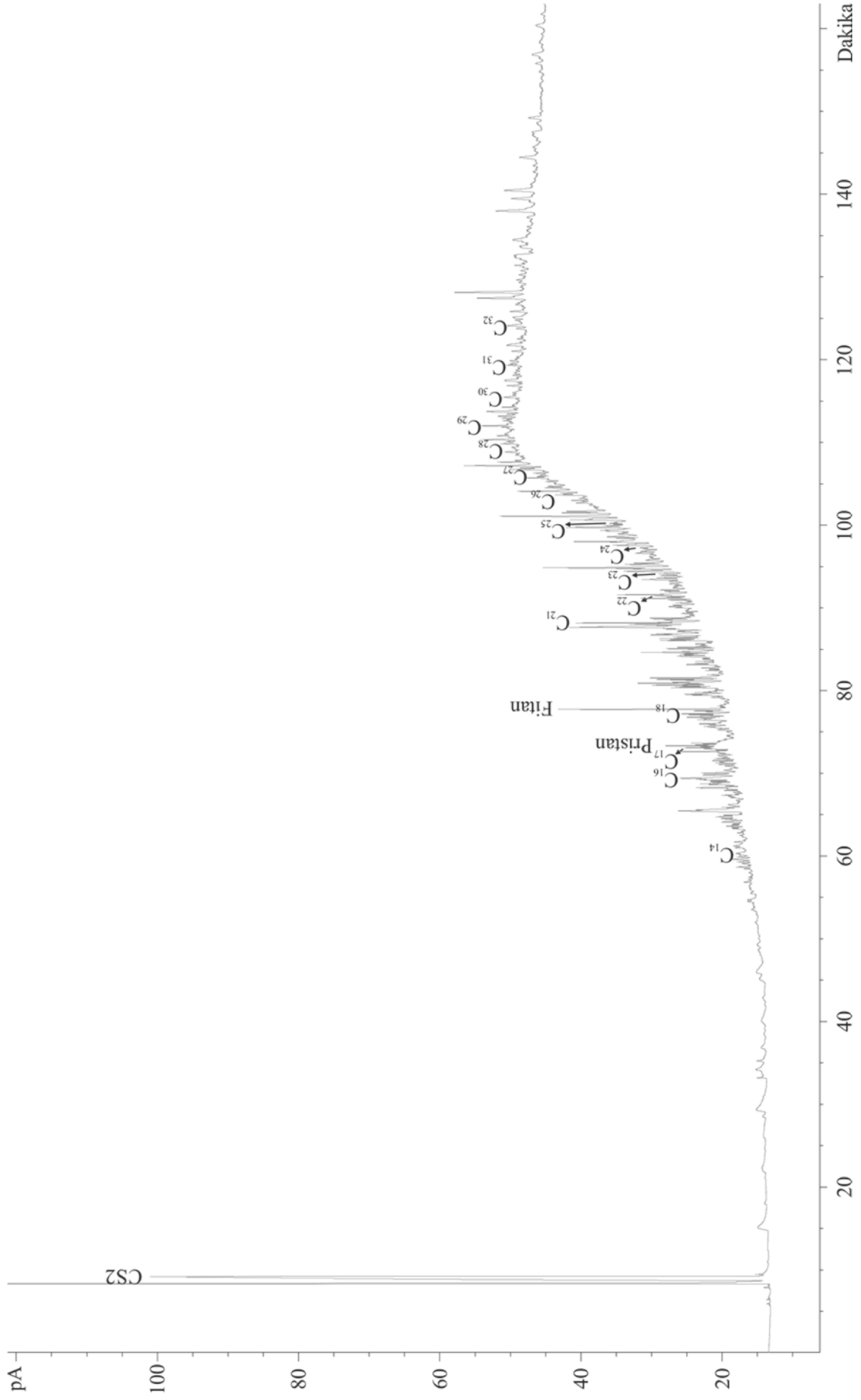
Fitan/Pristan-Pristan/ $nC_{17}$  oranına göre çizilen çökelme ortamı sınıflama diyagramında ise örnekler indirgen bir ortamda çökelmiştir.



Şekil 31. Pristan/ $nC_{17}$ -fitan/ $nC_{18}$  kerojen sınıflama diyagramında bitümlü şeylerin dağılımı (Peters vd., 1999'dan düzenlenerek alınmıştır)

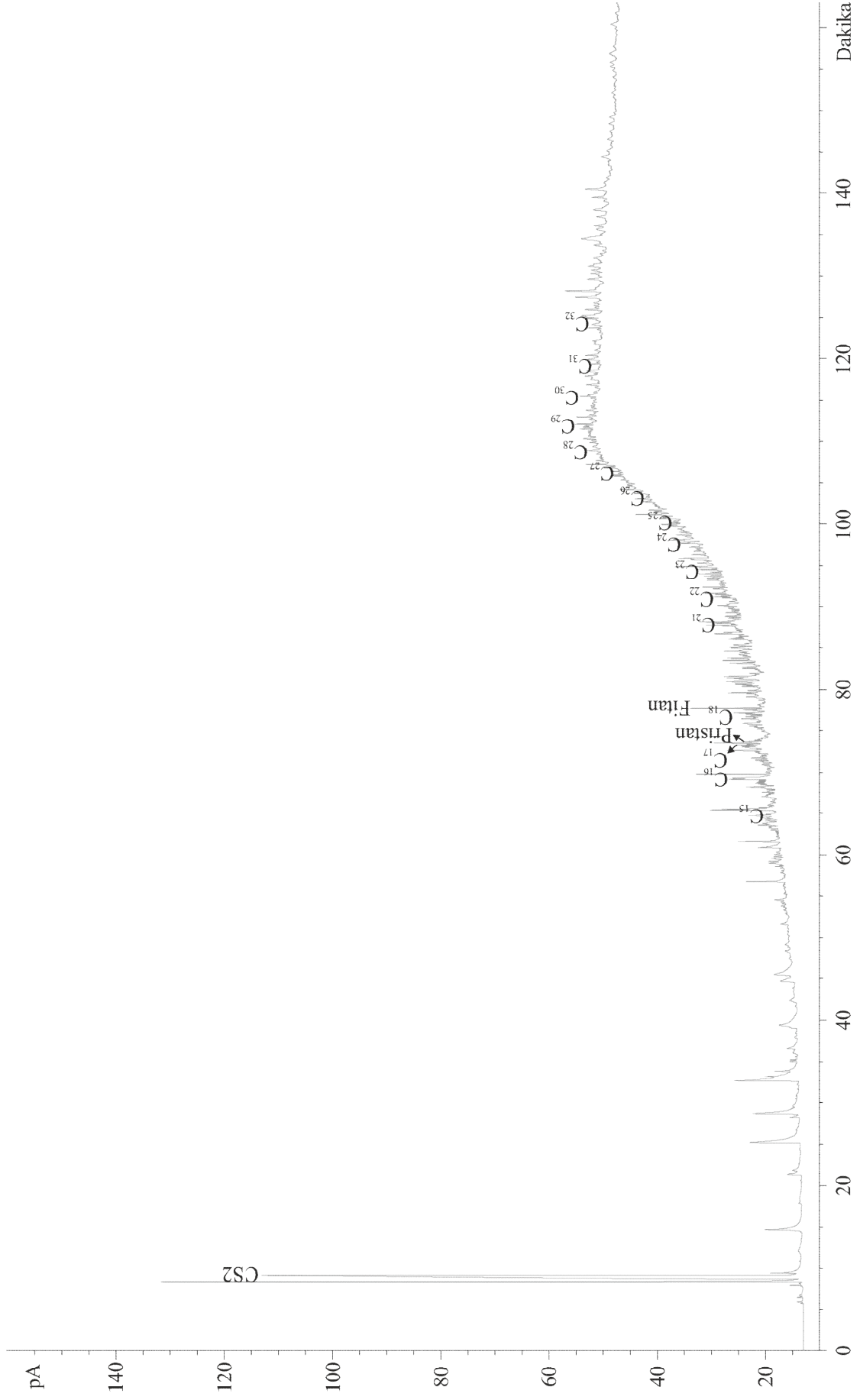


Şekil 32. Fitan/pristan-pristan/ $nC_{17}$  çökelme ortamı tayini diyagramında bitümlü şeylerin dağılımı (Mehrotra vd., 1987'den düzenlenerek alınmıştır)

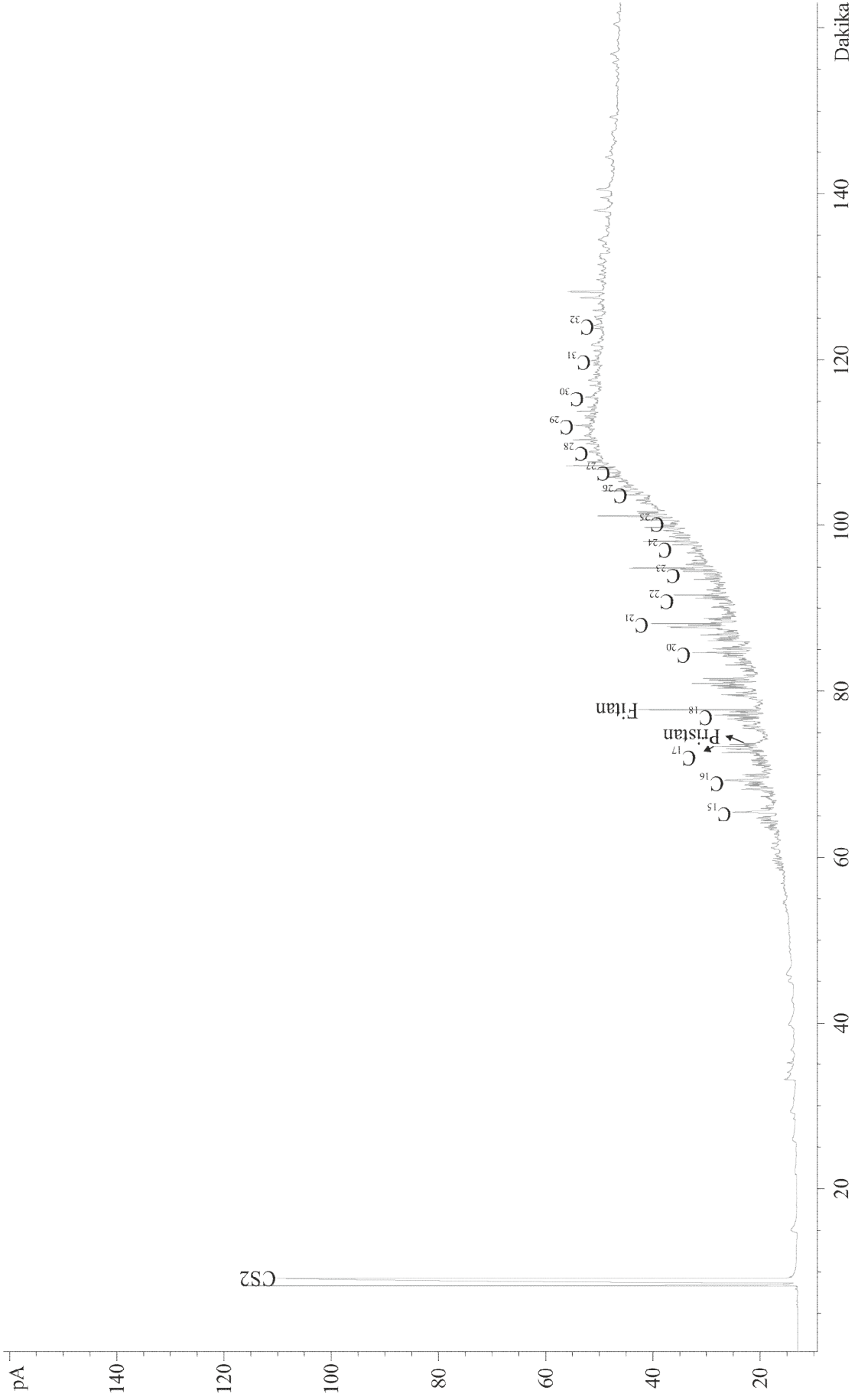


Şekil 33. MSE-122 örneğine ait doygun fraksiyonlarının gaz kromatogramı

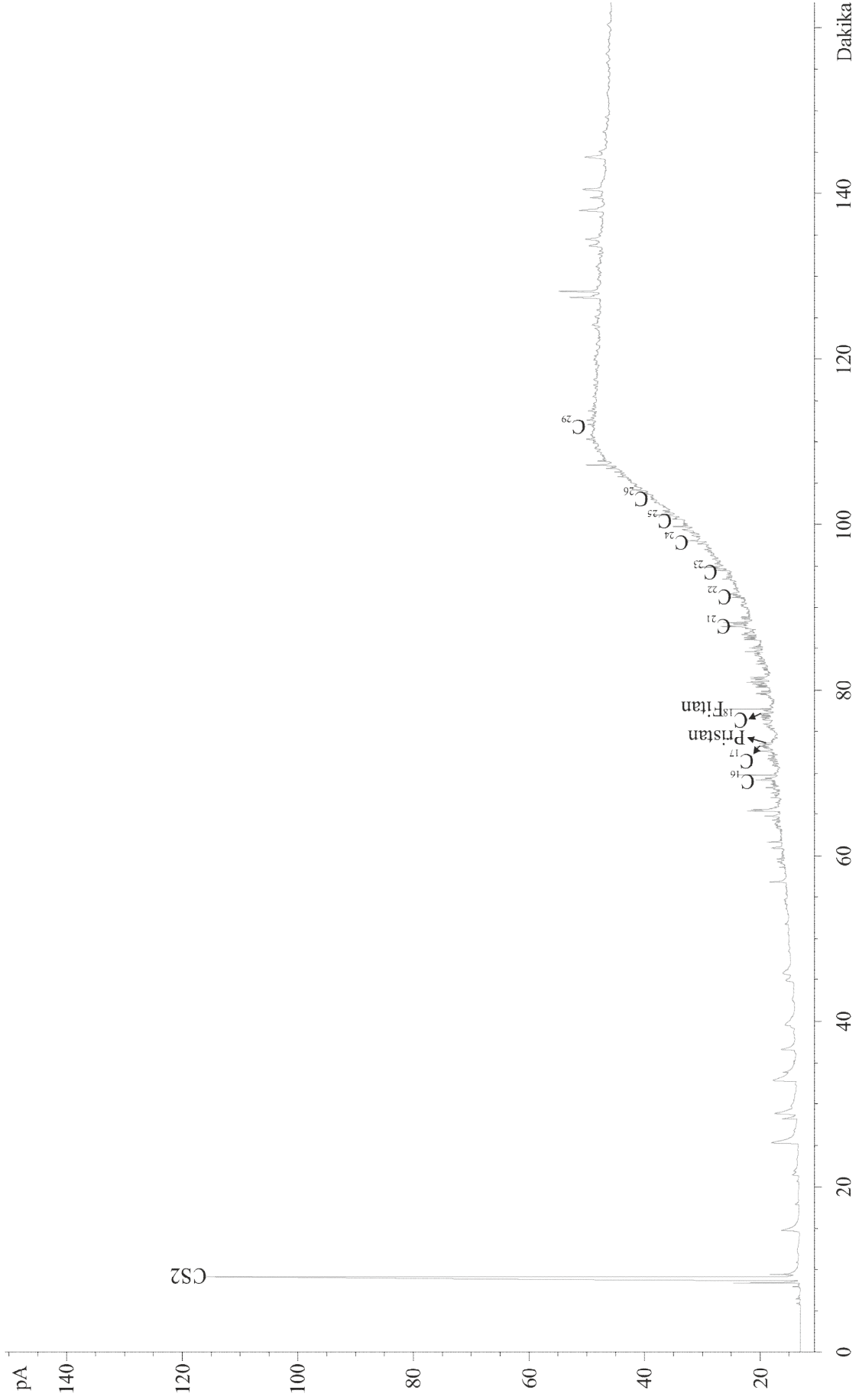




Şekil 34. MSE-212 örneğine ait doygun fraksiyonlarının gaz kromatogramı



Şekil 35. MSE-305 örneğine ait doygun fraksiyonlarının gaz kromatogramı

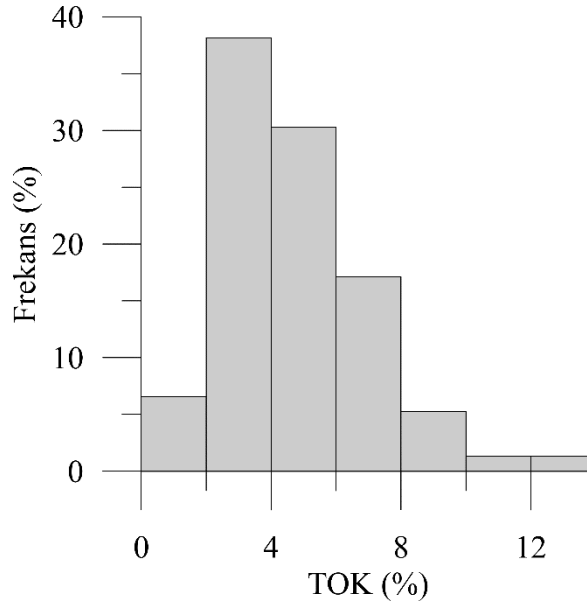


Şekil 36. MSE-414 örneğine ait doygun fraksiyonlarının gaz kromatogramı

#### 4. TARTIŞMA

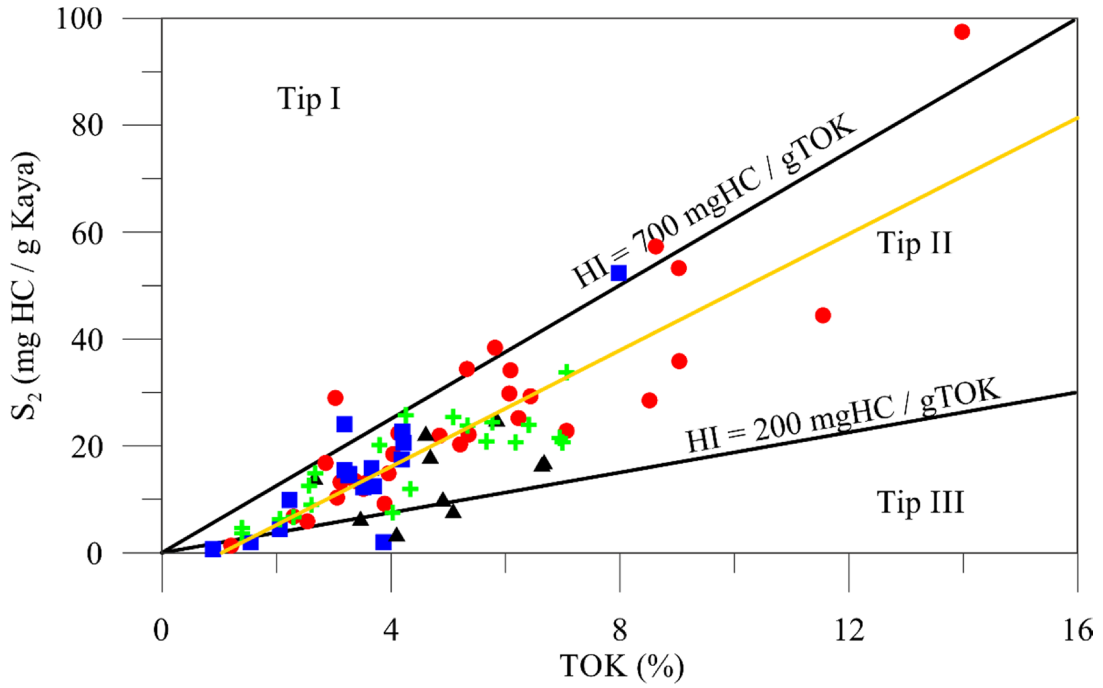
Konya-Ereğli ilçesine bağlı Yeniköy mevkiinde yapılan dört adet sondajda kesilen, Üst Miyosen yaşlı Katrandedetepe Formasyonundan 76 bitümlü şeyl örneği alınmıştır. Bitümlü şeyl örnekleri KEY-12/1 kuyusunda 308-441 metreleri arasında 133 metrelik bir istif kalınlığı gösterirken, KEY-12/2, KEY-12/3, KEY 12/4 kuyularında sırası ile 510-632, 715-788, 572-732 metreleri arasında 122, 72, 160 metrelik kalınlıklar göstermektedir. Bitümlü şeyller, siltli kumtaşı, kiltası ve anhidritler ile ardalanmalı olarak bulunurken verilen kalınlıklar ardalanmaların kalınlıklarını ifade etmektedir.

Çalışma kapsamında seçilen bitümlü şeyl örneklerinin ortalama TOK değerleri %4.66 olarak hesaplanırken, örnekler %68 oranında %2-6 arasında yoğunlaşmaktadır (Şekil 32).



Şekil 37. Konya-Ereğli-Yeniköy (KEY) kuyularından seçilmiş 76 örneğin TOK değerlerinin yüzde dağılımlarının histogram grafiği

Bulgular bölümünde her kuyu için ayrı ayrı incelenen sonuçların ortak bir S<sub>2</sub>-TOK diyagramında (Şekil 37) düştükleri yerlere bakıldığında genel olarak Tip II kerojen özelliği gösterdikleri görülmektedir. Az sayıda Tip I ve Tip III alanına düşen örnekler olsa da, organik maddenin baskın olarak Tip II kerojen özelliği gösterdiği söylenebilir.



Şekil 38. Konya-Ereğli-Yeniköy (KEY) kuyularından seçilmiş 76 örneğin Langford ve Blanc-Valleron (1990) tarafından oluşturulan  $S_2$ -TOK diyagramında gösterimi

Gaz kromatografisi sonuçları (pristan/ $nC_{17}$ -fitan/ $nC_{18}$ ) Peters ve diğ (1999) ortam tayini diyagramına göre denizel algal Tip II alanına düşen örneklerin; çökelme zamanı, ortamı ve fosil içeriğine bakıldığında gölsel bir çökelme ortamında çökelediği görülmektedir (Yoldaş, 1973; Oktay, 1982). Yoldaş (1973) tarafından yapılan çalışmada bulunan ostracodalar ve Chara algleri tatlı su gölünde çökelmeyi işaret etmektedir.

$S_1$  ve  $S_2$  değerlerine bakıldığında kayaç içerisinde bulunan serbest hidrokarbon (HK) miktarı ( $S_1$ ) ortalama 4.86 mgHK/gkaya olarak ölçülmüşken, kerojenin piroliz sırasında ısısal parçalanması sonucunda oluşabilecek HK miktarı ( $S_2$ ) ise ortalama 19,71 mgHK/gkaya olarak ölçülmüştür. Yüksek miktarda bulunan  $S_1$ 'in kayaç içerisindeki oranına ( $S_1/TOK \cdot 100$ ) bakıldığında ortalama 109 mgHK/gTOK'luk bir oran bulunmaktadır. Bu oran Jarvie ve Barker (1984)'e göre rezervuar kayayı veya kirlenmeyi işaret etmektedir. Merrill (1991)'e göre ise yüksek  $S_1$ , düşük  $T_{max}$ , yüksek serbest HK oranı ve yüksek üretim indeksi bir kirlenmeyi işaret etmektedir. KEY kuyularında kesilen bitümlü şeyl örneklerinin piroliz analiz sonuçlarına bakıldığında  $S_1$  değeri 4.86

mgHK/gkaya,  $T_{max}$  değeri 385 ve üretim indeksi 0.22 olarak hesaplanmıştır ve Merrill (1991)'in kirlenme parametrelerine uymaktadır.

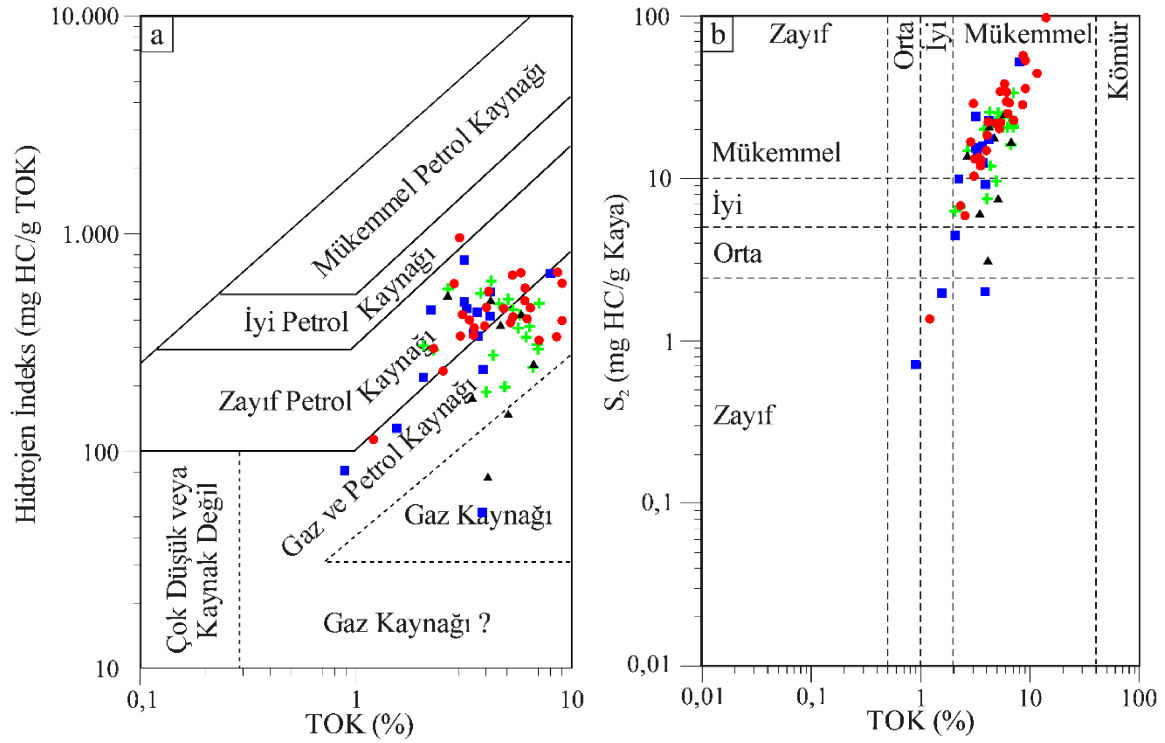
Seçilen örneklerin  $T_{max}$  değerlerinin 326-424°C arasında ve ortalamasının 385 °C olması bitümlü şeyl örneklerinin olgunlaşmamış evrede olduğunu göstermektedir. Clementz (1979) tarafından yapılan çalışmaya göre; yüksek  $S_1$  ve düşük  $T_{max}$  değerleri ölçülmesi durumunda dikkat edilmesi gerektiğini, bitümen kaynaklı bir pik yüksekliğinin olabileceğini veya kirlenmenin söz konusu olacağını belirtmektedir. Peters vd. (1986) tarafından yapılan çalışmada ise Clementz (1979) gibi yüksek  $S_1$  değerinin nedenini olarak bitümen içeriği veya kirlenme gösterilmektedir.

Organik madde içeriği bakımından oldukça yüksek bir potansiyel ürüne sahip olan örnekler ( $S_1+S_2=24.57$  mgHK/gkaya) mükemmel kaynak kaya potansiyeli göstermektedir. Katradedetepe Formasyonu içerisinde bulunan bitümlü şeyllerin piroliz analizi sonucunda  $S_2/S_3$  oranı ortalama 30.14 olarak hesaplanmıştır. Clementz vd. (1979)'e göre  $S_2/S_3$  oranının 5'ten büyük olması durumunda organik madde tipi Tip I veya Tip II kerojen, üretebileceği hidrokarbon türü ise petroldür. Piroliz analizi yapılan bitümlü şeyl örnekleri bu sınıflamaya göre Tip II organik maddeden oluşarak petrol türetme potansiyeli göstermektedir. Son olarak Jackson vd. (1985) ve Dembicki (2009) tarafından oluşturulan kaynak kaya potansiyelini gösteren diyagramlara bakıldığında örneklerin mükemmel kaynak kaya potansiyeli gösterdiği, gerekli olgunlaşma koşulların sağlanması durumunda önemli miktarda petrol ve gaz türetebileceği görülmektedir (Şekil 29a, 29b).

Tüm kayaç element analizleri sonuçlarına göre bitümlü şeyl örneklerinin Kükürt oranının %0.67 ile %9.01 arasında değiştiği görülmektedir. Ortalama %4,06 kükürt içeriğine sahip örneklerin içerdikleri organik-inorganik kükürt oranı bilinmemektedir. Baskin ve Peters (1992) tarafından yapılan ve kükürt içeriğinin olgunlaşma üzerine etkisinin incelendiği çalışmada kükürt içeriğinin artması ile karbon-karbon bağlarından daha az enerjilerde kopan karbon-kükürt bağları sayesinde düşük  $T_{max}$  değerlerinde olgunlaşmanın olabileceği belirtilmiştir.

Katradedetepe Formasyonunun daha yüksek sıcaklık ve basınca maruz kalmış kesimlerinde meydana gelen yersel olgunlaşmanın havzada başka petrol türetebilecek kaynak kaya olmamasından dolayı, aynı birim içindeki göçü sonucunda açığa çıktığı düşünülmektedir. Baskin ve Peters (1992) tarafından yapılan organik kükürt içeriğinin olgunlaşmaya etkisi konulu çalışmada kerojen içerisinde ağırlıkça %8.60 kükürt içeren Monterey şeyllerinin petrol türümüne 410°C'de başladığı; %5.2 kükürt içeren ve Fransa'da

bulunan Alt Toarsiyen şeyllerinde ise petrol türümünün 430 °C'de başladığı görülmüştür. Konya-Ereğli-Yeniköy mevkiinden alınan bitümlü şeyl örneklerinin ortalama yüzde kükürt değerleri ise %4.06 olduğundan dolayı organik madde tipinin Tip II/S kerojen olması ve olgunlaşma derecesinin normalden az olma ihtimali oldukça düşüktür.



Şekil 39. a. Seçilen bitümlü şeyl örneklerinin HI-TOK diyagramı üzerindeki gösterimi (Jackson vd., 1985) b. Seçilen bitümlü şeyl örneklerinin S<sub>2</sub>-TOK diyagramı üzerindeki gösterimi (Dembicki, 2009)

Katrandedetepe Formasyonu Altay köyü çevresinde yüzey verirken tip mevkiisi Gidirç köyü ile Katrandede tepe arasındadır. Mostra alanından kuzeye gidildikçe daha derine gömülen formasyon güneyden kuzeye doğru KEY/12-1 kuyusunda 120-500 metreleri arasında, KEY/12/2 kuyusunda 200-665 metreleri arasında, KEY/12-3 kuyusunda 285-825 (kuyu sonu) metreleri arasında ve en kuzeydeki KEY/12-4 kuyusunda ise 435-801 (kuyu sonu) metreleri arasında görülmektedir. Ayrıca Konya-Yeniköy mevkiinin yaklaşık 10 km kuzeybatı istikametinde havzayı kesen Pleistosen yaşlı Hasandağ volkanitleri bölgesel olarak ısının artmasına neden olarak, Katrandedetepe Formasyonu içerisinde bulunan bitümlü şeyllerin belli bir kısmının olgunlaşmasına neden olmuş olabilir. Benzer şekilde volkanizmanın yersel olgunlaşmayı etkilediği ve petrol

türümü gerçekleştığı bilinmektedir (Korkmaz, 1992; Pelin, 1981).Havzanın kuzeybatıya doğru derine gömülüp daha yüksek jeogradyana maruz kalan Katrandedetepe Formasyonu ayrıca Pleistosen volkaniklerine yakınlığı sayesinde yersel olarak olgunlaşmış ve petrol üretmiştir. Oluşan petrol aynı birim içerisinde güneydoğu istikametinde eğim yukarı göç etmiştir. Bu göç sonrasında Konya-Yeniköy mevkiinde yapılan sondajlarda kesilen bitümlü şeyller kirlenmiş olmalıdır. Sonuç olarak kuyular benzer organik madde tipi ve olgunluk değerleri göstermektedir.



## 5. SONUÇLAR

Konya-Ereğli-Yeniköy mevkiinde MTA tarafından yapılmış 4 kuyuya ait seçilmiş 76 bitümlü şeyl örneğinin organik jeokimyasal incelenmesini konu alan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- 1) Katrandede Formasyonuna ait seçilen 76 örneğin ortama toplam organik madde (TOK) miktarı %4.66 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan TOK değeri bitümlü şeyllerin organik madde içeriğinin yüksek ve çok iyi kaynak kaya olabileceğini göstermektedir.
- 2) Piroliz analizlerinden itibaren, S<sub>2</sub>-TOK ve Hİ-Oİ kerojen sınıflama diyagramlarına göre bitümlü şeyl örneklerinin organik madde tipinin Tip II kerojen olduğu belirlenmiştir.
- 3) Katrandede Formasyonuna ait seçilmiş bitümlü şeyl örneklerinin ortalama T<sub>max</sub> ve S<sub>2</sub> değerleri Rock-Eval piroliz analizi ile sırasıyla 385 °C ile 19.71 olarak ölçülmüştür. Katrandede Formasyonuna ait bitümlü şeyl örneklerinin düşük T<sub>max</sub> değeri ve yüksek S<sub>2</sub> değeri örneklerin olgunlaşmamış seviyede olduğunu göstermektedir.
- 4) Potansiyel ürün miktarına bakıldığında kayaç içerisinde bulunan serbest hidrokarbon miktarı ortalama 4.86 mgHK/gkaya olarak ölçülürken, piroliz sonrası açığa çıkabilecek HK miktarı 19.71 mgHK/gkaya olarak ölçülmüştür. Bu iki değer, kayacın toplam HK türetme potansiyelini göstermektedir. Toplam 24.57 mgHK/gkaya hidrokarbon üretebilecek olan bitümlü şeyl örnekleri yüksek HK türetme potansiyeline sahiptir.
- 5) Gaz kromatografisi sonuçlarından itibaren pristan/nC<sub>17</sub>-fitan/nC<sub>18</sub> kerojen sınıflama ve fitan/pristan-pristan/nC<sub>17</sub> ortam tayini diyagramlarına düşürülen örneklerin; organik madde içeriğinin algal kaynaklı Tip II kerojen olduğu ve indirgen bir ortamda çökeldikleri belirlenmiştir.
- 6) Yüksek Hİ ve düşük Oİ değerlerine bakılarak bitümlü şeyllerin çok iyi bir kaynak kaya potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca yüksek Hİ değeri ve düşük Oİ değeri kaynak kayanın petrol türetme potansiyeli olduğunu göstermektedir.
- 7) Katrandedetepe Formasyonu içerisinde bulunan bitümlü şeyllerin piroliz analizi sonuçlarına göre S<sub>2</sub>/S<sub>3</sub> oranı ortalama 30.14 olarak hesaplanmıştır. Bu yüksek oran bitümlü şeyllerin Tip I veya Tip II organik maddeden oluştuğunu ve petrol türetme potansiyeli olduğunu göstermektedir.
- 8) Bitümlü şeyl örnekleri üretim indeksi oranına göre kirlenmiştir ya da petrol penceresindedir. S<sub>1</sub>/S<sub>1</sub>+S<sub>2</sub> oranı ile ifade edilen değer yüksek olması için kayaç

içerisindeki serbest HK miktarının yüksek çıkması gerekmektedir. Bu yükseklik olgunlaşma veya başka bir kaynaktan kirlenme ile mümkün olmaktadır. KEY kuyusu bitümlü şey örneklerinin  $T_{max}$  ölçümlerine bakıldığında olgunlaşma olmadığı fakat yüksek üretim indeksi değerinin kirlenme kaynaklı yüksek ölçülen  $S_1$  değerinden kaynaklandığı görülmektedir.

9) Konya-Ereğli-Yeniköy (KEY) sondajlarının 10 km kuzeybatısında yer alan Pleistosen yaşlı volkanik birimler Katrandedetepe Formasyonuna ait bitümlü şeyl istifinin yersel olarak olgunlaşmasına neden olmuştur. Bu olgunlaşma sonrası oluşan hidrokarbonlar birim içerisinde güneydoğu istikametinde eğim yukarı göç etmiştir. Bu göç sonrası KEY sondajlarına ait bitümlü şeyl örneklerinin kirlenerek olgunlaşmamış olmasına rağmen yüksek  $S_1$  değerlerinin ve canlı petrol emarelerinin görülmesine neden olduğu düşünülmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Ayhan, A., Sevin, M. ve Altun, İ.E., 1986. Karapınar-Ereğli (Konya), Ulukışla (Niğde) Civarının Jeolojisi. MTA Derleme No: 8090 (Yayınlanmamış).
- Barker, C. 1974. Pyrolysis Techniques for Source Rock Evaluation. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 58, 2349-2361.
- Baskin, D. K. and Peters, K. E., 1992. Early Generation Characteristics of a Sulfur-Rich Monterey Kerogen. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 76, 1-13.
- Baş, H., Ayhan, A. ve Atabey, E., 1986. Ulukışla-Çamardı (Niğde) Volkanitlerinin Bazı Petrolojik ve Jeokimyasal Özellikleri, Jeoloji Müh., 26, 27-34.
- Blumenthall, M., 1956. Yüksek Bolkardağlarının Kuzey Kenarı Bölgelerinin ve Batı Uzantılarının Jeolojisi. MTA Yayını, No:7, Seri:D.
- Bordenave, M.L., Espitalie, J., Leplat, P., Ouidin, J.L. and Vandenbroucke, M., 1993. Screening Techniques for Source Rock Evaluation. in: Applied Petroleum Geochemistry (M.L. Bordenave, Eds.), Paris.
- Claypool, G.E. and Reed, P.R. 1976. Thermal Analysis Technique for Source Rock Evaluation: Quantitative Estimate of Organic Richness and Effects of Lithologic Variation. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 60, 608-626.
- Clementz, D.M., 1979. Effect of Oil and Bitumen Saturation on Source-Rock Pyrolysis. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 63, 12, 2227-2232
- Clementz, D.M., Demaison G.J. and Daly A.R., 1979. Well Site Geochemistry by Programmed Pyrolysis. Proceedings of The 11th Annual Offshore Technology Conference, Houston, OTC 3410, 1, 465-470
- Dellaloğlu, A.A. ve Aksu R. 1986. Ereğli (Konya)-Ulukışla-Çiftehane-Çamardı (Niğde) Dolayının Jeolojisi ve Petrol Olanakları. TPAO, Rapor No: 2205 (Yayınlanmamış).
- Dembicki Jr. H., 2009. Three Common Source Rock Evaluation Errors Made by Geologists During Prospect or Play Appraisals. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 93, 3, 341-356.
- Demirtaşlı E., Turan N. ve Bilgin A.Z., 1986. Bolkardağları ile Ereğli-Ulukışla Havzasının Genel Jeolojisi,. MTA Rapor No:8097 (Yayınlanmamış).

- Demirtaşlı, E., Selim, M., Turan, N., Bilgin A.Z., Erenler, F., Işıklar, S. ve Sanlı, D., 1973. Bolkardağların Jeolojisi, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğler, MTA Yayını.
- Espitaliè, J., Deroo, G. and Marquis, F., 1985. La Pyrolyse Rock Eval Et Ses Applications, Review Institute Français Petroleum 10, 755-784.
- Espitaliè, J., Marquis, F. and Barsony, I. 1984. Geochemical Logging. In: Analytical Pyrolysis-Techniques and Applications, K.J. Voorhees Ed., Boston, Butterworth, 276-304.
- Espitalie, J., Laporte, J.L., Madec, M., Marquis, F., Leplat, P. and Paulet, J. 1977. Méthode Rapide De Caractérisation Des Roches Mères, De Leur Potentielpétrolier Et De Leur Degré D'évolution. Rev. Inst. Fr. Petr., 32, 23-45.
- Espitaliè, J., Makadi, K.S. and Trichet, J., 1984. Role Of The Mineral Matrix During Kerogen Pyrolysis, Organic Geochemistry, V.6, 365-382.
- Göncüoğlu, M.C., 1977. Geologie Des Westlichen Niğde Massic. Doktora Tezi, Bonn Üniversitesi.
- Horsfield, B. 1985. Pyrolysis Studies in Petroleum Exploration. In: Advances in Petroleum Geochemistry (Eds J. Brooks and D. Welte), 1, 247-298, Academic Press, New York.
- Hunt, J.M., 1996. Petroleum Geochemistry and Geology, 2nd Ed., W. H. Freeman and Company, New York, 743.
- Jackson K.S., Hawkins P.J. and Bennet A. J. R., 1985. Regional Facies and Geochemical Evaluation of Southern Denison Trough. APEA Journal, 20, 143-158.
- Jarvie, D.M. and Baker, D.R., 1984. Application of The Rock-Eval III Oil Show Analyzer to the Study of Gaseous Hydrocarbons in an Oklahoma Gas Well, 187th ACS National Meeting, St. Louis Missouri, April 8-13.
- Jarvie, D.M. and Tobey, M.H., 1999. TOC, Rock-Eval and Sr Analyzer Interpretive Guidelines Application, Note 99-4, Humble Instruments and Services, Inc. Geochemical Services Division, Texas, 11.
- Jarvie, D.M., Claxton, B., Henk, B. and Breyer, J.T., 2001. Oil and Shale Gas From The Barnett Shale, Fort Worth Basin, Texas, The American Association Of Petroleum Geologists Annual Meeting Program, Denver, CO, June 3-6, 10, A100.

- Jarvie, D.M., 1991. Total Organic Carbon (TOC) Analysis. (Merill, R.K., Ed.), Source and Migration Processes and Evaluation Techniques, Tulsa, American Association Of Petroleum Geologist, Treatise of Petroleum Geology Handbook of Petroleum Geology, 113-118
- Ketin, İ. ve Akarsu, I., 1965. Ulukışla Tersiyer Havzasının Jeolojik Etüdü Hakkında Rapor. TPAO Rapor No:339
- Ketin, İ., 1956. Yozgat Bölgesinin Jeolojisi ve Orta Anadolu Masifinin Tektonik Durumu. TJK Bülteni, 6, 1-40.
- Korkmaz, S., 1992. Sinop Havzasında Kaynak Kaya Fasiyesi, Organik Olgunlaşma ve Petrol Oluşumuna Volkanizma ve Çökeltme Ortamı Açısından Yeni Bir Yaklaşım. TPJD Bülteni, 4, 1, 35-45.
- Lafargue E., Espitalié, J., Marquis F. and Pillot D., 1998. Rock-Eval 6 Applications In Hydrocarbon Exploration, Production and In Soil Contamination Studies. In Revue De l'Institut Français Du Pétrole, 53, 4, 421-437.
- Langford, F.F. and Blanc-Valleron, M.M., 1990. Interpreting Rock-Eval Pyrolysis Data Using Graphs Of Pyrolyzable Hydrocarbons vs. Total Organic Carbon, The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 74, 6, 799-804.
- Larter, S.R. and Douglas, A.G. 1982. Pyrolysis Methods in Organic Geochemistry: An Overview. J. Anal. Appl. Pyrol., 4, 1-19.
- Merill, R.K., 1991. Source and Migration Processes and Evaluation Techniques (R. K. Merrill Eds.) Oklahoma.
- Metrotra, K.L., Pangtey, K.S., Lal, N., Parakash, S., Samanta, U., Gupta, P.K., Misra, C.S. and Makar, P.S., 1987. Source Rock Potential of Sediments of Mahandi, India. In Petroleum Geochemistry and Exploration in The Afro-Asian Region, (Kumar Vd., Eds.) Balkema, Rotterdam.
- Mukhopadhyay, P.K., Wade, J.A. and Kruger, M.A., 1995. Organic Facies and Maturation of Jurassic/Cretaceous Rocks, and Possible Oil-Source Rock Correlation Based on Pyrolysis of Asphaltenes, Scotian Basin, Canada, Organic Geochemistry, 22, 85-104.
- Murat, A., 1996. Ereğli (Konya)-Ulukışla (Niğde) Sölestin Zuhurları Maden Jeolojisi Raporu. MTA Derleme No: 9926 (Yayınlanmamış).
- Murat, A., Kadıncık, G., 2009. Karapınar-Ayrancı (Konya-Karaman) Neojen Havzası Maden Jeolojisi Raporu. MTA Arşiv No:9926

- Oktay, F., 1982. Ulukışla ve Çevresinin Stratigrafisi ve Jeolojik Evrimi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 25, 15-24.
- Pelin, S., 1981. Pasinler (Erzurum) Havzasında Ana Kaya Özelliklerinin ve Petrol Oluşumunun Açıklanması. K.T.Ü. Yer Bilimleri Dergisi, 1, 2, 127-143.
- Peters, K.E. and Simoneit, B.R.T., 1982. Rock-Eval Pyrolysis of Quaternary Sediments From Leg 64, Sites 479 and 480, Gulf Of California. Initial Report of the Deep Sea Drilling Project, 64, 925-931.
- Peters, K.E., 1986. Guidelines For Evaluating Petroleum Source Rocks Using Programmed Pyrolysis The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 70, 329.
- Peters, K.E. and Moldowan, J.M., 1993. The Biomarker Guide: Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments. Englewood Cliffs, N.J.:Prentice-Hall.
- Pusat, M., 2005. Ulukışla (Niğde) Bitümlü Şeyllerinin Jeolojisi ve Jeokimyası. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Sağlam, Ç., 2011. Bor Ulukışla (Niğde) Neojeninde Bitümlü Şeyl Petrol İlişkisi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Sınacı, M., 2006. Ereğli-Ulukışla Havzası Güney Formasyonu Nannoplankton Sistematiği. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sonel, N., Demirel, I.H., Sarı, A. and Buyukotku, A. G., 2009. Petrography, Provenance, and Reservoir Characteristics of the Upper Cretaceous To Middle-Upper Eocene Sandstones in The Ereğli-Ulukışla Basin, Turkey. Petroleum Science and Technology. 27, 543–556.
- Sonel, N., Sarı, A. and Demirel, I. H. 2008. Petroleum Source Rock Characteristics Of Lower Tertiary Formations in The Ereğli-Ulukışla Basin, Southern Central Anatolia, Turkey. Petrol. Sci. Technol. 26, 460–472.
- Sonel, N., Sarı, A., 2004. Ereğli-Ulukışla (Konya-Niğde) Havzasının Hidrokarbon Potansiyelinin İncelenmesi. Gazi Üni.Müh.Mim.Fak.Dergisi. 19, 4, 393-405.
- Tissot, B.P. ve Welte, D.H., 1984. Petroleum Formation and Occurrence, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York, Tokyo.
- Türkunal, S., 1972. Doğuda Karaisalı, Batıda Konya Ereğlisi İlçeleri Boylamları, Güneyde Akdeniz Sahili Kuzeyde Ovacık Köyü Enlemi ile Sınırlı Bölgenin Jeolojisi. MTA Derleme No:5552 (Yayımlanmamış).

- Ulu, Ü., 2009. Karaman-M32 Paftası. Jeoloji Etütleri Dairesi, Türkiye Jeoloji Haritaları, No:127
- Van Krevelen, D.W., 1984. Organic Geochemistry-Old and New, Organic Geochemistry, 6, 1-10.
- Waples, D.W., 1985. Geochemistry İn Petroleum Exploration, Boston.
- Yoldaş, R., 1973. Niğde-Ulukışla Bitümlü Şist Alanının Jeolojisi ve Ekonomik Olanakları. MTA Derleme No:5050 (Yayınlanmamış).

## ÖZGEÇMİŞ

Mert Samet Erdoğan, 07.11.1987 yılında Ankara, Keçiören’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Bursa’da tamamladı. 2007 yılında Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliğinde başladığı lisans öğrenimini üç yıl içinde 2010 yılında başarı ile tamamlayarak jeoloji mühendisi unvanı almıştır. 2011 yılında Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Aynı yıl öğretim elemanı yetiştirme (ÖYP) programı kapsamında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Genel Jeoloji Anabilim Dalı’na Araştırma Görevlisi olarak atanmış ve yüksek lisans programına bu üniversitede devam etmiştir. 2014 yılının Ocak ayında “Ereğli-Bor (Konya-Niğde) Havzası Yeniköy Sondajlarında Kesilen Bitümlü Şeyl İstifinin Organik Jeokimyasal Özellikleri” başlıklı yüksek lisans teziyle yüksek lisans programını tamamlayarak yüksek mühendis ünvanı almıştır.