



**ALT KARBONİFER ALACAAĞZI FORMASYONU  
ŞEYLLERİNİN HİDROKARBON KAYNAK KAYA VE ŞEYL  
GAZ POTANSİYELİ**

**HYDROCARBON SOURCE ROCK AND SHALE GAS POTENTIAL OF THE  
LOWER CARBONIFEROUS ALACAAĞZI FORMATION SHALES**

**Kamer TAŞ ERDOĞAN**

**Prof. Dr. İsmail Hakkı DEMİREL**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

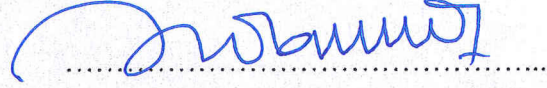
olarak hazırlanmıştır.

2018

**KAMER TAŞ ERDOĞAN'** ın hazırladığı “**Alt Karbonifer Alacağzı Formasyonu Şeyllerinin Hidrokarbon Kaynak Kaya ve Şeyl Gaz Potansiyeli**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'** nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

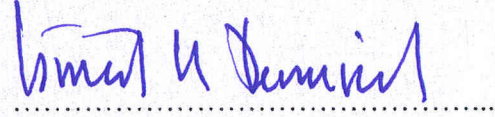
Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Başkan



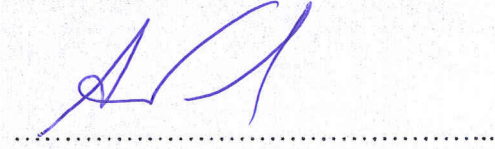
Prof. Dr. İsmail Hakkı DEMİREL

Danışman



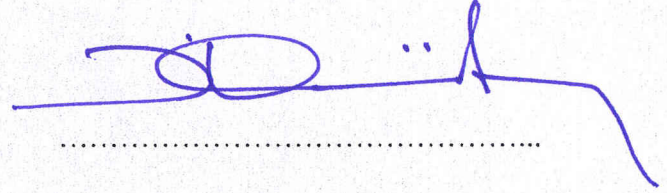
Prof. Dr. Abidin TEMEL

Üye



Prof. Dr. Ali İhsan KARAYİĞİT

Üye



Doç. Dr. Biltan KÜRKCÜOĞLU

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



## YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.**

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

- Tezimin/Raporumun 01.07.2023 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.**

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- Tezimin/Raporumun ..... tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.**

- Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi**

09 / 07 / 2018



Kamer TAŞ ERDOĞAN



*Değerli eşim Jeoloji Yüksek Mühendisi Mert Samet ERDOĞAN'a birlikte çıktığımız bu yolda beni her zaman desteklediği ve bana olan sonsuz inancı için en özel teşekkürlerimi sunarım.*

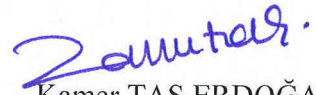
## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

09 / 07 / 2018

  
Kamer TAŞ ERDOĞAN

## ÖZET

### ALT KARBONİFER ALACAAĞZI FORMASYONU ŞEYLLERİNİN HİDROKARBON KAYNAK KAYA VE ŞEYL GAZ POTANSİYELİ

Kamer TAŞ ERDOĞAN

Yüksek Lisans, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İsmail Hakkı DEMİREL

Haziran 2018

Tez çalışması kapsamında Batı Karadeniz Havzasında Bartın ilinin batısında yer alan Alt Karbonifer yaşlı Alacaağzı Formasyonunun yüzeylendiği Tarlaağzı kesiti çalışılmıştır. Şeyl, çamurtaşı ve kumtaşlarından oluşan Alacaağzı Formasyonuna ait şeyllerin hidrokarbon kaynak kaya potansiyelinin belirlenmesi amacıyla Tarlaağzı lokasyonunda çalışılmıştır. Toplam organik karbon (TOK) ve Rock-Eval piroliz analizi sonuçlarına göre, Alacaağzı Formasyonu şeyllerinin TOK değerleri %0.18 ve %1,75 aralığında değişmektedir. Ortalama  $T_{max}$  değeri 439 °C olup örneklerin olgun ve petrol oluşum penceresinde olduğu belirlenmiştir. Tüm kayaç analizlerinde tespit edilen mineraller; kuvars, feldispat, kalsit, mika ve kil mineralleridir. Örneklerin İllit kristalitesi (IC), Weaver indeksi (SR) ve klorit kristalitesi (Chc) değerleri Ankizon ve Epizon düzeylerini temsil etmekte olup, bu durum şeyllerin bünyesindeki kil minerallerinin allojenik tipte olduğuna işaret etmektedir. Gaz kromatografi analizine göre organik madde tipi Tip II/III olarak belirlenmiştir. Alacaağzı şeyllerinin Pr/Ph oranı 1,14 olarak bulunmuş; çökelme ortamının anoksik veya sub-oksik koşullar olabileceği ortaya konmuştur. Alacaağzı Formasyonunun şeyl gaz açısından potansiyelinin irdelendiği bu tez çalışmasında hidrokarbon dönüşüm oranı ( $TR_{HI}$ ) değeri %78 olarak hesaplanmış olup örnekler başlıca gaz türetme eğilimindedir.  $T_{max}$  bazlı hesaplanan % $R_0$  değeri 0,73 olarak hesaplanmış olup bu değer örneklerin şeyl gaz potansiyeli açısından düşük olduğunu belirtmektedir. Kırılgenlik indeksi (BI) hesaplamalarına göre şeyller az kırılgen olarak belirlenmiştir. Gömülme tarihçesi açısından çalışma alanının petrol üretimi Kretase dönemini işaret etmektedir. Gömülme tarihçesi çalışmaları efektif kaynak kaya oluşumunun günümüzden 145-66 milyon yıl önce bir zaman diliminde gerçekleştiğine işaret etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Batı Karadeniz, Hidrokarbon kaynak kaya, Toplam Organik Karbon, Şeyl Gaz, kırılgenlik

## ABSTRACT

### HYDROCARBON SOURCE ROCK AND SHALE GAS POTENTIAL OF THE LOWER CARBONIFEROUS ALACAAĞZI FORMATION SHALES

Kamer TAŞ ERDOĞAN

Master of Science, Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. İsmail Hakkı DEMİREL

June 2018

Lower Carboniferous aged Alacaağzı Formation in the northwestern part of Turkey includes the organic carbon rich black shales. Alacaağzı Formation indicates the geological units which represents a global sea-level changes and significant anoxic interval in the Devonian-Carboniferous boundary (D-C). In the Tarlaağzı section, detailed organic geochemical analysis, whole rock and X-Ray diffraction analysis were performed to obtain source rock potential. The TOC contents range from 0,18 to 1,75 wt%. Average  $T_{max}$  value is 439 °C in the Tarlaağzı samples which represents oil window. Illite crystallinity (IC), Weaver index (SR) and sharpness ratio of chlorites (Chc) of all samples are in the Anchizone and Epizon stages declare that clay minerals could be allogenic. Pr/Ph ratio was calculated 1,14 indicates anoxic or sub-oxic depositional environment. The calculated values of the gas chromatography analysis represent that the organic matter was originated from 'Type II / III' kerogen.  $TR_{HI}$  average calculated value is (78%) inform that the samples tend to produce gas. The calculated  $T_{max}$ -based  $R_0\%$  value is (0,73) indicates low shale gas potential. Brittleness of Tarlaağzı samples are the range to less brittle to brittle. Alacaağzı shales can be considered a shale gas formation because of its thickness, contents of brittle minerals, retention of organic matters and more than 78 % $TR_{HI}$ . Oil generation time for the effective source rocks in the region was occurred 145-66 mybp.

**Keywords:** Western Black Sea, Hydrocarbon source rock, Total Organic Carbon, Shale Gas, brittleness



## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın ortaya çıkması, şekillenmesi ve bu aşamaya gelmesi bana olan inancı ve desteğiyle değerli danışman hocam Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. İsmail Hakkı DEMİREL sayesinde. Öğrencisi olmak ömür boyu gururlanma sebebim olacaktır. Kendisine teşekkürlerimi sunarım.

Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ'a tez çalışmamın şekillenmesinde sağladıkları imkanlar ile verdikleri değerli bilgiler için en özel teşekkürlerimi sunarım.

Değerli hocalarım Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyeleri Sayın Prof. Dr. Ali İhsan KARAYİĞİT ve Sayın Prof. Dr. Abidin TEMEL'e yüksek lisans ders döneminde verdikleri çok değerli bilgiler ve tez çalışmama katkıları için en özel teşekkürlerimi sunarım.

Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi Jeoloji Yüksek Mühendisi Sayın Yağmur İNAL EMİROĞLU'na çalışmamın her aşamasındaki yardımları ve katkılarından ötürü teşekkür ederim.

İstanbul Teknik Üniversitesi Araştırma Görevlisi Jeoloji Yüksek Mühendisi Sayın Zeynep DÖNER'e tez çalışmama yardımları için teşekkür ederim.

Sayın Dr. Görkem OSKAY'a tez çalışmamın ortaya çıkmasındaki katkıları için teşekkür ederim.

Ve hayatımdaki en büyük zenginliğim ailem; annem Cahide TAŞ, babam Muhittin TAŞ ve ablam Hilal TAŞ ERGENEKON'a sonsuz sevgileri, maddi ve manevi destekleri ve hep yanımda oldukları için çok teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER TABLOSU

## Sayfa

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	i
YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI .....	ii
ETİK.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT .....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER TABLOSU .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiv
EKLER DİZİNİ.....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Alt Karbonifer (Turnezyen-Vizeyen) Dönemine Bakış .....	3
1.2. Çalışmanın Amacı .....	8
1.3. Çalışma Alanı .....	9
1.4. Önceki Çalışmalar .....	10
2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ.....	18
2.1. Ereğli Formasyonu (Ode).....	22
2.2. Yılanlı Formasyonu (Dcy).....	22
2.3. Alacağzı Formasyonu (Ca).....	23
2.4. Karadon Formasyonu (Cka) .....	27
2.5. Çakraz Formasyonu (PTrç).....	27
2.6. Çakrazboz Formasyonu (Trç).....	28
2.7. İnaltı Formasyonu (JKi).....	29
2.8. Ulus Formasyonu (Ku).....	29
2.9. Kilimli Formasyonu (Kk) .....	30
2.10. Yemişliçay Formasyonu (Ky) .....	30
2.11. Akveren Formasyonu (Kta).....	31
2.12. Yığılca Formasyonu (Tey).....	32
2.13. Çaycuma Formasyonu (Teç) .....	32
2.14. Alüvyon (Qal).....	33

3.	MATERYAL VE YÖNTEM .....	34
3.1.	Toplam Organik Karbon (TOK) ve Rock-Eval Piroliz Analizleri .....	34
3.1.1.	Rock-Eval Piroliz Analizi ve Ölçülen Parametreler .....	34
3.1.2.	Rock-Eval Piroliz Analizi Değerlerinden İtibaren Hesaplanan Parametreler .....	35
3.2.	Mineralojik Çalışmalar .....	40
3.2.1.	Tüm Kayaç Analizi .....	41
3.2.2.	Kil Fraksiyonu.....	41
3.3.	Gaz Kromatografi Analizi .....	42
3.3.1.	Gaz Kromatografi Analiz Metodu.....	42
4.	ANALİZ SONUÇLARI .....	44
4.1.	Alacağzı Şeylleri Rock-Eval Pirolizi Analiz Sonuçları.....	44
4.1.1.	Rock-Eval Piroliz Sonucu Ölçülen Değerler .....	44
4.1.2.	Rock-Eval Pirolizi Analizinden Ölçülen Değerlerden İtibaren Hesaplanan Parametreler .....	46
4.2.	Alacağzı Formasyonu Şeyllerin Gömülme Tarihçesine Bir Bakış.....	53
4.3.	Mineralojik Bulgular .....	55
4.3.1.	Tüm Kayaç Analizi Sonuç ve Değerlendirmeleri .....	55
4.3.2.	XRD Kil Fraksiyonu Analizi Sonuç ve Değerlendirmeleri .....	57
4.3.3.	İlit Kristalinite, Klorit Kristalinite Ve Keskinlik Oranı Sonuç ve Değerlendirmeleri.....	60
4.4.	Gaz Kromatografi Sonuç ve Değerlendirmeleri .....	66
4.5.	Alacağzı Formasyonu Şeyllerin Şeyl Gazı Potansiyelini Belirlemeye Yönelik Hesaplanan Parametreler .....	68
4.5.1.	HI <sub>o</sub> (Orijinal Hidrojen İndeksi).....	68
4.5.2.	T <sub>max</sub> parametresinden R <sub>o</sub> parametresi Hesaplanması .....	69
4.5.3.	Transformasyon Oranı.....	70
4.5.4.	Toplam Orijinal Organik Karbon (TOC <sub>o</sub> ).....	71
4.5.5.	Üretken Organik Karbon (Generative Organic Carbon) ve Üretken Olmayan Organik Karbon (Non-Generative Organik Karbon).....	74
4.5.6.	Petrol Ve Gazın Adsorpsiyonu.....	77
5.	ŞEYL GAZ POTANSİYELİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRME.....	78
5.1.	Şeyl Gaz Karakteristikleri .....	78

5.2. Şeyl Gaz Potansiyeli .....	79
5.2.1. Kırılgenlık İndeksi (BI).....	80
5.2.2. Alacağzı Formasyonu Şeyleri Kırılgenlık İndeksi Hesaplamaları .....	81
5.3. Alacağzı Formasyonu Şeylerinin Şeyl Gaz Potansiyeli .....	82
6. ALACAAĞZI FORMASYONU ORGANİK MADDECE ZENGİN ZONUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	86
6.1. Alacağzı Formasyonu Organik Maddece Zengin Zonu TOK ve Rock-Eval Piroliz Analizi Değerlendirmeleri .....	86
6.2. Alacağzı Formasyonu Organik Maddece Zengin Zonu Şeyl Gaz Potansiyeli Hakkında Bir Değerlendirme .....	90
6.3. Alacağzı Formasyonu Organik Maddece Zengin Zonu için Kırılgenlık İndeksi (BI%) Hesaplamaları .....	93
7. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR.....	95
8. KAYNAKLAR.....	102
EKLER .....	112
ÖZGEÇMİŞ .....	114

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

<b>Şekil 1. 1.</b> Alacaağzı Formasyonu ile dünyadan örneklerin Pr/Ph değerleri korelasyon grafiği .....	7
<b>Şekil 1. 2.</b> Alacaağzı Formasyonu şeyllerinin yer aldığı çalışma alanının yer bulduru haritası [30].....	9
<b>Şekil 2. 1.</b> Çalışma alanında yüzeyleyen birimlerin görünümü.....	19
<b>Şekil 2. 2.</b> Çalışma alanını gösteren bölgenin sadeleştirilmiş jeoloji haritası [68].....	20
<b>Şekil 2. 3.</b> Çalışma alanındaki stratigrafik birimlerin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti [68] .....	21
<b>Şekil 2. 4.</b> Alacaağzı Formasyonu şeylleri ölçülü stratigrafik kesiti yapılması amacıyla örnekleme işlemi .....	24
<b>Şekil 2. 5.</b> Alacaağzı Formasyonu ölçülü stratigrafik kesiti.....	25
<b>Şekil 2. 6.</b> Alacaağzı Formasyonu şeyl birimleri arasında çökelmiş kumtaşı merceği .....	26
<b>Şekil 2. 7.</b> Alacaağzı Formasyonu mostrasında (a) şeyl ve kumtaşı araldanması ve (b) şeyllerin yakından görünümü .....	26
<b>Şekil 4. 1.</b> Alacaağzı Formasyonuna ait örneklerin TOK (%) değerlerinin yüzde dağılım histogram grafiği. ....	44
<b>Şekil 4. 2.</b> Alacaağzı Formasyonuna ait örneklerin Langford ve Blanc-Valleron [103] tarafından oluşturulan S <sub>2</sub> -TOK diyagramında gösterimi.....	46
<b>Şekil 4. 3.</b> Alacaağzı Formasyonu şeyllerinden alınan 46 adet örneğin S <sub>2</sub> ve TOK değerlerinin Pearson korelasyonu yöntemiyle güvenilirlik analizi .....	47
<b>Şekil 4. 4.</b> Alacaağzı Formasyonuna ait H <sub>I</sub> -T <sub>max</sub> diyagramında gösterimi [105]. ....	48
<b>Şekil 4. 5.</b> Alacaağzı Formasyonuna ait örneklerin Jackson ve diğ. [106] tarafından oluşturulan HI-TOK diyagramında gösterimi. ....	49
<b>Şekil 4. 6.</b> Alacaağzı Formasyonu Rock-Eval piroliz analizinden elde edilen parametrelerin grafiksel gösterimi.....	52



<b>Şekil 4. 7.</b> Alacaağzı Formasyonu şeyllerinin mineral yüzde bolluk değerlerinin TOK ile değişimi . . . . .	57
<b>Şekil 4. 8.</b> Alacaağzı Formasyonu'ndan alınan ATAR-41 numaralı örneğin Pristan/nC <sub>17</sub> ve Fitan/nC <sub>18</sub> oranı ve kerojen tipi ilişkisi [134]. . . . .	67
<b>Şekil 4. 9.</b> Pristan/nC <sub>17</sub> ve Fitan/nC <sub>18</sub> diyagramında [135] ATAR-41 numaralı örneğe ait özütün kerojen tipi tayini. . . . .	67
<b>Şekil 4. 10.</b> ATAR-41 numaralı örneğin gaz kromatogram ve n-alkan frekans dağılımları. . . . .	68
<b>Şekil 4. 11.</b> Toplam organik karbon (TOC), üretken organik karbon (GOC) ve üretken olmayan organik karbon (NOGC)'nin şematik gösterimi [139]. . . . .	74
<b>Şekil 4. 12.</b> Alacaağzı Formasyonu şeyllerinin GOC-NOGC değerleri bakımından Kuzey Amerikadaki bilinen şeyl gaz sistemleri ile korelasyonu. . . . .	76
<b>Şekil 4. 13.</b> Alacaağzı Formasyonu şeylleri ile Barnett şeyllerinin Spider diyagramda gösterimi [136]. . . . .	77
<b>Şekil 5. 1.</b> Alacaağzı Formasyonu şeyllerinin Altamar [156]'ın çalışmasında yer alan Gamma Ray-Kırılgenlik grafiğinden değiştirilerek yapılan Kırılgenlik-TOK grafiği. . . . .	82
<b>Şekil 5. 2.</b> Barnett şeyllerindeki BO/AF değerleri ile Alacaağzı Formasyonu şeyllerinin üretim potansiyelinin değişimi. . . . .	85
<b>Şekil 6. 1.</b> Alacaağzı Formasyonu özel zonuna ait örneklerin TOK (%) değerlerinin yüzde dağılım histogram grafiği. . . . .	86
<b>Şekil 6. 2.</b> Alacaağzı Formasyonu Özel Zonuna ait örneklerin Langford ve Blanc-Valleron [103] tarafından oluşturulan S <sub>2</sub> -TOK diyagramında gösterimi. . . . .	87
<b>Şekil 6. 3.</b> Alacaağzı Formasyonu şeyllerinden alınan 10 adet örneğin S <sub>2</sub> ve TOK değerlerinin Pearson korelasyonu yöntemiyle güvenilirlik analizi. . . . .	88
<b>Şekil 6. 4.</b> Alacaağzı Formasyonu Organik Maddece Zengin Zonuna ait örneklerin H <sub>I</sub> -Tmax diyagramında gösterimi [105]. . . . .	89

- Şekil 6. 5.** Alacağzı Formasyonu Organik Maddece Zengin Zonuna ait örneklerin Jackson ve diğ. [106] tarafından oluşturulan Hİ-TOK diyagramında gösterimi..... 89
- Şekil 6. 6.** Alacağzı Formasyonu şeyllerinin içerdiği mineraller ile [136] ve [155]'a göre kırılma ilişkisi..... 94



## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 1. 1.	Dünyadaki Üst Devoniyen-Turnezyen yaşlı basenlerin jeolojisi, kaynak kaya özellikleri ile kerojen tipleri [4].	5
Çizelge 3. 1.	Peters [82]'a göre S <sub>2</sub> piki değerleri	34
Çizelge 3. 2.	Espitalié ve diğ.[83]'ne göre T <sub>max</sub> sınır değerleri ve olgunluk dereceleri	35
Çizelge 3. 3.	Jones [88]'e göre HI değer aralıkları	36
Çizelge 3. 4.	Merrill [89]'e göre Oİ, Hİ ve Organik Madde Türü ile Olgunluğu Değerleri	37
Çizelge 3. 5.	Espitalie [90]'e göre PI değer aralıkları	38
Çizelge 3. 6.	Jarvie ve Baker [91]'in OSI Değer Tablosu	38
Çizelge 3. 7.	Durand ve Marin [93], Espitalie [90]'e göre PC değerleri	39
Çizelge 3. 8.	Clementz ve diğ. [94] 'a göre S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub> değerleri	39
Çizelge 3. 9.	Espitalie ve diğerleri [86]'e göre PV değerleri	40
Çizelge 4. 1.	Jarvie [102]'e göre şeyl ve karbonatların TOK değer limitleri.	45
Çizelge 4. 2.	Alacaagzı Formasyonuna ait örneklerin Rock-Eval piroliz analizinden ölçülen değerleri ile bu değerlerden itibaren hesaplanan parametreler.	50
Çizelge 4. 3.	Alacaagzı Formasyonu şeyllerinden alınan örneklerde XRD tüm kayaç analizi sonucu tespit edilen minerallerin yüzde bolluk dağılımı.	56
Çizelge 4. 4.	Alacaagzı Formasyonu şeyllerinden alınan örneklerde XRD kil fraksiyon analizi sonucu tespit edilen mineraller.	58
Çizelge 4. 5.	Kübler [122] tarafından işaret edilen İllit Kristalinite İndeksi (IC) değer aralıkları	61
Çizelge 4. 6.	Weaver [126] tarafından belirtilen SR değer aralıkları.	62
Çizelge 4. 7.	Arkai [128] tarafından belirlenen Klorit Kristalinite İndeksi değerleri	62
Çizelge 4. 8.	Dunayer de Segonzac [127]'e göre sıcaklık değerlerine karşı zon sınırları	63

<b>Çizelge 4. 9.</b> Alacaağzı Formasyonu şeyllerinin IC, SR ve Chc değerleri.....	64
<b>Çizelge 4. 10.</b> Tarlaağzı kesiti ATAR-41 örneğine ait gaz kromatogramından hesaplanan parametreler.....	66
<b>Çizelge 4. 11.</b> Alacaağzı formasyonu şeyllerinin HI <sub>o</sub> değer aralıkları.....	69
<b>Çizelge 4. 12.</b> Vitrit yansıtmasından hesaplanan olgunluk değerleri [109].....	70
<b>Çizelge 4. 13.</b> <sup>1</sup> TOC <sub>o</sub> ve <sup>2</sup> TOC <sub>o</sub> değeri hesaplanırken kullanılan TR <sub>HI</sub> ve <i>f</i> parametreleri.....	72
<b>Çizelge 4. 14.</b> Alacaağzı Formasyonu şeyllerinin TOC <sub>pd</sub> , <sup>1</sup> TOC <sub>o</sub> ve <sup>2</sup> TOC <sub>o</sub> değerleri.....	73
<b>Çizelge 4. 15.</b> Alacaağzı Formasyonu şeyllerinin TOK ile GOC ve NGOC değişim değerleri.....	75
<b>Çizelge 5. 1.</b> Alacaağzı Formasyonu şeyllerinin orijinal S <sub>2</sub> , kerojen dönüşümü, orijinal HI ve üretim potansiyelleri sonuçları.....	84
<b>Çizelge 6. 1.</b> Alacaağzı Formasyonu Organik Maddece Zonunun Rock-Eval Piroлиз sonucu ölçülen değerleri ile bu değerlerden itibaren hesaplanan parametreler.....	90
<b>Çizelge 6. 2.</b> Alacaağzı Formasyonu Organik Maddece Zengin Zonunun TOK, <sup>1</sup> TOK <sub>o</sub> , <sup>2</sup> TOK <sub>o</sub> , TR <sub>HI</sub> ve <i>f</i> değerleri hesaplamaları.....	91
<b>Çizelge 6. 3.</b> Alacaağzı Formasyonu organik maddece zengin zonunun Orijinal S <sub>2</sub> , HI <sub>o</sub> , TR ve BO/AF hesaplamaları.....	92
<b>Çizelge 6. 4.</b> Alacaağzı Formasyonu organik maddece zengin zonuna ilişkin hesaplanan TOK <sub>o</sub> , GOC ve NGOC değerleri.....	92
<b>Çizelge 6. 5.</b> Alacaağzı Formasyonu Organik Maddece Zengin Zonu Kırılgenlik İndeksi Hesaplamalarına Esas Teşkil Eden Mineral Yüzdeleri Ve BI Değerleri.....	93

## EKLER DİZİNİ

### Sayfa

<b>EK Şekil 1.</b> ATAR-1 numaralı örneğin tüm kayaç difraktogramı .....	112
<b>EK Şekil 2.</b> ATAR-1 numaralı örneğin kil fraksiyonu difraktogramı.....	113





## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

Å	Angstrom
Θ	Theta
α	Alfa
C	Karbon
°C	Santigrad derece
°/dk	Derece/Dakika
H	Hidrojen
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Na	Sodyum
Ni	Nikel
Ro	Vitrinit Yansıtması
S <sub>1</sub>	Serbest Hidrokarbonlar
S <sub>2</sub>	Kaynak Kayanın Aktüel Potansiyeli
S <sub>3</sub>	Oksijenli bileşenler
S <sub>4</sub>	Artık/Okside Olmuş Karbon

## Kısaltmalar

kV	Kilovolt
mA	Miliamper
yy	yüzyıl
MÖ	Milattan Önce
Kyr	Bin Yıl
Pr/Ph	Pristan/nC <sub>17</sub> ve Fitan/nC <sub>18</sub> oranı
SEM	Scannig Electron Microscope/Taramalı Elektron Mikroskopu
XRD	X-Ray Diffraction
TOK	Toplam Organik Karbon
Bkz.	Bakınız
CO <sub>2</sub>	Karbon dioksit
%Ro	Yüzde Vitrinit Yansıtması
Chc	Klorit Kristalinite
et al.	ve diğerleri
GOC	Üretken Organik Karbon
NGOC	Üretken Olmayan Karbon
H/C	Hidrojen/Karbon
HI	Hidrojen İndeksi
HC	Hidrokarbon
OI	Oksijen İndeksi
IC	İllit Kristalinite
SR	Keskinlik Oranı
µm, cm, m	Mikrometre, Santimetre, Metre
MTA	Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
D-C	Devoniyen-Karbonifer
F-F	Frasniyen-Famenniyen
I-S	İllit-Simektit
BO/AF	Acre-foot başına varil
Mybp	Günümüzden Milyon Yıl Önce
Feet	İngiliz ölçü birimi
PV	Potansiyel Verim
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı

# 1. GİRİŞ

Ham petrol Yunanca kökenli bir kelime olup kaya anlamına gelen ‘petra’ ve yağ anlamına gelen ‘oleum’ kelimelerinden oluşmaktadır. Bugün dünya enerji piyasasını belirleyen bu doğal ve yanıcı yağın tarih sahnesine çıktığı andan itibaren uluslararası dinamikleri, devletlerarası diplomasiyi etkilediği ve küresel ekonomiye yön verdiği bir gerçektir. Dünyada çok hızlı bir biçimde büyüyen ve gelişen endüstri ile bu doğal maddeye bağlı olarak ortaya çıkan sektörler sayesinde de petrole olan bağımlılık devam etmektedir. Nüfus artışıyla beraber enerjiye olan ihtiyacın artması, kentleşme ve buna bağlı olarak gelişen altyapı yatırımları, ulaşımacılık hizmetlerinin önem kazanmasıyla artan taşıt trafiği günümüzde enerji talebine yön veren başlıca gelişmelerdir.

İlk olarak 18. yy.’da İngiltere’de tekstil sanayiinde ortaya çıkan ve tüm dünyaya yayılan Endüstri Devrimi, insan ve hayvan gücüne bağımlı üretimden makine ile üretime geçişin miladı sayılmaktadır [1]. Makineleşme ile gelen dokumacılık sektöründeki icatlar, buharlı makinanın keşfi, demir ve çeliğin işlenmesiyle enerji talebindeki artış gibi gelişmelere kimya sanayi, telgraf, elektrik, tarım alanlardaki yeniliklerin eklenmesiyle endüstri devrimi hız kazanmıştır. 19. yy sonlarına doğru içten yanmalı motorların ve dizel motorların keşfi gibi petrol ana kaynaklı buluşlar petrole olan talebin ilerleyen zamanlarda artışa geçeceğinin habercisi olarak görünmektedir [2] [3].

İlk olarak 1850’li yıllarda bahsi geçen ve bitkisel ya da hayvansal yağlarla karıştırılmaması için ‘kaya yağı’ olarak adlandırılan bu madde oldukça ilkel iki yöntemle elde ediliyordu. İrmaklar ya da kayaların yüzeyinden sıyırarak çıkarmak ve kaya yağı görülen su yüzeylerine bez parçaları atarak bunları ıslatıp daha sonra sıkmak yöntemiyle elde edilen az miktardaki yağ genellikle ilaç yapımında kullanılmaktaydı [2].

Dünya’ya bakıldığında Amerika’da bu bilinmez yağa olan ilginin henüz başladığı ve araştırıldığı dönemlerden de önce Galiçya ve Romanya’da köylüler petrol çıkarma arzusuyla elleriyle kuyu kazmaktaydılar. Ayrıca, eski dönemlerden beri Ortadoğu’nun çeşitli bölgelerinde petrol ve yağ ile ilgili birtakım bulgular söz konusudur. Bu gelişmelerin en eskisi MÖ 3000 yıllarında Mezopotamya’da gözlemlenmiştir. İnsanlar kayaçların çatlakları arasından ağır kokulu ve çamurlu bir maddenin sızdığını gözlemlemişlerdir. Bu sızıntıların en belirgin olanı bugünkü Bağdat’ın bulunduğu Fırat nehri üzerindeki Hit bölgesindedir. Ortadoğu’daki bu sızıntılar aydınlatıcı olarak kullanılmasının yanı sıra ilaç yapımında, inşaatlarda harç malzemesi ve yol yapım malzemesi olarak da kullanılmıştır. Eski

dönemlerden başlayarak, Ortadoğu'da, Avrupa'dan Amerika'ya her kıtada insanların ilgisini çeken petrol sızıntıları 1850'li yıllardaki gelişmelere kadar teknoloji yoksunluğu ve küresel bazda iletişim eksikliği gibi nedenlerden dolayı kendine ilaç ve aydınlatıcı madde olarak sınırlı kullanım alanı bulmuştur. Bu tarih sonrasındaki iktisadi gelişmelerin etkisi ve yağ olarak kullanımındaki karlılık payından ötürü yatırımcıların ilgi odağı olması petrol endüstrisinin parlamaya geçişinin habercisidir [2].

Dünya nüfusundaki artış ve endüstriyel devrim sonucu enerjiye olan talebin artması aydınlatmanın gerekliliğini daha belirgin hale getirmiştir. 1840-1850 yılları kömür ve hidrokarbonlardan aydınlatıcı maddeler çıkarıldığı ve aynı zamanda makinaların yağ gereksinimlerinin karşılanmaya başladığı zamandır. Petrol endüstrisinin kullandığı arıtma teknolojisi bu zamanlarda İngiltere ve Amerika'da geliştirilmiştir. Yine iktisadi gelişmelerin artmasıyla asfalt konusunda çalışmalar yapılmış ve asfalt ve asfalt türevi maddelerden yağ elde edilmiş ve rafinerizasyonu sağlanarak aydınlatıcı olarak kullanılmıştır. [2].

Bu şekilde elde edilen gazyağının kömür kullanılarak da elde edilmesi yatırımcıları daha fazlasını aramaya teşvik etmiştir. Çin'de 1500 yıl öncesinde tuz çıkarmak amacıyla yer yüzeyinden delme yöntemi geliştirilmiş ve üç bin feet derinliğe kadar inen kuyulardan tuz çıkarılma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem 1930'larda Avrupa'ya girmiş ve kopya edilmiştir. Amerika'da da aynı yöntem kullanılarak tuz sondajlama işi hız kazanmıştır. Bu yöntem kullanılarak petrolün çıkarılıp çıkarılamayacağı sorusu yatırımcılar tarafından masaya yatırılmış, bu fikir o dönem bazı çevrelerce eleştirilmiş, ama birçokları tarafından da benimsenmiş ve araştırma çalışmalarına başlanılmıştır. ABD Titusville köyünün iki mil uzağındaki Oil Creek (Petrol Deresi) bölgesinde Albay Drake öncülüğünde denemelere başlanılmış ve bir yıl boyunca denemeler devam etmiştir. Nihayetinde bu 'yeni fikir'den umudun kesildiği anda ve işin sonlanması kararı verildiğinde, 1859 yılında altmış dokuz feet derinlikteki kuyuda kazı yapıldığı esnada sondaj makinasının ucu çatlağa girmiş ve sonrasında altı inç daha derine inmiştir. Bir gün sonrasında kuyudan bakıldığında boru içerisinde yüzmekte olan koyu renkli bir sıvı görülmüştür. Petrol çıkarma işleminin başarıya ulaşmasıyla kaya yağı tedarik sıkıntısı son bulmuş ve piyasa dengelerini değiştiren yeni bir süreç başlamış bulunmaktadır. Sondaj ile petrol elde edildiği andan sadece on beş ay sonra yaklaşık yetmiş beş kuyudan üretim sağlanmıştır [2].

Tarih sahnesinde meydana gelen bu gelişmeler ile yeni pazarlar ve yeni yatırımcılar petrol üretiminde aktif rol oynamıştır. Yeni araştırma şirketleri ve büyüyen pazarlar petrol

endüstrisinin gelişimine katkı sağlamıştır. Yeni bir yüzyılın gelmesiyle beraber dünyada birbirini izleyen bir dizi sosyo-ekonomik gelişmeler ve savaşlar olmuştur. Eğer, petrol bu dinamiklerin neresinde diye soracak olursak, 1. Dünya Savaşı sonrasında 1936 yılında Winston Churchill'in '*Bir damla petrol bir damla kandan daha kıymetlidir.*' sözü yeni ve endüstri temelli yeni bir çağda küresel gelişmelerin temelinde enerji arzının olacağını ve ilerleyen süreçte jeolojik riskler odaklı gelişmelerin olacağını açıkça göstermektedir [3].

### **1.1. Alt Karbonifer (Turnezyen-Vizeyen) Dönemine Bakış**

Bartın ili batısında Amasra yöresinde Turnezyen-Vizeyen dönemine ait organik maddece göreceli olarak zengin şeyl birimleri çökelmiştir. Çalışma kapsamında Amasra batısında yer alan Tarlaağzı kesiti çalışılarak zengin şeyl birimlerinin jeokimyasal analizlerden itibaren olgunlaşma parametreleri, organik karbon içeriği, gömülme tarihçesi ve depolanma ortamı yorumu gibi nitelikleri ortaya konulmuştur. Alacağzı formasyonuna ait organik maddece zengin siyah şeyllerin çökeliminin hangi koşullarda gerçekleştiğinin araştırılması ilksel organik maddenin evriminin anlaşılması açısından önemlidir. Alt Karbonifer yaşlı çökellerin günümüzden 359 milyon yıl önce biriktiği ve çalışma alanının okyanusal oksik olayların gerçekleştiği bir dönemde çökeldiği düşünülecek olursa Alacağzı kesitinin Alt Karbonifer zonunu mercek altına almak yerinde olacaktır.

Üst Devoniyen-Turnezyen dönemi, dünyanın keşfedilmiş petrol ve gaz rezervuarlarının %8'ini kapsayan, organik madde korunumunun üst düzeyde gerçekleştiği ikinci önemli anoksik döneme (Paleozoyik) denk gelen önemli bir aralıktır [4]. Alacağzı Formasyonu siyah şeyllerinin bu dönemde çökeliminin gerçekleşmesi Turnezyen-Vizeyen anoksizmasının gözlemlenebilmesi açısından önem taşımaktadır. Anoksizma olayları, organik madde korunumunun yüksek düzeyde gerçekleşmesiyle petrol araştırmalarının yoğun olarak irdelendiği dönemler olarak da bilinmektedir. Anoksik koşullar, su sütunundaki oksijen arzının oksijen talebinden daha az olduğu durumlarda meydana gelir. Diğer bir deyişle, oksijen talebi yüzey biyolojik üretimliliği ile ilişkili bir kavram olup küresel ölçekte iklim değişiklikleri ile kontrol edilmektedir [5], [6]. Bu durumun bir kanıtı olarak, Paleozoyik zamanında aralıklı olarak gerçekleşen ve dünya çapında önemli düzeydeki anoksik olayların Ordovizyen, Alt Silüriyen ve Üst Devoniyen-Alt Karbonifer yaşlı organik maddece zengin siyah şeyllerin depolanmasının yaygın deniz transgresyonu ve buz örtüsünün erime olayları ile zamansal olarak örtüşmesi gösterilebilir.



Klemme ve Ulmishek [4], dünyanın keşfedilmiş orijinal petrol ve gaz rezervlerinin %90'ından daha fazlasını içeren hidrokarbon kaynak kayaların Fanerozoik zamanın 1/3'ünü temsil ettiğini ve bu kaynak kayaların 6 ana dönemde incelenebileceğine işaret etmişlerdir. Bu dönemler; dünya rezervinin %9'unun üretildiği Silüriyen, dünya rezervinin %8'inin üretildiği Üst Devoniyen-Turnezyen, dünya rezervinin %8'inin üretildiği Pensilvaniyen-Alt Permiyen, dünya rezervinin %25'inin üretildiği Üst Jura, dünya rezervinin %29'unun üretildiği Orta Kretase ve dünya rezervinin %12,5'lik bölümünü temsil eden Oligosen-Miyosen olarak tanımlanmıştır [4]. Fanerozoik zamanı boyunca meydana gelen yoğun biyolojik etkinliklerle karakterize edilen 6 ana major dönem aynı zamanda büyük kitlesel yok oluşlarla da bilinmektedir [7],[8],[9],[10]. Sığ su ortamında meydana gelen etkenlerle litolojide ani değişikliklerin meydana geldiği bu anoksizma koşullarında bazı dikkat çeken olaylar irdelenmiş ve sınıflandırılmıştır. Bunlar; Kuzey Çin'de yer alan Ordovizyen ve Post-Ordovizyen yaşlı kayalar arasındaki uyumsuzluk düzlemleri [11], Avrupa'da şeyl ve kireçtaşlarında bulunan '*Kellwasserkalk*' terimiyle incelenen bitüm içerikli Devoniyen zonu [12], Çin'de Permiyen-Triyas sınırında bulunan '*sınır killeri*' [13], Alpler'de Triyas ve Jura yaşlı yataklar arasındaki uyumsuzluk düzlemleri ile Danimarka'da Stevens Clint'te yer alan kireçtaşları arasındaki '*fish clay*' [14] olarak incelenmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında Alt Karbonifer periyodunun Turnezyen-Vizeyen dönemi incelenirken, dünyada gerçekleşen anoksik olaylar, küresel ölçekte iklimsel gelişmeler ve transgresyon olaylarının etkisiyle dönemin çökel mekanizmasının dünyanın değişik bölgelerinde hemen hemen aynı özellikler gösterdiği görülmüştür. Bilinen denizel petrol kaynak kayaç çökelim sistemleri zamansal olarak rastgele dağılmamış, tüm jeolojik zaman boyunca meydana gelen transgresyonlar ve okyanusal ortamlarda gelişen anoksik evreler ile bu dağılımın eşleştiği görülmüştür [5]. Alacağzı Formasyonun da yer aldığı Üst Devoniyen-Turnezyen zaman aralığında çökelmiş bilinen basenlerin kaynak kaya özellikleri ve kerojen tipleri [4] Çizelge 1.1'de verilmiştir.

**Çizelge 1. 1.** Dünyadaki Üst Devoniyen-Turnezyen yaşlı basenlerin jeolojisi, kaynak kaya özellikleri ile kerojen tipleri [4].

Basen veya Bölge	Yapısal Form	Kaynak Kaya	Baskın Kerojen Tipi	Ana Rezervuar	Birincil Olgunlaşma Evresi
Volga-Ural, Timan-Pechora, North Caspian	Platform	Domanik formasyonu & fasiyes karşılıkları denizel şeyl & karbonatları	II	Orta Devoniyen şeylleri, Alt Karbonifer şeylleri, Üst Devoniyen-Orta Karbonifer karbonatları	Geç Permiyen-Triyas
Alberta	Platform	Duvernay, Ireton ve Exshaw formasyonu, denizel	II	Üst Devoniyen Karbonatları	Orta Kretase-Geç Tersiyer
Anadarko, Permian	Platform	Woodford şeyl, denizel	II	Silüriyen-Devoniyen Karbonatları	Pensilvaniyen-Erken Permiyen
Appalachian	Platform	Chattanooga şeyl, denizel	II	Devoniyen şeylleri	Pensilvaniyen-Erken Permiyen
Williston, Michigan, Illinois	Circular sag	New Albany şeylleri, Antrim şeylleri, Bakken formasyonu	II	Devoniyen-Pensilvaniyen şeylleri & karbonatları	Geç Kretase-Erken Tersiyer?
Pripyat, Dnieper-Donets	Rift	Üst Devoniyen-Turnavizyeyen denizel şeyl ve karbonatları	II	Üst Devoniyen karbonatları (Pripyat), Karbonifer-Alt Permiyen klastik sedimanları (Dnieper-Donets)	Pensilvaniyen-Erken Permiyen
Illizi	Platform	Üst-Orta Devoniyen denizel şeylleri	II	Devoniyen-Karbonifer şeylleri	Orta Kretase
Alacağzı Formasyonu	Platform	Alt Karbonifer (Turnezyen-Vizeyen denizel şeylleri)	II-III	?	Erken Kretase

Caplan ve Bustin [15] çalışmalarında Hangenberg biyolojik olaylarının yalnızca karasal ve denizel ortamdaki fauna değişimleri ile açıklanamayacağını, Devoniyen-Karbonifer sınırının öncesinde litolojik ve jeokimyasal değişimler ile ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir.

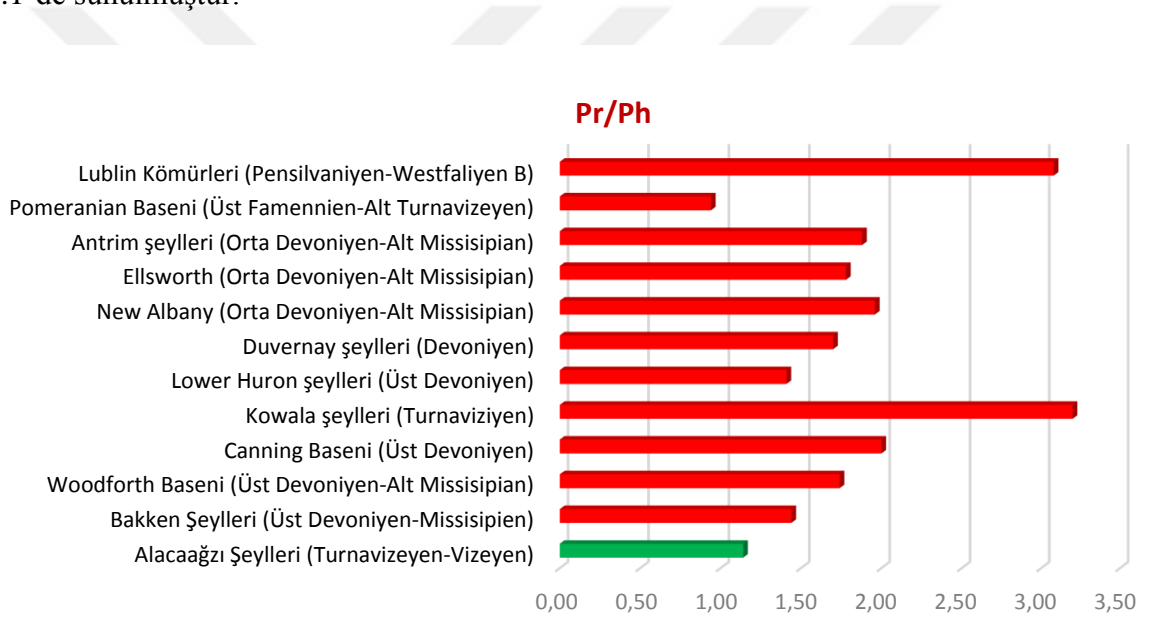
Kaiser ve diğ. [16] çalışmalarında Fanerozoik zamanın büyük beşlisi (Big Five) olarak adlandırılan dönemle aynı ölçekte bir küresel yok oluşu karakterize eden Küresel Hangenberg Krizini incelemişlerdir. Araştırmacılar, Küresel Hangenberg krizini Devoniyen-Karbonifer geçişinde birçok faunal grup evriminde ve ekosistemlerin tahribatında önemli rol oynayan, kısa bir zaman dilimi içerisinde (100-300 kyr) denizel ve karasal ortamları kısmen farklı zaman zarflarında etkileyen bir dönem olarak tanımlamışlardır. Hangenberg krizinin başlangıcı, en üst Famenniyen döneminde küçük ölçekte östatik deniz seviyesindeki düşümler ile başlamış olup bundan sonra Hangenberg siyah şeylleri ve eşdeğerleri olarak anılacak olan siyah şeyl çökelimleri ile devam etmiştir.

Devoniyen-Karbonifer (D-C) ve Frasnien-Famenniyen (F-F) küresel yok oluşu anoksik siyah çamurtaşı birimleri ile beraber yer almaktadır [15];[17];[18];[19];[20];[21];[22]; [23] [24];[25];[26]. Bu küresel yok oluşları tetikleyen faktörlerin nasıl geliştiğine ilişkin olarak literatürde birçok görüş yer almaktadır. Bunlardan bazıları iklimsel etkiler, ötrofikasyon, asteroid etkileri, östatik ve okyanusal değişimler ve denizdeki besin yetersizliği olarak gösterilebilmektedir. Anoksizma dönemi kayıpları incelenirken tüm faktörler birlikte değerlendirilmelidir.

Bu tez çalışması kapsamında gerçekleşen arazi çalışmalarında sarı renkli, silis içerikli, yer yer budinajlı karbonatlı seviyeler marnlı seviyelerle ile ardalanmalı şekilde gözlemlenmiştir. Ölçülü stratigrafik kesit oluşturulurken bu birimin muhtemel Tarlaağzı kesiti tabanı olduğu düşünülmüştür. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi'nin 2002 yılında Ankara'da yayımladığı 1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Zonguldak-E28 paftasında yer alan bilgilere göre Alacağzı Formasyonu'nun yaşı palinolojik bulgular ve makrofosillere göre Namuriyen A, B, C olarak belirlenmiştir. Kerey [27]'e göre Alacağzı Formasyonu yaşı En Üst Vizeyen-Üst Namuriyen olarak belirlenmiştir. 2013 senesinde tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmaları esnasında Alacağzı Formasyonu'na ait Tarlaağzı kesitinde makro fosillerce zengin kireçtaşı, kumtaşı ve şeyl birimleri gözlemlenmiştir. Araziye gözlemlenen fosiller sığ denizel ortamı karakterize eden resifal fosiller olup, makro ölçekte yapılan incelemelere göre bu fosillerin ekhinit, bivalve ve brachiopodlardan oluştuğu belirlenmiştir. Bu anlamda Alacağzı Formasyonu, hidrokarbon potansiyelinin organik

jeokimyasal analizlerden elde edilen verilerle ortaya konulmasının yanı sıra dünyada anoksizmanın yoğun olarak gerçekleştiği kritik bir aralıkta yer alması niteliği ile de iklim koşulları, deniz seviyesi değişimleri, izotop analizi gibi verilerin paleontolojik verilerle desteklenmesiyle ayrıntılı incelenmeye açık bir laboratuvar gibidir.

Bu gözlemlerden yola çıkılarak Alacağzı Formasyonu şeyllerinin muhtemel Hangenberg krizi dönemi hemen sonrasında çökeldiği düşünülmektedir. Bu düşüncüyü desteklemek amacıyla literatürde Devoniyen-Karbonifer krizi olarak anılan Hangenberg döneminde çökelen formasyonlardan bazılarının çökel ortamları ve redoks potansiyeli araştırılmıştır. D-C sınırını temsil eden ve gaz kromatografi analizi sonuçları bulunan örneklerde Pr/Ph (Pristane/Phytane) oranları incelenmiştir. Sonuçlar bir karşılaştırma yapılabilmesi için Şekil 1.1’de sunulmuştur.



Şekil 1. 1. Alacağzı Formasyonu ile dünyadan örneklerin Pr/Ph değerleri korelasyon grafiği

## 1.2. Çalışmanın Amacı

Üst Devoniyen (Famenniyen-Frasniyen)-Alt Karbonifer (Turnezyen-Vizeyen) dönemleri Paleozoyik zamanının önemli ve ikinci anoksik evresidir. Bu nedenle, Toroslarda yüzeyleyen Gondwana kıtası otokton-denizel Alt Karbonifer istiflerinden farklı olarak [28] bu çalışma ile bu bölge Alt Karbonifer'i hedef seçilmiştir.

Türkiye'de Alt Karbonifer yaşlı organik maddece göreceli olarak zengin görünen şeyller Batı Anadolu (Fethiye yöresi) yüzleklerinde aşırı olgun iken, otokton Toros istiflerinde özellikle Feke ve Naltaş) petrol oluşum penceresinde yer almaktadır [29]. Fakat kesiksiz Karbonifer birimlerinin yüzeylendiği allokton konumlu Toros birimlerinde yapılan hidrokarbon potansiyel çalışmalarına göre ise (Hadım Napı- Karbonifer istifi vb.) organik olarak aşırı olgun görünmektedirler [28].

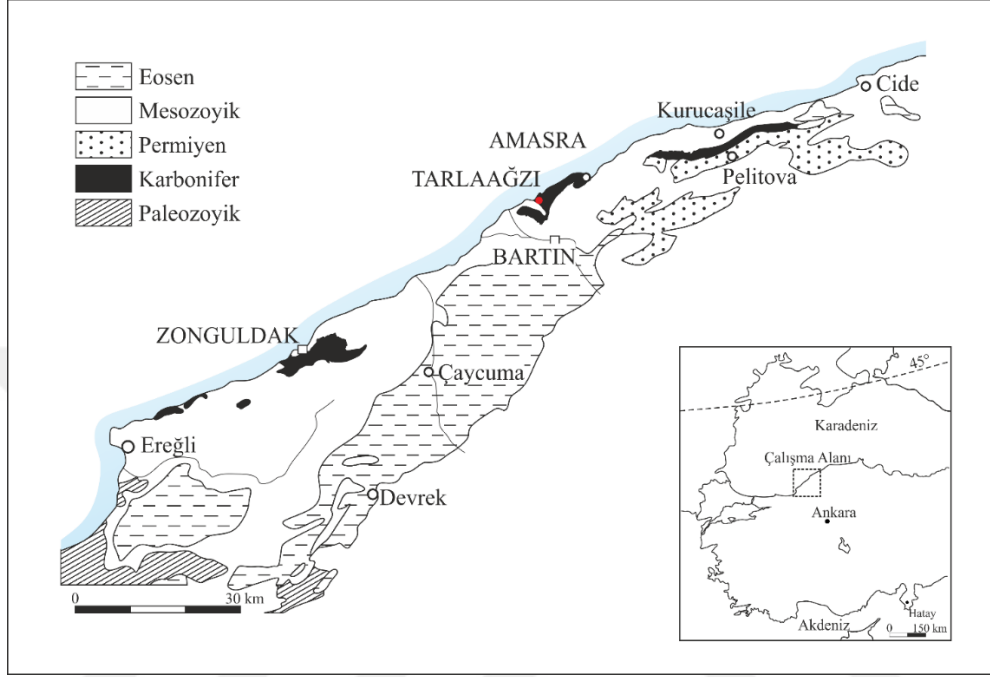
Çalışma alanında yüzeyleyen Karbonifer istifi yukarıda bahsedilenlerden farklıdır. Çünkü bu istifin saedece Alt Karbonifer kısmı (Turnezyen-Vizeyen) sığ denizel çökelleri olup Orta-Üst Karbonifer çökelleri karasal kömür içeren çökeller şeklindedir. Bu nedenle bölgede gözlenen tek mostra alanı olan Tarlaağzı'nda bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada Batı Karadeniz Bölgesi'nde Bartın ilinin batısında yer alan Alt Karbonifer (Turnezyen-Vizeyen) yaşlı istifin yer aldığı (Alacağzı Formasyonu) Tarlaağzı bölgesinde siyah şeyllerin hidrokarbon kaynak kayaç potansiyeli ve şeyl gaz karakteristiklerinin ortaya konulması hedeflenmiştir. Çalışma alanında daha önce yapılmış birçok araştırma ve tez çalışması bulunmaktadır. Bu tez kapsamında ise önceki çalışmaların ışığı doğrultusunda çalışılan Alacağzı Formasyonu için hidrokarbon ve şeyl gaz potansiyeli ortaya konarak Batı Karadeniz havzası hidrokarbon potansiyeline katkı sağlamak amaçlanmıştır. Ayrıca Turnezyen-Vizeyen şeyllerinin şeyl gaz veya şeyl-oil muhtemel potansiyellerinin ortaya konulması da bu çalışmada ele alınmıştır. Bunun için, arazi çalışmaları kapsamında Alacağzı kesitinde yüzeyleyen stratigrafik istif yerinde incelenmiş ve mostra veren seviyelerden iki bölümden oluşan (A, B) 46 adet numune alınmıştır. Organik jeokimya analizleri (TOK ve Rock-Eval Piroliz) yapılarak örneklerin hidrokarbon potansiyeli belirlenmeye çalışılmış, ayrıca tüm kayaç içerikleri ve kil mineral toplulukları da belirlenerek şeyllerin litolojik bileşimleri saptanmıştır.



### 1.3. Çalışma Alanı

Bu tez kapsamında Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'nde Bartın ilinin batısında yer alan ve Kerey [27]' e göre yaşı Üst Vizeyen-Üst Namuriyen olarak belirlenen Tarlaağzı kesiti çalışılmıştır. İnceleme alanının yer bulduru haritası [30] Şekil 1.2'de yer almaktadır.



Şekil 1. 2. Alacağzı Formasyonu şeyllerinin yer aldığı çalışma alanının yer bulduru haritası [30].

#### 1.4. Önceki Çalışmalar

Bu tez konusunu da içine alan Batı Karadeniz havzasındaki hidrokarbon kaynak kaya çökelimini anlamaya yönelik literatürde değişik araştırmacılar tarafından yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların bir kısmında havzanın tektoniği ortaya konularak jeolojik model anlaşılmasına çalışılmış, bir kısmında elde edilen veriler ışığında organik madde oluşumları ve çökelme ortamları ile ilgili yapılan araştırmaların bulguları ortaya konulmuştur. Sahada bilinen en eski çalışmaların 1850'li yıllara ait olduğu bilinmekle birlikte kaynak kaya çalışmalarının yoğunlaştığı dönemler 1950'li yıllara rastlamaktadır. Bu dönemde yapılan çalışmaların izleri takip edilerek, bu tez çalışmasında yeni bulgularla beraber Batı Karadeniz havzasında bulunan çalışma sahasının petrol etkinliği incelenmiştir.

Kuzey-Batı Anadolu taşkömürü havzası olarak isimlendirilen çalışma sahası, Karbonifer yaşlı kömürlü seviyeleri ile belirgindir. Bölgedeki kömür izlerine ilişkin ilk çalışmalar, 1829 yılında deniz eri Uzun Mehmet'in Neyren Köyü mevkiinde dere kenarında taşkömürünü bulmasıyla başlamıştır. Uzun Mehmet'in kömürü bulma hikayesi ile başlayan süreç sahada yapılan jeolojik etüdler ve sondaj çalışmaları ile sürdürülmüş olup, kömürlü seviyelerin alt-üst dokanak ilişkileri, birimlerin kalınlığı, yayılımı ile havzanın jeolojik modeli net bir şekilde ortaya konulmuştur. 1948'de Ereğli Kömür İşletmeleri kurulmuş ve sonrasında üretimi artırmaya yönelik kurulan çeşitli şirketler ile beraber kömür üretiminde daha fazla artış sağlanmıştır. Yoğun üretim yapılan bu saha, 1940 yılında devletleştirilmiş; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı bünyesinde Türkiye Taş Kömürü İşletmeleri'ne bağlı çeşitli kuruluşlarla varlığını sürdürmekte ve üretime devam etmektedir [31].

Klemme ve Ulmişek [4], çalışmalarında her dönem için plaka tektoniği, fasiyes ve yapısal form ile petrol kaynak kaya haritalamaları olmak üzere 3 adet harita yapmış ve bu haritaları kaynak kayaların alansal dağılımı, kalitesi ve etkinliği açısından yorumlamışlardır. Kaynak kaya oluşumu etkileyen birincil faktörleri jeolojik yaş, çökelme alanlarının paleo enlemleri, kaynak kayaların yapısal formları ile biyolojik etkinlik olarak belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda dünyada keşfedilen orijinal petrol ve gaz rezervlerinin %80'inden fazlasının Apsiyen zamanında olduğu ve dünya petrol rezervlerinin neredeyse yarısının üretilmesi ve kapanlanmasının Oligosen zamanından itibaren gerçekleştiğine işaret etmişlerdir.

Ralli [32], Batı Karadeniz havzasındaki çalışmaların öncüsü olarak karasal Karbonifer'i dört ana bölümde incelemiştir. Bu birimlerden Alt Vizeyen-Turnezyen yaşlı Alacaagzı Formasyonu bu tez çalışmasının ana lokasyonu olup kömür damarlı şey, çamurtaşı ve

kumtaşları ile karakterize edilir. Bartın ili Tarlaağzı köyü dolaylarında en iyi mostralarını sunan birim, alttan Yılanlı, üstten Karadon Formasyonları ile geçişli olarak yer almaktadır.

Arni [33], bölgede yapılan sondaj çalışmalarından yararlanarak bölgeyi araştırmış ve Filyos nehrinin batısında kalan bölgeyi Batı havzası ve doğusunda kalan bölgeyi Karadeniz Ereğlisi-Alaplı-Kızıltepe-Alacağzı bölgesi jeolojisini olarak çalışmıştır.

Fratschner [34], Azdavay-Bartın-Kumluca ve Kurucaşile-Ulus bölgelerinde havzadaki birimleri stratigrafik açıdan incelemişlerdir.

Tokay [35], bölgede Karbonifer ve Devoniyen yaşlı çökeller üzerinde ayrıntılı olarak çalışmıştır. Çalışmada Tarlaağzı-Çınarlı Karbonifer yaşlı çökellerin güney yönde uzantısını takip ederek Karbonifer-Kretase diskordansını çözümleyebilmek için jeolojik harita, jeolojik kesitler yapılmış ve bölgede yer alan foraminiferlerin tayini ile çalışmalara yön verilmiştir.

Tokay [36], Batı Karadeniz havzası araştırmalarına katkıda bulunmuşlardır. Çalışmada Bartın ve Amasra arasını kapsayan önceki çalışmalarda bölgedeki kömürlü seviyelerin Hersiniyen orojenizinde alpin hareketlerden kaynaklanan kırıklı tektonik yapı ile açıklanabilmesine ek olarak bölgede yapılan sondaj çalışmalarından da faydalanılmış; batıda Devoniyen-Alt Karbonifer temelinin yükselmesi ve üstte yer alan kömürlü tabakaların gravite etkisi ile doğuya doğru kayması ile çalışma alanının evriminin epidermik bir hareket olarak açıklanabileceğini ileri sürülmüştür.

Dil ve Konyalı [37], Zonguldak yöresindeki Karbonifer yaşlı kayaçları incelemişlerdir. Yapılan çalışmalara göre Alacağzı Formasyonu alt kesimi, ince taneli kömür damarları ve şeyller ile belirgin olup, birimin üst kesimleri daha fazla kömür damarı içermesi ile karakterize edilmektedir.

Kerey [27], Kuzeybatı Anadolu'da yüzeyleyen Üst Karbonifer yaşlı fasiyeslerin oluşumu ve tektoniği ile ilgili çalışmasında palinolojik bulgular ve makrofosillerden elde edilen verilere göre Bartın ili Amasra batısında bulunan Alacağzı Formasyonunun yaşını En Üst Vizeyen-Üst Namuriyen olarak işaret etmiştir.

Aydın ve diğ. [38] çalışmasında, bölgenin 1/25.000'lik ölçekli harita alımları yapılarak Prekambriyen zamanından Senozoyik sonuna kadar uzanan bir istifin jeolojisi ortaya konulmuş ve çalışmaların palinolojik-paleontolojik bulgularla desteklenmesiyle kaynak kaya çalışmalarına yön vermesi amaçlanmıştır.

Harput [39], Adapazarı-Kastamonu boyunca yüzeyleyen birimlerin hidrokarbon kaynak kaya potansiyelini ortaya koymuştur. Bu kapsamda sondaj kuyusu ve arazideki mostralardan elde edilen numunelerde organik jeokimya metodları ile deneyler yapılmıştır. Deney sonuçlarının istatistiksel modelleme yöntemleri ile çözümlenmesiyle arazideki petrol ve gaz bulgusuna yönelik yorum yapılmıştır. Çalışmaya göre, Alacaağzı, Yılanlı, Kartal, Tasmaca, Çağlayan formasyonlarının kaynak kaya özelliği taşıdığı, Kozlu, Karadon, Ulus ve Kusuri formasyonlarının kömürlü seviyelerinin gaz üretme potansiyeli taşıdığı belirlenmiştir.

Görür ve Tüysüz [40], Karadeniz’de petrol kaynaklı araştırma çalışmalarında şimdiye dek yapılan çalışmaların, karasal Karbonifer kireçtaşı-şeyl birimlerine, denizel bölgede ise Tersiyer yaşlı kum ve şeyllere yönelik olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, bu çalışmada bazı petrol ve gaz emareleri dışında ticari açıdan değerli olabilecek petrol ve gaz birikimlerine rastlanılmamıştır.

Yılmaz ve diğ. [41], Pontidlerin bölgesel olarak orojenik evrimini çalışmış ve Batı Karadeniz havzası jeolojisine katkıda bulunmuşlardır.

Gürdal ve Yalçın [42], Zonguldak baseninde yer alan Karbonifer yaşlı kömürlerin gaz adsorplama kapasitesi ile bu etkinliği kontrol eden faktörleri araştırmışlardır. Kömürleşme derecesi olarak yüksekten orta uçucu bitümlü kömürler ve vitrinit maserallerince zengin tipik hümik kömürler üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmada hacimsel adsorplama methodları ve kontrollü gaz akışından faydalanılarak karbondioksit gazı adsorplama izotermelerini çıkarmışlardır.

Hoşgörmez [43], hidrokarbon gazların moleküler ve karbon izotropik bileşimlerindeki çeşitliliği araştırmak amacıyla Zonguldak basenindeki Kozlu alanında iki farklı litolojiye sahip sekiz ayrı noktada örnekleme yapmıştır. Toplam organik karbon (TOK) ve Rock-Eval Piroliz analizi sonuçları, kömürler ile siltaşı gazlarının termojenik ve ikincil biyojenik gaz bileşiminde olduğunu ortaya koymuştur.

Özkoçak ve diğ. [31], Ereğli-Küre arasındaki Kuzey Batı Anadolu Taşkömür havzasının stratigrafisi üzerine çalışmışlardır. Bilinen kömürlü seviyelerinin sınırlarının tespitinin ve kömür potansiyelinin ortaya konmasının yanında örtülü ve bilinmeyen taşkömürü içeren seviyelerin araştırılmasına yönelik sondajlı çalışmaları ile bölgede yapılan arama faaliyetlerine katkıda bulunmuşlardır.

Aydın ve diğ. [44] Ballıdağ-Çangaldağı (Kastamonu) bölgesinin stratigrafisine değinmişlerdir. Alacaağzı Formasyonu’nun Söğütözü köyü yörelerinde yüzeylediği ve

koyu gri renkli şeyi, gri-sarı renkli kumtaşı, çakıltaşı-silttaşı ve ince kömür bantları içerdiğini belirtmişlerdir. Bu çalışma kapsamında yapılan araştırmalar sonucu saptanan foraminiferler, *Archæidiscus* sp., *Tetrataxis* sp., *Pachyspahaerina* sp., *Omphalotis* sp., *Girvanella* sp., *Goniatites* sp., *Pasidonomya* sp., *Peuopteris* sp., *Aaspera* sp., Meso calamites gibi fosiller olarak ortaya konulmuştur. Formasyonun yaşını alt dokanak ilişkisine göre Vizeyen-Namuriyen olarak belirtmişlerdir.

Ketin ve Gümüş [45], Batı Karadeniz bölgesinde yayılım sunan birimlerin stratigrafisini ayrıntılı olarak çalışmışlardır. Amasra ilçesi doğusunda yayılım sunan İnaltı Formasyonu'nun Sinop ili İnaltı köyü civarında yüzeylenmesi dolayısıyla ilk defa adlandırmışlardır.

Alişan ve Derman [46], Hersiniyen orojenezi ile deforme olmuş Paleozoyoik birimlerin çalışma alanının doğu kesimlerinde yer alan Üst Permiyen Erken Triyas yaşlı Çakraz Formasyonu'nu karakterize eden kırmızı renkli kaba ve ince taneli sedimanlar tarafından üzerlendiğini belirtmişlerdir.

Robinson ve diğ. [47], Karadeniz'in tektonik evrimine değindikleri çalışmalarında, Geç Miyosen'deki deniz seviyesindeki büyük düşüş ile Karadeniz kıta sınırlarının Geç Eosen'den itibaren Tetis Okyanusunun kapanmasına bağlı olarak gelişen sıkışmalarla büyük ölçüde değiştiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, gaz kramotografi-kütle spektrometresi ile karbon izotop analiz sonuçlarına göre Karadeniz çevresinde yer alan petrol üretme kabiliyeti yüksek kayaların büyük çoğunluğunun Geç Eosen döneminden itibaren türetildiklerini ifade etmişlerdir.

Şengün ve diğ. [48], Daday-Devrekani masifi batı kesimleri ile Azdavay ve İnebolu kesimlerini çalışmışlardır. Batı Karadeniz bloğunun Azdavay grubu olarak adlandırıldığı çalışmada birimin alt seviyelerinin Silüro-Devoniyen, üst seviyelerin ise Devono-Karbonifer yaşlı olabileceğini düşünmüşlerdir. Tetis evrimine katkı sağlaması amaçlanan bu çalışmada, araştırmacılar Paleotetis'in Pontidler ve Anatolidler arasında yer aldığı ve Permo-Karbonifer-Erken Tersiyer aralığında progresif olarak yok olduğu görüşünü savunmuşlardır.

Saner [49], Pontidler yayılım gösterdiği havzanın tektonik evrimini açıklamıştır. Pontidleri dört ana tektonik kuşakta ele alan çalışmada sahada yer alan litostratigrafik birimler ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Gedik ve diğ. [50], Orta Karadeniz havzasını incelemiş ve temelde yer alan metamorfik kayaların üzerinde yüzeyleyen Liyas-Kuvaterner yaş aralığındaki birimleri

tanımlamışlardır. Çalışmada bölgede yüzeyleyen volkanik kayaçların tektonik evrimi açıklanarak bu kayaçlarda yapılan petrolojik analizlerden elde edilen bulguları sunmuşlardır. Gedik ve Korkmaz [51], Sinop havzasında çökelmiş Liyas-Kuvaterner zaman aralığındaki birimlerin çökeltme ortamları araştırmışlardır. Havzada yer alan formasyonların ölçülü stratigrafik kesitleri ile 1/25 000 ölçekli detay jeoloji haritaları hazırlanmıştır. Tüm bu çalışmaların ışığında bölgenin 1/100 000 ölçekli haritası da ortaya konulmuştur. Ayrıca yapılan jeokimya analizleri neticesinde havzada yer alan formasyonların petrol aramacılığı için önem teşkil edecek kaynak kaya özelliklerine işaret etmişlerdir.

Sonel ve diğerleri [52], Boyabat havzasının petrol aramacılığında önemine işaret etmişlerdir. Çalışmada Ekinveren Fayı'nın kapanlanma oluşturabileceğine vurgu yapmışlardır. Çalışmada fay zonu kuzey ve güneyi ile Çağlayan ve İnaltı formasyonlarının Yemişliçay formasyonlarının altında yüzeylendiği kesimler hidrokarbon etkinliğinin olması muhtemel alanlar olarak belirtmişlerdir.

İnal [53], Batı Pontidlerde yüzeyleyen Akgöl Formasyonu şeyllerinin hidrokarbon kaynak potansiyelini belirlemeye yönelik bir tez çalışması yapmıştır. İnceleme alanında yapılan organik jeokimyasal analizlere göre şeyllerin toplam organik karbon bileşimini ekonomik sınırın üzerinde olarak belirlemiştir. Tez çalışmasında Akgöl şeyllerinin kaynak kaya parametreleri değerlendirilerek şeyl gaz etkinliği açısından ekonomik değeri ortaya konulmuştur.

Özgökçe [54], yüksek lisans çalışmasında Batı Karadeniz Bölgesinde Zonguldak taşkömürü havzası ve Amasra yöresinde incelemelerde bulunmuştur. İnceleme alanında üç adet sondaj kuyusundan alınmış toplam 27 adet örnek üzerinde araştırmalar yürütülmüştür. Organik maddenin miktarı, organik maddenin tipi ve olgunluğunun tayini amacıyla örnekler üzerinde organik jeokimyasal analizler ve petrografik çalışmalar yapmıştır. Ayrıca çalışmada bilgisayar destekli modelleme sistemleri kullanılarak kuyu modellemesine gidilmiştir. Modelleme neticesinde kalınlık, sıcaklık, olgunluk, hidrokarbon potansiyeli parametrelerine esas teşkil edecek derinlik ve zamana bağlı etkenlere işaret edilmiştir.

Şener [55], yüksek lisans tezi çalışmasında Batı Karadeniz Bölgesi Amasra ilçesinde yüzeyleyen İnaltı Formasyonunu incelemiştir. Ölçülü stratigrafik kesitlerin yapıldığı çalışmada dört bentik foraminifer cinsi ile üç tanesi yeni olmak üzere on dört tane bentik foraminifer taksonun sınıflamasını yapmıştır. Bütün bu veriler ışığında İnaltı Formasyonunun yaşı Geç Kimmeridyen-Erken Apsiyen olarak belirlenmiştir.

Tekinırk [56], Amasra (Bartın) Havzasında yer alan Karbonifer kömürlerini inceledikleri yüksek lisans tez çalışmasında inceleme alanında yeni açılan coal-bed methane (kömür kökenli doğal gaz) kuyularından örnekler alarak analiz yapmıştır. Çalışmada bölgedeki metan gazının ekonomikliği saptanmış, uygun üretim teknikleri dünyadaki örneklerle birlikte incelenmiştir.

Karayığit ve diğ. [57], Westfaliyen yaşlı yeraltı kömür ocağında açılan dokuz adet araştırma kuyusundan aldıkları örnekler üzerinde maseral tayini ve mikrolitotip analizi yapmışlardır. Ayrıca örnekler üzerinde vitrinit yansıtma değerleri ölçülmüş olup, analiz sonuçlarına göre örneklerin kömürleşme derecelerini değerlendirmişlerdir.

Hoşgörmez ve diğ. [58], kömür kökenli doğal gazların evrimini ve gaz-kaynak kaya korelasyonunu incelemişlerdir. Bu amaçla Amasra yöresinde açılan 2 adet kuyunun 13 noktasından gaz ve sediman analizleri yapmışlardır. Organik maddece zengin Westfaliyen-A şeylleri ve kömürlerindeki analizlerin sonuçlarına göre, Karbonifer boyunca süregelen birincil bakteri kaynaklı metan oluşumları ya da ikincil bakteri kaynaklı metan oluşumlarıyla ilişkili olarak araştırmacılar termojenik gaz evrimine işaret etmişlerdir.

Harput ve diğ. [59], Ereğli, Zonguldak, Bartın, Ulus ve Eflani lokasyonlarında hidrokarbon kaynak kaya potansiyelinin tespiti için incelemelerde bulunmuşlardır. Araştırmacılar vitrinit yansıtma, Rock-Eval Piroliz Analizi ve palinofasiyes analizleri yardımıyla potansiyel kaynak kayaların evrimini anlamaya yönelik çalışmalar yürütmüşlerdir.

Küçükkuş [60], Batı Karadeniz Bölgesinde Zonguldak Formasyonunu inceledikleri yüksek lisans tezi çalışmasında Westfaliyen yaşlı Zonguldak Formasyonu'nun hazne kaya potansiyelinin tayini amacıyla incelemelerde bulunmuştur. Bu çalışma kapsamında Gamma Ray, SP, Kaliper, Sonik, Nötron, Yoğunluk, Rezistivite logları kullanılarak litoloji tayini, kil tipleri ve gözeneklilik verileri gibi kuyudan alınan verilerin yorumlaması yapılmıştır. İnceleme alanında SEM-Kil Fraksiyon XRD Analizleri de yapılmış olup kil minerallerinin tipleri ve yoğunluğu tayin edilmiş olup araştırma neticesinde Zonguldak Formasyonu kumtaşlarının zayıf hazne kaya özelliğinde olduğu ancak sıkı kumtaşı (tight sand) özelliğinin değerlendirilmesi gerektiğine işaret edilmiştir.

Okay ve diğ. [61], Karadeniz havzasını doğu ve batı olarak iki kısımda incelemişlerdir. Çalışmada Doğu Karadeniz Denizi havzasının oluşum kökeni açısından Batı Karadeniz Denizi havzasına göre daha karmaşık yapısal unsurlara sahip olduğunu ve Orta Kretase'de başlayan Doğu Karadeniz bloğunun saat yönünün tersi şekilde rotasyonel hareketi sonucu

açıldığını; Batı Karadeniz baseninin ise, günümüzde Odessa şelfi olarak bilinen bölgenin Geç Kretase’de Hersiniyen kıtasal şeridinin yay gerisi riftleşmesiyle oluştuğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar çalışmada Batı Karadeniz havzasının açılmasının ise erken Eosen’de meydana gelen Kimmerid zonu ile Hersiniyen karasalinin çarpışması ile sona erdiğine dikkat çekmişlerdir.

Türkiye Alt Karboniferine ışık tutacak yayınlardan birkaçı aşağıda verilmiştir. Hidrokarbon kaynak kaya çalışmalarında yayımlandıkları yıllardan beri yol gösterici olarak kullanılan bu değerli çalışmalar aynı zamanda Türkiye’nin Turnezyen-Vizeyen anoksik periyoduna katkı sağlayacak çalışmalardır.

Ağralı [62], 1974 yılında Zonguldak İli Kozlu ilçesinde 1969 yılında üretim yapılan ve galerilerde mostra veren bütün kömür seviyelerini palinolojik olarak incelemiştir. Araştırmada Kılıç damarlar serisi olarak nitelendirilen damarlar ile Westfaliyen A normal serisi arasındaki yaş bağıntısı incelenmiştir.

Yılmaz ve Tekinirk [63], 2011 yılında yaptıkları çalışmada, Amasra-Bartın kömür havzasında yer alan Tarlaağzı ve Bedesten bölgesinde yer alan kömür örneklerindeki spor-polen varlığını incelemiştir. Çalışmada kuyu verilerinden de faydalanılarak farklı kuyular arasında korelasyon sağlanmıştır. Palinoloji bilimi kullanılarak Türkiye karasal Karboniferinin incelendiği bu çalışmada özellikle Namuriyen yaşını temsil eden Tripartites s.p., Schulzospora s.p., Rotaspora s.p. ve Procoronaspora s.p. fosilleri ile Lycospora s.p., Densosporites s.p. Cyclogranulatisporites s.p. gibi tüm Karboniferde gözlemlenen formların varlığı ortaya konuşmuştur. Kömürlü örnekler üzerinde yapılan çalışma Namuriyen yaşlı kömür damarlarının palinostratigrafik karakterini ortaya koymasından önem taşımaktadır.

Nakoman [64], Zonguldak kömür havzasının Karadon ve Üzülmüş bölgelerindeki Namuriyen ve Vestfaliyen A yaşlı damarların palinoloji incelemelerinde, Namuriyen ve Westfaliyen A yaşlı damarları palinolojik yönden araştırmış ve verileri palinoloji bileşim diyagramlarıyla açıklamıştır. Çalışma Zonguldak havzası karasali incelemelerine palinolojik bir yorum olarak büyük katkı sağlamıştır.

Koçyiğit [65], Batı Karadeniz Bölgesinde yer alan Üst Devoniyen-Turnezyen ve Kretase yaşlı siyah şeyl fasiyesinin hidrokarbon kaynak kaya potansiyelinin incelendiği yüksek lisans tezi çalışmasında Tasmaca, İnkum, Bartın (Amasra), Kastamonu (Küre) ve Sinop (Erfelek-Boyabat) olmak üzere 5 ayrı istif incelemiştir. İnceleme alanında 5 ayrı istiftten



toplam 46 adet örnek alınmıştır. Hidrokarbon kaynak kaya ve ısısız olgunluk parametrelerinin belirlendiği çalışmada Amasra (Tarlaağzı) bölgesinden toplam 11 adet örnek alınmış olup bu örneklerin kerojen tipi Tip III ve Tip IV ağırlıklı olduğu belirlenmiştir. Olgunlaşma parametrelerinden elde edilen verilerden HI değeri 50 mg HC/ g TOK'tan düşük olup Tip IV kerojeni temsil etmektedir. Bu değerler de Amasra yöresinden alınan örneklerin gaz eğiliminde olduğuna işaret etmektedir. Tmax değerleri 434-450 C olarak belirlenmiş olup bu değer şeyllerin orta derecede olgunlaşmış olduğuna işaret etmektedir.



## 2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Bu çalışma kapsamında hidrokarbon kaynak kaya etkinliği incelenecek olan Tarlaağzı bölgesinin de yer aldığı MTA tarafından hazırlanmış Zonguldak E-28 paftası, bölge jeolojisi çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Batı Karadeniz havzasında Orta Ordovisiyen'den Kuvaterner'e kadar çok geniş bir zaman diliminde çökelmiş kayaçlar bulunmaktadır. Bölgede bugüne değin yapılmış birçok araştırmacının çalışması bulunmaktadır. Bu çalışmalardan; Tokay [36], Tokay [35], Grancy [66], Wedding [67] Zonguldak havzasının modellenmesinde ilk olarak hazırlanmış çalışmalardır.

Çalışma alanı tabanını Orta Ordovizyen-Alt Devoniyen yaşlı gri renkli laminalı şeyl, ince-orta tabakalı kumtaşı ardalanması ve kireçtaşı ile karakterize edilen Ereğli Formasyonu oluşturmaktadır. Üzerinde taban formasyonu ile geçişli olarak yer alan Orta Devoniyen-Alt Karbonifer yaşlı kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit içeren Yılanlı Formasyonu yer alır. Bu tez çalışmasının alanı olan Üst Vizeyen-Üst Namuriyen yaşlı kömür damarlı şeyl, çamurtaşı ve kumtaşından oluşan Alacağzı Formasyonu, Yılanlı formasyonu ile geçişli olarak yer almaktadır. Konglomera, kumtaşı, kiltası ve diyatomit içeren Westfaliyen yaşlı Karadon Formasyonu Alacağzı Formasyonu üzerinde geçişli olarak yüzeylemektedir.

Tüm bu birimleri Permiyen-Triyas yaşlı kırmızı-bordo renkli laminalı şeyl, ince-orta katmanlı karasal çamurtaşı, kumtaşı ve konglomeralar ile temsil edilen Çakraz Formasyonu açısız uyumsuzluk ile örtmektedir. Çakraz Formasyonu üzerinde geçişli olarak yüzeyleyen şeyl, kiltası, marn, kırmızı renkli çapraz tabakalı kumtaşı ve bej renkli ince-orta katmanlı kireçtaşlarından oluşan Triyas yaşlı Çakrazboz Formasyonu yer almaktadır. Birbirleri ile geçişli halde yüzeyleyen Malm-Apsiyen yaşlı neritik kireçtaşlarından oluşan İnaltı Formasyonu, Alt Kretase yaşlı fliş çökellerinden oluşan Ulus Formasyonu ile Alt Kretase yaşlı kumtaşı ve şeyllerden oluşan Kilimli Formasyonu, kendinden daha yaşlı Çakrazboz Formasyonu üzerinde açısız uyumsuz olarak yüzeylemektedirler. Kilimli Formasyonu üzerinde geçişli halde volkanojenik kumtaşı, tuf, aglomera ve lav ile karakterize edilmekte olan Üst Kretase yaşlı Yemişliçay formasyonu ile pelajik kireçtaşlarından oluşan Kapanboğazı üyesi yer almaktadır.

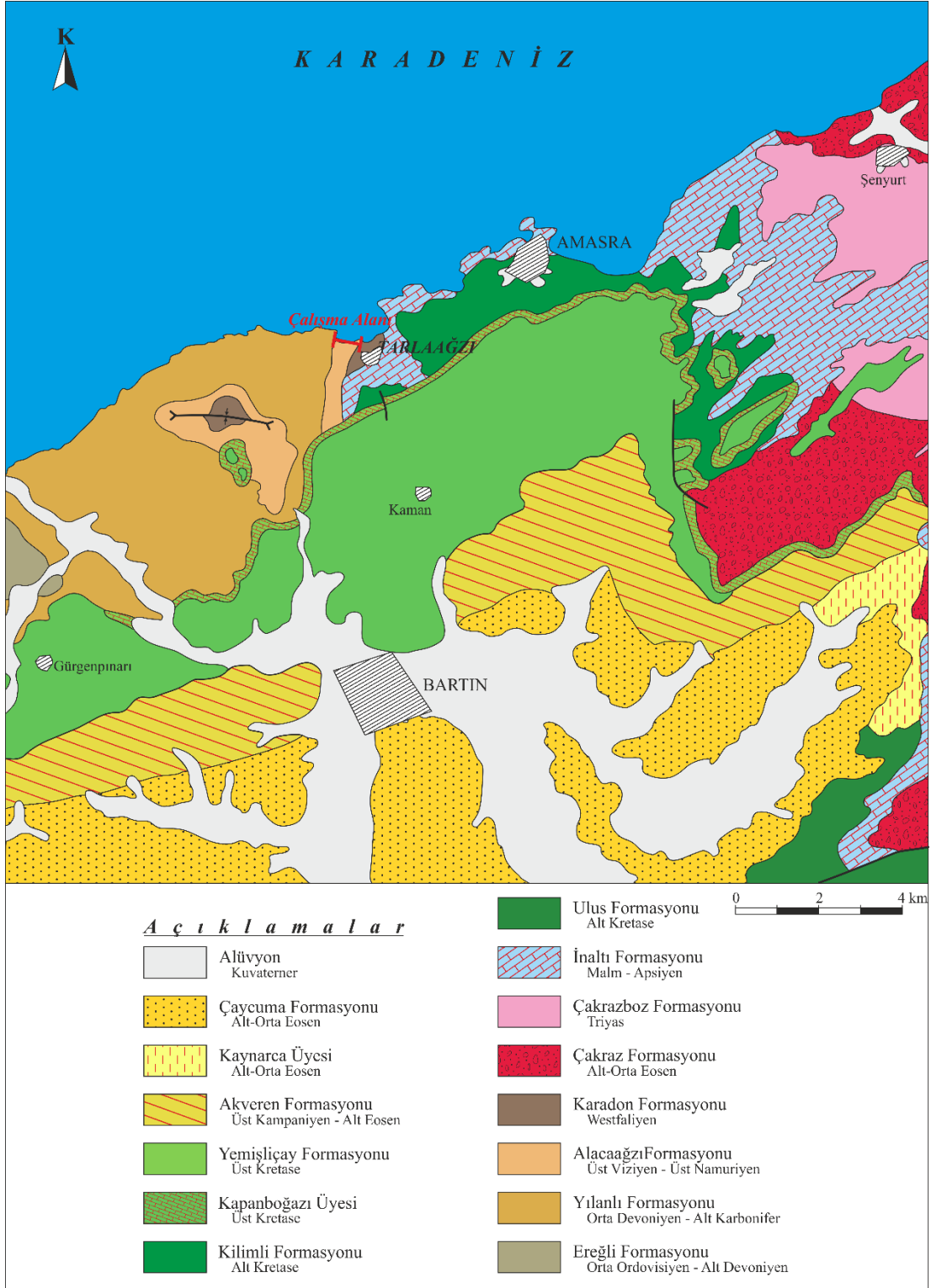
Üst Kampaniyen-Alt Eosen yaşlı yarı pelajik kireçtaşı, şeyl, kalkarenit, kumtaşı ve konglomeralardan oluşan Akveren Formasyonu ve Akveren Formasyonu'nun bazalt, andezitik lavlarla temsil edilen Çangaza volkanik üyesi geçişli olarak yüzeylemektedir. Üzerinde ise geçişli olarak, Alt-Orta Eosen yaşlı aglomera, tuf, volkanojenik kumtaşı,

andezit ve bazalt ile temsil edilen Yığılca Formasyonu yer almaktadır. Kumtaşı, şeyl ve konglomeralar ile bilinen Alt-Orta Eosen yaşlı Çaycuma Formasyonu kendinden önceki birimler üzerinde geçişli halde bulunmaktadır. Çaycuma Formasyonunun kireçtaşı ve şeyller ile yüzeyleyen Kaynarca üyesi Çaycuma Formasyonu ile geçişli olarak yüzeylemektedir. En üstte kum, mil, çakıl olarak kendinden önceki birimleri üzerleyen güncel çökeller yer almaktadır.

Çalışma alanında yüzeyleyen birimlere ait bir görünüm Şekil 2.1’de yer almaktadır. Çalışma alanı olan Alacağzı Formasyonu’nun da yer aldığı bölgenin sadeleştirilmiş jeoloji haritası [68] Şekil 2.2’de verilmiştir.



**Şekil 2. 1.** Çalışma alanında yüzeyleyen birimlerin görünümü



Şekil 2. 2. Çalışma alanını gösteren bölgenin sadeleştirilmiş jeoloji haritası [68]

Çalışma alanında yer alan stratigrafik birimlerin geliştirilmiş stratigrafik kesiti [68] Şekil 2.3'te yer almaktadır.

Üst Sistem		SENOZOYİK										Litoloji	Açıklamalar							
Sistem	Seri	Eosen		Palyosen		Kretase		Mesozoyik		Paleozoyik										
		ORTA	ALT	ÜST	ÜST KAMPANYEN	ALT	ULUS	KİLİMLİ	İNALTI	ÇAKRAZBOZ	PERMİYEN	TRİYAS	JURA	ÜST	ALT	YİĞİLCA	ÇAYCUMA	Formasyon	Kalınlık	
																				Alüvyon: Kum, silt, çakıl
																				Volkanik arakatlı kumtaşı, şeyl ar dalanması
																				Gri renkli orta-kalın katmanlı kireçtaşı
																				Gri kırmızı renkli masif görünümlü tuf, aglomera, andezit , bazalt ve kumtaşı
																				Sarı, beyaz, gri renkli kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı, çamurtaşı, marnlı türbiditler ve volkanit, ince katmanlı
																				Gri, siyah renkli yer yer yastık yapılı andezit ve bazalt
																				Vokanojenik kumtaşı, şeyl, piroklastik kayalar ve kireçtaşı
																				Pelajik kireçtaşı ve karbonatlı şeyl
																				Grimsi yeşil renkli ince-orta katmanlı şeyl, marn ve sarımsı gri renkli kumtaşı ar dalanması
																				Gri siyah renkli ince-orta katmanlı türbiditik kumtaşı şeyl ar dalanması
																				Beyaz gri renkli ince-kalın katmanlı kireçtaşı, dolomit ve intraformasyonel konglomera
																				Kırmızı renkli çapraz tabakalı kumtaşı, şeyl, marn ile bej renkli ince-orta katmanlı kireçtaşı
																				Kırmızı, bordo renkli laminalı şeyl, ince-orta katmanlı çamurtaşı, kumtaşı, konglomera
																				Sarı, gri renkli, ince-kalın katmanlı konglomera, kumtaşı, siltaşı ve şeyl
																				Kömür damarlı şeyl, çamurtaşı, kumtaşı
																				Gri, siyah renkli orta-kalın katmanlı kireçtaşı, dolomit, şeyl, kumtaşı
																				Gri renkli laminalı şeyl, gri renkli ince-orta tabakalı kumtaşı ar dalanması ve fosilli kireçtaşı mercikleri

Şekil 2. 3. Çalışma alanındaki stratigrafik birimlerin geliştirilmiş stratigrafik kesiti [68]

## 2.1. Ereğli Formasyonu (Ode)

Serdar ve Demir [69] tarafından adlandırılan Ereğli Formasyonu, altta yeşilimsi gri renkli, ince tabakalı, laminalı şeyl ile seyrek gri renkli, ince-orta tabakalı kumtaşı ardalanması; üzerinde koyu gri, siyah renkli şeyl ve seyrek kumtaşı ile aynı renkte, içerisinde *Orthoceras* fosilleri içeren kireçtaşı mercekleri ile temsil edilen kesimler, üst bölümlerinde ise yeşilimsi gri renkli, ince tabakalı, laminalı, Brachiopod fosilleri içeren şeyl ve seyrek kumtaşı ardalanması şeklinde üç bölümden oluşmaktadır. Bu istif Bartın ili batısında Karasu ve Güzelcehisar köyleri dolaylarında en iyi mostraları vermektedir. Formasyon kalınlığı 250-300 m olarak belirlenmiştir.

Gedik ve Önalın [70] tarafından yapılan arazi çalışmalarında, çalışma alanı dışında Çamdağ mevkiinde güney istifte yüzeyleyen birimin alt düzeylerinde Pterineid (Pelecypod) fosilleri bulunmuş ve birimin yaşının Orta Ordovisiyen'den başladığı kabul edilmiştir. Aynı çalışmada *Orthoceras* ve *Monograptus* fosillerinin de varlığı ile Silüriyen aralığı da kapsanmış; üst seviyelerde rastlanılan Brachiopod fosilleri varlığıyla da birimin Devoniyen ile son bulduğu gözlemlenmiştir. Ereğli Formasyonu'nun fosil bulgularıyla saptanan yaşı Orta Ordovizyen-Alt Devoniyen olarak belirtilmiştir.

Çökme ortamı alttan üste doğru sığ şelf, derinleşen şelf, havza yamacı, muhtemelen havza ve tekrar şelf ortamına geçişler biçiminde tanımlanmıştır.

## 2.2. Yılanlı Formasyonu (Dcy)

Saner [49] tarafından adlandırılan Yılanlı Formasyonu kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit ile karakterize edilmektedir.

Yılanlı Formasyonu, Bartın ili civarında Yılanlı burnunda ve Deliklikaya burnunda mostra vermektedir. İstifin alt bölümleri şeyl, silttaşı ve yumrulu kireçtaşı ardalanması ile temsil edilmektedir. Üst bölümlere doğru gri-siyah renkli, laminalı, orta kalın tabakalı kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit ardalanması biçiminde gözlemlenmektedir.

Birim alt seviyelerde şeyl, silttaşı ve yumrulu kireçtaşlarından oluşmakta olup, 70-100 m. kalınlık sergilemektedir. Bu kesimde *Spiroceras* aff. *giganteum* FLAWER, *Stropheodonta* cf. *interstitialis* SCHUCHERT, *Calceola sandalina*, *Megastrophia* sp. vb. fosillerinden varlığından hareketle birimin yaşı Orta Devoniyen olarak belirlenmiştir [71]. Birimin daha üst seviyelerinde yaklaşık 1000 m kalınlık sunan ve kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit ardalanmasında oluşan kesimde *Girnavella* cf. *wetheredi*, CHAPMAN, *Endothyra* sp.,

*Calcisphaera* sp., *Diplophaerina* sp. vb fosilleri bulunmuş ve bu kesimlerin Orta-Üst Devoniyen-Alt Karbonifer yaşlı olduğu belirtilmiştir [38].

Yılanlı Formasyonu alttan Ereğli Formasyonu, üstten Alacağzı Formasyonu ile geçişli olarak yer almaktadır. Çökelme ortamı açısından incelendiğinde birimin alt kesimlerde şelf-yamaç, üst kesimlerde şelf ortamını temsil ettiği belirtilmiştir [70].

### **2.3. Alacağzı Formasyonu (Ca)**

İlk kez Ralli [32] tarafından adlandırılan Alacağzı Formasyonu, şeyl, çamurtaşı ve kumtaşları ile temsil edilir.

Alttan Yılanlı Formasyonu, üstten Karadon Formasyonu ile geçişli olarak yüzeilenmektedir. Birimin kalınlığı yaklaşık olarak 500 metredir. Bu tez çalışmasının da alanı olan birim, Bartın ili batısında Tarlağzı köyü yakınlarında en iyi mostraları vermektedir.

Birimin şeyllerden oluşan alt bölümü kısa deniz basması ortamı, formasyonun daha üst kesimleri ise daha fazla kömür damarı içeren iki tatlı su ve üç lagün ortamını yansıtır [37]. Birimde yapılmış palinolojik incelemeler ve birimin içerdiği makrofosillerde yapılmış paleontolojik çalışmalar birimin yaşının Namuriyen A, B, C olduğunu göstermektedir. Kerey [27], birimin yaşının En Üst Vizeyen-Üst Namuriyen olduğuna işaret etmiştir.

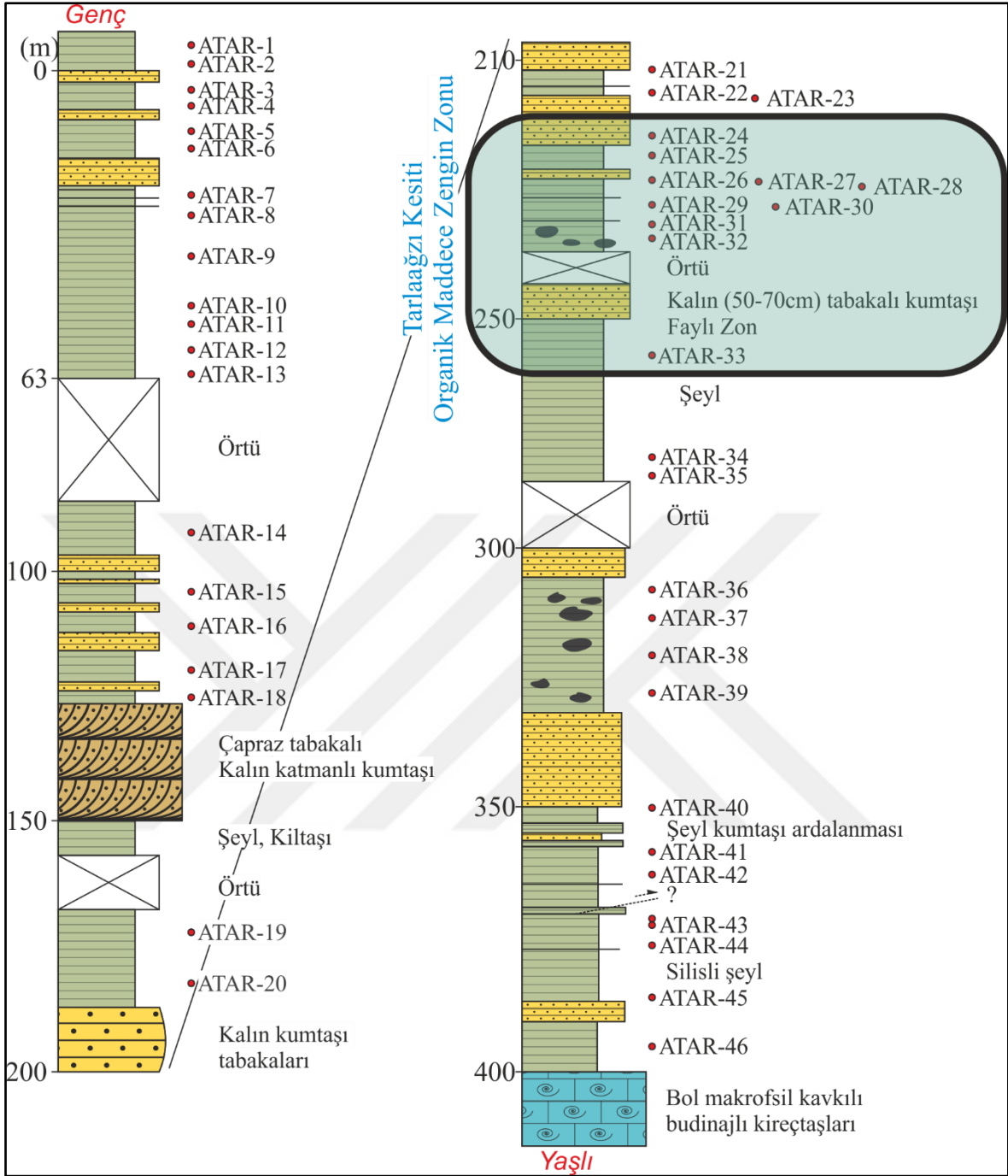
Birim delta sistemi çökellerinin biriktiği bir havza olup, bu havzaya ait istiflerin çökeliminden oluşmaktadır. Şekil 2.4'te Alacağzı Formasyonunda ölçülü stratigrafik kesit alınması amacıyla yapılan örnekleme işleminden bir görünüm yer almaktadır. Alacağzı Formasyonu Tarlağzı ölçülü stratigrafik kesiti ise Şekil 2.5'te verilmiştir.





**Şekil 2. 4.** Alacağzı Formasyonu şeylleri ölçülü stratigrafik kesiti yapılması amacıyla örnekleme işlemi





Şekil 2. 5. Alacaagzi Formasyonu ölçülü stratigrafik kesiti



**Şekil 2. 6.** Alacağzı Formasyonu şeyl birimleri arasında çökelmiş kumtaşı merceği



**Şekil 2. 7.** Alacağzı Formasyonu mostrasında (a) şeyl ve kumtaşı ardalanması ve (b) şeyllerin yakından görünümü

#### **2.4. Karadon Formasyonu (Cka)**

Ralli [32] tarafından adlandırılan birim konglomera, kumtaşı, kıltaşı ve diyatomit ile karakterize edilmektedir. İstifi sarımsı gri renkli, ince-kalın katmanlı konglomera, kumtaşı, kıltaşı ve şeyller oluşturmakta olup birim aynı zamanda diyatomit [37] ve rekrakter kil [27, 72] içermektedir.

Karadon Formasyonu, Bartın ili batısında Tarlaağzı köyü civarında mostra vermektedir. Kalınlığı yaklaşık olarak 200 m olarak izlenmiştir. Formasyon kömür damarları içermesi ile bilinmektedir. Kömür damarlarında yapılan palinolojik bulgulara göre birimin yaşı Yergök ve diğ. [72] tarafından Westfaliyen A, B, C; Dil ve Konyalı [37] tarafından Westfaliyen B, C, D olarak tanımlanmış olup Kerey [27] birimin yaşını Westfaliyen B, C olarak tanımlamıştır. Karadon Formasyonu alttan Alacağzı Formasyonu ile geçişli olup üzerinde yer alan karasal Çakraz Formasyonu ile uyumsuzluk teşkil etmektedir.

Karadon Formasyonu tektonik aktivitenin oldukça yoğun seyrettiği örgülü akarsu ortamında çökelmiştir. İstif içerisinde yer alan ince kömür damarları tektonik aktivitenin geçici olarak duraksamaya girdiği dönemleri [27] temsil etmektedir.

#### **2.5. Çakraz Formasyonu (PTrç)**

Bartın ili Amasra ilçesi doğusunda yer alan Çakraz köyü dolaylarında izlenebilen kırmızı renkli karasal çamurtaşı, şeyl, kumtaşı ve konglomeralar; Akyol ve diğ. [73] tarafından Çakraz kumtaşı, Yergök ve diğ. [72] ile Akman [74] tarafından aynı birimler Çakraz formasyonu adı altında incelenmiştir. Akman [74] Mevrendere ve çevresinde yüzeyleyen aynı birimleri Mevrendere Formasyonu olarak tanımlamıştır. Alişan ve Derman [46] Çakraz adını grup olarak ele alıp, birimleri Değirmendere Formasyonu olarak adlandırmıştır.

Çakraz Formasyonu tipik bir görünüme sahiptir. Genellikle koyu kırmızı, bordo renkli, yer yer kırmızı-yeşil renk ardalı laminalı şeyl, ince katmanlı çamurtaşı ve kumtaşı ile temsil edilmektedir. İstif içerisinde mercerler halinde kırmızı renkli konglomeralar yer almaktadır. Çakraz Formasyonuna ait çökellerde kuruma çatlakları, yağmur izleri; kumtaşlarında da çapraz tabakalanma, ripilmark gibi sedimantasyon izleri hakimdir.

Birim en iyi mostralarını Bartın ili Amasra ilçesi doğusunda Çakraz köyü dolaylarında vermektedir. Daha yaşlı birimler üzerinde açılmalı uyumsuz olarak yer alan Çakraz Formasyonu üzerinde geçişli olarak Çakrazboz Formasyonu yer almaktadır. Birimin kalınlığı 600-700 m olarak saptanmıştır.

Formasyon içerisinde fosil saptanamamış olup yaşlandırması birim üzerinde geçişli olarak yüzeyleyen Çakrazboz Formasyonu çökellerinin palinolojik analizi ile mümkün olmuştur. Bu verilere göre Alişan ve Derman [46], Çakrazboz Formasyonu ile Başköy Formasyonunun Geç Triyas olarak nitelendirmişlerdir. Akyol ve diğ. [73], Yergök ve diğ. [72] ve Akman [74] birimin yaşını Permo-Triyas olarak kabul etmişlerdir. Pontidlerin batısında yayılım sunan istifi değişik araştırmacılar ele almış ve yaşlandırması konusunda çalışmalar yürütmüşlerdir. Grancy [66] ve Wedding [67] çalışmalarına göre Erken Permiyen, Tokay [36]'e göre Permiyen, Jongmans [75]'a göre Triyas olarak belirlenen Çakraz Formasyonu yaşı, tüm araştırmalar ışığında Permo-Triyas (Geç Permiyen-Erken Triyas) olarak kabul edilmiştir.

İstif içerisinde görülmekte olan merceksel çakıltaşları, şeyller ile kumtaşlarında bulunan çapraz tabakalanmalar gibi sedimantasyon izleri Çakraz Formasyonunun taşkın ovası ortamı çökellerinden [46] oluştuğunu belirtmektedir.

## **2.6. Çakrazboz Formasyonu (Trç)**

Çakrazboz Formasyonu, Bartın ili Amasra ilçesi doğusunda yer alan Çakrazboz köyü dolaylarında yüzeyleyen şeyl, kıltaşı, marn, seyrek olarak kumtaşı ve kireçtaşlarından meydana gelen gölsel çökeller ile karakterize edilmekte olup Akman [74] tarafından Çakrazboz Formasyonu adı altında incelenilmiştir. Alişan ve Derman [46] bu birimleri Çakraz grubu içerisinde bulunan Başköy Formasyonu olarak tanımlamıştır. Akyol ve diğ. [73] ve Yergök ve diğ. [72] tarafından istifin tabanında yer alan çapraz tabakalı kumtaşları ile birlikte bu çökellerin tamamı Himmetpaşa Formasyonu adı altında incelenmiştir. Tabanda görülen sedimantasyon izleri hakim olan birimler Akman [74] tarafından Çakraz Formasyonu içerisindeki rüzgar çökelleri olarak tanımlanmıştır. Alişan ve Derman [46] tarafından bu kumtaşları Çakraz grubu içerisinde Çakrazboz Formasyonu olarak ele alınmıştır.

Birimin alt kesimlerinde kahverengimsi, sarı, yer yer kırmızı renkli, çapraz tabakalı, iyi boylanmış, ince-orta taneli kuvars kumtaşları bulunmaktadır. Kumtaşları üzerinde seyrek olarak yeşil, yeşilimsi gri, yer yer kırmızı renkli, ince-orta tabakalı kumtaşı ara tabakalı kumtaşı ara tabakalı şeyl ve marnlar yer almaktadır. Formasyonun üst bölümlerinde Chara fosilleri içeren beyaz, bej renkli, ince-orta tabakalı killi kireçtaşı ara tabakaları bulunmaktadır.



Formasyonun en iyi mostraları Bartın ili Amasra ilçesi doğusunda Topallar ve Zurnacı köylerinde gözlenmektedir. Birimin kalınlığı 300-400 m olarak izlenebilmektedir. Kalınlığı yanal yönde önemli bir değişim göstermemektedir. Altta Çakraz Formasyonu ile geçişli olan Çakrazboz Formasyonu üstten İnaltı Formasyonu ile açısız uyumsuzlukla örtülmektedir. Birimin yaşı, palinolojik verilere göre Geç Triyas [46] olarak belirlenmiştir.

Sedimentasyonun görsel ortamda gerçekleştiği kabul edilmiştir.

## **2.7. İnaltı Formasyonu (JKi)**

İsmi Sinop ili İnaltı köyünden alan birim Ketin ve Gümüş [45] tarafından adlandırılmıştır. İstif beyaz, bej ve gri renkli, ince-orta-kalın tabakalı platform karbonatlarından meydana gelmiştir. Birim taban bölümünde kumtaşı, kumlu kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomitlerden oluşmaktadır. Oolitik tanetaşı, bentik foraminifer-gastropod vaketaşı/istiftaşı, algal stromatolitik bağlamtaşı, dolomitik karbonat çamurtaşı ile alg-mercan bağlamtaşı içeren seviyeler taban bölümlerinin çökellerini oluşturmaktadır. İnaltı Formasyonu orta ve üst bölümü, monoton karbonatlar ile yer yer intraformasyonel konglomeralardan oluşmaktadır.

Tip mostraları Bartın ili Amasra ilçesi doğu kesimlerinde izlenebilmektedir. Birim, 450-500 m kalınlık sunmaktadır. Yaşlı birimleri açısız uyumsuzluk ile örten istif, üstte yanal ve dikey olarak Ulus ve Kilimli formasyonları ile geçişli olarak yüzeylenmektedir.

Paleontolojik verilere göre birimin yaşı, Malm-Apsiyen olarak kabul edilmektedir. Formasyonun alt seviyeleri gelgit arası-gelgit altını, orta ve üst kesimleri resif ve resif çevresi karbonat düzlüğü ortalarında çökelmiştir. Ulus Formasyonu ile yanal olarak geçişlilik gösterdiği kesimler resif ilerisi-yamaç başlangıcı çökellerini temsil etmektedir.

## **2.8. Ulus Formasyonu (Ku)**

Akyol ve diğ. [73] tarafından adlandırılan birim ismini Bartın ili Ulus ilçesinden almıştır. Birimin doğu boyunca devamı niteliğindeki birim ise Ketin ve Gümüş [45] tarafından Çağlayan Formasyonu olarak adlandırılmıştır.

İstifin litolojisi grimsi yeşil, gri ve yer yer siyah renkli, ince-orta tabakalı türbitidik kumtaşı ve şeyl arıdanması ile karakterize edilmektedir. Formasyonun karakteristik kaya türünü oluşturan merceksel kireçtaşları İnaltı Formasyonundan sinsedimanter olarak kütle akması veya gravite yoluyla taşınan karbonat çamuru, karbonat kırıntıları, köşeli kireçtaşı çakıl ve

blokçuklarının yeniden çökelişi ile oluşmuştur. Ulus Formasyonu içerisinde yer yer volkanit blokları gözlenmektedir.

Ulus Formasyonu Bartın ili doğusunda mostra vermektedir. Birimin kalınlığının 2000 m olduğu tahmin edilmektedir. Ulus Formasyonu için fosil içeriği bakımından çok fazla bilgi olmayıp birimin yaşlandırmasında İnaltı Formasyonu ile eş zamanda çökelmiş bölümlerinin yaşı ile ilgili çalışmalardan faydalanılmaktadır. Bu çalışmalara göre birimin yaşı Alt Kretase olarak belirtilmiştir.

İnaltı Formasyonu ile yanal ve dikey geçişli olan birimin İnaltı Formasyonu ile olan dokanak boyunca polijenik konglomeralar gözlemlenmektedir. Kumtaşı ile izlenen kesimlerinde tabaka izleri mevcut olup, tabaka alt yapıları, derecelenme ile paralel ve konvolüt laminalanma izleri görülmektedir. İnaltı Formasyonu ile dokanağı, çoğunlukla polijenik konglomeralar ile izlenmektedir.

Yamaç ve yamaçaltı havza çökelleri birimi oluşturan sedimantasyon ürünleridir.

## **2.9. Kilimli Formasyonu (Kk)**

Kilimli Formasyonu, Saner ve diğ. [76] tarafından adlandırılmış olup, ismini Zonguldak ili doğusundaki Kilimli ilçesinden almıştır. Birim, grimsi yeşil renkli, ince-orta tabakalı şeyl, marn ve sarımsı gri renkli, ince-orta tabakalı kumtaşı aralanmasından oluşur. İstif içerisinde demir konkresyonları görülmektedir.

Genel olarak şeyl ve marn ağırlıklı temsil edilen istif Bartın ili Amasra ilçesinde en iyi mostralarını sunmaktadır. Birimin kalınlığı 250-300 m aralığında değişmektedir. Birim alttan İnaltı Formasyonu ile yanal ve dikey geçişli olup üzerinde Yemişliçay Formasyonu'nun Kapanboğazi üyesi geçişli olarak bulunmaktadır.

Formasyonda bulunan fosillerden faydalanılarak paleontolojik çalışmalar birimin yaşının Alt Kretase olduğunu göstermektedir.

Kilimli formasyonu, şelf ortamından yamaç üst bölümlerine kadar çökelen birimlerle karakterize edilmektedir.

## **2.10. Yemişliçay Formasyonu (Ky)**

Ketin ve Gümüş [45] tarafından adlandırılan birim Sinop ili Yemişliçay köyünden ismini almıştır. Yemişliçay Formasyonu, tabanda kahverengi, ince-orta tabakalı volkanojenik kumtaşı, grimsi yeşil renkli, ince-orta tabakalı şeyl ve kumtaşı aralanması, tuf, tüfit; orta

seviyelerde bej, kırmızı-pembe renkli, ince-orta tabakalı pelajik-yarı pelajik killi kireçtaşlarıyla, üst bölümlerde kahve ve koyu gri renkli aglomeralar ile temsil edilmektedir.

En iyi mostraları Bartın ili Amasra ilçesi güneyinde sunmakta olan birim alttan Kilimli Formasyonu ile geçişli olup üst dokanağında ise Akveren Formasyonu ile geçişli olarak yüzeylenmektedir.

Formasyon içerisindeki pelajik-yarı pelajik kireçtaşları ile karakterize edilen birimler Kapanboğazı üyesi (Kyk) adı altında ayrı incelenmiştir. Üye Ketin ve Gümüş [45] tarafından adını Sinop ili Kapanboğazı yöresinden adlandırılmıştır. Akyol ve diğ. [73] ise kireçtaşlarını Unaz kireçtaşı üyesi olarak adlandırmıştır. Benzer birimler Kastamonu ili Daday-Devrekani ilçeleri kuzeydoğusunda da gözlemlenmekte olup, Yılmaz [77] tarafından Kirensökü Formasyonu adı altında incelenmişlerdir. Ünye-Ordu-Reşadiye arasında gözlemlenen benzer birimler Terlemez ve Yılmaz [78] tarafından Nebişeyh kireçtaşı üyesi olarak adlandırılmıştır. Birim en iyi Bartın ili Amasra ilçesi güneyinde gözlemlenmekte olup, bej, kırmızı-pembe renkli, ince-orta tabakalı istif içerisinde çört yumrulu, volkanik ara seviyeli biyomikrit ve karbonatlı şeyllerden oluşmaktadır. İstif 100-200 m kalınlık sunmaktadır. Yemişliçay Formasyonunun orta kesimlerinde yer almakta olan Kapanboğazı üyesi formasyonu oluşturan birimlerle geçişli olarak yer almaktadır.

Aydın ve diğ. [38] tarafından istifin yaşı, içerdiği *Globotruncana cf. Arca* (CUSHMAN), *Globotruncana lapperanti* BROTZEN, *Heterohelix* sp., *Hedbergella* sp. ve *Spheroidal* foraminiferlere göre Üst Kretase olarak belirlenmiştir. Yemişliçay Formasyonu yay volkanizması ile oluşan volkanosedimanter birimlerden oluşmaktadır. Birim sığ denizelden derin denizel çökellere geniş bir aralıkta sedimantasyon ürünlerinde meydana gelmektedir

### **2.11. Akveren Formasyonu (KTa)**

Ketin ve Gümüş [45] tarafından adlandırılan birim, tabanda kum karbonatlarla başlayıp üst seviyelerde killi kireçtaşları, resifal kireçtaşları, çamurtaşları, marnlar, türbiditler ve volkanitlerle görülmektedir. Birimde yer yer türbidit akıntıları izleri mevcuttur.

Ketin ve Gümüş [45], Akveren Formasyonu ile alacalı kumtaşı, şeyl ve marn ardalanması şeklinde yer alan Atbaşı Formasyonunu aynı çalışmada değerlendirmiştir. Birim içerisinde gözlenen volkanitler Aksay ve diğ. [79] tarafından Çangaza Volkanit Üyesi adı altında incelenmiştir. Akveren Formasyonunda yapılan paleontolojik çalışmalarda, birim içinde yer alan fosillerden saptanan yaş aralığı Üst Kampaniyen-Alt Eosen'dir.

Ketin ve Gümüş [45] tarafından Sinop-Ayancık çevresinde adlandırılmış olan birim, Bartın ili çevresinde yayılım sunmaktadır. Formasyon kalınlığı 350-400 m aralığında gözlenmektedir. Birimde, sığ denizel ortamdan derin denizel ortama kadar olan bir aralığı yansıtan sedimantasyon ürünleri hakimdir.

Çangaza Volkanit Üyesi (KTeç), Akveren Formasyonunun alt seviyelerinde ara katkılar halinde gözlenmekte olup gri, yeşilimsi siyah renkli andezit ve bazaltdan oluşmaktadır. Yastık yapısı gösteren volkanitler içerisinde ara katkı olarak kırıntılı kireçtaşları yer almaktadır. Birimin kalınlığı 10-100 m aralığında değişmektedir. Akveren Formasyonu ile taban ilişkisi değişken olup, üst sınırı Akveren formasyonunun Paleosen yaşlı çökelleri ile gözlemlenmektedir. Birimin yaşı Maastrichtiyen olarak belirlenmiştir.

### **2.12. Yığılca Formasyonu (Tey)**

İlk defa Kaya ve diğ. [80] tarafından Yığılca Formasyonu adı altında incelenen birim koyu gri, kahverengimsi gri, kırmızı ve açık yeşil renkli andezit, bazalt, tuf, aglomera ve volkanojenik kumtaşlarından oluşmaktadır. Aglomera ve tuf düzeyleri kalın katmanlı ve masiftir. Volkanojenik kumtaşlarında yer yer kötü boylanmalar ve orta kalınlıkta katmanlanmalar gözlemlenmektedir. İstifte ince bir tabaka halinde ve seyrek olarak görülen Nummulites fosilleri içeren marn seviyeleri bulunmaktadır. Nummulites fosillerinden yapılan yaşlandırmaya göre birimin yaşı Alt-Orta Eosen olarak belirtilmiştir.

Birim Bartın ili güneybatısında Ramazanoğlu köyü ve Çiftlik köyü çevresinde yayılım sunmaktadır. Yığılca Formasyonu 100-150 m kalınlığında yayılım sunmaktadır. Yanal ve düşey olarak Çaycuma Formasyonu ile geçişlidir.

Yoğun volkanik etkinliğin bulunduğu havzada volkanik patlamalarla oluşmuş kayalar ile volkanik kayalardan aşınan ve taşınan malzemeler formasyonu oluşturmuştur.

### **2.13. Çaycuma Formasyonu (Teç)**

İlk defa Tokay [35] tarafından adlandırılan volkanit ara katkılı kumtaşı, silttaşı, kiltası ve şeyl ardalanmasından oluşan istif Zonguldak ili Çaycuma ilçesinden ismi almıştır. Çalışma alanındaki aynı yaştaki benzer birimler Akyol ve diğ. [73] tarafından Cide Formasyonu, Ketin ve Gümüş [81] tarafından Sinop dolaylarında yüzeyleyen istifler Kusuri Formasyonu, Gedik ve Korkmaz [51] tarafından ise birimler Yenikonak Formasyonu adı altında incelenmiştir. Birimin alt-orta kesimleri grimsi yeşil renkli, ince-orta tabakalı şeyl, karbonatlı şeyl ile yeşil, mor renkli kireçtaşlarından meydana gelmektedir. Üst kesimlere doğru tüfit



ara katkıları bulunan birimin en üst seviyesinde bol fosilli kireçtaşı ara tabakalı şeyller yer almaktadır.

Birim Bartın ve çevresinde yayılım göstermektedir. İsitifi oluşturan birimler yaklaşık 350 m kalınlık sunmaktadır. Çaycuma Formasyonu tabanda Akveren Formasyonu ile geçişlidir. Litolojik olarak birim geçişi net bir şekilde gözlenememektedir. Üst dokanak genç birimlerle örtülüdür.

Kaynarca Üyesi (Teçk), Çaycuma Formasyonunun diğer litolojileri ile geçişlidir. Üye litolojisi sarı, gri, beyaz, yeşilimsi gri renkli, orta-kalın katmanlı olarak tanımlanıp alt kesimlerde kırıntılı, kil matriksli, bol Nummulites fosilli kireçtaşları, üst kesimlere doğru kumtaşı ara seviyeli marnlarla karakterize edilmektedir. Bartın ili doğusunda yer alan Kayadibi köyü dolaylarında yayılım sunan Kaynarca Üyesi, yaklaşık 100 m kalınlığında gözlenmektedir. İçerdiği Nummulites fosillerine göre yaşı Alt-Orta Eosen olarak belirlenmiştir. Kaynarca üyesi şelf tipi bir ortamı temsil etmekte olup Çaycuma Formasyonunun diğer litolojileri ile geçişli olarak bulunmaktadır.

Çaycuma Formasyonu yamaç ortamından şelf ortamına kadar yayılım sunan bir sedimantasyon ortamını yansıtmaktadır.

#### **2.14. Alüvyon (Qal)**

Akarsu yataklarında gözlemlenen çakıl, kum, çamur çökelleri halinde yer alan güncel sedimanlardır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada organik jeokimya analizleri Rock-Eval Piroliz ve Toplam Organik Karbon Analizleri ile Gaz Kromatografi çözümlmelerinden oluşmaktadır. Toplam 46 adet örnek Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği laboratuvarlarında 250 mesh boyutunda öğütülerek analizlere hazırlanmıştır.

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

Toplam Organik Karbon (TOK) ve Rock-Eval Piroliz analizleri hidrokarbon ana kayaç potansiyeli hakkında fikir vermektedir.

##### 3.1.1. Rock-Eval Piroliz Analizi ve Ölçülen Parametreler

Piroliz, organik maddenin oksijensiz koşullarda yakılması işlemidir. Böylelikle salınan hidrokarbon ve karbondioksit miktarı ölçülmektedir. Organik jeokimyacılar tarafından bu işlem, potansiyel kaynak kayaçların içerisindeki organik maddenin tespiti ve olgunluğu amacıyla kullanılmaktadır. Kaynak kaya olgunluğunun tespitinde en çok kullanılan piroliz yöntemi, Rock-Eval piroliz analizleridir.

Analiz temel mantık olarak kayaç örneklerinin inert atmosferde belirli bir ısı altında ve oksijensiz ortamda yakılarak piroliz edilmesinden oluşmaktadır. Piroliz işleminde ilk önce serbest hidrokarbonlar ( $S_1$  piki) açığa çıkmaktadır. Isının yükselmesiyle kerojenin parçalanması gerçekleşir ve yeni hidrokarbonlar açığa çıkmaktadır. Bu yeni hidrokarbonlar  $S_2$  piki olarak kaydedilmektedir. Piroliz sırasında açığa çıkan az miktardaki karbondioksit,  $S_3$  piki olarak tanımlanmaktadır. Kerojenin parçalanmasıyla açığa çıkan organik madde miktarının maksimum olduğu andaki sıcaklık değeri  $T_{max}$  değeri olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca ikinci bir fırında normal atmosfer koşullarında oksidasyon ile piroliz yöntemiyle  $S_4$  piki hesaplanmaktadır. Çizelge 3.1'de Peters [82]'a göre belirlenen  $S_2$  piki değerleri yer almaktadır.

**Çizelge 3. 1.** Peters [82]'a göre  $S_2$  piki değerleri

$S_2$ değer aralığı	Kaynak Potansiyeli
0,0-2,00	Zayıf Kaynak Potansiyeli
2,0-5,0	Orta Kaynak Potansiyeli
>5,00	İyi Kaynak Potansiyeli

Toplam organik karbon miktarı kayacın petrol etkinliğini birebir çözümleyen bir değer olup, bu değer doğru bir şekilde saptanması önemlidir. Tissot and Welte [83], bir kaynak kayacın petrol oluşturma potansiyeli kriterlerini şeyller için %0,50 TOK, karbonatlı kayaçlar için %0,30 TOK olarak belirlemiştir. Araştırmalarda alt sınır olarak kabul edilen değerden daha düşük seviyede organik madde içeren kayaçlar potansiyel olarak kabul edilmemektedir. Bunun sebebi, bu tip kayaçlarda hidrokarbon birikimi olsa bile yeterli miktarda birikim sağlanamamakta ve bu durum ekonomik açıdan araştırma yapılmasını gereksiz kılmaktadır.  $T_{max}$  kerojen sınıflamasından bağımsızdır. Bu değer yorumlanmasında kaynak kaya potansiyelini etkileyen bütün jeokimyasal veriler değerlendirilmelidir. Çizelge 3.2’de Espitalie ve diğ. [84] göre belirlenen  $T_{max}$  sınır değerleri ile olgunluk parametreleri verilmiştir.

**Çizelge 3. 2.** Espitalié ve diğ.[84]’ne göre  $T_{max}$  sınır değerleri ve olgunluk dereceleri

Tip I	Tip II	Tip III	Olgunluk
	<425 °C	<435 °C	Olgunlaşmamış
440-448 °C	425-450 °C	435-465 °C	Petrol penceresi
	> 450 °C	> 465 °C	Gaz penceresi

### 3.1.2. Rock-Eval Piroliz Analizi Değerlerinden İtibaren Hesaplanan Parametreler

Rock-Eval analizlerinden elde edilen veriler ile potansiyel kaynak kayaya ilişkin diğer parametreler de belirlenebildiği bilinmektedir [85];[86]; [87]. Bu yöntem ile kaynak kayaya ilişkin Hidrojen İndeksi Oksijen İndeksi, gibi değerlerin de belirlenebildiği analiz sonuçları ile kerojenin elementel analize tabi tutulmasıyla elde edilen H/C ve O/C oranlarının birbirleriyle korelasyonu doğrudan sağlanabilmektedir.

#### 3.1.1.1. Hidrojen indeksi (Hİ), (mg HC/g TOK)

Hidrojen İndeksi değeri, hidrojenin TOK’a oranından türemiştir ve  $(S_2/TOK) \times 100$  olarak tanımlanır. Hidrojen indeksi kerojen içerisindeki hidrojen miktarı ile orantılı olup organik maddenin yoğunluğundan bağımsızdır. Yüksek Hİ değeri yüksek petrol üretme potansiyelinin bir ifadesidir. Formülü şu şekildedir.

$$HI = S_2 [\text{mg HC/g kaya}] / \text{TOK} = \text{mg HC} / \text{g TOK}$$

Ayrıca kerojen tipi de hidrojen indeksinden tespit edilebilmektedir. Tip I kerojenler hidrojen içeriği bakımından fakir, Tip II kerojenler ise Tip I ve Tip III arasında bir değerde hidrojen içeriği bakımından zengindir. Kayaç olgunlaştıkça hidrojen indeks değeri azalır. Mineral matriks etkisi ve bozunması sonucunda  $S_2$  değerleri düşük hesaplanır, dolaylı olarak HI değeri de düşük olarak ölçülmektedir.

Hidrojen indeksi bir kayaç örneğinin normalize edilmiş hidrojen içeriği olarak da tanımlanabilir. Hidrojen indeksi ile H/C oranı arasında iyi bir korelasyon ilişkisi bulunmaktadır. Jones [88]'a göre Hidrojen indeksi ve kerojen tipi sınıflaması Çizelge 3.3'te yer almaktadır.

**Çizelge 3. 3.** Jones [88]'e göre HI değer aralıkları

HI	Kerojen Tipi
<50	Tip IV (gaz eğilimli)
50-200	Tip III (gaz/petrol eğilimli, genellikle gaz eğilim)
200-350	Tip II/III (karışık petrol/gaz eğilimli)
350-700	Tip II (petrol eğilimli, genellikle denizel)
>700	Tip I (petrol eğilimli, sıklıkla gölsel)

### 3.1.1.2. Oksijen İndeksi (OI), (mg CO<sub>2</sub>/g TOK)

Oksijen indeksi oksijenin TOK değerine oranından türemiş olup bir kayaç örneğinin normalize edilmiş oksijen içeriğini belirtmektedir. Oksijen indeks değeri  $(100 \times S_3) / \text{TOK}$  olarak formülize edilmiştir. HI, kerojen içerisindeki oksijen miktarına bağlı olup organik madde yoğunluğundan bağımsızdır. Oksijen indeksi (OI), kerojenin elementel bileşimi ile ilişkili olup kerojen miktarı ve tipi hakkında bilgi vermektedir. Merrill [89]'e göre OI, HI ve organik madde türü ile olgunluğu değerleri Çizelge 3.4'te yer almaktadır.

**Çizelge 3. 4.** Merrill [89]'e göre Oİ, Hİ ve Organik Madde Türü ile Olgunluğu Değerleri

Oİ	Hİ	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

### 3.1.1.3. Üretim İndeksi (PI), ( $S_1/S_1+S_2$ )

Üretim indeksi, pirolizin ilk ve ikinci safhasında üretilen hidrokarbonların ilişkisi ile iliştili olup,  $S_1/(S_1+S_2)$  olarak ifade edilir. Bu ilişki, üretim indeksi değerinin ince taneli sedimanlardan oluşan kayalarda dereceli olarak derinlikle artmasından ötürü organik maddenin evriminin karakterizasyonu için kullanılır. Üretim indeksi kaynak kaya olgunluğuyla artış eğilimi göstermektedir. Bir diğer deyişle artan ısısal olgunlaşma değeri ile PI değeri de artmaktadır. Bu olgunlaşma hidrokarbonların atılmasından önce gerçekleşmekte olup henüz petrol üretimi gerçekleşmemiştir. Kerojenler içerisinde ısısal olarak parçalanmış bileşenler serbest hidrokarbonlara dönüşmektedir.

Beklenenden farklı olarak yüksek  $S_1$  değeri ve üretim indeksi petrol birikimi ve kirli taşıyıcı yatakları tanımlamak için kullanılmaktadır. Anomali değerlerinin nedeni olarak organik fasiyesteki farklılaşmalar, başka bir kayaca göç veya sediman numunesinden dışarı petrol atılması gösterilebilir.

Üretim indeksi (PI) daha genel anlamda transformasyon oranı diye de adlandırılmaktadır. Espitalie [90]'e göre PI değer aralıkları Çizelge 3.5'te yer almaktadır.

**Çizelge 3. 5.** Espitalie [90]'e göre PI değer aralıkları

PI	Olgunluk
0.0-0.08	Olgunlaşmamış
0.08-0.50	Petrol penceresi
> 0.50	Gaz penceresi

#### 3.1.1.4. Oil Saturation Index (OSI), (mg HC/g TOK)

Jarvie ve Baker [91] tarafından ortaya konulan bu oran rezervuar veya kaynak kayacın ısısal olgunluğunu tanımlamada kullanılmaktadır. Oil Saturation Index (OSI) değerleri 0-50 aralığında petrolce fakir kayaçlara, 50-100 aralığında olgun kaynak kayaçlara, 100'den büyük ise canlı petrol ve gaz varlığına (kirlenme) işaret etmektedir. OSI değeri  $(S_1/TOK) \times 100$  formülü ile hesaplanmaktadır. Bu tanımlama geleneksel kaynaklar için geçerli olup geleneksel olmayan kaynaklar için OSI değerinin 100 ve 100 mg HC/g TOK'tan daha büyük değerlerinde şeyl-oil olması durumu değerlendirilir [92].

Jarvie ve Baker [91] tarafından yapılan OSI değerleri ile kaynak kaya türü sınıflaması Çizelge 3.6'da verilmiştir.

**Çizelge 3. 6.** Jarvie ve Baker [91]'in OSI Değer Tablosu

OSI	Kaya Potansiyeli
0-50	Zayıf
50-100	Olgun kaynak kaya
>100	Rezervuar kaya veya kirlenme

#### 3.1.1.5. Pirolitik Karbon (PC) [0.83 (S<sub>1</sub>+S<sub>2</sub>)]

Espitalie [90] tarafından çalışılan PC değeri, kayacın halen oluşmuş halde bulunan hidrokarbonların karbon miktarı  $(0.83 \times S_1)$  ile hidrokarbon oluşturacak kalıntı potansiyelin

karbon miktarı ( $0.83 \times S_2$ ) değerlerini göstermektedir. C, H, O ile Piroolitik Karbon (PC) değeri karşılaştırılır ve  $H\dot{I}-T_{max}$  korelasyonunda bu değerlerin örtüşüp örtüşmediği hakkında fikir edinilebilmektedir.

Olgunlaşmamış örneklerde geriye kalan potansiyel ( $S_2$ ) yüksek olup, aşırı olgun kayalarda serbest HC ( $S_1$ ) değeri yüksektir.

Durand ve Marin [93], Espitalie [90]'nin PC ve kerojen tipi sınıflandırması Çizelge 3.7'de yer almaktadır.

**Çizelge 3. 7.** Durand ve Marin [93], Espitalie [90]'e göre PC değerleri

Kerojen Tipi	PC
Tip I	> 80%
Tip II	30-80 %
Tip III	< 30 %

### 3.1.1.6. $S_2/S_3$

$S_2/S_3$  oranı TOK verisi olmadığında kerojen tipi hakkında fikir vermektedir. Bu oran H/C oranını yansıtmaktadır. Çizelge 3.8'de Clementz ve diğ. [94] tarafından belirlenen  $S_2/S_3$  sınıflaması yer almaktadır.

**Çizelge 3. 8.** Clementz ve diğ. [94] 'a göre  $S_2/S_3$  değerleri

$S_2/S_3$	Kaynak Potansiyeli
0.00-2.50	Tip III (gaz eğilimli)
2.50-5.00	Tip II (gaz/petrol eğilimli)
>5.00	Tip I ya da Tip II (petrol eğilimli)

### 3.1.1.7. Potansiyel Verim (mg/g)

Espitalie ve diğ. [86]'e göre potansiyel verim sınıflaması yapılmıştır. Potansiyel verim hidrokarbon kaynak kayaçlar içerisindeki serbest hidrokarbonlar ile potansiyel hidrokarbonların toplamı olarak ifade edilmektedir. Tez kapsamında potansiyel verim PV olarak ifade edilecek olup  $(S_1+S_2)$  eşitliğinden elde edilmektedir. Çizelge 3.9'da Espitalie ve diğerleri [86] tarafından belirlenen PV değerleri yer almaktadır.

**Çizelge 3. 9.** Espitalie ve diğerleri [86]'e göre PV değerleri

PV (ppm)	Kaynak Kaya Potansiyeli
<2000	Kaynak kaya potansiyeli yok
2000-6000	Orta kaynak kaya potansiyeli
>6000	İyi kaynak kaya potansiyeli

### 3.1.1.8. Rezidüel Karbon (RC)

RC olarak ifade edilen rezidüel karbon oranı  $S_4/10$  eşitliğinden hesaplanmaktadır. Bu oran, kerojen içerisindeki hidrokarbon oluşturma kapasitesi çok düşük olan karbon miktarını göstermektedir.

### 3.1.1.9. $T_{max}$ 'tan hesaplanan vitrinit yansıtması (% $R_0$ )

Jarvie ve diğerleri [95]  $T_{max}$  bazlı vitrinit yansıtması değerini ortaya koymuşlardır. Termal olgunluğun bir göstergesi olan  $T_{max}$  parametresi vitrinit yansıtması değeri ile kontrol edilmektedir.  $T_{max}$  bazlı vitrinit yansıtması ( $R_0$ ),  $(\%0,01800 \times T_{max}) - 7,16$  eşitliği [95] ile hesaplanmaktadır.

## 3.2. Mineralojik Çalışmalar

İnceleme alanından alınan örnekler Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği laboratuvarlarında 250  $\mu$ m boyutuna gelene kadar öğütülmüş ve tüm kayaç ve kil fraksiyonu difraktom çekimleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan tüm kayaç ve kil fraksiyonu analizi sonuçlarına göre Alacaagzı Formasyonunun şeyllerinin mineralojik bileşimi yüzde olarak belirlenmiştir.



### 3.2.1. Tüm Kayaç Analizi

Bu tez çalışması kapsamında gerçekleşen XRD tüm kayaç analizleri, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümü X-RD Laboratuvarında Rigaku DMAX 2200 PC model X ışınları cihazında gerçekleştirilmiştir. Analiz için  $CuK\alpha$  tüp, 40 kV, 40 mA akım,  $2^\circ/dk$  kağıt hızı kullanılmış ve  $5-60^\circ 2\theta$  aralıkta çekim yapılmıştır.

### 3.2.2. Kil Fraksiyonu

Bu tez çalışması kapsamında gerçekleşen XRD kil fraksiyonu analizleri, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümü XRD Laboratuvarında Rigaku DMAX 2200 PC model X ışınları cihazında normal, glikollü ve fırınlanmış olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz için  $CuK\alpha$  tüp, 40 kV, Ni filtre, 18 mA akım,  $2^\circ/dk$  goniometre hızı ve  $2^\circ/dk$  kağıt hızı kullanılmıştır. Dikraktogram çekimleri  $3-40^\circ 2\theta$  aralığında yapılmıştır.

Bir havzada bulunan kayaçların ilksel mineralojik bileşimi, yaprak silikatlar ile kil minerallerinin varlığı ve erken diyajenetik reaksiyonlar, kumtaşı ve şeyllerde derinliğin bir fonksiyonu olarak gömülme diyajenetik süreci ile bu kayaçların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemektedir. Dolayısıyla, kil minerallerinin diyajenez ile ilgili temel prensipler, kayaçların ilksel bileşimi ve basen tarihçesinden bağımsız olarak net bir şekilde ortaya konulmaktadır. Bu prensiplerden faydalanılarak, bir havzaya ilişkin provenans, fasiyes, sedimantasyon oranı ve jeotermal gradyan gibi bilgilere doğru yaklaşımlar geliştirilirse, kaynak kaya değerlendirilmesi net bir şekilde ortaya konulabilmektedir [96].

Kırıntılı sedimanter kayaçlarda diyajenez sürecini kontrol eden birçok faktör bulunmaktadır. Bunlar; düşük sıcaklık ve düşük basınçta gerçekleşen bu süreçte, sedimanın kimyasal bileşimi, örtü kalınlığı, sedimanlar arasındaki gözeneklilik ve taneler arasındaki boşluklarda biriken su ve gaz varlığı gibi etkenler diyajenez sürecine doğrudan etki etmektedir. Diyajenez evresinde meydana gelen sediman çökellerin mineralojik bileşimlerindeki değişim ve gözenek hacimlerindeki azalmayı diyajenez süresi değil, gömülme derinliği kontrol etmektedir. Yaşlı deniz sedimanlarında pekişmemiş killi çökellere rastlanabileceği gibi, kıta platformunda yaşça daha genç sedimanlarda sertleşmiş ve çimentolanmış killi sedimanlar gözlemlenebilmektedir. Bu noktada diyajenez evresinin sedimanın yaşı yani zamandan bağımsız olarak gömülme derinliği ile birincil olarak ilişkili olduğu görülmektedir [97].

Kil mineralleri, diyajenez evresinde önem taşımaktadır. Şişme özelliğine sahip kaolinit, montmorillonit türü killer, diyajenezin etkisine bağlı olarak dönüşüme uğrar ve illit, serisit,

klorit minerallerine dönüşmektedirler Killi kayalarda diyajenetik değişimler incelendiğinde, kil minerallerinin üzerinde yer alan örtü tabakasının kalınlığı ile jeolojik yaşın etkilediği mineralojik bileşime sahip oldukları tespit edilmiştir. Tersiyerden Prekambriyen'e killi kayalarda, montmorillonit ve kaolinit türü kil mineralleri varlığı azalırken, illit ve klorit miktarlarında artış gözlemlenmektedir [97]. Kil mineralleri arasında illit ve klorit, yüksek sıcaklık fazları ile ilişkili olmaları bakımından, metamorfik mineraller ile benzeşmektedirler. Simektit minerali yapısındaki tabakaların arasına ortamda bulunan adsorbe ederek hacmini artırmaktadır [98]. Kırıntılı kayalar içerisinde bulunan simektit miktarı artan gömülmeyle birlikte azalmaktadır. Kil mineralleri genellikle kesme kuvvetlerini azaltır, sedimanların yüzey alanını artırır ve iyon değiştirme kapasitesi gibi sedimanın kimyasal özelliklerini değiştirirler [96]. Simektitler, ortamda yer alan K, Na ve Mg gibi katyonlara göre dönüşüm göstermekte ve başka minerallere dönüşmektedir. Kaolinit mineralleri, ankimetamorfizma zonunda ya kaybolup ya dikil polimorfuna dönüşmektedir [99].

### **3.3. Gaz Kromatografi Analizi**

Alacağzı kesitinden alınan örneklerden ATAR-41 numaralı örneğin serbest hidrokarbon oranının (S<sub>1</sub>) diğer örnekler içerisinde daha yüksek olmasından dolayı (0,15) yalnızca bu örnek için Gaz Kromatografi (GC) analizi yapılarak inceleme alanının çökeltme ortamı ve kerojen tipi hakkında yorumlamalar yapılmıştır. Gaz kromatografi analizi Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Araştırma laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

#### **3.3.1. Gaz Kromatografi Analiz Metodu**

Gaz kromatografi yönteminde önce özütleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla öğütülerek toz haline getirilen kayaç örnekleri özel ekstraksiyon krozelerine konulmaktadır. Krozelere yerleştirilen numuneler daha sonra soxhelet ekstraksiyon düzeneğine yerleştirilmektedir. Belirli bir ekstraksiyon süresince (yaklaşık 8-24 saat) ve inert atmosfer koşullarında çeşitli çözücüler yardımıyla örneklerde bulunan serbest haldeki hidrokarbonlar içerisindeki bitüm çözücü içerisinde toplanmaktadır. Bu çözücüler, kloroform ve benzen metanol karışımı gibi çözücülerdir. Bu çalışma kapsamında da metilen klorür çözücüsü kullanılmıştır. Özütleme analizinde son olarak, çözücünün azot ile uçurulması sağlanarak özütleme analizi gerçekleşmiş olmaktadır [100].

Gaz kromatografi, yüksek moleküler ağırlıklı sıvıdan meydana gelen hareketsiz bir sabit faz içeren kolondan inert taşıyıcı gazın geçerek organik maddeyi oluşturan bileşiklerin ayrılması

esasına dayanan analitik bir tekniktir. Bileşenler hareketli veya sabit fazlara ayrılma eğilimlerine göre kolonda ayrılmaktadır. Kolondan ayrılan bileşenleri hesaplamak için çeşitli dedektörler kullanılmaktadır. Gaz kromatografalarda en çok alev iyonizasyon dedektörleri (FIDs) kullanılmaktadır [101].

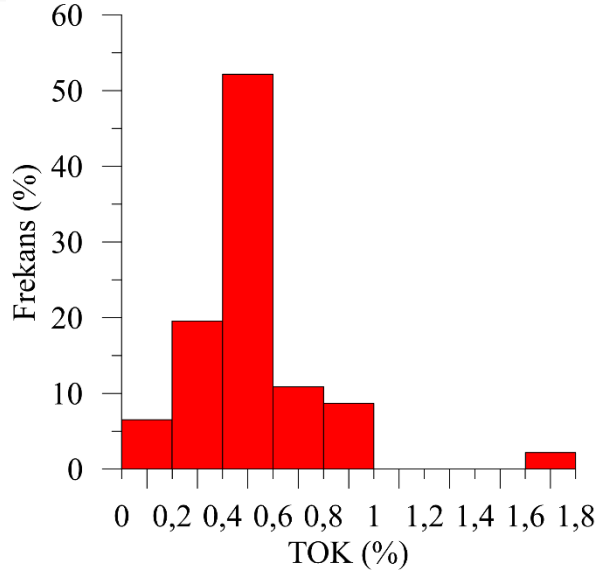


## 4. ANALİZ SONUÇLARI

### 4.1. Alacağzı Şeylleri Rock-Eval Pirolyz Analiz Sonuçları

#### 4.1.1. Rock-Eval Pirolyz Sonucu Ölçülen Değerler

Alacağzı Formasyonundan alınan 46 adet örneğin içerdiği Toplam Organik Karbon değerlendirmesinde en düşük TOK değeri %0,18 (ATAR-35) ve en yüksek TOK değeri %1,75 (ATAR-45) olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.1'e bakıldığında; örneklerin %50'den daha fazla oranda 0,4-0,6 TOK (%) aralığında yoğunlaştığı görülmektedir. Örnekler içerisindeki toplam organik karbon değerinin ortalaması %0,53 olarak hesaplanmıştır. Jarvie [102]'e göre bu değer, kaynak kaya kalitesi değeri açısından marjinal veya ortalama seviyededir. Örnekler içerisinde ATAR-24 ile ATAR-33 aralığında organik maddece zengin bir zon bulunmaktadır. Alacağzı Formasyonunun toplam organik karbon içeriği bakımından potansiyelinin ortaya konulması bu aralığın ayrıca ele alınmasını gerektirmiştir. Alacağzı Formasyonu TOK potansiyeli ortaya konulurken bu kesim özel bir zon şeklinde ele alınmıştır (Bkz. Bölüm 6). Çizelge 4.1'de Jarvie [102]'e göre şeyl ve karbonatların TOK değer limitleri yer almaktadır.



**Şekil 4. 1.** Alacağzı Formasyonuna ait örneklerin TOK (%) değerlerinin yüzde dağılım histogram grafiği.

**Çizelge 4. 1.** Jarvie [102]'e göre şeyl ve karbonatların TOK değer limitleri.

TOK (%)	Kaynak Kaya Kalitesi
0.0-0.5	Yetersiz
0.5-1.0	Marjinal/Ortalama
>1.0	Yeterli

S<sub>1</sub> (serbest hidrokarbonlar) değeri aralığı 0 ile 0,15 mg HC/g kaya aralığında olup ortalama değer 0,013 olarak hesaplanmıştır. Serbest hidrokarbonların toplam organik karbon değerine oranının 2,42 olduğu görülmektedir. Buna göre, Jarvie ve Barker'ın 1984 yılında yaptığı çalışmasında [91] önerdiği  $(S_1/TOK) \times 100$  bağıntılı kaynak kaya türü/potansiyeli formülünden yola çıkarak Alacağzı Formasyonu'nun petrol potansiyeli bakımından '*Petrolce fakir, verimsiz*' sınıfında olduğu görülmektedir.

S<sub>2</sub> (piroliz sonucu açığa çıkan hidrokarbonlar) değeri ise 0,04 ile 0,68 mg HC/ g kaya aralığında olup ortalaması 0,29 olarak hesaplanmıştır. Espitalie [90]'ye göre Alacağzı formasyonu şeylleri fakir kaynak potansiyeli taşımaktadır.

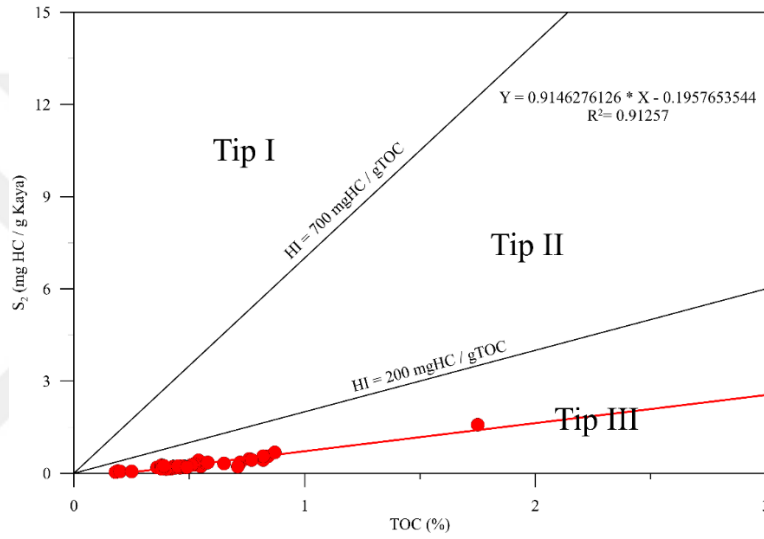
Alacağzı Formasyonu şeyllerinin rezidüel karbon olarak da tanımlanan S<sub>4</sub> piki değeri  $S_4=10 TOK-[0.83(S_1+S_2)]$  eşitliğinden hesaplanmış olup ortalama değer 5,05 mg C/gr kaya bulunmuştur. Örneklerin RC (kalıntı karbon) oranı ortalaması 0,50 olarak hesaplanmıştır.

Olgunluk parametresi olarak kullanılan T<sub>max</sub> değerlerine bakıldığında ise, 433-444 °C aralığında olup ortalama değeri 439 °C olduğu görülmektedir. Bu sonuç, Alacağzı Formasyonunun çalışılan kesitini temsil eden şeyl birimlerinin 'petrol penceresinde' olduğunu göstermektedir [83].

Tarlağzı kesiti toplam 46 adet örnekten ve yaklaşık olarak 400 m kalınlığında bir istiften oluşmaktadır. ATAR-24 ve ATAR-33 arası yaklaşık 40 metrelik bir zon olmakla birlikte hidrokarbon kaynak kaya değerlendirmelerinde ortalama TOK değeri çok yüksektir. O nedenle ATAR-24 ve ATAR-33 numaralı örneklerin bulunduğu seviye bu tez çalışması kapsamında ayrıca ele alınacaktır (Bknz. Bölüm 6).

#### 4.1.2. Rock-Eval Pirolizi Analizinden Ölçülen Değerlerden İtibaren Hesaplanan Parametreler

Langford ve Blanc-Valleron [103] S<sub>2</sub>-TOK diyagramının regresyon eşitliğine göre hesaplanması methodu, gerçek ortalama Hidrojen indeksi değerini vermektedir. Aynı zamanda S<sub>2</sub>-TOK diyagramı kayaç matriksi tarafından adsorblanan hidrokarbonları da hesaplamaya yaramaktadır. Langford ve Blanc-Valleron [103]'a göre oluşturulan S<sub>2</sub> değerlerine karşı TOK diyagramında Alacağzı Formasyonu şeyllerinin Tip III kerojen aralığına düştüğü görülmektedir. Şekil 4.2'de Langford ve Blanc-Valleron [103] tarafından oluşturulan S<sub>2</sub>-TOK diyagramı yer almaktadır.



**Şekil 4. 2.** Alacağzı Formasyonuna ait örneklerin Langford ve Blanc-Valleron [103] tarafından oluşturulan S<sub>2</sub>-TOK diyagramında gösterimi.

Langford ve Blanc-Valleron [103], S<sub>2</sub> değerlerine karşı TOK diyagramında regresyon çizgisinin bulunduğu konuma göre, regresyon çizgisi ve kaya matriksi arasındaki bağıntıyı ortaya koymuşlardır. Diyagramda regresyon çizgisinin orijinden geçmemesi, piroliz esnasında yeteri kadar hidrokarbonun açığa çıkmasından önce organik malzemenin eşik değerde olduğuna işaret etmektedir. Regresyon eşitliğinde regresyon çizgisinin X eksenini pozitif değerlerini kesmesi ve y değerlerinin 0 olması, piroliz esnasında hidrokarbonlar ayrılırken organik madde varlığını göstermektedir. Kil mineralleri tarafından adsorblanan hidrokarbonlar x ekseninden, 1 g kayadaki adsorpsiyon kapasitesi y ekseninden okunmaktadır.

S<sub>2</sub>-TOK diyagramına göre [103] doğrunun eğimi gerçek HI değerini vermektedir. Grafiğe göre bu değer 91 mg HC/ g TOK olarak görülmektedir. Grafikte regresyon eğrisinin X

ekseninin pozitif değerlerini kesmesi kil mineralleri tarafından tutulmaya işaret etmektedir. Bu da regresyon eğrisinden ölçülen değerlerin analizde ölçülen değerlerden yüksek oluşunun kanıtı sayılmaktadır. Regresyon doğrusunun eğiminden TOK miktarının % 0,21'inin kil mineralleri tarafından tutulduğu hesaplanmıştır.

Katz [104]'e göre, HI değerlerinin çoğunlukla artan TOK ile birlikte yükseldiğine işaret etmişlerdir. Bu anlamda düşük TOK değerlerine sahip örneklerde HI tayininde problem yaşanmaktadır. Regresyon eğrisinin kestiği noktaların ya da eğiminin hesaplanmasındaki hata, TOK değerleri ne kadar düşükse o kadar fazla olacaktır. Dolayısıyla hatalı bir veri okuması HI, kil matrix ve kerojen tipi yorumlamalarını da olumsuz etkileyip yanlış sonuçlara varılmasına neden olacaktır.

Alacağzı formasyonu şeyllerinden alınan 46 adet örneğin S<sub>2</sub> ve TOK değerleri Pearson korelasyonu kullanılarak %99 güvenilirlikle analiz edilmiştir. SPSS programından elde edilen analiz sonuçları Şekil 4.3.'te yer almaktadır. Pearson korelasyonu analizine göre, Alacağzı formasyonu şeyllerine ait veriler %95 güvenilirlik aralığında yer almaktadır.

Correlations			
		S <sub>2</sub>	TOK
S <sub>2</sub>	Pearson Correlation	1	,955**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	46	46
TOK	Pearson Correlation	,955**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	46	46

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

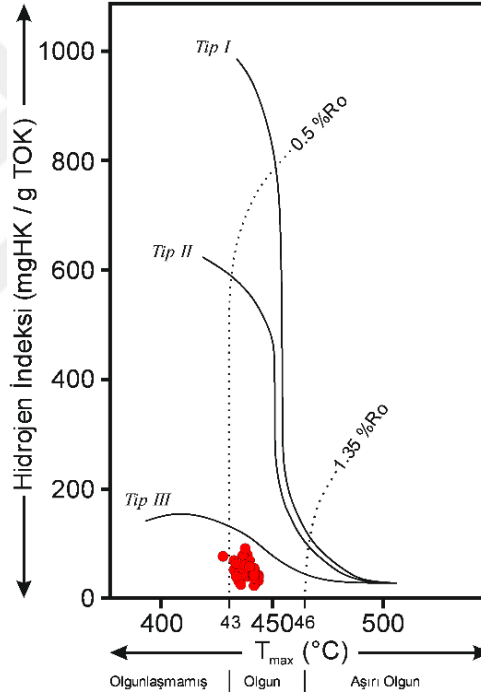
**Şekil 4. 3.** Alacağzı Formasyonu şeyllerinden alınan 46 adet örneğin S<sub>2</sub> ve TOK değerlerinin Pearson korelasyonu yöntemiyle güvenilirlik analizi .

S<sub>1</sub>+S<sub>2</sub> formülünden elde edilen potansiyel verim değeri 302,83 ppm olarak hesaplanmıştır. Espitalie [86]'e göre bu değer, örneklerin kaynak kaya potansiyeli taşımadığını göstermektedir. Alacağzı şeyllerinin Pirolitik Karbon değeri, Espitalie [90]'a göre

yorumlandığında ortalama % 4 değeri % 30 değerinden küçük olduğu için Tip III kerojen eğiliminde olduğu görülmektedir.

Alacağzı formasyonu örneklerinin HI değerleri 22-78 mg HC/ g TOK aralığında olup ortalama değer 50 mg HC/ g TOK olarak hesaplanmıştır. Jones [88]'e göre bu değer Tip IV ve Tip III sınırında yer almaktadır. Oksijen indeksi değerleri ise, 5-84 mg HC/ g TOK aralığında olup ortalama değeri 31 mg HC/g TOK olarak belirlenmiştir. Merrill [89]'e göre, OI değeri 40 mg HC/ g TOK değerinden daha küçük olan kaynak kayalar, Alacağzı Formasyonunda olduğu gibi düşük HI değerlerine sahip birimler olup 'karasal kökenli organik madde ve/veya olgun organik madde'yi işaret etmektedirler.

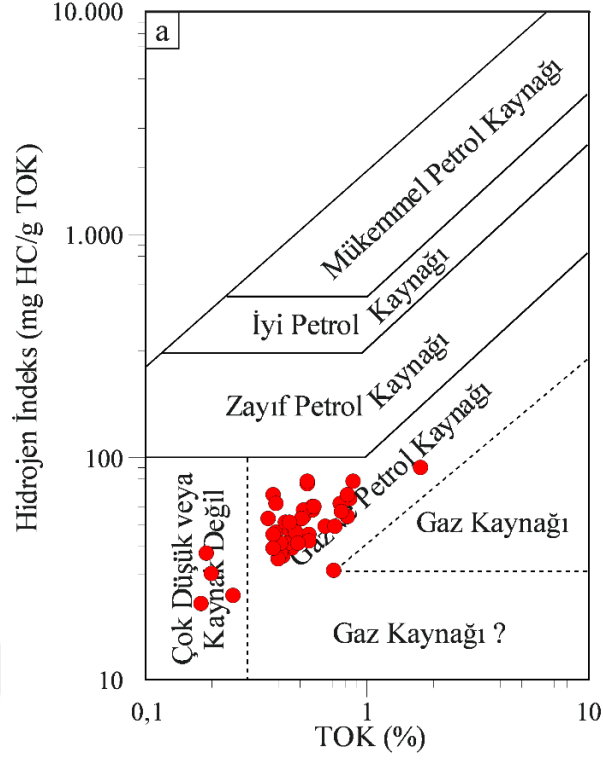
Örneklerin kerojen tipinin belirlenmesinde HI-T<sub>max</sub> grafiği kullanılmıştır [105]. Şekil 4.4'e göre örnekler ısısal olarak olgun pencereye girmektedir.



**Şekil 4. 4.** Alacağzı Formasyonuna ait HI-T<sub>max</sub> diyagramında gösterimi [105].

Alacağzı şeyllerinin Şekil 4.5.'te verilen Jackson ve diğ. [106]'e göre oluşturan HI değerlerine karşı TOK diyagramında 'Çok düşük veya kaynak değil' ile 'Gaz ve petrol kaynağı' aralığına düştüğü görülmektedir.





**Şekil 4. 5.** Alacağzı Formasyonuna ait örneklerin Jackson ve diğ. [106] tarafından oluşturulan HI-TOK diyagramında gösterimi.

Elde edilen değerlendirmeler sonucu Hİ, Oİ, TOK ve  $T_{max}$  değerlerine göre Alacağzı Formasyonu şeyllerinin Tip III kerojenden oluştuğu ve kaynak kaya potansiyeli açısından olgun özellikte olduğu belirlenmiştir. Alacağzı Formasyonu şeyllerinin HI-TOK diyagramında 'Çok düşük veya kaynak değil' ile 'Gaz ve petrol kaynağı' sınıflamasında olduğu görülmektedir.

Alacağzı şeyllerinin şeyl-oil potansiyelinin belirlenmesi amacıyla OSI parametresi hesaplanmıştır. Buna göre, OSI değerleri ortalaması 2,07 olarak belirlenmiştir. Jarvie and Baker [91]'a göre bu değer Alacağzı şeyllerinin zayıf kaynak potansiyelinde olduğuna işaret etmektedir.

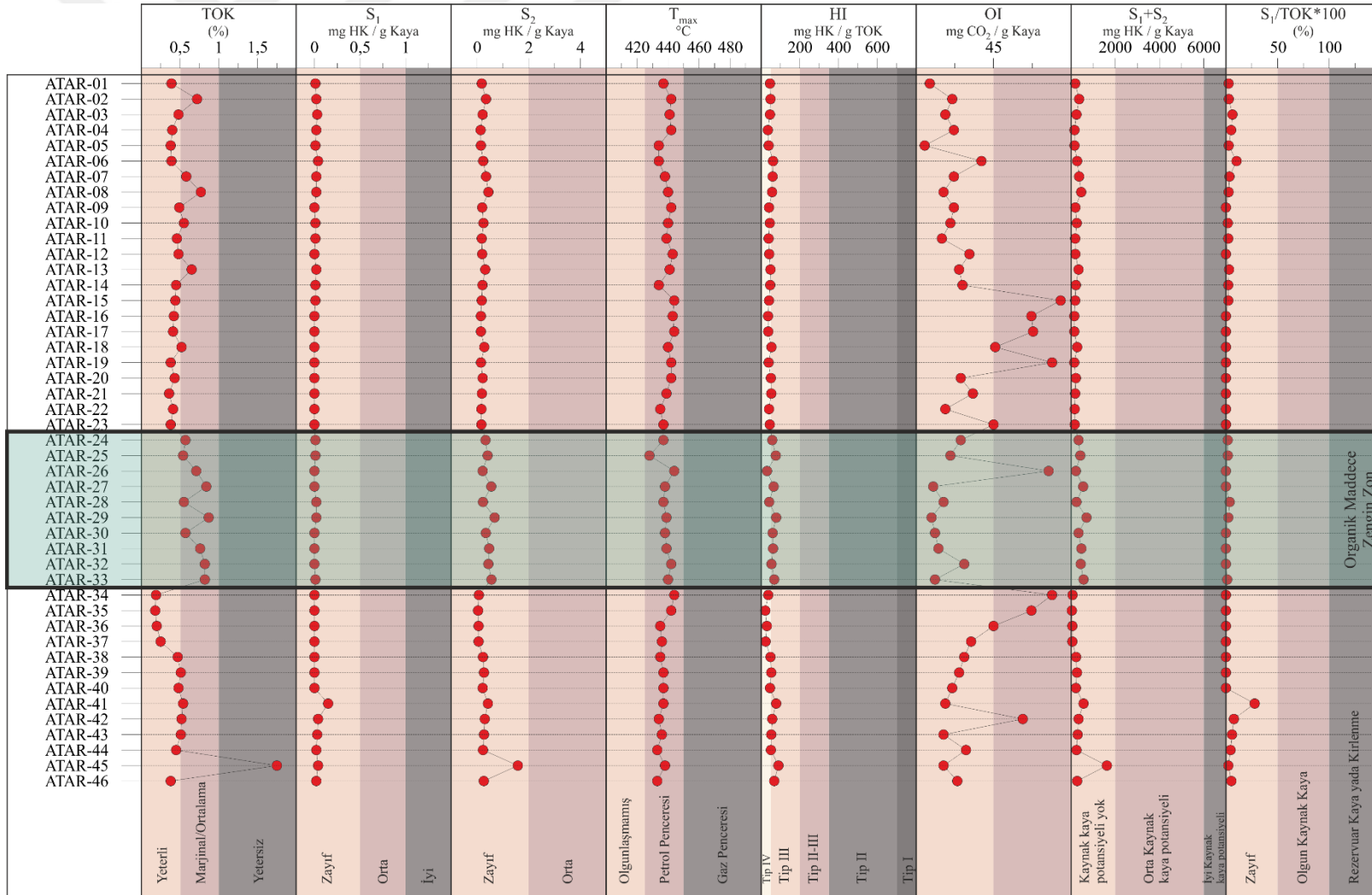
Jeokimyasal analizlerden elde edilen  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $T_{max}$  ve TOK değerleri ile bu parametrelerden itibaren elde edilen Hİ, Oİ, Pİ,  $S_2/S_3$ ,  $S_1/TOK$  değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Alacağzı formasyonu Rock-Eval piroliz analizinden elde edilen parametrelerin grafiksel gösterimi Şekil 4.6'da yer almaktadır.

**Çizelge 4. 2.** Alacağzı Formasyonuna ait örneklerin Rock-Eval piroliz analizinden ölçülen değerleri ile bu değerlerden itibaren hesaplanan parametreler.

Örnek No	Rock-Eval Pirolizinden Ölçülen Değerler					Rock-Eval Pirolizinden Ölçülen Değerlerden İtibaren Hesaplanan Değerler						
	TOK	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	T <sub>max</sub>	HI	OI	PI	PV	S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub> /TOK	OSI
ATAR-1	0,39	0,01	0,18	0,03	437	46	8	0,05	190	6	2,56	2,18
ATAR-2	0,72	0,02	0,35	0,15	442	49	21	0,06	370	2,33	2,78	2,34
ATAR-3	0,48	0,03	0,22	0,08	441	46	17	0,11	250	2,75	6,25	5,29
ATAR-4	0,4	0,02	0,14	0,09	442	35	22	0,13	160	1,56	5	4,20
ATAR-5	0,38	0,01	0,15	0,02	434	39	5	0,04	160	7,5	2,63	2,22
ATAR-6	0,39	0,04	0,24	0,15	434	62	38	0,14	280	1,6	10,26	8,83
ATAR-7	0,58	0,02	0,35	0,13	438	60	22	0,06	370	2,69	3,45	2,95
ATAR-8	0,77	0,02	0,44	0,12	440	57	16	0,04	460	3,67	2,6	2,20
ATAR-9	0,49	0	0,2	0,11	442	41	22	0,01	200	1,82	0	0,00
ATAR-10	0,55	0,01	0,25	0,11	440	45	20	0,02	260	2,27	1,82	1,54
ATAR-11	0,46	0,01	0,18	0,07	439	39	15	0,03	190	2,57	2,17	1,83
ATAR-12	0,48	0	0,2	0,15	443	42	31	0	200	1,33	0	0,00
ATAR-13	0,65	0,02	0,32	0,16	441	49	25	0,05	340	2	3,08	2,60
ATAR-14	0,45	0,01	0,21	0,12	434	47	27	0,04	220	1,75	2,22	1,88
ATAR-15	0,44	0,01	0,18	0,37	444	41	84	0,05	190	0,49	2,27	1,92
ATAR-16	0,42	0	0,15	0,28	443	36	67	0	150	0,54	0	0
ATAR-17	0,41	0	0,15	0,28	444	37	68	0	150	0,54	0	0
ATAR-18	0,52	0	0,28	0,24	440	54	46	0	280	1,17	0	0
ATAR-19	0,38	0	0,15	0,3	442	39	79	0	150	0,5	0	0
ATAR-20	0,43	0	0,22	0,11	442	51	26	0	220	2	0	0
ATAR-21	0,36	0	0,19	0,12	439	53	33	0,02	190	1,58	0	0
ATAR-22	0,41	0	0,17	0,07	435	41	17	0	170	2,43	0	0
ATAR-23	0,38	0	0,17	0,17	437	45	45	0,01	170	1	0	0

**Çizelge 4.2.** Alacağzı Formasyonuna ait örneklerin Rock-Eval piroliz analizinden ölçülen değerleri ile bu değerlerden itibaren hesaplanan parametreler (devamı).

Örnek No	Rock-Eval Pirolizinden Ölçülen Değerler					Rock-Eval Pirolizinden Ölçülen Değerlerden İtibaren Hesaplanan Değerler						
	TOK	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	T <sub>max</sub>	HI	OI	PI	PV	S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub> /TOK	OSI
ATAR-24	0,57	0,01	0,33	0,15	437	58	26	0,02	340	2,2	1,75	1,50
ATAR-25	0,54	0,01	0,41	0,11	428	76	20	0,02	420	3,73	1,85	1,61
ATAR-26	0,71	0	0,22	0,55	444	31	77	0	220	0,4	0	0
ATAR-27	0,84	0	0,55	0,08	438	65	10	0	550	6,88	0	0
ATAR-28	0,55	0,02	0,23	0,09	437	42	16	0,09	250	2,56	3,64	3,06
ATAR-29	0,87	0,02	0,68	0,08	439	78	9	0,03	700	8,5	2,3	1,98
ATAR-30	0,57	0	0,34	0,06	438	60	11	0	340	5,67	0	0
ATAR-31	0,76	0	0,47	0,1	439	62	13	0,01	470	4,7	0	0
ATAR-32	0,82	0	0,44	0,23	442	54	28	0	440	1,91	0	0
ATAR-33	0,82	0,01	0,56	0,09	440	68	11	0,01	570	6,22	1,22	1,04
ATAR-34	0,19	0	0,07	0,15	444	37	79	0	70	0,47	0	0
ATAR-35	0,18	0	0,04	0,12	442	22	67	0,01	40	0,33	0	0
ATAR-36	0,2	0	0,06	0,09	435	30	45	0	60	0,67	0	0
ATAR-37	0,25	0	0,06	0,08	436	24	32	0	60	0,75	0	0
ATAR-38	0,47	0	0,23	0,13	435	49	28	0,01	230	1,77	0	0
ATAR-39	0,51	0	0,27	0,13	437	53	25	0,01	270	2,08	0	0
ATAR-40	0,48	0	0,22	0,1	437	46	21	0	220	2,2	0	0
ATAR-41	0,54	0,15	0,42	0,09	437	78	17	0,27	570	4,67	27,78	24,15
ATAR-42	0,52	0,04	0,3	0,32	434	58	62	0,13	340	0,94	7,69	6,58
ATAR-43	0,51	0,03	0,27	0,08	436	53	16	0,09	300	3,38	5,88	5,01
ATAR-44	0,45	0,02	0,23	0,13	433	51	29	0,09	250	1,77	4,44	3,78
ATAR-45	1,75	0,04	1,58	0,28	438	90	16	0,02	1620	5,64	2,29	1,95
ATAR-46	0,38	0,02	0,26	0,09	433	68	24	0,07	280	2,89	5,26	4,56



Şekil 4. 6. Alacağzı Formasyonu Rock-Eval piroliz analizinden elde edilen parametrelerin grafiksel gösterimi.

#### 4.2. Alacaağzı Formasyonu Şeyllerinin Gömülme Tarihçesine Bir Bakış

Barker ve Pawlewicz [107], sıvı kapanım verilerinden geliştirilen vitrinit yansıtması çözümünün; gömülme sıcaklığı boyunca vitrinit yansıtma evrimi, hidrotermal metamorfizma ve farklı yollar takip eden dayklarla oluşan kontak metamorfizmaya işaret ettiğini belirtmişlerdir.

Bir petrol sistemi içerisinde değerlendirilecek olursa, sıcaklık ve zaman kavramı kayacın termal olgunluğa ulaşmasında tartışılan parametrelerdir. Ancak kayacın termal olgunluğunun değerlendirilmesinde sıcaklık kavramı tek başına ele alınmalıdır [108]. Çünkü bir sedimanter havzada artan gömülmeyle beraber sıcaklığın da artması, petrol oluşumunu kontrol eden ana faktörlerdir. Diyajenez evresi sonrası oluşan kerojenlerin ısısal olarak olgunlaşması ile birlikte petrol ve gaz oluşumu beraberinde başlamaktadır. Dolayısıyla petrol üretimi çoğunlukla artan sıcaklık ve gömülme etkisiyle katajenez evresinde görülmektedir.

Termal olgunlaşmanın stabilizasyonunun bir sonucu olarak, bir termal olgunluk indeksi olarak kullanılan vitrinit yansıtması (%R<sub>0</sub>), ampirik bir yaklaşımla pik sıcaklıklara kalibre edilebilmektedir. Kaynak kayacın maruz kaldığı pik sıcaklıklar %R<sub>0</sub> ve derinlik ilişkileri ile hesaplanabilmektedir. Burada jeotermal gradyan tekniği ile %R<sub>0</sub> değerinin kayıtlı maksimum jeotermometri olarak kullanılmasıyla kaynak kayacın gömülme tarihi belirlenebilmektedir [108].

Jarvie ve diğ. [92], T<sub>max</sub> parametresinden itibaren hesaplanan vitrinit yansıtması çözümünü geliştirmişlerdir. Termal olgunluk indikatörü olarak Tmax parametresi, vitrinit yansıtması değeri ile kontrol edilmektedir. Jarvie ve diğerleri [95]'e göre %R<sub>0</sub> = (%0,01800 × Tmax) – 7,16 eşitliği ile hesaplanmaktadır. Bu eşitliğe göre hesaplanan Alacaağzı şeylleri %R<sub>0</sub> değeri %0,73 olarak bulunmuştur. Jarvie [109]'e göre %0,73 değeri Alacaağzı Formasyonu şeyllerinin petrol penceresi içerisinde olduğuna işaret etmektedir.

Alacaağzı Formasyonu şeyllerinin yüzey sıcaklık verileri Tezcan [110]'a göre Türkiye'de - 1 m yüzey sıcaklık dağılımı haritasında yer alan ısı akımı yoğunluk haritasından elde edilmiştir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün tüm istasyonlarından elde edilen sıcaklık verileriyle oluşturulan Tezcan [110] yüzey haritasına göre Bartın İli Amasra ilçesi dolaylarının bugünkü yüzey sıcaklığının 16 °C olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu tez çalışması kapsamında yapılacak olan gömülme sıcaklığı hesaplamalarında deniz seviyesinden alınan 46 adet örneğin yüzey sıcaklığı 16 °C olarak kabul edilmiştir.

Yeraltı sıcaklık gradyanı Uzunlar [111] çalışmasına göre alınmıştır. Bu haritaya göre Alacağzı Formasyonu şeyllerinin yer aldığı Batı Karadeniz sahiline yakın kesimlerin jeotermal gradyanı 3,5 °C/100 m olarak belirlenmiştir. Bu tez çalışması kapsamında yapılacak olan gömülme sıcaklığı hesaplamalarında örneklerin alındığı lokasyon olan Tarlaağzı yöresinin jeotermal gradyanı 35 °C/km olarak kabul edilmiştir.

Barker ve Pawlewicz [107], kaynak kayacın maruz kaldığı maksimum gömülme sıcaklığının  $T_{pik} = (\ln R_0 + 1,68) / 0.0124$  eşitliği ile hesaplanabileceğini ortaya koymuşlardır. Bu eşitliğe göre petrol penceresini temsil eden %0,6  $R_0$  değeri üzerinden yapılan jeotermal gradyan hesabına göre, Alacağzı Formasyonu şeyllerinin petrol penceresine girebilmesi için 2200 m gömülme derinliğine ulaşması gerekmektedir. Çalışma alanının stratigrafisine göre bu gömülme Alt Kretase zamanına denk gelmektedir.

Alacağzı Formasyonu şeyllerinin gömülme süresince maruz kaldığı maksimum sıcaklık ise 110 °C olarak hesaplanmıştır. Alacağzı Formasyonu şeyllerinin %0,73  $R_0$  olgunluğuna ulaşabilmesi için gerekli gömülme derinliği 2680 m olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular, Alacağzı Formasyonu şeyllerinin maksimum gömülmesinin Üst Kretase'de gerçekleştiğine işaret etmektedir.

### 4.3. Mineralojik Bulgular

#### 4.3.1. Tüm Kayaç Analizi Sonuç ve Değerlendirmeleri

Tüm kayaç analizlerinde saptanan minerallerin yüzde bolluk oranları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Kuvars mineralinin yüzde bolluk oranı en düşük ve en yüksek olacak şekilde sırasıyla %20,2 (ATAR-5) ve %35,9 (ATAR-30) olarak; kalsit mineralinin yüzde bolluk oranı en düşük ve en yüksek olacak şekilde sırasıyla %1,1 (ATAR-2) ve %5,4 (ATAR-19) olarak hesaplanmıştır.

Feldspat minerallerinin yüzde bolluk oranı en düşük ve en yüksek olacak şekilde sırasıyla %13,9 (ATAR-25) ve %33 (ATAR-32) arasındadır. Kil mineralleri geniş bolluk oranında bulunmakta olup %21,9 (ATAR-16) ve %64 (ATAR-5) arasında değişmektedir. Mika mineralleri yalnızca yedi örnekte ATAR-3, ATAR-9, ATAR-16, ATAR-26, ATAR-30, ATAR-32 ve ATAR-33 tespit edilmiştir. Mika minerallerinin en yüksek yüzdesi %17,4 (ATAR-16)'tür.

Minerallerin tüm örnekler arasındaki ortalama yüzde bolluk oranları ise, kuvars minerali için %28,3, kalsit minerali için %0,5, feldspat mineralleri için %20,8, kil mineralleri için %48,3 ve mika mineralleri için %2,1 olarak hesaplanmıştır.

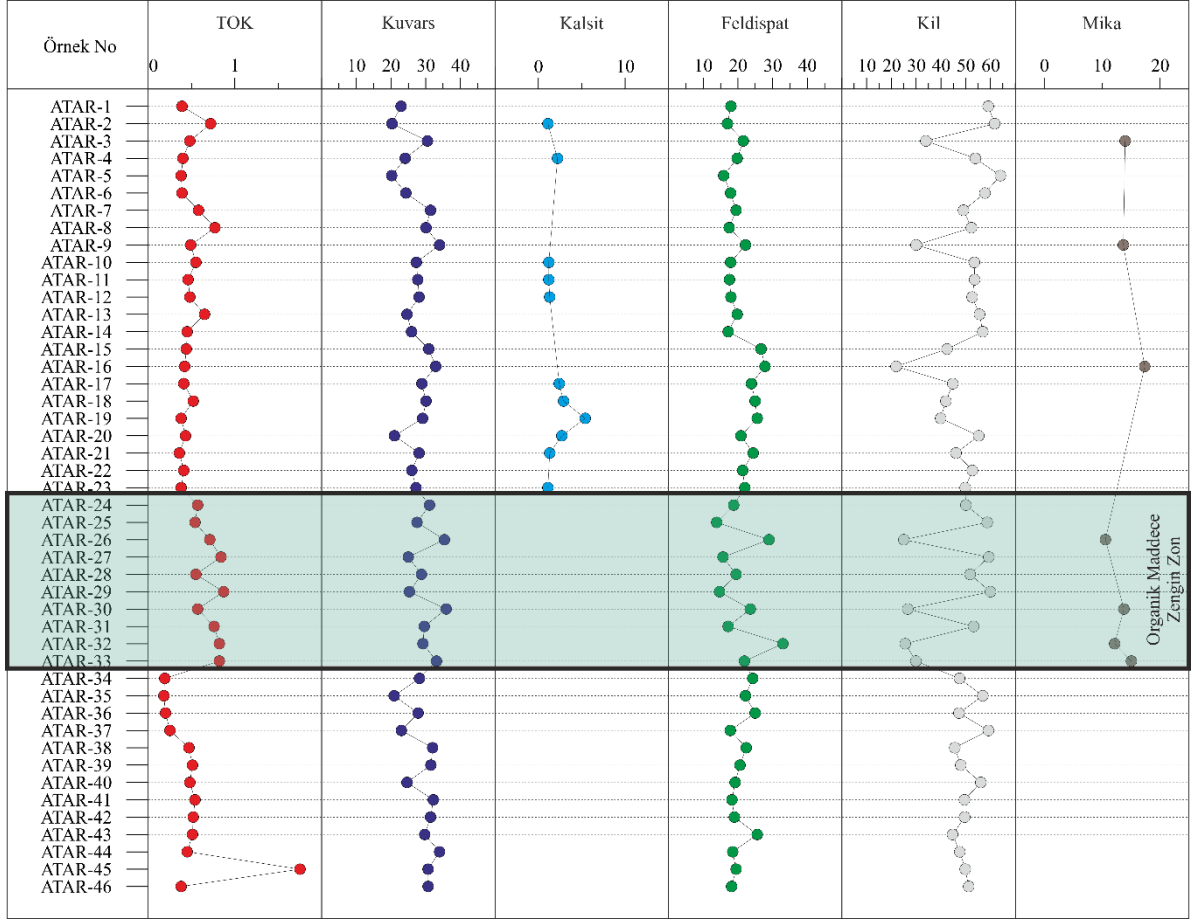
Alacağzı Formasyonu şeyllerinin TOK içeriğine karşı tüm kayaç mineralleri değişim grafiği Şekil 4.7.'de verilmiştir.

**Çizelge 4. 3.** Alacağzı Formasyonu şeyllerinden alınan örneklerde XRD tüm kayaç analizi sonucu tespit edilen minerallerin yüzde bolluk dağılımı.

Örnek No	Kuvars (%)	Kalsit (%)	Feldispat (%)	Kil Mineralleri (%)	Mika Mineralleri (%)
ATAR-1	22,9	0,0	18,0	59,1	0,0
ATAR-2	20,3	1,1	17,0	61,7	0,0
ATAR-3	30,5	0,0	21,6	33,9	14,0
ATAR-4	24,1	2,2	19,8	53,9	0,0
ATAR-5	20,2	0,0	15,9	64,0	0,0
ATAR-6	24,3	0,0	17,9	57,8	0,0
ATAR-7	31,4	0,0	19,5	49,1	0,0
ATAR-8	30,1	0,0	17,5	52,3	0,0
ATAR-9	34,0	0,0	22,2	30,0	13,7
ATAR-10	27,3	1,2	17,9	53,5	0,0
ATAR-11	27,7	1,2	17,6	53,6	0,0
ATAR-12	28,1	1,3	18,0	52,6	0,0
ATAR-13	24,6	0,0	19,8	55,6	0,0
ATAR-14	25,9	0,0	17,2	56,9	0,0
ATAR-15	30,9	0,0	26,7	42,5	0,0
ATAR-16	32,9	0,0	27,8	21,9	17,4
ATAR-17	28,9	2,4	23,9	44,8	0,0
ATAR-18	30,1	2,9	25,0	42,0	0,0
ATAR-19	29,1	5,4	25,6	39,9	0,0
ATAR-20	21,0	2,7	20,9	55,3	0,0
ATAR-21	28,1	1,3	24,4	46,1	0,0
ATAR-22	26,0	0,0	21,4	52,7	0,0
ATAR-23	27,2	1,1	22,0	49,8	0,0
ATAR-24	31,1	0,0	18,8	50,1	0,0
ATAR-25	27,5	0,0	13,9	58,7	0,0
ATAR-26	35,4	0,0	29,0	25,0	10,6
ATAR-27	25,0	0,0	15,7	59,3	0,0
ATAR-28	28,8	0,0	19,5	51,8	0,0
ATAR-29	25,3	0,0	14,7	60,0	0,0
ATAR-30	35,9	0,0	23,6	26,6	13,8
ATAR-31	29,6	0,0	17,2	53,2	0,0
ATAR-32	29,2	0,0	33,0	25,6	12,2
ATAR-33	33,1	0,0	21,9	29,9	15,1
ATAR-34	28,2	0,0	24,3	47,5	0,0
ATAR-35	20,9	0,0	22,2	56,9	0,0
ATAR-36	27,8	0,0	25,0	47,3	0,0
ATAR-37	23,0	0,0	17,8	59,2	0,0
ATAR-38	32,0	0,0	22,4	45,6	0,0
ATAR-39	31,5	0,0	20,6	48,0	0,0
ATAR-40	24,6	0,0	19,2	56,1	0,0
ATAR-41	32,2	0,0	18,3	49,5	0,0
ATAR-42	31,4	0,0	19,0	49,6	0,0
ATAR-43	29,7	0,0	25,6	44,7	0,0
ATAR-44	34,0	0,0	18,5	47,6	0,0
ATAR-45	30,7	0,0	19,5	49,8	0,0
ATAR-46	30,7	0,0	18,2	51,2	0,0



**Şekil 4. 7.** Alacağzı Formasyonu şeyllerinin mineral yüzde bolluk değerlerinin TOK ile değişimi .



Alacağzı Formasyonu şeylerinde kayaç bileşimindeki mineral yüzdesi ile TOK korelasyonunda, toplam organik karbon içeriği ve mineral ilişkileri arasında belirgin bir bağıntı gözlenmemiştir.

#### 4.3.2. XRD Kil Fraksiyonu Analizi Sonuç ve Değerlendirmeleri

Alacağzı kesitinden alınan örneklerde illit minerali yoğunluktadır. İllit minerali, klorit minerali ile birlikte yer almaktadır. ATAR-3, ATAR-9, ATAR-16, ATAR-26, ATAR-30, ATAR-32 ve ATAR-33 örneklerinde illit minerali tespit edilememiştir. Alacağzı ölçülü stratigrafik kesitinden alınan örneklerde ortalama yüzde illit oranı 35,6 olarak hesaplanmıştır. Ortalama klorit oranı ise %18 olarak tespit edilmiştir. Alacağzı şeylerinde kaolinit minerali ise yalnızca ATAR-2 numaralı örnekte tespit edilmiş olup tüm örnekler içerisinde % 4,3 oranında bulunmaktadır. Alacağzı formasyonu şeylerinden alınan örneklerde XRD kil fraksiyon analizi sonucu tespit edilen mineraller Çizelge 4.4'te verilmiştir.

**Çizelge 4. 4.** Alacağzı Formasyonu şeyllerinden alınan örneklerde XRD kil fraksiyon analizi sonucu tespit edilen mineraller.

Örnek No	İllit (%)	Klorit (%)	Kaolinit (%)	Örnek No	İllit (%)	Klorit (%)	Kaolinit (%)
ATAR-1	36,3	22,8		ATAR-24	37,3	12,8	
ATAR-2	35,0	22,4	4,3	ATAR-25	41,1	17,6	
ATAR-3		33,9		ATAR-26		25	
ATAR-4	28,8	25,1		ATAR-27	39	20,3	
ATAR-5	43,0	21,0		ATAR-28	41,1	10,7	
ATAR-6	43,0	14,8		ATAR-29	41,5	18,5	
ATAR-7	35,6	13,5		ATAR-30		26,6	
ATAR-8	38,9	13,4		ATAR-31	38,7	14,5	
ATAR-9		30,0		ATAR-32		25,6	
ATAR-10	39,6	13,9		ATAR-33		29,9	
ATAR-11	39,6	14,0		ATAR-34	31	16,5	
ATAR-12	28,8	23,8		ATAR-35	33,3	23,6	
ATAR-13	34,0	21,6		ATAR-36	32,3	15	
ATAR-14	41,7	15,2		ATAR-37	37,1	22,1	
ATAR-15	25,7	16,8		ATAR-38	33,6	12	
ATAR-16		21,9		ATAR-39	37	11	
ATAR-17	30,3	14,5		ATAR-40	35,7	20,4	
ATAR-18	27,3	14,7		ATAR-41	38	11,5	
ATAR-19	26,6	13,3		ATAR-42	37,9	11,7	
ATAR-20	34,3	21,0		ATAR-43	33,3	11,4	
ATAR-21	29,3	16,8		ATAR-44	35,5	12,1	
ATAR-22	37,8	14,9		ATAR-45	37,3	12,5	
ATAR-23	32,5	17,3		ATAR-46	39,1	12,1	

Çalışma alanından alınan örnekler üzerinde yapılan XRD kil fraksiyon analizlerinde simektit mineraline rastlanılmamıştır. Bu durum birçok nedenle açıklanabilmektedir. Bilindiği üzere kil mineralleri derin gömülme diyajenezi sürecinde meydana gelen fiziksel ve kimyasal etkenlere duyarlıdır [112]. Simektit mineralleri tabakalı yapıda olmalarından ötürü bünyelerindeki suyu artan gömülme ile dışarı atmaktadır. Weaver [113], Paleozoyik şeyllerinin neredeyse tümüyle klorit ve illit türünde olduğunu, genç kayaların ise kaolinit ve simektitçe daha zengin olduğunu belirtmektedir [114].

Kil mineralleri tabakaları arasında  $K^+$  ve  $Mg^{++}$  gibi iyon adsorbsiyonu da illit-simektit (I-S) dönüşümünün etkenlerinden birisidir. Bu dönüşümün en önemli üç değişkeni, sıcaklık, zaman ve  $K^+$  adsorbsiyonudur. Literatürde simektit-illit dönüşümü hakkında birçok görüş mevcuttur. Bazı araştırmacılar simektitin illite dönüşümü için gerekli olan Al mineralinin K-feldspatın çözünmesi değil, simektitin çözünmesinden kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir [115], [116]. Bunun kanıtı olarak da artan derinlik etkisiyle illit/simektitin toplam miktarının artmasını göstermişlerdir. Gharrabi ve Velde [117], İllinois baseninde yapılan en derin kuyulardan bir tanesinde (~2800 m) illit-simektit dönüşümü ile derinliğin etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, derinlik arttıkça illit/simektit serisindeki simektit miktarındaki az oranda düşüş dikkat çekmiş ancak mineralojinin büyük çoğunluğunda bir farklılık tespit edilemediğini (illitçe zengin illit/simektit, iyi kristalize illit ve zayıf kristalize illit) belirtmişlerdir.

F.T. MacKenzie [118], artan diyajenez etkisiyle kayalarda meydana gelen değişimleri incelemiştir. Simektitin illit mineraline dönüşümü 10 000 feet derinlikten daha derinlerde gerçekleşmektedir. Bu durum yaşlı kayalardaki simektit mineralinin kıtlığını da açıklamaktadır.

Dypvik [119], Kuzey Denizi'nde açılan 10 adet kuyudan alınan örnekler üzerinde kil minerali dönüşümleri üzerine çalışmışlardır. Çeşitli dönüşümlerin ortaya konulmasıyla, bu dönüşümlerin jeotermal varyasyonlarla korelasyonu neticesinde birtakım bulgulara ulaşılmıştır. Örneğin, simektit minerali  $65-70^{\circ}C$ 'de kaybolurken, karışık katmanlı illit-simektit kil minerallerindeki dönüşüm  $45^{\circ}C$  ile yaklaşık  $100^{\circ}C$  arasında gözlemlenmektedir. Karışık katmanlı kil minerallerinde  $45-65^{\circ}C$  üzeri sıcaklıklarda, %30 dan daha fazla illit mineralleri bulunurken,  $60-75^{\circ}C$  arası sıcaklıklar ise %50'den daha fazla susuz kafes bölgesi içeren bölgelere doğru bir geçiş zonunu temsil etmektedir.  $80-100^{\circ}C$  üzeri sıcaklıkların, %70'ten daha fazla illitik tabaka içeren karışık katmanlı kil minerallerinin alt sınırı olduğu görülmektedir. Bu çalışma kapsamında, kil minerallerinin dönüşümlerinin önemli ölçüde mesodiyajenetik zon olarak adlandırılan hidrokarbonların büyük çoğunluğunun da olduğu bölgede gerçekleştiği görülmüştür.

### 4.3.3. İllit Kristalinite, Klorit Kristalinite Ve Keskinlik Oranı Sonuç ve Değerlendirmeleri

Termal olgunluk, gaz-şeyl ve şeyl-petrol türetmeye meyilli sahalardaki petrol etkinliğinin tanımlanmasında kullanılan en önemli parametrelerden birisidir. Bu parametrenin elde edilmesinde vitrinit yansıtma değeri sıklıkla kullanılmaktadır. Texas'ta Forth Worth Baseni'nde yer alan Barnett şeyllerinin en yüksek gaz oranlarının >1.4% VRo değerinde olduğu bilinmektedir [120]. Kömürlerde bulunan mikroskobik olarak tanınabilen en küçük organik bileşenler maseral olarak adlandırılmaktadır [121]. Maseraller artan kömürleşme derecesiyle birlikte minerallerde olduğu gibi fiziksel ve kimyasal değişimlere uğramaktadırlar. İllit kristalinitesi, kaynak kaya potansiyeli belirlenmek istenen kayacın vitrinit maserali bulunmadığında organik maddenin evrimi hakkında fikir vermektedir. Termal olgunlaşmanın tayini için illit kristalinitesi kullanılabilir.

İllit kristalinite (IC) yöntemi, 1960'ların başında ilk olarak Amerika (Texas), daha sonra Fransa'da kullanılmıştır. Petrol aramacılığında sıklıkla kullanılan bu yöntem, düşük metamorfizma geçirmiş orojenik kuşaklarda diyajenez evresi ile metamorfizma başlangıcına kadar olan süreçte organik maddenin geçirdiği evrimi anlamaya yardımcı ve petrol aramacılığa büyük katkı sağlamaktadır [122].

Kübler [123]'e göre kristalinite, kristal kafesdeki düzenlenme derecesidir. Ancak bu tanımda düzenlenme derecesinin tam olarak ne anlama geldiğini belirtilmemektedir. İleri diyajenez ve çok düşük dereceli metamorfizmada önemli bir kavram olarak "kristalinite", genellikle herhangi bir maddedeki, kristalin metaryalin miktarını belirlemektedir [124]. Kristalinite terimi çoğunlukla illit için kullanılsa da, klorit, kaolinit veya profillit gibi diğer fillosilikatlar için de kullanılmaktadır. Ancak kristalinite tanımı çoğu araştırmacı tarafından eleştirilmesine rağmen, bu tanımın genel kullanıma yerleşmiş olmasından ötürü kristalinite olarak tanımlanmaya devam edilmiştir. Kisch [125], kristalinite terimini tırnak içinde yazılması önerisini gündeme getirmiş ve terimin bu şekilde kullanımı uygun bulunmuştur [124].

Literatürde birçok kristalinite çeşidi olup bunlardan en çok kullanılan ve bilinen Kübler İndeksi'dir. İleri diyajenez ve çok düşük dereceli metamorfizma koşullarında belirlenebilmektedir. Diğer kullanılmakta olan kristalinite indeksleri, Weaver İndeksi, Weber İndeksi, Flehming İndeksi ve Weber-Dunoyer de Segonzac-Econonou indeksi olarak sıralanabilir.

Weaver [126], illitin 10 Å pikinin keskinliği ile şeyllerin metamorfizma derecesi arasındaki ilişkiyi araştırmış ve keskinlik oranı ile ifade edilen Weaver İndeksini ortaya koymuştur. Bu ölçümde keskinlik oranının artması kristalinitenin artması olarak yorumlanmaktadır. Weaver indeksinde illit mineralinin 10 Å şiddetindeki pik uzunluğunun 10,5 Å şiddetindeki pik uzunluğuna oranı keskinlik oranını ortaya koymaktadır.

Kübler indeksi ilk olarak Kübler tarafından önerilmiş, Kübler [122], Kübler [123] ve Dunoyer de Segonzac ve diğerleri [127] tarafından geliştirilmiştir. Kübler indeksi ilk illit yansımasının yarı yüksekliğindeki genişliği olarak ölçülmektedir. Kübler [122] tarafından belirlenen Çizelge 4.5.'de İllit Kristalinite İndeksi (IC) değerler aralığı verilmiştir.

**Çizelge 4. 5.** Kübler [122] tarafından işaret edilen İllit Kristalinite İndeksi (IC) değer aralıkları.

İllit Kristalinite İndeksi (IC)	
>0,42	Diyajenetik Zon
0,42-0,25	Ankizon
<0,25	Epizon

Weaver ve Kübler indekleriyle tanımlanan illit kristalinite değerleri korelasyonu çalışmalarında, doğrusal olmayan bir grafik elde edilmiştir. Kristalinite korelasyonlarına göre Weaver tarafından önerilen yöntemin metamorfizmaya uğramamış sedimanlarda daha iyi sonuç vereceğinedikkat çekilmiştir. Weaver indeksinde hata oranı daha düşük kristalinite değerlerine (diyajenetik), Kübler indeksinde ise daha yüksek kristalinite değerlerine (epizon) doğru azalmaktadır. Çizelge 4.6.'de Weaver indeksi [126] değerler aralığı verilmiştir.

**Çizelge 4. 6.** Weaver [126] tarafından belirtilen SR değer aralıkları.

<b>Keskinlik Oranı İndeksi (SR)</b>	
<2.3	Diyajenetik Zon
2.3-12.1	Ankizon
>12.1	Epizon

Kaynak kayaçların termal olgunluk derecesini belirlemede en sık kullanılan bir diğer yöntem olan klorit kristalinite (ChC) değeri, kloritin 7Å veya 14Å'deki yarı pik uzunluğunun genişliği hesaplanarak bulunmaktadır [128]. Klorit kristalinitesi konusunda birçok araştırmacının çalışması mevcuttur [129]; [130];[131];[132];[133]. Çalışmalar neticesinde genel olarak klorit kristalinitesi ile illit kristalinitesi arasında doğrusal bir korelasyon gözlemlenmiştir. Bazı çalışmalarda ise, klorit kristalinitesinin illit kristalinitesinden daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Çizelge 4.7.'de 'de Arkai [128] tarafından belirlenen Klorit Kristalinite İndeksi değerleri verilmiştir.

**Çizelge 4. 7.** Arkai [128] tarafından belirlenen Klorit Kristalinite İndeksi değerleri.

<b>Klorit Kristalinite İndeksi (Chc)</b>	
>0.33	Diyajenez
0.33-0.26	Ankizon
<0.26	Epizon

Bu zonların karşılık geldiği kesimlerin karşılık geldiği sıcaklık aralıkları Çizelge 4.8'de Dunayer de Segonzac [127]'tan verilmiştir. Çizelge 4.8'e göre 200 °C'den daha küçük sıcaklıklar diyajenez-katajenez sınırını belirtmektedir. 200-350 °C arası metajenez evresi olup bu sıcaklıklardan daha yüksek sıcaklıklar ise metamorfizma sınırını göstermektedir.

**Çizelge 4. 8.** Dunayer de Segonzac [127]'e göre sıcaklık değerlerine karşı zon sınırları.

<b>Çökelim evresi</b>	<b>Sıcaklık Aralıkları (°C)</b>	<b>Zon Sınırları</b>
Diyajenez-Katajenez	<200 °C	Diyajenetik zon
Metajenez	200 °C-350 °C	Ankizon
Metamorfizma	>350 °C	Epizon

Alacağzı formasyonu ölçülü stratigrafik kesitinden alınan 46 adet örneğin 28 tanesinde kil fraksiyonu analizleri yapılmıştır. Analizlerden elde edilen difraktogramlar, IC, SR ve Chc kristalinite hesaplarına göre yorumlanmıştır. Alacağzı formasyonu şeyllerinin IC, SR ve Chc değerleri Çizelge 4.9'da yer almaktadır.

Çizelge 4. 9. Alacağızı Formasyonu şeyllerinin IC, SR ve Chc değerleri.

Örnek No	IC	SR	Chc
ATAR-1	0,28	Ankizon	8,22
ATAR-2	0,25	Ankizon	8,13
ATAR-4	0,25	Ankizon	8,66
ATAR-6	0,28	Ankizon	4,16
ATAR-7	0,25	Ankizon	14,00
ATAR-8	0,20	Epizon	17,00
ATAR-10	0,25	Ankizon	6,75
ATAR-12	0,20	Epizon	13,50
ATAR-13	0,25	Ankizon	7,42
ATAR-14	0,22	Epizon	22,00
ATAR-15	0,20	Epizon	19,20
ATAR-18	0,20	Epizon	32,00
ATAR-21	0,20	Epizon	15,66
ATAR-26	0,25	Ankizon	12,00
ATAR-27	0,25	Ankizon	20,50
ATAR-28	0,22	Epizon	11,66
ATAR-29	0,25	Ankizon	11,42
ATAR-32	0,20	Epizon	14,00
ATAR-33	0,16	Epizon	12,00
ATAR-34	0,20	Epizon	20,00
ATAR-36	0,28	Ankizon	40,00
ATAR-38	0,20	Epizon	14,00
ATAR-39	0,25	Ankizon	6,60
ATAR-40	0,25	Ankizon	16,00
ATAR-41	0,22	Epizon	22,00
ATAR-42	0,25	Ankizon	16,00
ATAR-44	0,25	Ankizon	10,50
ATAR-46	0,20	Epizon	14,00



Çizelge 4.9’da sunulan değerlere göre Alacaağzı Formasyonu şeyllerinin illit kristalinite değerleri (IC) 0,16-0,28 aralığında olup Kübler indeksine göre Alacaağzı Formasyonu şeylleri %54 Ankizon ve %46 Epizon olarak belirlenmiştir. Alacaağzı Formasyonu organik maddece zengin zonunda yapılmış örneklerde ise IC değerleri 0,16-0,25 aralığında olup Kübler indeksine göre %50 Ankizon ve %50 Epizon olarak belirlenmiştir. Alacaağzı Formasyonu şeyllerinin Weaver indeksi (SR) hesaplamalarına göre elde edilen değerler 4,16-40 aralığında olup, %43 Ankizon ve %57 Epizon sınırına tekabül etmektedir. Organik maddece zengin zonda ise SR değerleri 11,42-20,5 aralığında olup %67 Ankizon-%33 Epizon sınırındadır. Klorit kristalinite değerleri ise 0,20-0,35 aralığında hesaplanmıştır. Yalnızca ATAR-1 numaralı örnek diyajenetik sınırdan hesaplanmış olup geri kalan örnekler %64 Ankizon ve %36 Epizon olarak belirlenmiştir. Organik maddece zengin zonda ise Chc değerleri 0,25-0,30 aralığında olup %83 Ankizon ve %17 Epizon olarak belirlenmiştir.

Tüm bu değerlendirmelere göre, Alacaağzı Formasyonu şeyllerinin geçmişte maruz kaldığı en yüksek sıcaklığın 110 °C olarak belirlendiği göz önüne alınırsa Alacaağzı Formasyonu şeyllerinin ‘*Diyajenetik zon*’da yer alması gerekmektedir. Oysa, kristalinite değerlendirmelerine göre Alacaağzı Formasyonu şeylleri büyük çoğunlukla Ankizon-Epizon sınırında belirlenmiştir.

Kil fraksiyonlarının X-RD difraktogramlarından ölçülen değerlerden itibaren hesaplanan değerler ile Alacaağzı Formasyonu şeyllerinin gömülme sıcaklığının birbirleri ile uyumluluk göstermemesinin nedeni olarak, formasyondaki şeyl birimlerinin içerisinde yer alan kil minerallerinin otijenik olmaması ile ilişkilendirilebilir. Bu da, Alacaağzı Formasyonunu oluşturan şeyllerin içerisindeki kil minerallerinin daha erken bir sedimanter çevrim daha geçirdiklerini ve Ankizon-Epizon düzeyindeki sıcaklıklarda gömülme sıcaklığına ulaştıklarının göstergesidir. Alacaağzı formasyonu şeyllerinin egemen kil minerali olan illitlerin otijenik veya allojenik olarak oluştuğuna ilişkin sağlıklı bir bilgi ancak provenans çalışması yapılarak elde edilebilir.

#### 4.4. Gaz Kromatografi Sonuç ve Değerlendirmeleri

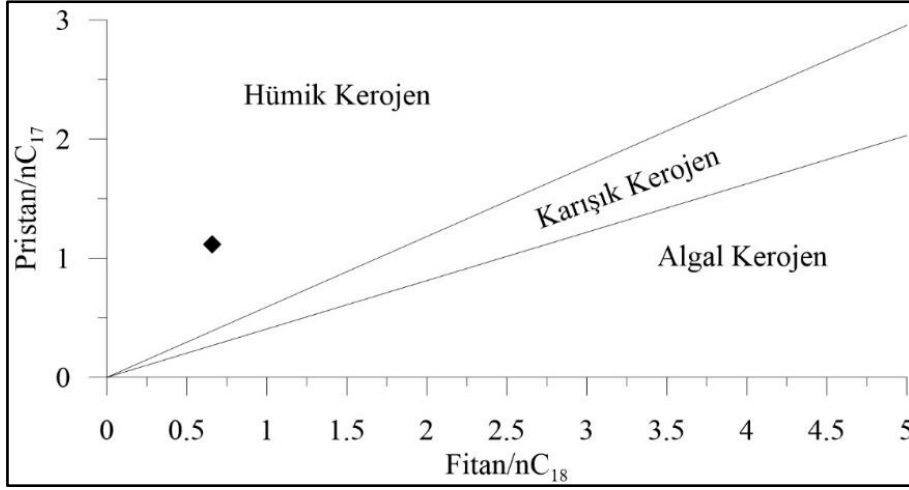
Batı Karadeniz bölgesinde bulunan Bartın ili Amasra ilçesi Tarlaağızı yöresinden alınan 46 örnek için yapılan Rock-Eval analizi sonrasında 0,15 (mg HC/ g kaya) S<sub>1</sub> değeri en yüksek olan ATAR-41 örneği gaz kromatogramı analizi için seçilmiştir. Sohlet yöntemi ile özüt alınabilecek tek örnek olduğu için sadece bu örnek üzerinde analiz yapılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında ATAR-41 numaralı örneğin gaz kromatografi analizi TPAO Araştırma laboratuvarındaki Agilent 6890N, 6850 cihazında gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analiz sonrasında gaz kromatogramından Pristan değeri 8,28, Fitan değeri 7,28 olarak ölçülmüş Ph/Pr oranı ise 0,88 olarak hesaplanmıştır. Pr/nC<sub>17</sub> ve Ph/nC<sub>18</sub> değerleri ise sırası ile 1,12 ve 0,66 olarak hesaplanmıştır. Gaz kromatografi analizinden itibaren ölçülen değerler ve hesaplanan parametreler Çizelge 4.10'da verilmiştir.

**Çizelge 4. 10.** Tarlaağızı kesiti ATAR-41 örneğine ait gaz kromatogramından hesaplanan parametreler.

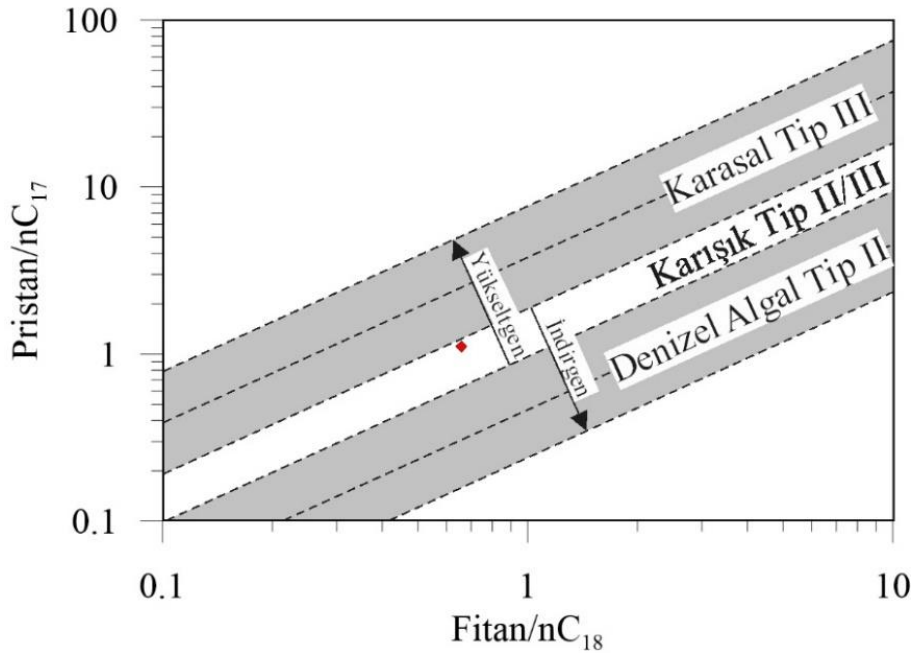
Örnek No	Pristan (Pr)	Fitan (Ph)	nC <sub>17</sub>	nC <sub>18</sub>	Ph/Pr	Pr/nC <sub>17</sub>	Ph/nC <sub>18</sub>
ATAR-41	8,28	7,28	7,41	11,05	0,88	1,12	0,66

Unimodal dağılım gösteren gaz kromatogramı sonuçlarında tek numaralı n-alkanlar çift numaralılara göre daha baskındır. Alacağızı formasyonunun gösterdiği 1'den daha yüksek belirlenen Pr/Ph oranı (1,14) anoksik olmayan, muhtemelen sub-oksik çökel şartlarını göstermektedir. Alacağızı Formasyonu'ndan alınan ATAR-41 numaralı örneğin Pristan/nC<sub>17</sub> ve Fitan/nC<sub>18</sub> oranı ve kerojen tipi ilişkisi Şekil 4.8'de yer almaktadır.

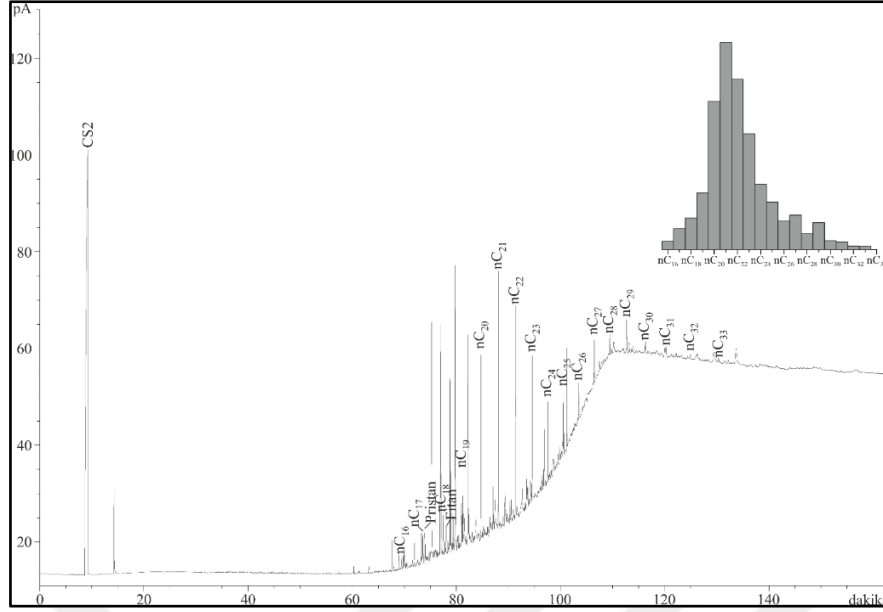


**Şekil 4. 8.** Alacağzı Formasyonu'ndan alınan ATAR-41 numaralı örneğin Pristan/nC<sub>17</sub> ve Fitan/nC<sub>18</sub> oranı ve kerojen tipi ilişkisi [134].

Alacağzı Formasyonu'ndan alınan ATAR-41 numaralı örnek Pristan/nC<sub>17</sub> ve Fitan/nC<sub>18</sub> diyagramında hümkik kerojen olarak temsil edilmektedir. Atar-41 numaralı örneğin Pristan/nC<sub>17</sub> ve Fitan/nC<sub>18</sub> diyagramında karışık Tip II/Tip III kerojen eğiliminde olduğu görülmektedir. Şekil 4.9'da Pristan/nC<sub>17</sub> ve Fitan/nC<sub>18</sub> diyagramında [135] ATAR-41 numaralı örneğe ait özütün kerojen tipi tayini yer almaktadır. ATAR-41 numaralı örneğin gaz kromatogram ve n-alkan frekans dağılımları ise Şekil 4.10'da verilmiştir.



**Şekil 4. 9.** Pristan/nC<sub>17</sub> ve Fitan/nC<sub>18</sub> diyagramında [135] ATAR-41 numaralı örneğe ait özütün kerojen tipi tayini.



Şekil 4. 10. ATAR-41 numaralı örneğin gaz kromatogram ve n-alkan frekans dağılımları.

#### 4.5. Alacağzı Formasyonu Şeyllerinin Şeyl Gazı Potansiyelini Belirlemeye Yönelik Hesaplanan Parametreler

##### 4.5.1. HI<sub>o</sub> (Orijinal Hidrojen İndeksi)

Kaynak kaya olgunlaştıkça HI değeri azalmaktadır. Dolayısıyla HI<sub>pd</sub> olarak da tanımlanabilen HI değeri orjinal kerojen tipini göstermemektedir. HI indeksi, olgunlaşmamıştan erken olgun seviyeyi kadar termal olgunluk verisi olarak doğru sonuçlar vermektedir [95]. Görsel kerojen değerlendirmelerinden itibaren hesaplanan ve orijinal hidrojen indeksi değerini belirtilen HI<sub>o</sub>, kerojen tipini tanımlamayı sağlamaktadır. Bu amaçla, HI<sub>o</sub> değeri kaynak kayacın görsel kerojen değerlendirmesinden itibaren maseral yüzdeleri ortaya konularak aşağıdaki formülizasyon kullanılarak hesaplanmaktadır [136].

$$HI_o = \left( \frac{\%Tip I}{100} \times 750 \right) + \left( \frac{\%Tip II}{100} \times 450 \right) + \left( \frac{\%Tip III}{100} \times 125 \right) + \left( \frac{\%Tip IV}{100} \times 50 \right)$$

Alacağzı şeylleri Rock-Eval piroliz analizinden elde edilen S<sub>2</sub>-TOK ve HI-T<sub>max</sub> diyagramlarına göre çalışılan şeyllerin bugün itibari ile Tip III karakterde olduğu görülmektedir. Gaz kromatogram sonuçlarına göre ise, Alacağzı şeylleri karışık Tip II/III karakterdedir. İlaveten bu şeyllerin sığ denizel şelf ortamında çökdikleri bilindiğinden, bu bilgilerden yola çıkarak orijinal hidrojen indeksi hesaplamalarında Alacağzı şeylleri %50

Tip II- %50 Tip III, %25 Tip II-%75 Tip III ve %10 Tip I- %90 Tip III olarak üç farklı alternatif durumla çalışılmıştır. Alacaağzı şeyleri, %50 Tip II ve %50 Tip III olarak kabul edildiğinde  $HI_o$  değeri 288 mg HC/g TOC, %25 Tip II ve %75 Tip III olarak kabul edildiğinde 206 mg HC/g TOC ve %10 Tip I ve %90 Tip III olarak kabul edildiğinde ise 158 mg HC/g TOC olarak hesaplanmaktadır. Bu varsayıma göre Alacaağzı şeyleri  $HI_o$  değerinin 158-288 mg HC/g TOK aralığında olduğu görülmektedir. Alacaağzı Formasyonu şeylerinin  $HI_o$  değer aralıkları Çizelge 4.11’de yer almaktadır.

**Çizelge 4. 11.** Alacaağzı formasyonu şeylerinin  $HI_o$  değer aralıkları.

$HI_o$	%50 Tip II	%25 Tip II	%10 Tip II
	%50 Tip III	%75 Tip III	%90 Tip III
	288 mg HC/g TOC	206 mg HC/g TOC	158 mg HC/g TOC

#### 4.5.2. $T_{max}$ parametresinden $R_o$ parametresi Hesaplanması

Jarvie ve diğ. [95],  $T_{max}$  bazlı vitrinit yansıtması değerini ortaya koymuşlardır. Termal olgunluğun göstergesi olan  $T_{max}$  parametresi kinetik olarak vitrinit yansıtması değeri ile kontrol edilmektedir. Vitrinit yansıtması değeri kerojen tipleri ile farklılık göstermekte olup, Tip I kerojene sahip kaynak kayalarda bu dönüşüm formülünün sağlıklı yanıt vermediği belirtilmektedir. Vitrinit yansıtması Tip III ve karışık Tip II/III şeylerinde yoğun olarak kullanılan bir olgunlaşma parametresi göstergesidir. Kömürsü ve karasal organik maddeler vitrinit maserallerince zengin olup, TOK ve piroliz gibi jeokimyasal analizlerle diğer parametrelere geçiş sağlamak ve bir yaklaşım metodu olarak kullanılmaktadır. Jarvie [95],  $R_o$  değerinin aşağıdaki eşitlikle hesaplanabileceğini belirtmiştir. Vitrinit yansıtmasından hesaplanan olgunluk değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir [109].

$$T_{max} \text{ bazlı } R_o \text{ değeri} = (0.0180 \times T_{max}) - 7.16$$

**Çizelge 4. 12.** Vitrinit yansıtmasından hesaplanan olgunluk değerleri [109].

%R <sub>0</sub>	Olgunluk
<0,60	Olgunlaşmamış
0,60-1,00	Petrol Penceresi
1,00-1,40	Kondanseyt-Israk gaz penceresi
<1,40	Kuru gaz Penceresi

Alacağzı formasyonundan alınan 46 adet örneğin T<sub>max</sub> bazlı vitrinit yansıtma değeri (%R<sub>0</sub>) 0,54-0,83 aralığında değişmektedir. Örneklerin ortalama R<sub>0</sub> değeri %0,73 olup, Jarvie [109]'e göre örneklerin petrol penceresinde olduğunu görülmektedir.

#### 4.5.3. Transformasyon Oranı

Peters ve diğ. [101], transformasyon oranını olgunlaşma öncesi bir numunenin orijinal hidrokarbon potansiyeli ile hesaplanan hidrokarbon potansiyelinin orijinal hidrokarbon potansiyeline bölümü arasındaki farkı ifade etmek için kullanmışlardır.

Jarvie ve diğ. [136], 2007 yılında organik madde verimindeki değişimlerin direk olarak hesaplanabileceği organik madde dönüşümünü ifade eden transformasyon oranını ortaya koymuşlardır. Kaynak kayadaki organik madde dönüşümü yüksek olgunluktan düşük olgunluğa kadar transformasyon oranındaki değişimlerle ifade edilmektedir. Transformasyon oranı TR<sub>HI</sub> sembolü ile gösterilmekte olup aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır [136].

$$TR_{HI} = 1 - \frac{HI_{pd} [1200 - HI_o (1 - PI_o)]}{HI_o [1200 - HI_{pd}(1 - PI_{pd})]}$$

Alacağzı şeylerinde transformasyon oranı %60-90 aralığında olup ortalama TR<sub>HI</sub> değeri %78 hesaplanmıştır. Jarvie [109]'ye göre organik madde dönüşümü %80-90 aralığında tamamlanmış ise şeyl gaz potansiyeli bakımından iyi risk anlamı taşımaktadır. Alacağzı şeyleri %79 oranında organik madde dönüşümü ile Jarvie [109]'e göre öncelikli olarak gaz eğiliminde hesaplanmıştır.

#### 4.5.4. Toplam Orijinal Organik Karbon (TOC<sub>o</sub>)

Hidrokarbon üretim kapasitesi, termal olgunluğa ulaşmayan kaynak kayalarda orijinal TOC<sub>o</sub> miktarı ve HI<sub>o</sub> kalitesi ile ölçülmektedir [101]. Düşük ısısal olgunluktaki kayalarda transformasyon oranı ve orijinal hidrojen indeksinin hesaplanmasından sonra toplam organik karbon hesaplaması yapılmaktadır.

Alacağzı Formasyonu şeyllerinin TOC<sub>o</sub> değerleri iki farklı TOC eşitliği ile hesaplanmıştır. <sup>1</sup>TOC<sub>o</sub> ve <sup>2</sup>TOC<sub>o</sub> olarak hesaplanan ilksek toplam organik karbon değerlerinden <sup>1</sup>TOC<sub>o</sub> hesaplanırken transformasyon oranı (TR<sub>HI</sub>), <sup>2</sup>TOC<sub>o</sub> hesaplanırken fractional ratio (f) parametresi kullanılmıştır. Bu iki parametre literatürde esasen aynı anlamı taşımakta olup, hesaplamalar sonucu birbirine yakın fakat farklı değerler vermişlerdir. Aşağıdaki eşitlik Peters ve diğerleri [101]'ten alınmıştır.

$$TOC_o = \frac{HI_{pd} \left( \frac{TOC_{pd}}{1+k} \right) 83,33}{\left[ HI_o (1 - TR_{HI}) \left( 83,33 - \left( \frac{TOC_{pd}}{1+k} \right) \right) \right] - \left[ HI_{pd} \left( \frac{TOC_{pd}}{1+k} \right) \right]}$$

Birinci eşitlikte, 83,33 hidrokarbonlar içerisindeki ortalama karbon içeriğini göstermektedir. Düzeltme faktörü, k, rezidüel organik karbon bazlı ve yüksek olgunluk değerlerinde karbonca zenginleştirilmiş bir katsayıdır [137]. Düzeltme faktörü TR<sub>HI</sub>×C<sub>R</sub> eşitliğinden bulunabilmektedir. C<sub>R</sub>, rezidüel organik karbon ve piroliz sonrası kalan karbonun yüzde olarak ifadesidir [109].

Alacağzı Formasyonu şeyllerinin TOC<sub>o</sub> değerleri ikincil olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır. Fractional ratio (f), petrolden gaza dönüşümde fraksiyonel dönüşüm değerini temsil etmektedir. Aşağıdaki eşitlik Peters ve diğ. [101]'den alınmıştır.

$$TOC_o = \frac{HI_{pd} (TOC_{pd})(83,33)}{HI_o(1 - f)(83,33 - TOC_{pd}) - HI_{pd}(TOC_{pd})}$$

Claypool ve Mancini [138] tarafından ifade edilen transformasyon oranı (f) de aynı dönüşümü ifade etmektedir. <sup>1</sup>TOC<sub>o</sub> ve <sup>2</sup>TOC<sub>o</sub> değeri hesaplanırken kullanılan TR<sub>HI</sub> ve f parametreleri Çizelge 4.13'te verilmiştir. Alacağzı formasyonu şeyllerinin TOC<sub>pd</sub>, <sup>1</sup>TOC<sub>o</sub> ve <sup>2</sup>TOC<sub>o</sub> değerleri ise Çizelge 4.14'te yer almaktadır.

$$f = 1 - \frac{HI_{pd} \left[ 1200 - \frac{HI_o}{1 - PI_o} \right]}{HI_o \left[ 1200 - \frac{HI_{pd}}{1 - PI_{pd}} \right]}$$

**Çizelge 4. 13.** <sup>1</sup>TOC<sub>o</sub> ve <sup>2</sup>TOC<sub>o</sub> değeri hesaplanırken kullanılan TR<sub>HI</sub> ve *f* parametreleri.

Örnek No	TR <sub>HI</sub>	<i>f</i>	Örnek No	TR <sub>HI</sub>	<i>f</i>
ATAR-1	0,81	0,81	ATAR-24	0,75	0,76
ATAR-2	0,79	0,80	ATAR-25	0,67	0,68
ATAR-3	0,81	0,81	ATAR-26	0,87	0,87
ATAR-4	0,86	0,86	ATAR-27	0,72	0,73
ATAR-5	0,84	0,84	ATAR-28	0,83	0,83
ATAR-6	0,74	0,74	ATAR-29	0,66	0,67
ATAR-7	0,75	0,75	ATAR-30	0,75	0,75
ATAR-8	0,76	0,76	ATAR-31	0,74	0,74
ATAR-9	0,83	0,83	ATAR-32	0,77	0,77
ATAR-10	0,81	0,81	ATAR-33	0,71	0,71
ATAR-11	0,84	0,84	ATAR-34	0,85	0,85
ATAR-12	0,82	0,83	ATAR-35	0,91	0,91
ATAR-13	0,79	0,80	ATAR-36	0,88	0,88
ATAR-14	0,80	0,80	ATAR-37	0,90	0,90
ATAR-15	0,83	0,83	ATAR-38	0,79	0,80
ATAR-16	0,85	0,85	ATAR-39	0,78	0,78
ATAR-17	0,85	0,85	ATAR-40	0,81	0,81
ATAR-18	0,77	0,77	ATAR-41	0,67	0,67
ATAR-19	0,84	0,84	ATAR-42	0,76	0,76
ATAR-20	0,79	0,79	ATAR-43	0,78	0,78
ATAR-21	0,78	0,78	ATAR-44	0,79	0,79
ATAR-22	0,83	0,83	ATAR-45	0,61	0,61
ATAR-23	0,81	0,81	ATAR-46	0,71	0,71

TR<sub>HI</sub>: Transformasyon oranı

*f*: Fraksiyonel oran



**Çizelge 4. 14.** Alacağzı Formasyonu şeyllerinin  $TOC_{pd}$ ,  ${}^1TOC_0$  ve  ${}^2TOC_0$  değerleri.

Örnek No	TOK	${}^1TOC_0$	${}^2TOC_0$	Örnek No	TOK	${}^1TOC_0$	${}^2TOC_0$
ATAR-1	0,39	0,35	0,46	ATAR-24	0,57	0,47	0,67
ATAR-2	0,72	0,55	0,85	ATAR-25	0,54	0,46	0,62
ATAR-3	0,48	0,41	0,57	ATAR-26	0,71	0,53	0,85
ATAR-4	0,40	0,36	0,48	ATAR-27	0,84	0,62	0,98
ATAR-5	0,38	0,34	0,45	ATAR-28	0,55	0,45	0,65
ATAR-6	0,39	0,36	0,45	ATAR-29	0,87	0,65	1,01
ATAR-7	0,58	0,48	0,68	ATAR-30	0,57	0,47	0,67
ATAR-8	0,77	0,58	0,91	ATAR-31	0,76	0,58	0,89
ATAR-9	0,49	0,41	0,58	ATAR-32	0,82	0,60	0,97
ATAR-10	0,55	0,45	0,65	ATAR-33	0,82	0,61	0,96
ATAR-11	0,46	0,39	0,55	ATAR-34	0,19	0,19	0,22
ATAR-12	0,48	0,41	0,57	ATAR-35	0,18	0,18	0,22
ATAR-13	0,65	0,51	0,77	ATAR-36	0,2	0,20	0,24
ATAR-14	0,45	0,39	0,53	ATAR-37	0,25	0,24	0,30
ATAR-15	0,44	0,39	0,52	ATAR-38	0,47	0,41	0,55
ATAR-16	0,42	0,37	0,50	ATAR-39	0,51	0,43	0,60
ATAR-17	0,41	0,36	0,49	ATAR-40	0,48	0,41	0,57
ATAR-18	0,52	0,44	0,61	ATAR-41	0,54	0,47	0,62
ATAR-19	0,38	0,34	0,45	ATAR-42	0,52	0,44	0,61
ATAR-20	0,43	0,38	0,50	ATAR-43	0,51	0,43	0,60
ATAR-21	0,36	0,33	0,42	ATAR-44	0,45	0,39	0,53
ATAR-22	0,41	0,36	0,49	ATAR-45	1,75	1,01	2,05
ATAR-23	0,38	0,34	0,45	ATAR-46	0,38	0,35	0,44

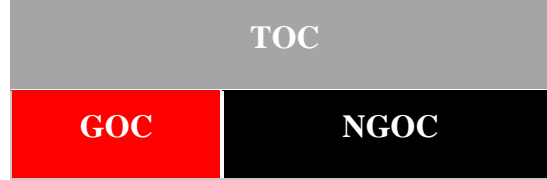
${}^1TOC_0$ : Jarvie vd. (2007)'den alınmıştır.

${}^2TOC_0$ : Peters vd. (2004)'den alınmıştır.

Alacağzı Formasyonu ilksel organik karbon hesaplamasında Jarvie ve diğ. [136] eşitliği kullanılarak hesaplanan sonuçlara göre organik maddenin etkinliğine ilişkin gerçekçi bir yaklaşıma varılamamıştır. Çizelge 4.14'te gösterilen sonuçlarda verildiği üzere orijinal organik karbon değerlerinin büyük çoğunluğunun güncel organik karbondan daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır.

#### 4.5.5. Üretken Organik Karbon (Generative Organic Carbon) ve Üretken Olmayan Organik Karbon (Non-Generative Organik Karbon)

Jarvie [139], toplam organik karbonun üretken organik karbon (GOC) ile üretken olmayan organik karbondan (NGOC) oluştuğunu belirtmişlerdir. Toplam organik karbon (TOC), üretken organik karbon (GOC) ve üretken olmayan organik karbon (NOGC)'nin şematik gösterimi Şekil 4.11'de yer almaktadır.



**Şekil 4. 11.** Toplam organik karbon (TOC), üretken organik karbon (GOC) ve üretken olmayan organik karbon (NOGC)'nin şematik gösterimi [139].

HIo'ın bilinmesi durumunda üretken organik karbon şu eşitlikle hesaplanabilmektedir.

$$\text{GOC \% of TOC} = (\text{HI}_o / 1177) \times 100$$

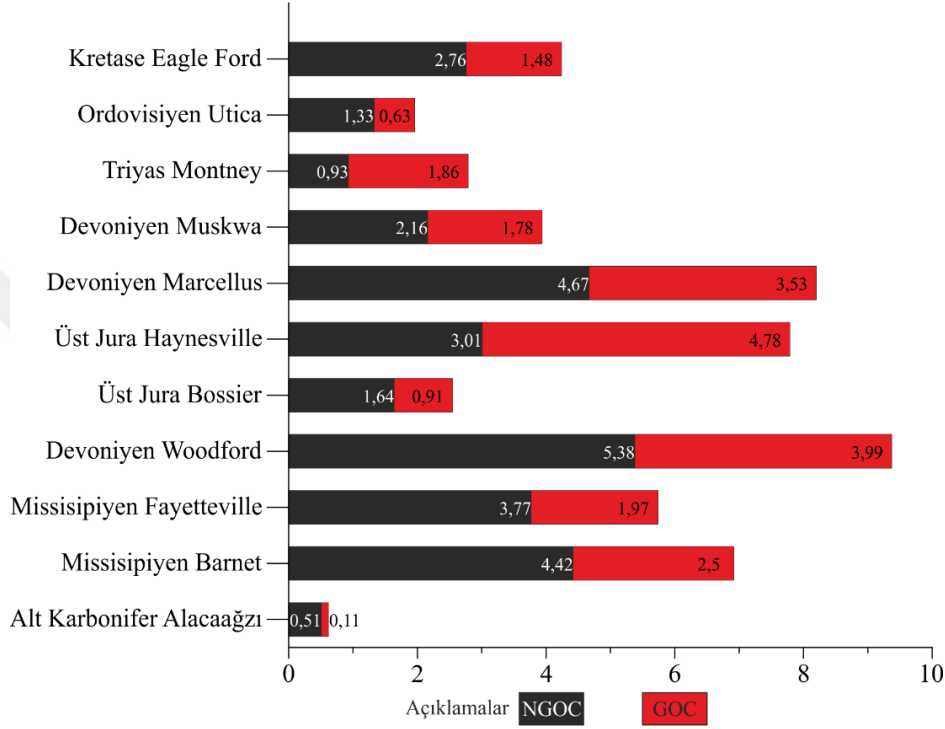
Alacağzı Formasyonu şeyllerinin üretken karbon potansiyeli yüzdesi bu eşitliğe göre %17,5 olarak hesaplanmıştır. Alacağzı Formasyonu şeylleri için hesaplanan en küçük ve en büyük GOC değerleri sırasıyla 0,01 (ATAR-1) ve 0,36 (ATAR-45) olarak hesaplanmış olup ortalama GOC değeri 0,11 olarak belirlenmiştir. Alacağzı Formasyonu şeylleri için hesaplanan en küçük ve en büyük NGOC değerleri ise sırasıyla 0,04 (ATAR-1) ve 1,70 (ATAR-45) olup ortalama NOGC değeri 0,52 olarak hesaplanmıştır.

Alacağzı Formasyonu şeyllerinin TOK ile GOC ve NGOC değişim değerleri Çizelge 4.15'te yer almaktadır.

**Çizelge 4. 15.** Alacaazgı Formasyonu şeyllerinin TOK ile GOC ve NOGC değişim değerleri.

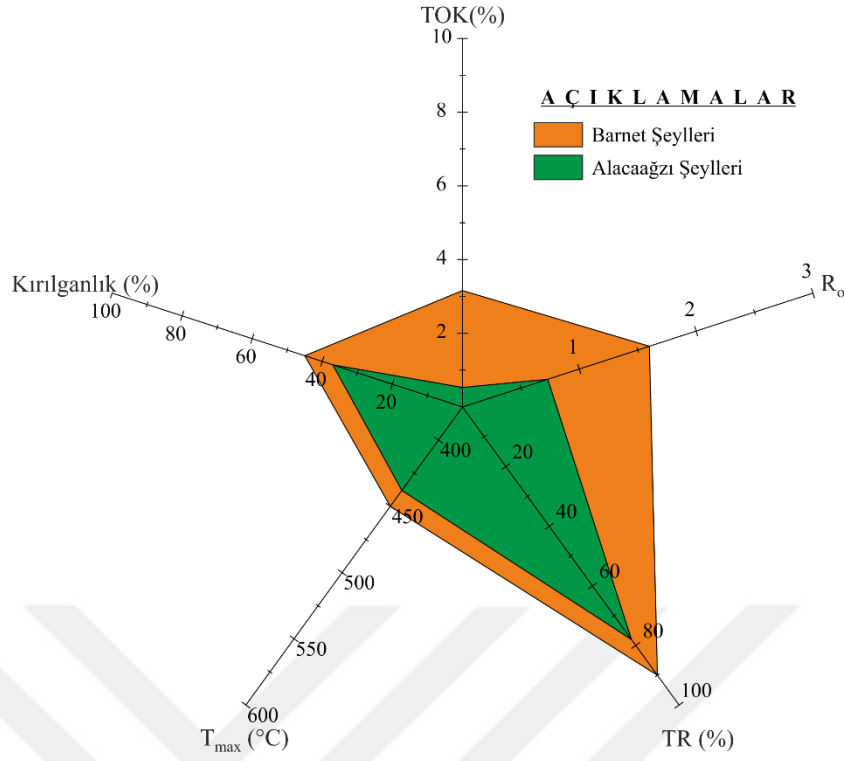
Örnek No	TOK <sub>0</sub>	GOC	NOGC	Örnek No	TOK <sub>0</sub>	GOC	NOGC
ATAR-1	0,46	0,08	0,38	ATAR-24	0,67	0,12	0,55
ATAR-2	0,85	0,15	0,70	ATAR-25	0,62	0,11	0,51
ATAR-3	0,57	0,10	0,47	ATAR-26	0,85	0,15	0,71
ATAR-4	0,48	0,08	0,39	ATAR-27	0,98	0,17	0,81
ATAR-5	0,45	0,08	0,37	ATAR-28	0,65	0,11	0,54
ATAR-6	0,45	0,08	0,37	ATAR-29	1,01	0,18	0,83
ATAR-7	0,68	0,12	0,56	ATAR-30	0,67	0,12	0,55
ATAR-8	0,91	0,16	0,75	ATAR-31	0,89	0,16	0,74
ATAR-9	0,58	0,10	0,48	ATAR-32	0,97	0,17	0,80
ATAR-10	0,65	0,11	0,54	ATAR-33	0,96	0,17	0,79
ATAR-11	0,55	0,10	0,45	ATAR-34	0,22	0,04	0,19
ATAR-12	0,57	0,10	0,47	ATAR-35	0,22	0,04	0,18
ATAR-13	0,77	0,13	0,63	ATAR-36	0,24	0,04	0,20
ATAR-14	0,53	0,09	0,44	ATAR-37	0,30	0,05	0,25
ATAR-15	0,52	0,09	0,43	ATAR-38	0,55	0,10	0,46
ATAR-16	0,50	0,09	0,41	ATAR-39	0,60	0,10	0,49
ATAR-17	0,49	0,09	0,40	ATAR-40	0,57	0,10	0,47
ATAR-18	0,61	0,11	0,50	ATAR-41	0,62	0,11	0,51
ATAR-19	0,45	0,08	0,37	ATAR-42	0,61	0,11	0,50
ATAR-20	0,50	0,09	0,42	ATAR-43	0,60	0,10	0,49
ATAR-21	0,42	0,07	0,35	ATAR-44	0,53	0,09	0,44
ATAR-22	0,49	0,08	0,40	ATAR-45	2,05	0,36	1,70
ATAR-23	0,45	0,08	0,37	ATAR-46	0,44	0,08	0,36

Kuzey Amerika'daki bilinen en iyi şeyl gaz sistemleri ile Alacağzı Formasyonu şeyllerinin GOC ve NGOC değerleri bakımından korelasyonu aşağıdaki şekilde görülmektedir. Alt Karbonifer yaşlı Alacağzı Formasyonu 0,11 GOC ve 0,51 NGOC değeri ile en yakın olarak Ordovisiyen yaşlı Utica şeylleri ile benzerlik gösterdiği söylenebilmektedir. Şekil 4.12'de Alacağzı Formasyonu şeyllerinin GOC-NOGC değerleri bakımından Kuzey Amerika'daki bilinen şeyl gaz sistemleri ile korelasyonu yer almaktadır.



**Şekil 4. 12.** Alacağzı Formasyonu şeyllerinin GOC-NOGC değerleri bakımından Kuzey Amerikadaki bilinen şeyl gaz sistemleri ile korelasyonu.

Jarvie [136], şeyl kaynak sistemlerinin sınır değerlerini göstermek amacıyla Missisipiyan Barnett şeyllerindeki kuyu verilerinden elde edilen verilerle örümcek ağı şeklindeki bir diyagram oluşturmuştur. Bu diyagrama göre operasyonel sahaların şeyl gaz potansiyeline etki eden faktörlerin sınırları ile üretim için gerekli parametrelerin sınırları ağı şeklindeki bir diyagramda net bir şekilde görülmektedir. Şekil 4.13'te Alacağzı Formasyonu şeyllerinin Missisipiyan yaşlı Barnett şeylleri ile olan ilişkisi Jarvie [136] tarafından oluşturulan örümcek ağı diyagramından değiştirilerek verilmiştir.



**Şekil 4. 13.** Alacağzı Formasyonu şeylleri ile Barnett şeyllerinin Spider diyagramda gösterimi [136].

#### 4.5.6. Petrol Ve Gazın Adsorbsiyonu

Gazın kayaç içerisinde depolanması kimyasal olarak adsorbe olan gaz ve fiziksel-fizikokimyasal süreçlerle adsorbe olan gaz şeklinde veya diyajenetik ve tektonik süreçlerle kontrol edilen organik madde bileşiminde yer alan gözenek boşlukları veya çatlaklarda serbest gazın depolanması şeklinde iki yolla gerçekleşmektedir [136].

Pepper [140], petrol ve gazın adsorbsiyonunun kayacın emme (sorbe) kapasitesi ile ölçülebileceğini belirtmişlerdir.

Kil mineralleri gözenek sistemleri hacim oranının sağladığı büyük yüzey alanı sayesinde suyun adsorbe edeceği alanlar sağlamaktadır. Literatürde 'bağ' ya da 'yapılandırılmış su' denilen bu kavram oldukça tartışmalı olup çeşitli araştırmacılar tarafından da çalışılmıştır [141];[142]; [143];[144]; [83]. Çökeltme esnasında tabakalı yapıdan oluşan kil mineralleri ilerleyen sıkışmanın ve gömülmenin etkisiyle daha fazla gözenek suyunun hacimden atılmasını sağlamaktadır. Kaynak kayanın gözeneklerinden suyun atılması, suyun bağ yaparak geçirgenliğin artması petrol adsorbsiyonunda etkili bir durumdur.

## 5. ŞEYL GAZ POTANSİYELİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRME

### 5.1. Şeyl Gaz Karakteristikleri

Bir petrol sistemi, aktif kaynak kaya ve petrol birikimi arasındaki jenetik ilişkiyi tanımlamaktadır. Bu sistemlerin araştırılması, petrol kapanları ile ilişkili sistemlerin jeoloji yöntemleri ile açıklanmasını sağlamaktadır [145].

Şeyl kaynak sistemleri, olağan kaynak kaya karakteristiklerine sahip olmayıp değişken termal olgunluklarda ve organik madde içeriği yüksek kayalarda görölmektedir. Petrol aramacılığında Şeyller hidrokarbon kaynak kaya özellikleri ile bilinen kayalar olup rezervuar kayaç özellikleri taşımadıkları düşünölmüştür. Burada gözden kaçırılan Şeyllerin kil mineralleri içerikleri nedeniyle organik maddeyi tutma ve depolama özelliklerinin varlığıdır. Bir anlamda, yani geleneksel olmayan bir bakışla Şeyl kaynak sistemleri türümün depolandığı sistemlerdir. ABD’de Forth Worth ve Permian Basenlerinde Missisipian yaşlı (Alt-Orta Karbonifer veya Turnezyen-Serpukhoviye aralığı) Barnett Şeyllerinde petrol-gaz oluşumu modellemesi maksimum türümün 250 milyon yıl önce gerçekleştiğini göstermektedir. Ancak maksimum oluşuma rağmen halen ekonomik miktarda hidrokarbonların varlığı, Şeyllerin üzerinde iyi bir örtü kaya olduğunu ve gazın difüzyonunu engellediğini göstermektedir. Düşük porositeli ve düşük geçirimlikteki Barnett Şeyl gaz sistemi, bağımsız bir kaynak-rezervuar sistemi olarak önemli potansiyel noktalarda yüksek miktarda gaz üretmiştir [92].

Şeyl kaynak sistemleri, hidrokarbonca zengin kaynak ve rezervuar kayalar ile organik maddece fakir litolojilerin yan yana bulunduğu organik maddece zengin çamurtaşları sistemlerini karakterize etmektedir. Bu sistemler son derece düşük geçirgenlik (nanodarcy) ve %15’ten düşük porositeli rezervuar karakteristikleri göstermektedir [92]. Bu kaynak sistemleri önemli farklılıklara sahip olup en önemli ortak özellikleri iyi-mükemmel organik karbon içeren denizel Şeyllerden itibaren gaz oluşum penceresinde olan ısısız olgunluğa sahip olmaları ve kaynak sistemi içerisinde karışık organik maddece zengin Şeyller ile organik litofasiyelerin yanyana yer alması ile kırılğan kayaç dokusuna sahip olmaları olarak açıklanabilmektedir.

Curtis [146], Şeyl gaz sistemlerini esasen yaygın gaz doygunluğu, karmaşık kapan mekanizmaları, değişken örtü litolojileri ve görece kısa olan hidrokarbon göç mesafeleri ile karakterize edilen sürekli biyojenik, termojenik veya biyojenik-termojenik tiplerde hidrokarbon gaz birikimleri olarak ifade etmiştir.

Şeyl gaz sistemlerinin değişken karakteristikleri ve karmaşık tanımlamalar içeren problemleri ile sistematik bir şekilde sınıflandırılması oldukça zordur. Şeyl gaz sistemleri tanımlamaya yönelik kriterlere ait genel bir sınıflandırma yapılabilmektedir. Şeyl gaz kaynaklarının temel sınıflaması *gaz tipi (biyojenik/termojenik), organik zenginlik, organik maddece fakir litoloji varlığı, kil olmayan litofasiyes varlığı ve termojenik gaz sistemlerinin ısısal/termal olgunluğuna* göre yapılmaktadır [92]. Jarvie [92]'ye göre bu parametreler göz önüne alındığında dört farklı sistem tanımlanabilmektedir. Bunlar; Biyojenik sistemler, organik maddece zengin ve düşük ısısal olgunluktaki çamurtaş sistemi, yüksek sıcaklık olgunluğuna sahip organik maddece zengin çamurtaş sistemi ve yan kayaç olarak kaynak özelliği taşımayan litolojileri de içeren hibrit sistemler olarak sınıflandırılmaktadır.

Jarvie [92], bu sistemlerde porozitenin genellikle 3 farklı tipte yer alacağını belirtmiştir. Bunlar; matrix porosite, organik maddenin parçalanmasıyla oluşmuş organik porozite ile çatlak porozitesidir.

## **5.2. Şeyl Gaz Potansiyeli**

Yukarıda verilen bilgiler ışığında çalışma alanındaki Tarlaağzı kesitinde gözlenen siyah şeyller aslında petrol oluşum penceresinde kalmaktadır. Geleneksel yöntemler kullanılarak araştırılan bölgenin transformasyon oranının %70'in üzerinde olması, şeyllerin göreceli kalınlığı ve birimlerin az kırılğan nitelikte olması çalışma alanının geleneksel olmayan (unconventional) kaynaklar açısından da değerlendirilmesinin gerekli olduğu neticesini doğurmuştur. Bu düşünceden yola çıkarak bu tez çalışması kapsamında Alacaağzı Formasyonu için şeyl gaz potansiyelinin ortaya konulmasına yönelik hesaplamaları içeren bölümler (Bknz Bölüm 5.3) bölgenin geleneksel olmayan gaz kaynakları açısından potansiyelinin belirlenmesi için yapılan bir '*deneme çalışması*' olarak nitelendirilmelidir.

Bu bağlamda şeyl gaz sistemlerini değerlendirirken potansiyel gazın miktarını etkileyen birçok faktörden söz etmek gerekmektedir. Kaynak kaya, rezervuar kaya, örtü kaya, kapan sistemleri, gaz akışı, gazın göç yolları gibi etmenlerin yanı sıra kayacın ısısal tarihini anlayabilmek için kayaçların yersel ya da bölgesel olarak geçirdiği deformasyon süreçleri ile matrix porosite, ve organik maddenin bulunuşu ve evrimi ile olan karmaşık ilişkileri kayaçtaki gaz üretimliliği doğrudan etkilemektedir [146].

### 5.2.1. Kırılgenlık İndeksi (BI)

Speight [147], şeyllerin çatlama yeteneğini iki faktörün artırdığını belirtmiştir. Bunlardan birincisi sert minerallerin varlığı ile şeyllerin iç basıncıdır. Kuvars, Feldispat, Kalsit gibi silisli ve kalkerli minerallerin varlığı, matriks porosite ve mikro çatlakların gelişimi, gaz taşıma kapasitesi ve çatlatma teknolojisinin gelişimini doğrudan etkilemektedir

Potansiyel seviyelerin mineral dekompozisyonu şeyl gazı etkinliğini kontrol eden en önemli faktörlerdendir. Şeyl gaz üretimi için kayaların düşük oranda kil içeriği ve yüksek oranda kırılgenlık özellikleri gerekmektedir. Kil minerallerinin fazla olması kayacın kırılgenlık özelliği ile ters orantılı olup, kayacın doğrudan plastik özellik göstermesine neden olmaktadır. Kırılgen litolojilerde çatlaklar gözlemlenirken, plastik özellikli litolojiler deformasyona uğradığında plastik akış eğilimindedirler [145]. Amerika'da ekonomik olarak gaz üretilen bazı şeyller mineral varlığı açısından değerlendirildiğinde %40'tan daha fazla kırılgen mineraller %30'dan daha az kil minerali içermektedir [148].

Hugman ve Friedman [149], tane boyutu ve maksimum gerilme arasında çizgisel bir ilişki olduğu belirtmişlerdir. Tane boyutu azalmış, sıkı pekişmiş sedimanlarda maksimum gerilme elde edilebileceğini bunun da kırılgenlığa doğrudan etki eden bir faktör olduğuna işaret etmişlerdir.

Nelson [150] ise çatlak yoğunluğunun kırılgenlık ve gerilme ile ilişkisi dikkat çekerek, yüksek dayanımlı kırılgen kayaçlarda çatlak yoğunluğunun da yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Çatlak yoğunluğu gaz depolama kapasitesini artıran bir etmendir. Şeyller, çoğunlukla kil içeriği yüksek kayaçlar olup organik maddece zengin siyah şeyllerde kil içeriği daha düşüktür. Kuvars içeriği çatlak gelişimini etkileyen önemli bir faktör olup kuvars içeriği zengin şeyllerde kırılgenlığın kalsit içeren şeyllere nazaran çok daha iyi geliştiği gözlenmiştir [148].

Çin'de yapılan araştırmalar Amerika'da şeyl gaz sistemleri ile benzeyen özellikler göstermekle beraber farklılıklar da içermektedir. Bu sebeple Amerika'daki şeyl gaz karakteristiklerine ilişkin standartlar Çin'de yer alan şeyl potansiyelleri ile örtüşmemektedir. Çinde yer alan şeyl gaz rezervuar karakteristikleri sınıflamasına göre, genellikle %2'den daha fazla organik içerik, %2'den daha fazla etkin gözeneklilik, %40'dan daha fazla kırılgen mineraller ile %30'dan daha az kil içeriği ideal şeyl gazı tanımlamaktadır. Sichuan Basenin de yer alan iki farklı formasyonda yapılan araştırmalarda birtakım karakteristiklerde farklılıklar dikkat çekmektedir. Silüriyen yaşlı Longmaxi Formasyonu ile Cambriyen yaşlı



Qiongzhusi Formasyonlarında yapılan incelemelerde Longmaxi Formasyonunda kil içeriği %26,5-48,5 aralığında iken, Qiongzhusi Formasyonunda bu aralık %10,2-43 oranındadır. Kırılğan minerallerin %40-57 aralığında olduğu Longmaxi Formasyonu'nda etkin gözeneklilik %1,1-7,9 aralığındadır. Qiongzhusi Formasyonunda kırılğan minerallerin oranı %47-62 oranında iken etkin gözeneklilik oranı %1,2-6 aralığındadır [148].

Kuzey Amerika'da yapılan şeyl gaz araştırmaları ve yapılan operasyonlardan elde edilen deneyimlerle şeyl gazı etkinliğine katkıda bulunan jeolojik karakteristikler tablolaştırılmıştır [151];[152];[153]. Bu sınıflandırmada araştırmacılar, kırılğan minerallerin içeriğinin %40'tan fazla ve kil mineral içeriğinin %30'dan daha düşük olması gerektiğine dikkat çekmişlerdir. Barnett şeyllerinde formasyonun siyah şeyl kısımlarında yapılan analiz sonuçlarına göre hacimsel olarak yaklaşık olarak %45 oranında altere olmuş radyolarya kökenli olduğu düşünölen kuvars, çoğunluğu illit ve az miktarda simektit olarak %27 oranında kil mineralleri, %8 oranında kalsit ve dolomit, %7 feldispat ve %5 organik madde belirlenmiştir [154]. Yüksek kırılğanlık özelliği ve önemli sayılabilecek gaz içeriği ile beraber karakteristik diğer özellikleri Barnett şeyllerini Kuzey Amerika'nın en iyi şeyl gaz sahalarından biri haline getirmiştir [155].

### 5.2.2. Alacağzı Formasyonu Şeylleri Kırılğanlık İndeksi Hesaplamaları

Jarvie [136], şeyl gaz etkinliği doğrudan etkileyen kırılğanlığı aşağıdaki eşitlikle açıklamıştır.

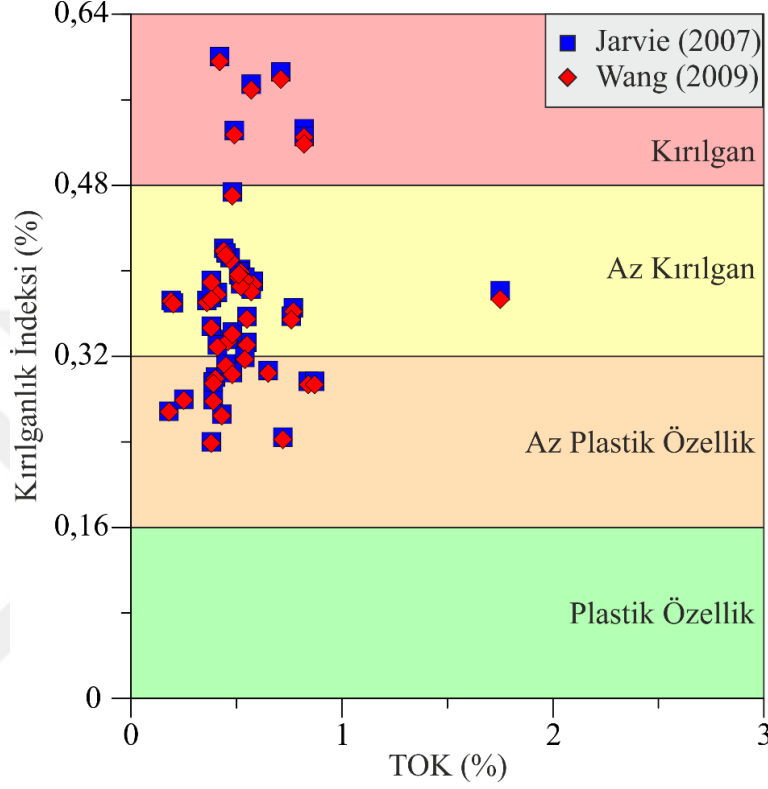
$$\text{Kırılğanlık indeksi (\%)} = \frac{\text{Kuvars}}{\text{Kuvars} + \text{Karbonatlı mineraller} + \text{Kil}}$$

Alacağzı şeyllerinin Jarvie [136]'e göre kırılğanlık oranı hesaplaması yüzde %24-60 aralığındadır. Kırılğanlık indeksi ortalaması Alacağzı şeyllerinde %37 olarak belirlenmiştir.

Wang ve Gale [155], kırılğanlığı, litoloji, mineral bileşimi, toplam organik karbon, efektif gerilme, rezervuar sıcaklığı, diyajenez, termal olgunluk, gözeneklilik, sıvı tipi gibi birçok etkenin meydana getirdiği kompleks bir sistem olarak bir kayacın çatlatmaya olan eğilimi olarak tanımlamışlardır [156] ; [157], [158], [159]. Araştırmacılar, dolomit mineralinin kırılğan olma eğilimi artırdığını düşünmüş ve kırılğanlık indeksi hesaplamasında dolomit mineralinin de yer aldığı ayrı bir parametre önermişlerdir.

$$\text{Kırılgenlik indeksi (\%)} = \frac{\text{Kuvars} + \text{Dolomit}}{\text{Kuvars} + \text{Dolomit} + \text{Kalsit} + \text{Kil} + \text{TOK}}$$

Buna göre, Alacağzı şeylleri kırılgenlik indeksi Wang ve diğlerleri [155]'a göre %24-60 aralığında olup ortalama kırılgenlik indeks değeri %37 olarak hesaplanmıştır. Alacağzı Formasyonu şeyllerinin Kırılgenlik-TOK grafiğı [160] Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5. 1. Alacağzı Formasyonu şeyllerinin Altamar [160]'ın çalışmasında yer alan Gamma Ray-Kırılgenlik grafiğinden değıştirilerek yapılan Kırılgenlik-TOK grafiğı.

### 5.3. Alacağzı Formasyonu Şeyllerinin Şeyl Gaz Potansiyeli

Alacağzı Formasyonu şeyllerinin üretilmiş hidrokarbon miktarını hacimsel bazda hesaplayabilmek için formasyonun yayılım alanı, formasyonun kalınlığı ile birimin yoğunluğu gibi bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Üretilmiş hidrokarbon miktarını yayılım alanı ile bilgiler olmadan hesaplamak mümkün değildir. Bu parametrelerin gerekliliğı akılda tutularak, tez çalışması kapsamında, üretilen hidrokarbon potansiyeli sadece orijinal S<sub>2</sub> değerinden itibaren hesaplanmıştır.

Jarvie [161]'e göre, hidrokarbon üretiminin bir sonucu olarak TOK değerlerindeki değışimlerin kullanılmasıyla ticari kaynak kaynak kaya potansiyeli hesaplanılmaktadır. Bu değerin hidrokarbonlar içerisindeki ortalama karbon değerine (%83) bölünerek güncel kalan karbon potansiyelinin (S<sub>2</sub>) eklenmesiyle üretilen hidrokarbon potansiyeli değeri

belirlenmektedir. Jarvie [161]'e göre üretilen hidrokarbon potansiyeli aşağıdaki eşitlikler kullanılarak belirlenmektedir.

$$\text{TOKdeğişim} = \text{TOK}_0 - \text{TOK}_{pd}$$

$$S_{2\text{orjinal}} = \left( \frac{\text{TOKdeğişim}}{0.083} \right) + S_2$$

Bu değerlerden itibaren orijinal HI ve Transformasyon oranları (%) hesaplanmaktadır. Jarvie [161]' e göre aşağıdaki eşitlikler kullanılarak orijinal HI ve transformasyon oranı değerleri belirlenmektedir. HI<sub>0</sub> değerinden itibaren kerojen dönüşümü (TR) de hesaplanmaktadır.

$$\text{HI}_0 = \text{orijinal } S_2 / \text{Orijinal TOK} \times 100$$

$$\text{TR}(\%) = \frac{\text{HI}_0 - \text{HI}_{pd}}{\text{HI}_0}$$

Hidrokarbon kaynak kayaların üretim potansiyeli her bir acre-foot başına varil yağ olarak (barrel of acre-foot) ortaya konmaktadır. Burada acre-foot rezervuarlar için kullanılan bir hacim birimi olup 1 acre-foot 7778 varil veya 1233 m<sup>3</sup>'e denktir. Alacağzı Formasyonu'ndan alınan 46 adet örneğin kaynak potansiyeli acre-foot başına varil (BO/AF) cinsinden hesaplanmıştır.

Alacağzı Formasyonu şeyllerinin orijinal S<sub>2</sub> değerleri ortalaması 1,42 olarak belirlenmiştir. Orijinal HI değerleri ortalaması ise 225 olarak tespit edilmiştir. Kerojen dönüşümleri her bir örnek için hesaplanmış olup değerler %65-90 aralığındadır. Acre foot başına varil yağ (BO/AF) cinsinden hesaplanmış olan üretim potansiyelleri ortalaması 29 BO/AF olarak hesaplanmıştır. Hesaplama kullanılan dönüşüm parametresi Fujine [162]'ten alınmıştır. Çizelge 5.1'de Alacağzı Formasyonu şeyllerinin orijinal S<sub>2</sub>, kerojen dönüşümü, orijinal HI ve üretim potansiyelleri yer almaktadır.

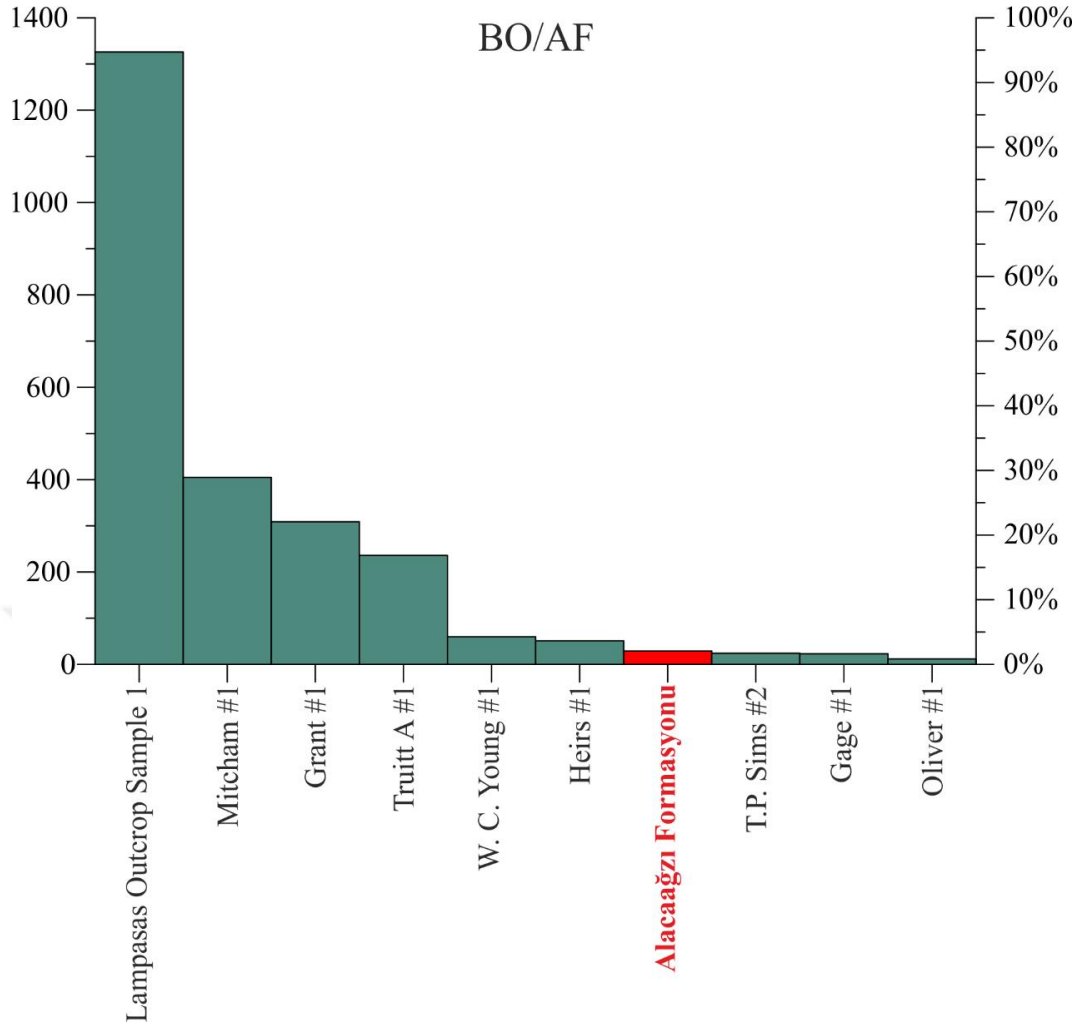
**Çizelge 5. 1.** Alacağzı Formasyonu şeyllerinin orijinal S<sub>2</sub>, kerojen dönüşümü, orijinal HI ve üretim potansiyelleri sonuçları

Örnek No	Orijinal S <sub>2</sub>	Orijinal HI	TR	BO/AF	Örnek No	Orijinal S <sub>2</sub>	Orijinal HI	TR	BO/AF
ATAR-1	1,02	221	0,79	20	ATAR-24	1,51	226	0,74	30
ATAR-2	1,96	229	0,79	39	ATAR-25	1,40	225	0,66	28
ATAR-3	1,27	223	0,79	25	ATAR-26	1,96	230	0,87	39
ATAR-4	1,06	222	0,84	21	ATAR-27	2,29	233	0,72	46
ATAR-5	1,00	221	0,82	20	ATAR-28	1,47	225	0,81	30
ATAR-6	1,00	221	0,72	20	ATAR-29	2,35	233	0,67	47
ATAR-7	1,54	226	0,73	31	ATAR-30	1,50	225	0,73	30
ATAR-8	2,10	231	0,75	42	ATAR-31	2,05	230	0,73	41
ATAR-9	1,30	224	0,82	26	ATAR-32	2,25	232	0,77	45
ATAR-10	1,47	226	0,80	30	ATAR-33	2,23	232	0,71	45
ATAR-11	1,22	223	0,83	24	ATAR-34	0,48	216	0,83	9
ATAR-12	1,27	223	0,81	26	ATAR-35	0,47	216	0,90	9
ATAR-13	1,75	228	0,79	35	ATAR-36	0,51	216	0,86	10
ATAR-14	1,18	223	0,79	24	ATAR-37	0,65	218	0,89	13
ATAR-15	1,16	223	0,82	24	ATAR-38	1,24	223	0,78	24
ATAR-16	1,11	222	0,84	22	ATAR-39	1,34	224	0,76	27
ATAR-17	1,08	221	0,83	22	ATAR-40	1,27	223	0,79	25
ATAR-18	1,37	224	0,76	28	ATAR-41	1,40	225	0,65	28
ATAR-19	1,00	221	0,82	20	ATAR-42	1,36	224	0,74	27
ATAR-20	1,12	222	0,77	23	ATAR-43	1,34	224	0,76	27
ATAR-21	0,93	220	0,76	19	ATAR-44	1,18	223	0,77	24
ATAR-22	1,08	222	0,82	22	ATAR-45	5,25	256	0,65	105
ATAR-23	0,99	221	0,80	20	ATAR-46	0,97	221	0,69	20

Aşağıdaki grafikte Missisipian Barnett şeyllerindeki 9 adet kuyudan alınan BO/AF değerleri ile Alacağzı Formasyonu şeyllerinin üretim potansiyelinin değişimi görülmektedir. Barnett şeyllerinin üretim potansiyelleri Jarvie [161]'ten alınmıştır.

Örnekler içerisinde ATAR-45 numaralı örneğin yapılan hesaplamalar sonucu BO/AF değerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu değer yüksek anomalisi ATAR-45 numaralı örneğin toplam organik karbon değerinden itibaren orijinal organik karbon ve orijinal S<sub>2</sub> değerlerinin de yüksek olmasından ileri gelmektedir.

Barnett şeyllerindeki BO/AF değerleri ile Alacağzı Formasyonu şeyllerinin üretim potansiyelinin değişimi Şekil 5.2'de yer almaktadır.

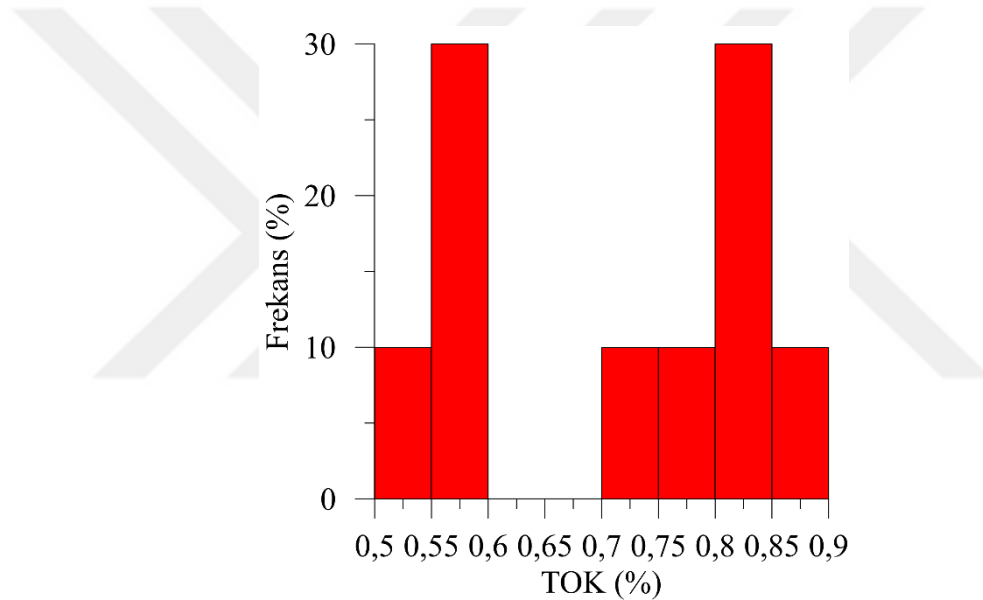


**Şekil 5. 2.** Barnett şeyllerindeki BO/AF değerleri ile Alacağzı Formasyonu şeyllerinin üretim potansiyelinin değişimi.

## 6. ALACAAĞZI FORMASYONU ORGANİK MADDECE ZENGİN ZONUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

### 6.1. Alacaağzı Formasyonu Organik Maddece Zengin Zonu TOK ve Rock-Eval Piroliz Analizi Değerlendirmeleri

Rock-Eval piroliz analizi sonucu toplam 46 adet örneğin Toplam Organik Karbon değerlendirmesinde ATAR-24 ve ATAR-33 aralığındaki örneklerin TOK değerinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Alacaağzı Formasyonu organik maddece zengin zonuna ait örneklerin TOK (%) değerlerinin yüzde dağılım histogram grafiği Şekil 6.1'de yer almaktadır.



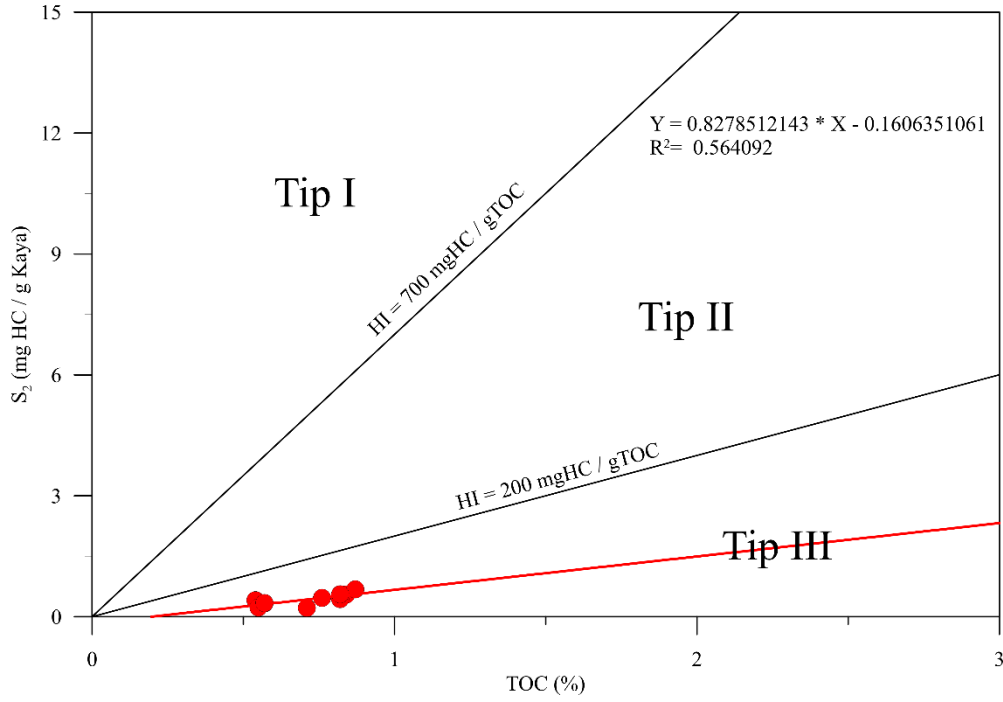
**Şekil 6. 1.** Alacaağzı Formasyonu özel zonuna ait örneklerin TOK (%) değerlerinin yüzde dağılım histogram grafiği.

Toplam organik karbon içeriği yüksek olan bu zonda, en düşük TOK değeri 0,54 (ATAR-25) ve en yüksek TOK değeri %0,87 (ATAR-29) olarak ölçülmüştür (Şekil 6.1.). Bu zonun ortalama TOK değeri ise %0,71 olarak hesaplanmıştır. Alacaağzı Formasyonu organik maddece zengin zonunun, Şekil 6.2.'de verilen Langford ve Blanc-Valleron [103]'a göre oluşturan S<sub>2</sub> değerlerine karşı TOK diyagramında Alacaağzı Formasyonu şeyllerinin Tip III kerojen aralığına düştüğü görülmektedir.

Dünyadan örneklere bakılacak olursa, Antrim şeyllerinde üretken zonun kalınlığı 10 m kalınlığındadır. Barnett şeylleri için durum ise Antrim şeyllerinden farksızdır. Ticari üretim

için üretken zonun Barnett şeyllerinde 30 m kalınlığında olduğu bilinmektedir. Öyleyse Alacağzı şeyllerindeki TOK değeri yüksek koridorun yaklaşık olarak 40 m kalınlığında olması olağan bir durumdur. Bu anlamda, Alacağzı formasyonu özel zonu hidrokarbon potansiyeli taşıması bakımından önemlidir [163].

S<sub>2</sub>-TOK diyagramında doğrunun eğimi gerçek HI değerini vermektedir. Altta yer alan diyagramda gerçek HI değeri 82 mg HC/ g TOK olarak görülmektedir. Regresyon eğrisinin X eksenini kesiyor olması piroliz esnasında kil minerallerinin varlığına işaret etmektedir. Kil adsorbsiyonu nedeniyle organik maddedeki tutulma gerçek HI değerlerinin ölçülen değerlerden daha yüksek olmasına neden olmuştur. Şekil 6.2.'de Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonunun Langford ve Blanc-Valleron [103]'a göre S<sub>2</sub>-TOK diyagramı yer almaktadır. Regresyon doğrusundan eğiminden kil mineralleri tarafından tutulan organik maddenin miktarı hesaplanmış olup bu miktar TOK'un %0,19'u kadardır.



**Şekil 6. 2.** Alacağzı Formasyonu Özel Zonuna ait örneklerin Langford ve Blanc-Valleron [103] tarafından oluşturulan S<sub>2</sub>-TOK diyagramında gösterimi.

Alacağzı Formasyonu özel zonundaki örnekler S<sub>2</sub> ve TOK değerleri Pearson korelasyonu kullanılarak %99 güvenilirlikle analiz edilmiştir. SPSS programından elde edilen analiz

sonuçları Şekil 6.3.'te yer almaktadır. Pearson korelasyonu analizine göre, Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonu şeyllerine ait veriler %75 güvenilirlik aralığında yer almaktadır.

Correlations			
	S <sub>2</sub>	TOK	
S <sub>2</sub>	Pearson Correlation	1	,751*
	Sig. (2-tailed)		,012
	N	10	10
TOK	Pearson Correlation	,751*	1
	Sig. (2-tailed)	,012	
	N	10	10

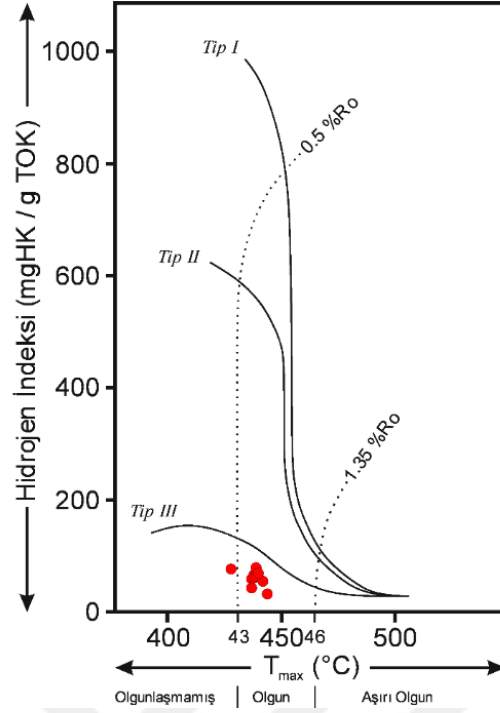
\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Şekil 6. 3.** Alacağzı Formasyonu şeyllerinden alınan 10 adet örneğin S<sub>2</sub> ve TOK değerlerinin Pearson korelasyonu yöntemiyle güvenilirlik analizi.

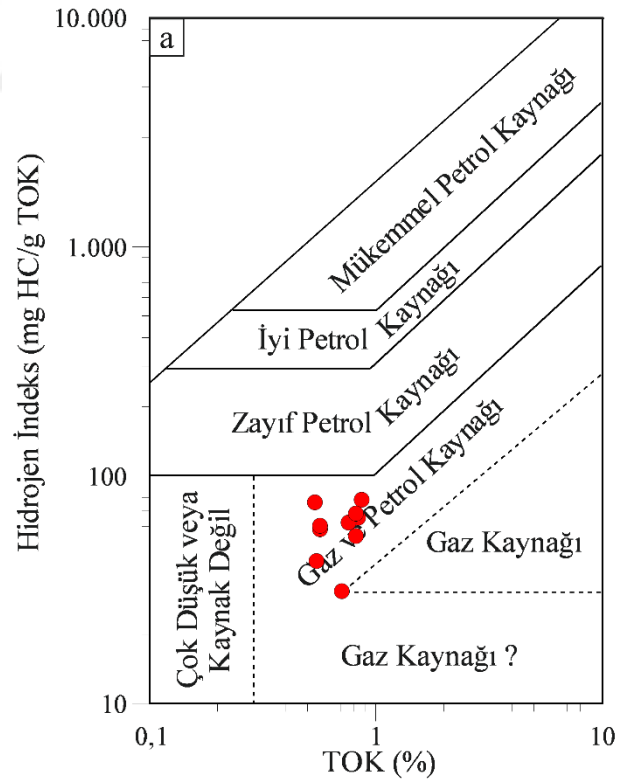
Örneklerin kerojen tipinin belirlenmesi amacıyla Hİ-T<sub>max</sub> diyagramı kullanılmıştır. Buna göre Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonu şeylleri ısısal olarak olgun sınırdan yer almaktadır [105]. Şekil 6.4'te Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonunu temsil eden örneklerin Hİ-T<sub>max</sub> diyagramı [105] verilmiştir. Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonuna ait örneklerin Hİ-T<sub>max</sub> diyagramında ısısal olarak olgun seviyede olduğu görülmektedir.

Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonu şeyllerinin şeyllerinin Şekil 6.5.'te verilen Jackson ve diğ. [106]'e göre oluşturan HI değerlerine karşı TOK diyagramında 'Gaz ve petrol kaynağı' aralığına düştüğü görülmektedir.





Şekil 6. 4. Alacağzı Formasyonu Organik Maddece Zengin Zonuna ait örneklerin Hİ-Tmax diyagramında gösterimi [105].



Şekil 6. 5. Alacağzı Formasyonu Organik Maddece Zengin Zonuna ait örneklerin Jackson ve diğ. [106] tarafından oluşturulan Hİ-TOK diyagramında gösterimi.

Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonunun Rock-Eval Pirolizinden elde edilen TOK, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, T<sub>max</sub> değerleri ile pirolizden ölçülen değerlerden itibaren hesaplanan değerler belirlenmiştir. Bu değerlere göre S<sub>1</sub> değerleri 0,0-0,2 aralığındadır. S<sub>2</sub> değerleri aralığı 0,22-0,68 olarak ölçülmüştür. Organik maddece zengin zondaki T<sub>max</sub> değerleri 428-444°C aralığında ölçülmüştür. Hesaplanan parametrelerden, HI değerleri 31-78 mg HC/ g TOK aralığında olup ortalama değeri 59 mg HC /g TOK olarak belirlenmiştir. Rock-Eval Piroliz sonucu ölçülen değerler ile bu değerlerden itibaren hesaplanan parametreler Çizelge 6.1.'de verilmiştir

**Çizelge 6. 1.** Alacağzı Formasyonu Organik Maddece Zonunun Rock-Eval Piroliz sonucu ölçülen değerleri ile bu değerlerden itibaren hesaplanan parametreler

Örnek No	Rock-Eval Pirolizinden Ölçülen Değerler					Rock-Eval Pirolizinden Ölçülen Değerlerden İtibaren Hesaplanan Değerler					
	TOK	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	T <sub>max</sub>	HI	OI	PI	PV	S <sub>2</sub> /S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub> /TOK
ATAR-24	0,57	0,01	0,33	0,15	437	58	26	0,02	340	2,2	1,75
ATAR-25	0,54	0,01	0,41	0,11	428	76	20	0,02	420	3,73	1,85
ATAR-26	0,71	0,00	0,22	0,55	444	31	77	0,00	220	0,40	0,00
ATAR-27	0,84	0,00	0,55	0,08	438	65	10	0,00	550	6,88	0,00
ATAR-28	0,55	0,02	0,23	0,09	437	42	16	0,09	250	2,56	3,64
ATAR-29	0,87	0,02	0,68	0,08	439	78	9	0,03	700	8,50	2,3
ATAR-30	0,57	0,00	0,34	0,06	438	60	11	0,00	340	5,67	0,00
ATAR-31	0,76	0,00	0,47	0,1	439	62	13	0,01	470	4,70	0,00
ATAR-32	0,82	0,00	0,44	0,23	442	54	28	0,00	440	1,91	0,00
ATAR-33	0,82	0,01	0,56	0,09	440	68	11	0,01	570	6,22	1,22

## 6.2. Alacağzı Formasyonu Organik Maddece Zengin Zonu Şeyl Gaz Potansiyeli Hakkında Bir Değerlendirme

Alacağzı şeylleri organik maddece zengin zonunun HI<sub>o</sub> değeri kerojen tipinin %25 Tip II ve %75 Tip III olarak kabul edildiğinde 206 mg HC/g TOC olarak hesaplanmıştır. Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonunun T<sub>max</sub> bazlı vitrinit yansıtma değeri (R<sub>o</sub>) 0,54-0,83 aralığında değişmektedir. Örneklerin ortalama R<sub>o</sub> değeri %0,73 olup, Jarvie [125]'e göre organik maddece zengin zonu oluşturan örneklerin petrol penceresinde olduğunu görülmektedir.

Alacağzı şeyllerinde transformasyon oranı %61-91 aralığında olup ortalama TR<sub>HI</sub> değeri %79 hesaplanmıştır. Tarlağzı kesiti organik maddece zengin zonunda ise transformasyon

oranı %66-87 aralığında olup ortalama  $TR_{HI}$  değeri %75 hesaplanmıştır. Alacağzı şeylleri organik maddece zengin zonu Jarvie [109]'e göre %75 oranında organik madde dönüşümü ile Jarvie [109]'ye göre öncelikli olarak gaz eğiliminde hesaplanmıştır. Toplam orijinal organik karbon değerlendirmesinde ( ${}^2TOK_0$ ) değerleri 0,62 (ATAR-25) ile 1,01(ATAR-29) aralığında olup toplam 10 adet örnekten oluşan organik maddece zengin zon içerisindeki ortalama değeri %0,83 olarak hesaplanmıştır. Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonunun TOK,  ${}^1TOK_0$ ,  ${}^2TOK_0$ ,  $TR_{HI}$  ve  $f$  değerleri hesaplamaları Çizelge 6.2'de verilmiştir.

**Çizelge 6. 2.** Alacağzı Formasyonu Organik Maddece Zengin Zonunun TOK,  ${}^1TOK_0$ ,  ${}^2TOK_0$ ,  $TR_{HI}$  ve  $f$  değerleri hesaplamaları.

Örnek No	TOK	${}^1TOK_0$	${}^2TOK_0$	$TR_{HI}$	$f$
ATAR-24	0,57	0,47	0,67	0,75	0,76
ATAR-25	0,54	0,46	0,62	0,67	0,68
ATAR-26	0,71	0,53	0,85	0,87	0,87
ATAR-27	0,84	0,62	0,98	0,72	0,73
ATAR-28	0,55	0,45	0,65	0,83	0,83
ATAR-29	0,87	0,65	1,01	0,66	0,67
ATAR-30	0,57	0,47	0,67	0,75	0,75
ATAR-31	0,76	0,58	0,89	0,74	0,74
ATAR-32	0,82	0,60	0,97	0,77	0,77
ATAR-33	0,82	0,61	0,96	0,71	0,71

${}^1TOK_0$ : Jarvie vd. (2007)'den alınmıştır.

${}^2TOK_0$ : Peters vd. (2004)'den alınmıştır.

Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonuna ait şeyllerin orijinal  $S_2$  değerleri ortalaması 1,9 olarak belirlenmiştir Orijinal HI değerleri ortalaması ise 229 olarak hesaplanmıştır. Kerojen dönüşümleri her bir örnek için hesaplanmış olup değerler % 0,74 aralığındadır. Acre foot başına varil yağ (BO/AF) cinsinden hesaplanmış olan üretim potansiyelleri ortalaması 38 BO/AF olarak hesaplanmıştır. Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonunun Orijinal  $S_2$ ,  $HI_0$ , TR ve BO/AF hesaplamaları Çizelge 6.3'te verilmiştir.

**Çizelge 6. 3.** Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonunun Orijinal  $S_2$ ,  $HI_0$ , TR ve BO/AF hesaplamaları

Örnek No	Orijinal $S_2$	$HI_0$	TR (%)	BO/AF
ATAR-24	1,51	226	0,74	30
ATAR-25	1,40	225	0,66	28
ATAR-26	1,96	230	0,87	39
ATAR-27	2,29	233	0,72	46
ATAR-28	1,47	225	0,81	30
ATAR-29	2,35	233	0,67	47
ATAR-30	1,5	225	0,73	30
ATAR-31	2,05	230	0,73	41
ATAR-32	2,25	232	0,77	45
ATAR-33	2,23	232	0,71	45

Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonu oluşturan şeyller için hesaplanan en küçük ve en büyük GOC değerleri sırasıyla 0,11 (ATAR-25, ATAR-28) ve 0,18 (ATAR-29) olarak hesaplanmış olup ortalama GOC değeri 0,15 olarak belirlenmiştir. Alacağzı formasyonu şeylleri için hesaplanan en küçük ve en büyük NGOC değerleri ise sırasıyla 0,51 (ATAR-25) ve 0,83 (ATAR-29) olup ortalama NOGC değeri 0,68 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 6.4.'te organik maddece zengin zona ilişkin  $TOK_0$ , GOC ve NGOC değerleri verilmiştir. Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonuna ilişkin hesaplanan  $TOK_0$ , GOC ve NGOC değerleri Çizelge 6.4'te verilmiştir.

**Çizelge 6. 4.** Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonuna ilişkin hesaplanan  $TOK_0$ , GOC ve NGOC değerleri

Örnek No	$TOK_0$	GOC	NGOC
ATAR-24	0,67	0,12	0,55
ATAR-25	0,62	0,11	0,51
ATAR-26	0,85	0,15	0,71
ATAR-27	0,98	0,17	0,81
ATAR-28	0,65	0,11	0,54
ATAR-29	1,01	0,18	0,83
ATAR-30	0,67	0,12	0,55
ATAR-31	0,89	0,16	0,74
ATAR-32	0,97	0,17	0,80
ATAR-33	0,96	0,17	0,79

### 6.3. Alacağzı Formasyonu Organik Maddece Zengin Zonu için Kırılgenlik İndeksi (BI%) Hesaplamaları

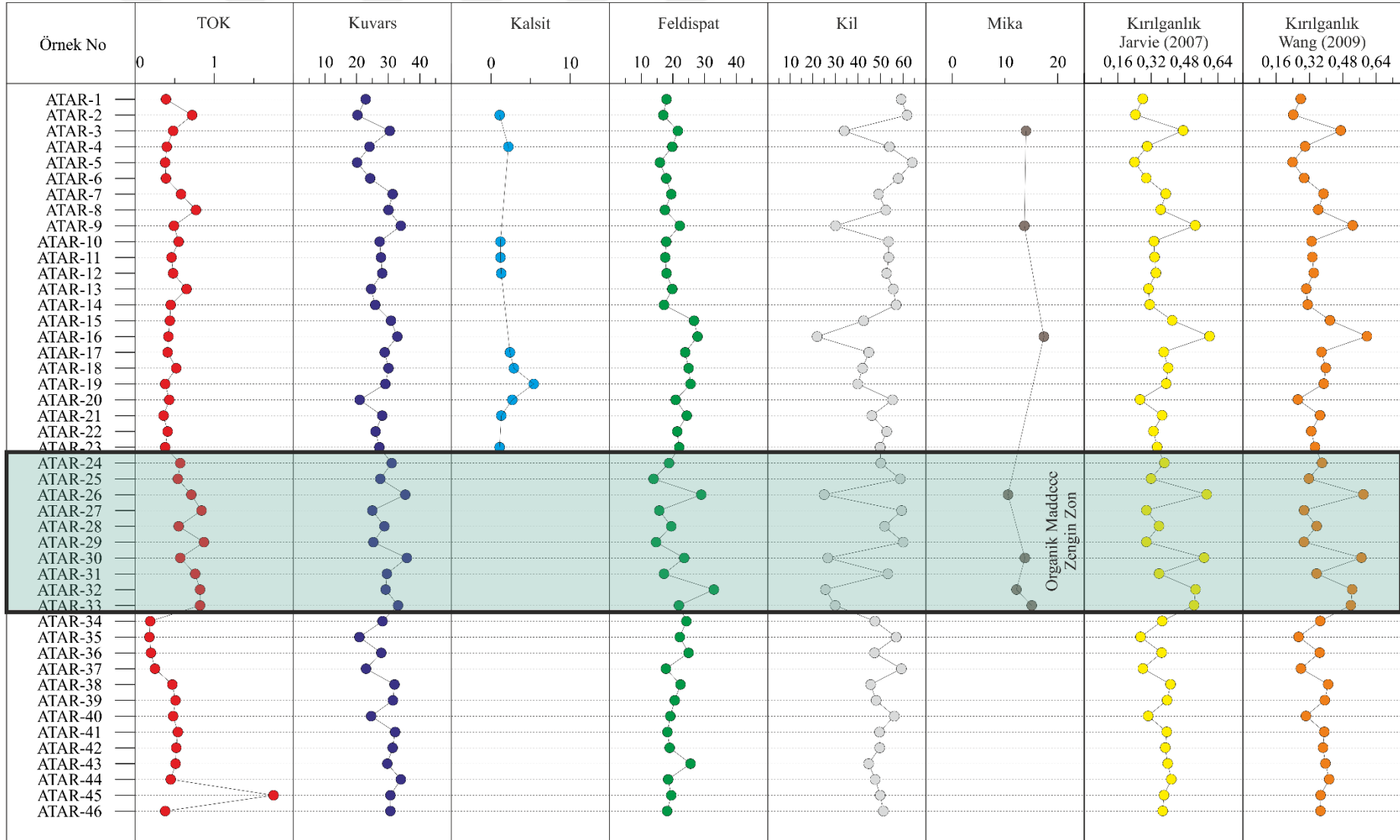
Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin Zonu için Kırılgenlik İndeksi Jarvie [109]'e göre %42 olarak hesaplanmıştır. Wang [155]'a göre bu zonun kırılgenlikli indeksi yine %42 olup her iki hesaplama göre bu zon büyük çoğunlukla az kırılgen niteliktedir. Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonu kırılgenlik indeksi hesaplamalarına esas teşkil eden mineral yüzdeleri ve BI değerleri Çizelge 6.5'te verilmiştir.

**Çizelge 6. 5.** Alacağzı Formasyonu Organik Maddece Zengin Zonu Kırılgenlik İndeksi Hesaplamalarına Esas Teşkil Eden Mineral Yüzdeleri Ve BI Değerleri

Örnek No	Kuvars	Kalsit	Feldispat	Kil M.	Mika M.	TOK	BI Jarvie	BI Wang
ATAR-24	31,1	0,0	18,8	50,1	0,0	0,57	0,38	0,38
ATAR-25	27,5	0,0	13,9	58,7	0,0	0,54	0,32	0,32
ATAR-26	35,4	0,0	29,0	25,0	10,6	0,71	0,59	0,58
ATAR-27	25,0	0,0	15,7	59,3	0,0	0,84	0,30	0,29
ATAR-28	28,8	0,0	19,5	51,8	0,0	0,55	0,36	0,35
ATAR-29	25,3	0,0	14,7	60,0	0,0	0,87	0,30	0,29
ATAR-30	35,9	0,0	23,6	26,6	13,8	0,57	0,57	0,57
ATAR-31	29,6	0,0	17,2	53,2	0,0	0,76	0,36	0,35
ATAR-32	29,2	0,0	33,0	25,6	12,2	0,82	0,53	0,52
ATAR-33	33,1	0,0	21,9	29,9	15,1	0,82	0,53	0,52

ATAR-24 ve ATAR-33 aralığında Kuvars ve Feldispat yüzdelerinin toplamı yaklaşık %50 olarak görülmektedir. Kuvars ve feldispat mineralleri yüzdelerinin bu oranı Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonunun kırılgen özellikte olmasını kontrol etmektedir. Bu zonda kil minerallerinin ortalaması ise %44 olarak belirlenmiştir.

Şekil 6.6.'da Jarvie [136] ve Wang [155] 'e göre Alacağzı formasyonundan alınan 46 adet örneğin dizilimi görülmektedir. Sarı renk Jarvie [136] ve turuncu renk Wang [155]'e göre hesaplanmış olup dağılım gösteren noktaların büyük çoğunluğunun Kırılgenlik indeksi değerlerinin % 0,32-0,48 aralığında olduğu görülmektedir. Buna göre, Alacağzı formasyonu şeylleri büyük çoğunlukla 'az kırılgen' özellik göstermektedir.



Şekil 6. 6. Alacağzı Formasyonu şeyllerinin içerdiği mineraller ile [136] ve [155]'a göre kırılgenlık ilişkisi

## 7. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

1. Bu bölümde Alt Karbonifer (Turnezyen-Vizeyen) yaşlı Alacağzı Formasyonu şeyllerinin hidrokarbon kaynak kaya ve şeyl gaz potansiyeli incelemelerinden elde edilen bulgular tartışılmıştır. Alacağzı Formasyonu şeyllerinin hidrokarbon kaynak kaya potansiyeli ve şeyl gaz potansiyelinin belirlenmesi için Bartın ili, Amasra ilçesi, Tarlağzı bölgesinden formasyonu temsil eden 46 adet noktada örneklenerek çalışma alanının ölçülü stratigrafik kesiti yapılmıştır. Alınan numuneler üzerinde yapılan organik jeokimyasal analizler ile Alacağzı Formasyonu'nun potansiyeli ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu çalışma kapsamında bölgenin şeyl gaz potansiyeli açısından da irdelenmesi sağlanmış, çalışma alanının dünyada bilinen şeyl gaz sistemleri ile kıyaslanması yapılarak Alacağzı Formasyonu'nun geleneksel olmayan kaynaklar bakımından potansiyeli ortaya konulmuştur.
2. Kerey [27], Alacağzı yöresini En Üst Vizeyen-Üst Namuriyen olarak yaşlandırmış ve kömür damarlı şeyl çamurtaşı ve kumtaşı ile tanımlamıştır. MTA'nın bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik kesitine göre ise, Alacağzı Formasyonu üzerine Westfaliyen yaşlı karasal çökeller gelmektedir. Oysa ki, Namuriyen dönemi karasal çökelinin başladığı seviyelerle temsil edilen kayalardan oluşmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında incelenen Alacağzı Formasyonunun sığ denizel bir istifin çökeliyle oluşmuş kayalar ile temsil edildiği görülmüştür. Tüm bu bulgular, Alacağzı yöresinin Karbonifer'in denizel bir istifini temsil eden alt bölümü (Turnezyen-Vizeyen) olduğuna işaret etmektedir.
3. Alacağzı formasyonu şeyllerinin toplam organik karbon değeri (TOK) ortalaması %0,53 olarak hesaplanmış olup bu değer Alacağzı Formasyonu'nun hidrokarbon potansiyeli açısından '*marjinal veya ortalama*' seviyede olduğunu göstermektedir. Ancak Alacağzı Formasyonu'nun hidrokarbon potansiyelini ortaya koymaya yönelik çalışmaları toplam 46 adet örnek üzerinden değerlendirmek, formasyonun değerini ortaya koymak açısından yanıltıcı olacaktır. Örnekler arasında bu tez çalışması kapsamında ayrı bir bölüm olarak ele alınan ATAR-24 ve ATAR-33 aralığındaki organik maddece zengin zonu, tüm örnekler içerisinde yüksek toplam organik karbon içeriği ve kalınlığı ile dikkat çekmektedir. Alacağzı Formasyonu TOK potansiyeli açısından değerlendirilirken özellikle bu aralık mercek altına alınmıştır. Toplam organik karbon içeriği yüksek olan bu aralıkta, en düşük TOK değeri 0,54 (ATAR-25) ve en

yüksek TOK değeri %0,87 (ATAR-29) olarak ölçülmüştür. Bu zonun ortalama TOK değeri ise %0,71 olarak hesaplanmıştır. S<sub>2</sub> değerlerine karşı TOK diyagramında Alacağzı Formasyonu şeyllerinin Tip III kerojen aralığına düştüğü görülmektedir. HI değerlerine karşı TOK diyagramında organik maddece zengin bu zon, '*gaz ve petrol kaynağı*' olarak belirlenmiştir.

4. Alacağzı Formasyonu'nun T<sub>max</sub> değerleri 433-444 °C aralığında olup ortalama değeri 439°C olduğu görülmektedir. Buna göre, Alacağzı Formasyonu şeyl birimlerinin '*petrol penceresinde*' olduğu söylenebilir. Alacağzı Formasyonu şeyllerinin HI değerler ortalaması 50 mg HC/ g TOK olarak hesaplanmıştır. Oksijen indeks değerleri ortalama ise 31 mg HC/ g TOK olarak hesaplanmıştır. Bu noktada Alacağzı formasyonu '*karasal kökenli organik madde ve/veya olgun organik madde*' sınıfında yer almaktadır. Alacağzı Formasyonu şeyllerinin HI-TOK diyagramında '*Çok düşük veya kaynak değil*' ile '*Gaz ve petrol kaynağı*' sınıflamasında olduğu görülmektedir. Serbest hidrokarbonlar 0,013 mg HC/ g kaya, piroliz sonrası elde edilen hidrokarbonlar ise 0,29 mg HC/ g kaya olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin toplamını ifade eden potansiyel verim ise 302,83 ppm olarak hesaplanmış olup bu değer Alacağzı Formasyonu şeyllerinin kaynak kaya potansiyeli taşımadığını göstermektedir. Bu değerlere göre Alacağzı formasyonu şeyllerinin HI-T<sub>max</sub> diyagramı şeyllerin olgun ve Tip III kerojen tipinde olduğunu vermektedir. Organik jeokimyasal analizler sonucu elde edilen S<sub>2</sub> değerlerine karşı TOK grafiğinde de yine aynı şekilde Alacağzı Formasyonu şeyllerinin Tip III kerojen eğiliminde olduğu görülmektedir.
5. XRD tüm kayaç analizi sonuçlarına göre, Alacağzı Formasyonu şeyllerinde görülen mineraller kuvars, feldispat, kalsit, kil mineralleri ile mika mineralleri olarak tespit edilmiştir. Bu minerallerin tüm örnekler arasındaki ortalama yüzde bolluk oranları ise, kuvars minerali için %28,3, kalsit minerali için %0,5, feldispat mineralleri için %20,8, kil mineralleri için %48,3 ve mika mineralleri için %2,1 olarak hesaplanmıştır. Örneklerde saptanan mineral yüzde miktarları ile TOK yüzdesi incelendiğinde belirgin bir korelasyon gözlenmemiştir. Kil fraksiyonu analizi sonuçlarına göre saptanan kil mineralleri illit, klorit ve az oranda da kaolinit mineralleridir. İllit minerallerinin klorit mineralleri ile beraber bulunduğu gözlemlenmiş olup Alacağzı ölçülü stratigrafik kesitinden alınan örneklerde ortalama yüzde illit oranı 35,6 olarak hesaplanmıştır. Ortalama klorit oranı ise %18 olarak hesaplanmıştır. Kaolinit minerali ise yalnızca ATAR-2 numaralı örnekte tespit edilmiş olup tüm örnekler içerisinde ortalama %4,3



oranında bulunmaktadır. Örnekler arasında simektit minerali tespit edilmemiştir. Çünkü, simektit mineralleri bünyesindeki yer alan su 60°C'de sıcaklıkta halen varlığını korumaktadır. Oysa ki, bu sıcaklık ve üzerindeki sıcaklıklarda petrol-gaz oluşumları başlamıştır. Simektit mineralleri ilerleyen diyajenez süresince gömülme sıcaklığının 100°C'nin üzerine çıkmasıyla bünyelerindeki suyu dışarı atarak iyon kazanımı ile illit mineraline dönüşmektedir. Bu dönüşüm aynı zamanda, hidrokarbonların oluşum penceresi sıcaklığına işaret etmektedir. Petrol oluşumunda maksimum gömülme sıcaklığının yaklaşık olarak 120-130 °C olduğu göz önüne alınırsa, bu anlamda petrolün kaynak kayadan rezervuar kayaya birincil göçünün yalnızca sıcaklık parametresiyle kontrol edilen bir süreç olmadığı açıktır. Özetle, simektit minerallerinin tabaka yapılarındaki suyu kaybetmesiyle petrol oluşumu arasındaki ilişki birbiriyle ilişkili olup yalnızca sıcaklıkla kontrol edilen bir mekanizma değildir. Diyajenez boyunca petrol oluşumuna etki eden tüm faktörler birlikte değerlendirilmelidir.

6. Alacağzı Formasyonu şeyllerinin illit kristalinite değerleri (IC) 0,16-0,28 aralığında belirlenmiştir. Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonunda yapılmış örneklerde ise IC değerleri 0,16-0,25 aralığında hesaplanmıştır. Alacağzı Formasyonu şeyllerinin Weaver indeksi (SR) hesaplamalarına göre elde edilen değerler 4,16-40 aralığındadır. Organik maddece zengin zonda ise SR değerleri 11,42-20,5 aralığında hesaplanmıştır. Klorit kristalinite (Chc) değerleri ise 0,20-0,35 aralığında hesaplanmıştır. Sadece ATAR-1 numaralı örnek diyajenetik sınırdan hesaplanmış olup, Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonunda ise Chc değerleri 0,25-0,30 aralığında hesaplanmıştır. Kristalinite değerlendirmelerine göre Alacağzı Formasyonu şeylleri büyük çoğunlukla Ankizon-Epizon sınırında belirlenmiştir. Bu bulgular ışığında, Alacağzı Formasyonu şeyllerinin geçmişte maruz kaldığı en yüksek sıcaklığın 110 °C olarak belirlendiği göz önüne alınırsa kil minerallerinden elde edilen kristalinite değerleri ile Alacağzı Formasyonu şeyllerinin gömülme sıcaklığının birbirleri ile uyumlu olmamasını etkileyen bazı faktörler bulunmaktadır. Bunlar; deney hassasiyeti ile ilgili hatalar, organik maddenin sıcaklıkla değişimini kontrol eden mekanizmalar, inorganik madde varlığı ve kil minerallerinin otijenik olmaması ile ilişkilendirilebilir. Bu tez çalışmasında yapılan incelemeler sonucu belirlenen bu durumun, kil minerallerinin gömülme tarihçesi boyunca daha eski bir sedimanter çevrimde Ankizon-Epizon düzeyindeki sıcaklıklarda gömülme sıcaklığına ulaşmış olmasının sonucu olduğu düşünülmektedir.

7. ATAR-41 numaralı örnek üzerinde, yüksek  $S_1$  değeri (0,15 mg HK/ g kaya) dolayısıyla gaz kromatografi analizi yapılmıştır. Analiz sonucu, gaz kromatogramından Pristan değeri 8.28, Fitan değeri ise 28 olarak ölçülmüş olup, Ph/Pr oranı 0,88 olarak hesaplanmıştır.  $Pr/nC_{17}$  ve  $Ph/nC_{18}$  değerleri ise sırasıyla 1,12 ve 0,66 olarak hesaplanmıştır. Gaz kromatogram sonuçlarından itibaren hesaplanan parametrelerle birlikte çökelim ortamı değerlendirildiğinde, Alacaağzı Formasyonunun 1'den yüksek Pr/Ph oranı ( $Pr/Ph=1.14$ ) anoksik olmayan ve sub-oksik olduğu tahmin edilen çökel ortamını karakterize etmektedir. Ancak analiz sonucu elde edilen bu çıkarım istifin genelini her zaman temsil etmeyebilir. Öyle ki, Alacaağzı Formasyonu denizel çökellerinin organik maddece zengin düzeyleri daha oksik veya daha anoksik koşulları temsil ediyor olması muhtemeldir. Ancak, dönemin karakterize özellikleri göz önüne alındığında bu düzeylerin anoksik ortam sedimentasyonu ile çökelmiş olabileceği düşünülmektedir. Gaz kromatografi sonuçlarına göre Alacaağzı Formasyonu şeylleri karışık Tip II/III ile karakterize edilmektedir.  $HI_o$  hesaplamalarında %50 Tip II-%50 Tip III, %25 Tip II-%75 Tip III ve %10 Tip II-%90 Tip III olması durumu çalışılmış olup mevcut durumu temsil edebilecek en ideal oran olarak %25 Tip II-%75 Tip III olması durumu kabul edilmiştir. Buna göre orijinal hidrojen indeksi ( $HI_o$ ) değeri 206 mg HC/g TOC olarak hesaplanmıştır.
8. Bu tez çalışması kapsamında  $T_{max}$  parametresi  $\%R_o$  hesaplaması için bir dönüştürme formülü olarak kullanılmış olup Alacaağzı Formasyonu şeylllerinin ortalama  $\%R_o$  değeri %0,73 olarak hesaplanmıştır. Bu değer örneklerin petrol penceresinde olduğunu göstermektedir. Oysa, şeyl gaz kaynak sistemlerinin vitrinit yansıtma ( $\%R_o$ ) değerinin %1,35'ten daha yüksek değerde olması gerekmektedir. Bu noktada Alacaağzı Formasyonu şeylleri geleneksel kaynak kaya potansiyeli açısından petrol penceresinde olup, şeyl gaz potansiyeli açısından etkin görünmemektedir. Diğer taraftan, çalışma alanının şeyl gaz potansiyeli açısından değerlendirilmesini gerektiren önemli bulgular elde edilmiştir. Geleneksel yöntemler kullanılarak araştırılan Alacaağzı Formasyonu şeylllerinin transformasyon oranının %70'in üzerinde olması, inceleme alanında çalışılan şeyllerin göreceli kalınlığı ve kayaçların '*az kırılğan*' nitelikte olması çalışma alanının geleneksel olmayan (unconventional) kaynaklar açısından potansiyelinin irdelenmesinin de önemli olduğunu düşündürmüştür. Alacaağzı Formasyonu'nun şeyl gaz potansiyelinin incelenmesinin diğer bir nedeni ise  $S_2$ -TOK diyagramındaki organik maddenin kil mineralleri tarafından absorbe edilmesidir. Burada örneklerde bulunan kil

minerallerinin tabaka killerinden ziyade yüzeye tutunma şeklinde yer aldığından söz etmek gerekmektedir. Çünkü, organik maddenin kil mineralleri tarafından absorblanabilmesi için montmorillonit türü şişebilen killerin aksine yüzeye tutunabilen killer gerekmektedir. Bu anlamda kil minerallerinin hem gerçek HI değerine olan etkisi hem de şeyl gaz potansiyeline katkısını çözümleyebilmek için çalışma kapsamında birtakım hesaplamalara gidilmiştir.

9. Alacağzı Formasyonu şeyllerinin kırılgenlik niteliği bakımından şeyl gaz potansiyeli değerlendirildiğinde, az kırılgen olma eğilimi şeyl gaz operasyonlarında çatlatma etkinliği ve dolayısıyla üretim maliyetini olumlu yönde artıracak bir etken olarak görülmelidir. Ayrıca, kil minerallerinin petrol adsorbsiyonuna olan etkisinin gözeneklilik, geçirgenlik, sıvı akışı ve rezervuar geometrisi etkenlerinin birlikte değerlendirilerek, kuyu verileri ile desteklenen rezervuar simülasyonları ile ayrıntılı olarak incelenmesi gerekmektedir. Alacağzı Formasyonu şeyllerinin petrol ve gaz adsorbsiyonunun tayin edilebilmesi, gelecekte bu konu üzerine yapılacak araştırmalarda ayrıntılı olarak incelenmesi ile mümkün olabilecektir.
10. Alacağzı Formasyonu şeyllerinin formasyona ilişkin yayılım ve yoğunluk gibi verileri olmadığından üretim potansiyeli hesaplanamamıştır. Diğer taraftan bu tez çalışması kapsamında toplam 46 adet numunenin üretim potansiyelleri hesaplanılarak Alacağzı Formasyonu ölçülü stratigrafik kesitten alınan her bir numunenin üretim potansiyeli miktarı BO/AF cinsinden hesaplanmıştır. Bu hesaplama göre, Alacağzı şeylleri üretim potansiyelinin ortalama miktarı 29 BO/AF olarak belirlenmiştir. Alacağzı Formasyonu şeyllerinin petrol penceresinde olmasından dolayı kalan üretim potansiyellerinin de çok yüksek olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla üretim potansiyeline eklenen S<sub>2</sub> değerlerinin çok yüksek olmaması nedeniyle, toplam üretim potansiyeli buna bağlı olarak yüksek değildir. Fakat azımsanamayacak bir potansiyeli de yansıtmaktadır. Öyle ki, Barnett (Missisipiyan) şeyllerindeki büyük ölçekli üretim düşünülecek olursa, Barnett şeyllerinde hesaplanmış kuyu örneklerinin üretim potansiyeli ile Alacağzı şeylleri üretim potansiyeli kıyaslandığında Alacağzı şeylleri potansiyelinin bu anlamda yeterli değerlerde olduğu görülmektedir. Alacağzı Formasyonu organik maddece zengin zonda ise, kerojen dönüşümleri (transformasyon oranı) her bir örnek için hesaplanmış olup değerler % 0,74 aralığındadır. Acre foot başına varil yağ (BO/AF) cinsinden hesaplanmış olan üretim potansiyelleri ortalaması 38 BO/AF olarak hesaplanmıştır.

11. Alacağzı Formasyonu şeylleri transformasyon oranı %79 olarak hesaplanmıştır. Bu oran örneklerin şeyl gaz potansiyeli açısından gaz eğiliminde olduğunu göstermektedir. Alacağzı Formasyonu şeyllerinin TOK<sub>o</sub> değeri şeyllerin %25 Tip II-%75 Tip III kerojenden oluşması durumuna göre hesap edilmiş olup TOK<sub>o</sub> değerleri %0,22-2,05 aralığında hesaplanmıştır. Tüm değerler içerisindeki ortalama TOK<sub>o</sub> değeri ise %0,62 olarak hesaplanmıştır. Alacağzı formasyonu şeyllerinin TOK<sub>o</sub> değerinin %0,62 ve TOK<sub>pd</sub> değerinin %0,53 olarak birbirine yakın değerlerde olması Alacağzı Formasyonu şeyllerinin TOK<sub>o</sub> değeri hesaplanırken düşük HI<sub>pd</sub> değerlerinin kullanılması ile açıklanabilir. Üretken organik karbon (GOC) değeri ortalaması tüm örnekler içerisinde 0,11 olarak hesaplanmıştır. Üretken olmayan karbon (NGOC) değeri ise toplam orijinal organik karbon (TOK<sub>o</sub>) değerinden GOC değeri çıkarılarak hesaplanmış olup 0,52 olarak hesaplanmıştır.
12. Hangenberg anoksizma döneminin dünyanın belirli lokasyonlarında özellikle fauna araştırmalarına konu olduğu ve ayrıntılı incelendiği görülmektedir. Ortam ve köken yorumu açısından fauna araştırmalarının yürütüldüğü lokasyonların çökelim mekanizmasının Alacağzı Formasyonu şeylleri ile büyük çoğunlukla benzerlik gösterdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, Tarlağzı kesitinde yer alan makrofosillerin büyük kitlesel yok oluş dönemini karakterize eden Hangenberg dönemine ait izler taşınması bu düşünceyi de desteklemektedir. Kitlesel yok oluş gerçekleşen Hangenberg döneminin Türkiye'deki izleri araştırılırken şüphesiz daha somut verilerin ortaya konulması önemlidir. Bu amaçla, organik jeokimyasal yöntemler, XRD gibi klasik organik jeokimyasal araştırmaların yanında gaz kromatografi analizleri,  $\delta^{13}\text{C}$  izotop analizleri ve faunal analizlerin yapılarak elde edilen verilerin birbirleriyle olan ilişkilerinin saptanması gerekmektedir. Türkiye'nin Turnezyen-Vizeyen aralığına; bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular bahsedilen konuların birlikte değerlendirilmesiyle konuya farklı bir bakış açısı getirecektir. Bu çalışma kapsamında hidrokarbon kaynak kaya ve şeyl gaz potansiyeli değerlendirilmesi amacıyla irdelenen Alacağzı Formasyonu'nun Türkiye'nin Turnezyen-Vizeyen anoksizmasına da dünya literatüründe katkı sağlayacağı ve daha fazla irdelenmesi gerektiği düşünülmektedir.
13. Bu tez çalışması kapsamında Alacağzı Formasyonu şeyllerinin gömülme tarihçesini ortaya koyabilmek için yapılan çalışmalarda, kaynak kayacın geçmişte maruz kaldığı maksimum sıcaklık 110 °C olarak hesaplanmıştır. Alacağzı Formasyonu şeyllerinin petrol penceresine girebilmesi için 2200 m gömülme derinliğine ulaşması

gerekmektedir. Çünkü bölgenin paleo jeotermal gradyan değeri 35 °C/km olmalıdır. Alacağzı formasyonu şeyllerinin %0,73 R<sub>0</sub> olgunluğuna ulaşabilmesi için gerekli gömülme derinliği 2680 m olarak hesaplanmıştır. Bu bilgiler Alacağzı Formasyonu şeyllerinin maksimum gömülmesinin Üst Kretase'de gerçekleştiğine işaret etmektedir. Bu anlamda Alacağzı Formasyonu'nun petrol penceresine girmesi Akveren Formasyonu ile Yemişliçay Formasyonu'nun sedimantasyonu ile eş zamanlı olduğunu göstermektedir.



## 8. KAYNAKLAR

1. Küçükkalay, A.M., *Endüstri devrimi ve ekonomik sonuçlarının analizi*. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 1997. **2**(2).
2. Yergin, D. and K. Tuncay, *Petrol: para ve güç çatışmasının epik öyküsü*. 2003: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
3. Emeklier, B., *Petrolün Uluslararası İlişkilerdeki Yeri: Jeopolitik Teoriler ve Petropolitik*. Bilge Strateji, 2010. **2**(3).
4. Klemme, H. and G.F. Ulmishak, *Effective petroleum source rocks of the world: stratigraphic distribution and controlling depositional factors (1)*. AAPG Bulletin, 1991. **75**(12): p. 1809-1851.
5. Demaison, G.J. and G.T. Moore, *Anoxic environments and oil source bed genesis*. AAPG Bulletin, 1980. **64**(8): p. 1179-1209.
6. Berry, W.B. and P. Wilde, *Progressive ventilation of the oceans; an explanation for the distribution of the lower Paleozoic black shales*. American Journal of Science, 1978. **278**(3): p. 257-275.
7. Raup, D.M. and J.J. Sepkoski, *Mass extinctions in the marine fossil record*. Science, 1982. **215**(4539): p. 1501-1503.
8. Sepkoski, J.J., *A Compendium of Fossil Marine Families*. 1982: Milwaukee Public Museum.
9. Sepkoski, J., *Phanerozoic overview of mass extinction*, in *Patterns and Processes in the History of Life*. 1986, Springer. p. 277-295.
10. Buggisch, W., *The global Frasnian-Famennian» Kellwasser Event «*. Geologische Rundschau, 1991. **80**(1): p. 49-72.
11. Rong, J.-Y. and X. Chen, *A big event of latest Ordovician in China*, in *Global Bio-Events*. 1986, Springer. p. 127-131.
12. Buggisch, W., *Zur Geologie und Geochemie der Kellwasserkalke und ihrer begleitenden Sedimente (Unteres Oberdevon)*. 1972: Hessisches Landesamt für Bodenforschung.
13. Yang, Z.-Y., *Advances of research on the Permian-Triassic boundary in China*. Mem. Soc. Geol. It, 1988. **34**(1986): p. 269-276.
14. Hansen, H.J., et al., *Cretaceous-Tertiary boundary spherules from Denmark, New Zealand and Spain*. Bulletin of the Geological Society of Denmark, 1986. **35**(1-2): p. 75-82.
15. Caplan, M.L. and R.M. Bustin, *Sedimentology and sequence stratigraphy of Devonian-Carboniferous strata, southern Alberta*. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 1998. **46**(4): p. 487-514.
16. Kaiser, S.I., M. Aretz, and R.T. Becker, *The global Hangenberg Crisis (Devonian–Carboniferous transition): review of a first-order mass extinction*. Geological Society, London, Special Publications, 2016. **423**(1): p. 387-437.

17. Playford, P.E., et al., *Iridium anomaly in the Upper Devonian of the Canning Basin, western Australia*. Science, 1984. **226**(4673): p. 437-439.
18. Bai, S. and Z. Ning, *Faunal change and events across the Devonian-Carboniferous boundary of Huangmao section, Guangxi, South China*. 1988.
19. McLaren, D.J. and W.D. Goodfellow, *Geological and biological consequences of giant impacts*. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 1990. **18**(1): p. 123-171.
20. Stanley, S.M., *Temperature and biotic crises in the marine realm*. Geology, 1984. **12**(4): p. 205-208.
21. Copper, P., *Frasnian/Famennian mass extinction and cold-water oceans*. Geology, 1986. **14**(10): p. 835-839.
22. Wilde, P., M.S. Quinby-Hunt, and W.B. Berry, *Vertical advection from oxic or anoxic water from the main pycnocline as a cause of rapid extinction or rapid radiations*, in *Extinction events in earth history*. 1990, Springer. p. 85-98.
23. Tappan, H., *Extinction or survival: selectivity and causes of Phanerozoic crises*, in *Geological implications of impacts of large asteroids and comets on the earth*. 1982, Geol. Soc. Am. Spec. Paper. p. 265-276.
24. House, M.R., *Correlation of mid-Palaeozoic ammonoid evolutionary events with global sedimentary perturbations*. Nature, 1985. **313**(5997): p. 17.
25. House, M., *Ammonoid extinction events*. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B, 1989. **325**(1228): p. 307-326.
26. Johnson, J., G. Klapper, and C.A. Sandberg, *Devonian eustatic fluctuations in Euramerica*. Geological Society of America Bulletin, 1985. **96**(5): p. 567-587.
27. Kerey, I., *Facies and tectonic setting of the Upper Carboniferous rocks of northwestern Turkey*. Geological Society, London, Special Publications, 1984. **17**(1): p. 123-128.
28. Demirel, I.H., *Petroleum systems in the eastern and central Taurus region, Turkey*. Marine and petroleum geology, 2004. **21**(8): p. 1061-1071.
29. Kara- Gülbay, R., et al., *Lower Carboniferous Shales in the Eastern Tauride Belt, Southern Turkey: Source Rock Characteristics*. Journal of Petroleum Geology, 2014. **37**(1): p. 25-41.
30. Burger, K., F.K. Bandelow, and G. Bieg, *Pyroclastic kaolin coal-tonsteins of the Upper Carboniferous of Zonguldak and Amasra, Turkey*. International journal of coal geology, 2000. **45**(1): p. 39-53.
31. Özkoçak, K., Y. Şentürk, L., *Kuzeybatı Anadolu Taşkömürü Havzasına Genel Bakış*. Türkiye 1. Kömür Kongresi, 1978. **1**: p. 167-190.
32. Ralli, G., *Zonguldak-Eregli havzasy kömür durumu*. Franzca, Maden Dairesi: Tercüme Fatin, 1933. **7**.
33. Arni, P., *Azdavay ve Karafasil Taskömür mintikası hakkında rapor: Geologischer Bericht ber das Gebeit Azdavay 5.15 s. 2 Kesit 27 cm*. Unpublished MTA Report, 1936(27).
34. Fratschner, W.T., *Kurucasile-Eflani-Cide böl-geesindeki saha etüdü hakkında ilk not: Maden Tetkik Arama*. 1953, Rapor.

35. Tokay, M., *Filyos Çayı Ağzı-Amasra-Bartın-Kozcağz-Çaycuma Bölgesinin jeolojisi*. MTA Derg, 1954. **46**: p. 58-74.
36. TOKAY, M., *AMASRA BÖLGESİNİN JEOLJİSİ VE KARBONİFERDE GRAVİTE YOLUYLA BAZI KAYMA OLAYLARI*. 1962.
37. Dil, N. and Y. Konyali, *Carboniferous of Zonguldak area*. IUGS Subcommission on Carboniferous Stratigraphy, field excursion on the Carboniferous stratigraphy in Turkey guidebook, 1978: p. 5-25.
38. Aydın, M., et al., *Camdag (Sakarya) Sunnicedag (Bolu) yoresinin jeolojisi: Türkiye Jeoloji Kurumu Bulteni*, v. 30. 1987.
39. Harput, B.O., *Batkaradeniz Bölgesi Tortullarının Kaynak Kaya ve Olgunlaşma Yönüyle İncelenmesi*. 1997, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi: Ankara.
40. Gorur, N. and O. Tuysuz, *AAPG Memoir 68: Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. Chapter 13: Petroleum Geology of the Southern Continental Margin of the Black Sea*. 1997.
41. Yılmaz, Y., et al., *Geology and tectonic evolution of the Pontides*. Pp. 183-226 in: *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region* (A. Robinson, editor). American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, 1997. **81**.
42. Gürdal, G. and M. Yalçın, *Gas adsorption capacity of Carboniferous coals in the Zonguldak basin (NW Turkey) and its controlling factors*. Fuel, 2000. **79**(15): p. 1913-1924.
43. Hosgörmez, H., *Origin and secondary alteration of coalbed and adjacent rock gases in the Zonguldak Basin, western Black Sea Turkey*. Geochemical Journal, 2007. **41**(3): p. 201-211.
44. Aydın, M., et al., *Ballıdağ-Çangaldağ (Kastamonu) arasındaki bölgenin jeolojisi*. Türkiye Jeoloji Kurumu (TJK) Bülteni, 1986. **29**: p. 1-16.
45. Ketin, I. and O. Gümüş, *Sinop-Ayancik güneyinde üçüncü bölgeye dahil sahaların jeolojisi hakkında rapor, II. kısım Jura ve Kretase formasy-onlarının etüdü: Unpublished: TPAO Rapor*. 1963.
46. Alisan, C. and A. Derman. *The first palynological age, sedimentological and stratigraphic data for the Çakraz Group (Triassic), western Black Sea*. in *Geology of The Black Sea Region: Proceedings of the International Symposium on the Geology of Black Sea Region*. 1995. General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, Turkey.
47. Robinson, A., et al., *Petroleum geology of the Black Sea*. Marine and Petroleum Geology, 1996. **13**(2): p. 195-223.
48. Şengün, M., et al., *Kastamonu yöresinin jeolojisi ve Paleotetis' in evrimine ilişkin jeolojik sınırlamalar*. Türkiye Jeoloji Bülteni, 1990. **33**: p. 1-16.
49. Saner, S., *Batı Pontidlerin ve komşu havzaların oluşumlarının levha tektoniği kuramıyla açıklanması, Kuzeybatı Türkiye*. MTA Dergisi, 1980. **93**(94): p. 1-19.
50. Gedik, A., T. Ercan, and S. Korkmaz, *Orta Karadeniz (Samsun-Sinop) havzasının jeolojisi ve volkanik kayaçların petrolojisi*. MTA dergisi, 1982(99-100): p. 34-51.
51. Gedik, A. and S. Korkmaz, *Sinop havzasının jeolojisi ve petrol olanakları*. 1984.



52. Sonel, N., et al., *Boyabat (Sinop) Havzası Ekinveren fayının petrol aramalarındaki önemi*. Türkiye Jeoloji Kurumu (TJK) Bülteni, 1989. **32**: p. 39-49.
53. İnal, Y., *Akgöl formasyonu şeyllerinin hidrokarbon kaynak kaya potansiyeli (Küre, İnebolu) / Hydrocarbon source rock potential of the Akgöl formation shales (Küre, Inebolu)*. 2013, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi: Ankara. p. 167.
54. S., Ö., *Amasra (Zonguldak) yöresindeki karbonifer yaşlı kilitaşlarının ana kaya potansiyeli*. 2000, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi: İstanbul. p. 120.
55. S, Ş., *Amasra yöresi (Batı Karadeniz)üst jura-alt kretase inaltı kireçtaşlarının bentik foraminifer paleontolojisi*. 2007, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi: Ankara.
56. Tekinırk, A., *Amasra (Bartın) havzası karbonifer kömürlerindeki gazların jeokimyasal özellikleri ve ekonomik önemi*. 2012, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi: İstanbul.
57. Karayigit, A., R. Gayer, and I. Demirel, *Coal rank and petrography of Upper Carboniferous seams in the Amasra coalfield, Turkey*. International Journal of Coal Geology, 1998. **36**(3-4): p. 277-294.
58. Hoşgörmez, H., et al., *Isotopic and molecular composition of coal-bed gas in the Amasra region (Zonguldak basin—western Black Sea)*. Organic Geochemistry, 2002. **33**(12): p. 1429-1439.
59. Harput, B., et al., *Preliminary hydrocarbon source rock assessment of the Paleozoic and Mesozoic formations of the Western Black Sea region of Turkey*. Energy sources, 1999. **21**(10): p. 945-956.
60. Küçükkuş, N., *Batı Karadeniz bölgesi'nde yer alan Zonguldak formasyonu'nun kuyu verileriyle petrofiziksel özelliklerinin incelenmesi*. 2014, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi: İstanbul.
61. Okay, A.I., A. Celal Sengor, and N. Görür, *Kinematic history of the opening of the Black Sea and its effect on the surrounding regions*. Geology, 1994. **22**(3): p. 267-270.
62. Agralı, B., *Kozlu bölgesi kömür damarlarının kısa nicel palinolojik etüdü ve kılıç damarlar serisinin yaşı hakkında görüşler*. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 1974. **82**(82).
63. Yılmaz, Ç., Tekinırk, A., *Amasra-Bartın Kömür Havzası Tarlaağzı Ve Bedesten Mevkiinde Namuriyen Yaşlı Kömür Damarlarının Palinolojik İncelenmesi*. 64. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 2011. **64**.
64. Nakoman, E., *Etudes palynologiques des veines d'âge Namurien et de Westphalien à des secteurs de Karadon et d'Uzülmez du bassin houiller de Zonguldak*. 1975: Mineral Research and Exploration Institute of Turkey.
65. Koçyiğit, D., *Batı Karadeniz bölgesi üst devoniyen-turneziyen ve kretase siyah şeyl fasiyesinin hidrokarbon kaynak kaya potansiyelinin belirlenmesi*. 2007, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi: Ankara.
66. Grancy, W., *The report on bituminous coal expectation in Antdere and Pelitovasi*. MTA (General Directorate of Mineral Research and Exploration), Ankara, Turkey. 1938, report.
67. Wedding, H., *Bartın'ın (Zonguldak ili) doğusuna doğru enteresan bir dekroşman hakkında*. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 1970. **74**(74).

68. Akbaş, B., Altun, İ. E., Aksay, A., , *1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Zonguldak E-28 Paftası*. 2002, Ankara: Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi.
69. Serdar, H. and O. Demir, *Bolu*. Mengen, Devrek dolayynyn Jeolojisi ve Petrol Olanaklary: Unpublished TPAO Report, Ankara, 1983.
70. Gedik, I. and M. Önalın, *New observations on the Paleozoic stratigraphy of Çamdağ (Sakarya Province)*. Istanbul University Earth Sciences, 2001. **14**: p. 61-76.
71. Kipman, E., *Sakarya Çamdağ (Kestanepınar-Yasıgeçit köyleri arası) deniz çökeltisi demir cevherinin jeolojisi*. 1974: İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi.
72. Yergök, A., et al., *Batı Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi (I)*. MTA Rap, 1987(8273).
73. Akyol, Z., et al., *Geological map of the Cide-Kurucasile region, scale 1: 50 000*. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, 1974.
74. Akman, A.U., *Amasra-Arit arasının jeolojisi*. 1992, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.
75. Jongmans, W.J., *Beiträge zur Kenntnis der Karbonflora in den östlichen Teilen des Anatolischen Kohlenbeckens*. 1939.
76. Saner, S., et al., *Zonguldak dolayının jeolojisi ve petrol olanaklari: Unpublished TPAO Report*. 1980, Ankara.
77. Yılmaz, O., *Daday-Devrekani Masifi kuzeydoğu kesimi litostratigrafi birimleri ve tektoniği*. Yerbilimleri, 1980. **5-6**: p. 101-135.
78. Terlemez, I. and A. Yılmaz, *Stratigraphy of the area between Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye*. Bulletin of the Geological Society of Turkey, 1980. **23**: p. 179-191.
79. Aksay A., P.Ş., Gedik İ., Bilginer E., Duru M., Akbaş B. ve Altun İ., *1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Projesi, Zonguldak Paftası*. 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Projesi, ed. M. ŞENEL. 2002, Ankara: MTA.
80. Kaya, O., A.D. Tansel, and S. Özer, *Yığılca (Bolu) alanı üst Kretase ve Paleojeninın stratigrafisi*. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 1986. **107**(107).
81. Ketin, I. and Ö. Gümüş, *Sinop, Ayancık ve güneyinde, III. Bölgeye Dahil Sahaların Jeolojisi Hakkında Rapor*. I, II. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Arama Grubu, rap, 1962(213-218).
82. Peters, K., *Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis*. AAPG bulletin, 1986. **70**(3): p. 318-329.
83. Tissot, B.W. and D. Welte, *It (1984~ Petroleum Formation and Occurrence*. New York, Springer, Dpto. RR. PP. 451p.
84. Espitalie, J., G. Deroo, and F. Marquis, *La pyrolyse Rock-Eval et ses applications. Deuxième partie*. Revue de l'Institut français du Pétrole, 1985. **40**(6): p. 755-784.
85. Barker, C., *Pyrolysis techniques for source-rock evaluation*. AAPG Bulletin, 1974. **58**(11): p. 2349-2361.
86. Espitalié, J., et al., *Méthode rapide de caractérisation des roches mères, de leur potentiel pétrolier et de leur degré d'évolution*. Revue de l'Institut français du Pétrole, 1977. **32**(1): p. 23-42.

87. Tissot, B. and D. Welte, *Petroleum formation and occurrence: a new approach to oil and gas exploration*. 1978: Springer.
88. Jones, R., *Comparison of carbonate and shale source rocks*. 1984.
89. Merrill, R.K., *Source and migration processes and evaluation techniques*. 1991.
90. Espitalie, J., et al., *Method and device for determining the organic carbon content of a sample*. 1982, Google Patents.
91. Jarvie, D. and D. Baker. *Application of the Rock-Eval III Oil Show Analyzer to the study of gaseous hydrocarbons in an Oklahoma gas well*. in *187th ACS National Meeting, St. Louis Missouri*. 1984.
92. Jarvie, D.M., *Shale resource systems for oil and gas: Part 2—Shale-oil resource systems*. 2012.
93. Durand, B. and J. Monin, *Elemental analysis of kerogens (C, H, O, N, S, Fe)*. Kerogen: Paris, Editions Technip, 1980: p. 113-142.
94. Clementz, D., G. Demaison, and A. Daly. *Well site geochemistry by programmed pyrolysis*. in *Offshore Technology Conference*. 1979. Offshore Technology Conference.
95. Jarvie, D.M., et al. *Oil and shale gas from the Barnett Shale, Ft. in Worth Basin, Texas (abs.): AAPG Annual Meeting Program*. 2001.
96. Bjørlykke, K. and K. Høeg, *Effects of burial diagenesis on stresses, compaction and fluid flow in sedimentary basins*. Marine and Petroleum Geology, 1997. **14**(3): p. 267-276.
97. Erkan, Y., *Sedimanter petrografi*. 2000: Hacettepe Üniversitesi.
98. Velde, B., *Introduction to clay minerals: chemistry, origins, uses and environmental significance*. 1992: Chapman and Hall Ltd.
99. Bozkaya, Ö. and H. Yalçın, *Diyajenez-Metamorfizma geçişinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler*. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 1996. **49**: p. 1-22.
100. Sarı, A., *Petrol Jeologları İçin Organik Jeokimya*. 1997, Ankara: Ankara Üniversitesi A.Ü.F.F. Döner Sermaye İşletmesi Yayınları.
101. Peters, K.E., et al., *The biomarker guide*. Vol. 1. 2005: Cambridge university press.
102. Jarvie, D.M., *Total organic carbon (TOC) analysis: Chapter 11: geochemical methods and exploration*. 1991.
103. Langford, F. and M.-M. Blanc-Valleron, *Interpreting Rock-Eval pyrolysis data using graphs of pyrolizable hydrocarbons vs. total organic carbon (1)*. AAPG Bulletin, 1990. **74**(6): p. 799-804.
104. Katz, B.J., *Limitations of 'Rock-Eval' pyrolysis for typing organic matter*. Organic Geochemistry, 1983. **4**(3-4): p. 195-199.
105. Mukhopadhyay, P.K., J.A. Wade, and M.A. Kruege, *Organic facies and maturation of Jurassic/Cretaceous rocks, and possible oil-source rock correlation based on pyrolysis of asphaltenes, Scotian Basin, Canada*. Organic Geochemistry, 1995. **22**(1): p. 85-104.
106. Jackson, K., P. Hawkins, and A. Bennett, *Regional facies and geochemical evaluation of the southern Denison Trough, Queensland*. The APPEA Journal, 1980. **20**(1): p. 143-158.

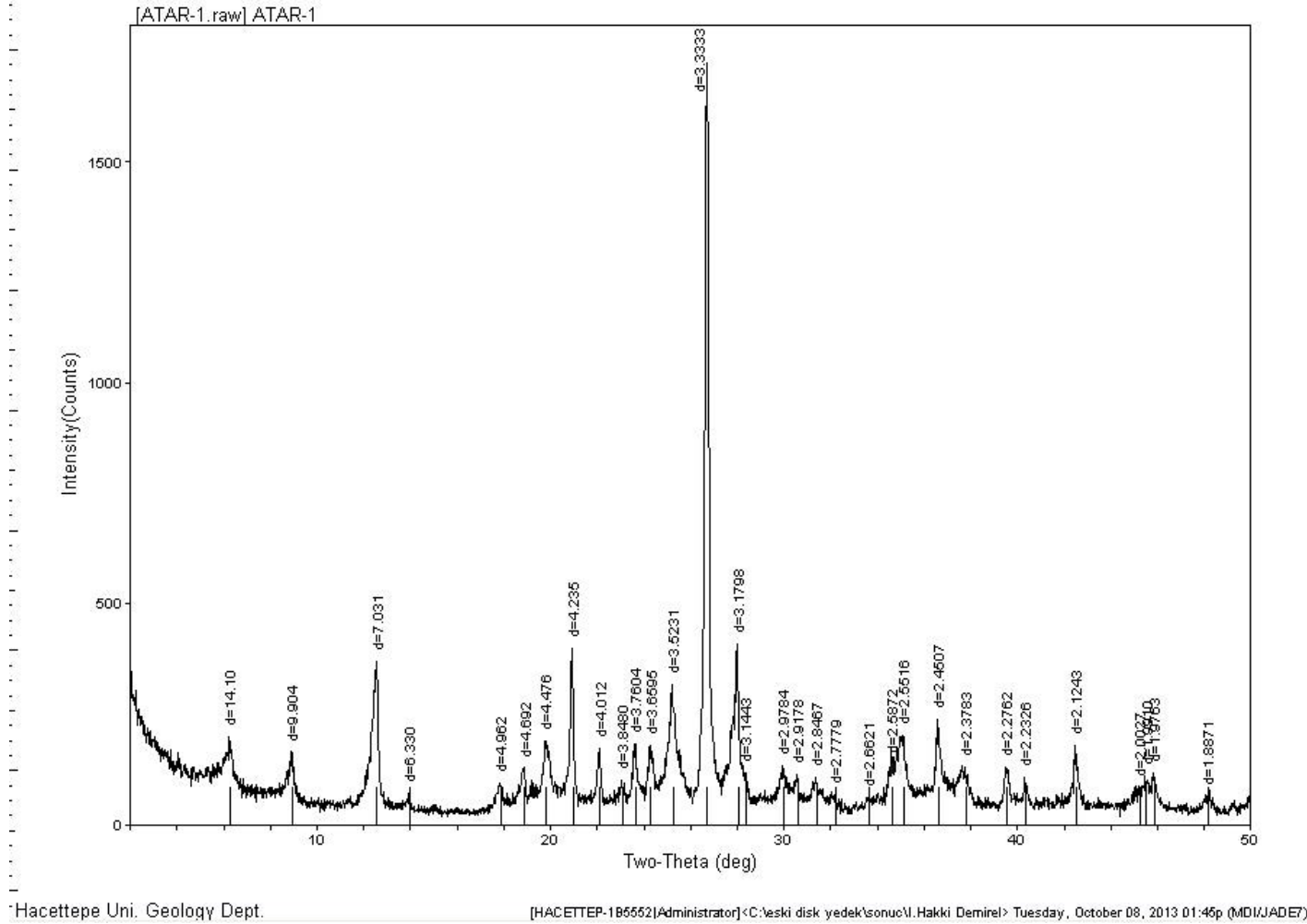
107. Barker, C.E. and M.J. Pawlewicz, *Calculation of vitrinite reflectance from thermal histories and peak temperatures: a comparison of methods*. 1994, ACS Publications.
108. Barker, C.E., *Geothermics of petroleum systems: Implications of the stabilization of kerogen thermal maturation after a geologically brief heating duration at peak temperature*, in *Petroleum Systems of the United States*. 1988, US Geological Survey Bulletin 1870, Washington, DC. p. 26-29.
109. Jarvie, D., et al. *Evaluation of hydrocarbon generation and storage in the Barnett Shale, Ft. Worth Basin, Texas*. in *Ellison Miles Memorial Symposium, Farmers Branch, Texas, USA*. 2004.
110. Tezcan, A.K., *Geothermal Explorations and Heat Flow in Turkey*. Terrestrial Heat Flow and Geothermal Energy in Asia. 1995, New Delhi, India: Oxford and IBH Pub. Co.
111. Uzunlar, Z., *Türkiye Yeraltı Sıcaklık Gradyan Dağılımının Derin Kuyu Sıcaklık Verileri Ve Variogram Analizi İle Belirlenmesi*. 2006, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
112. Worden, R. and S. Morad, *Clay minerals in sandstones: controls on formation, distribution and evolution*. 2003: Wiley Online Library.
113. Weaver, C.E., *Potassium, illite and the ocean*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1967. **31**(11): p. 2181-2196.
114. Potter, P.E., J.B. Maynard, and W.A. Pryor, *Sedimentology of shale: study guide and reference source*. 2012: Springer Science & Business Media.
115. Boles, J.R. and S.G. Franks, *Clay diagenesis in Wilcox sandstones of southwest Texas: implications of smectite diagenesis on sandstone cementation*. *Journal of Sedimentary Research*, 1979. **49**(1).
116. Pollastro, R.M., *Mineralogical and morphological evidence for the formation of illite at the expense of illite/smectite*. *Clays and Clay Minerals*, 1985. **33**(4): p. 265-274.
117. Gharrabi, M. and B. Velde, *Clay mineral evolution in the Illinois Basin and its causes*. *Clay Minerals*, 1995. **30**(4): p. 353-364.
118. Mackenzie, F.T., *Sedimentary cycling and the evolution of seawater*. *Chemical oceanography*, 1975. **1**(2): p. 309-364.
119. Dypvik, H., *Clay mineral transformations in Tertiary and Mesozoic sediments from North Sea*. *AAPG Bulletin*, 1983. **67**(1): p. 160-165.
120. Cardott, B.J., *Introduction to vitrinite reflectance as a thermal maturity indicator*, in *Adapted from an Oral Presentation at Tulsa Geological Society Luncheon, May 8, 2012*. 2012, American Association of Petroleum Geologists Search and Discovery.
121. Thomas, L.J. and L.P. Thomas, *Coal geology*. 2002: John Wiley & Sons.
122. Kubler, B., *Evaluation quantitative du metamorphisme par la cristallinite de l'Illite*. *Bull. Centre Rech. Pau-SNPA*, 2, 1968. **2**: p. 385-397.
123. Kubler, B. *La cristallinite de l'illite et les zones tout à fait supérieures du métamorphisme*. in *étages tectoniques, Colloque de Neuchâtel*. 1967. Université Neuchatel a la Baconniere.
124. Frey, M., *Very low-grade metamorphism of clastic sedimentary rocks*. *Low temperature metamorphism*, 1987: p. 9-58.

125. Kisch, H.J., *Mineralogy and Petrology of Burial Diagenesis (Burial Metamorphism) and Incipient Metamorphism in Clastic Rocks*, in *Developments in Sedimentology*. 1983, Elsevier. p. 289-493.
126. Weaver, C.E., *Possible uses of clay minerals in search for oil*. AAPG Bulletin, 1960. **44**(9): p. 1505-1518.
127. Segonzac, G.D., *The transformation of clay minerals during diagenesis and low- grade metamorphism: a review*. Sedimentology, 1970. **15**(3- 4): p. 281-346.
128. Mata, M., *Comparison of diagenetic and low- grade metamorphic evolution of chlorite in associated metapelites and metabasites: an integrated TEM and XRD study*. Journal of Metamorphic Geology, 2000. **18**(5): p. 531-550.
129. Le Corre, C., *Analyse comparee de la cristallinite des micas dans le Brioverien et le Paleozoique centre-armoricains; zoneographie et structure d'un domaine epizonal*. Bulletin de la Société Géologique de France, 1975. **7**(4): p. 547-553.
130. Schaer, J. and F. Persoz, *Aspects structuraux et petrographiques du Haut-Atlas calcaire de Midelt (Maroc)*. Bulletin de la Societé géologique de France, 1976. **7**(5): p. 1239-1250.
131. Deutloff, O., et al., *Inkohlungsuntersuchungen im Mesozoikum des Massivs von Vlotho (Niedersächsisches Tektogen)*. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte, 1980. **6**: p. 321-341.
132. Dandois, P., *Diagenèse et métamorphisme des domaines Calédonien et Hercynien de la vallée de la Meuse entre Charleville-Mezières et Namur (Ardennes franco-belges)*. Bull Soc Belg Géol, 1981. **90**: p. 299-316.
133. Duba Daria, W.-J., Anthony E, *The application of illite crystallinity, organic matter reflectance, and isotopic techniques to mineral exploration; a case study in southwestern Gaspe, Quebec*. Economic Geology, 1983. **78**(7): p. 1350-1363.
134. Chaula, B.R., Chopra, A.K. and Shukla, R.K., *Geochemistry of Sedimentary Organics of Jurassic of India*. , in *Petroleum Geochemistry and Exploration in the Afro-Asian Region*, K.e. al., Editor. 1987: Balkema, Rotterdam.
135. Peters, K.E., et al., *Geochemistry of crude oils from eastern Indonesia*. AAPG bulletin, 1999. **83**(12): p. 1927-1942.
136. Jarvie, D.M., et al., *Unconventional shale-gas systems: The Mississippian Barnett Shale of north-central Texas as one model for thermogenic shale-gas assessment*. AAPG bulletin, 2007. **91**(4): p. 475-499.
137. Burnham, A.K., *On the validity of the pristane formation index*. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1989. **53**(7): p. 1693-1697.
138. Claypool, G.E. and E.A. Mancini, *Geochemical relationships of petroleum in Mesozoic reservoirs to carbonate source rocks of Jurassic Smackover Formation, southwestern Alabama*. AAPG Bulletin, 1989. **73**(7): p. 904-924.
139. Jarvie, D., *Worldwide shale resource plays and potential*. AAPG European Region ICE, Kiev, Ukraine, 2010: p. 17-19.
140. Pepper, A.S., *Estimating the petroleum expulsion behaviour of source rocks: a novel quantitative approach*. Geological Society, London, Special Publications, 1991. **59**(1): p. 9-31.

141. Low, P.F., *Viscosity of Interlayer Water in Montmorillonite I*. Soil Science Society of America Journal, 1976. **40**(4): p. 500-505.
142. Barker, C., *Primary migration-the importance of water-organic-mineral matter interactions in the source rock*. AAPG Studies in Geology, 1980. **10**.
143. Hinch, H.H., *The nature of shales and the dynamics of hydrocarbon expulsion in the Gulf Coast Tertiary section*. 1980.
144. Magara, K., *Evidences of primary oil migration*. AAPG Bulletin, 1980. **64**(12): p. 2108-2117.
145. Magoon, L.B. and W.G. Dow, *The petroleum system: chapter 1: Part I. Introduction*. 1994.
146. Curtis, J.B., *Fractured shale-gas systems*. AAPG bulletin, 2002. **86**(11): p. 1921-1938.
147. Speight, J.G., *Shale gas production processes*. 2013: Gulf Professional Publishing.
148. Zou, C., *Unconventional petroleum geology*. 2017: Elsevier.
149. Hugman III, R. and M. Friedman, *Effects of texture and composition on mechanical behavior of experimentally deformed carbonate rocks*. AAPG Bulletin, 1979. **63**(9): p. 1478-1489.
150. Nelson, R., *Geologic analysis of naturally fractured reservoirs*. 2001: Gulf Professional Publishing.
151. Zou, C., et al., *Geological characteristics and resource potential of shale gas in China*. Petroleum exploration and development, 2010. **37**(6): p. 641-653.
152. *Modern shale gas development in the United States A Primer4*. 2009; Available from: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/03/f0/ShaleGasPrimer\\_Online\\_4-2009.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/03/f0/ShaleGasPrimer_Online_4-2009.pdf).
153. DONG, D.-z., et al., *An evaluation method of shale gas resource and its application in the Sichuan basin [J]*. Natural Gas Industry, 2009. **5**: p. 007.
154. Bowker, K.A., *Development of the barnett shale play, Fort Worth Basin*. AAPG Bulletin, 2007. **91**(4): p. 1-13.
155. Wang, F.P. and J.F. Gale, *Screening criteria for shale-gas systems*. 2009.
156. Handin, J. and R.V. Hager Jr, *Experimental deformation of sedimentary rocks under confining pressure: Tests at room temperature on dry samples*. AAPG Bulletin, 1957. **41**(1): p. 1-50.
157. Handin, J. and R.V. Hager Jr, *Experimental deformation of sedimentary rocks under confining pressure: tests at high temperature*. AAPG Bulletin, 1958. **42**(12): p. 2892-2934.
158. Handin, J., et al., *Experimental deformation of sedimentary rocks under confining pressure: pore pressure tests*. Aapg Bulletin, 1963. **47**(5): p. 717-755.
159. Davis, G. and S. Reynolds, *Structural geology of rocks and regions*, Jhon Wiley & Sons. New York, 1996.
160. Altimar, R.P., *Brittleness estimation from seismic measurements in unconventional reservoirs: Application to the Barnett Shale*. 2013: The University of Oklahoma.

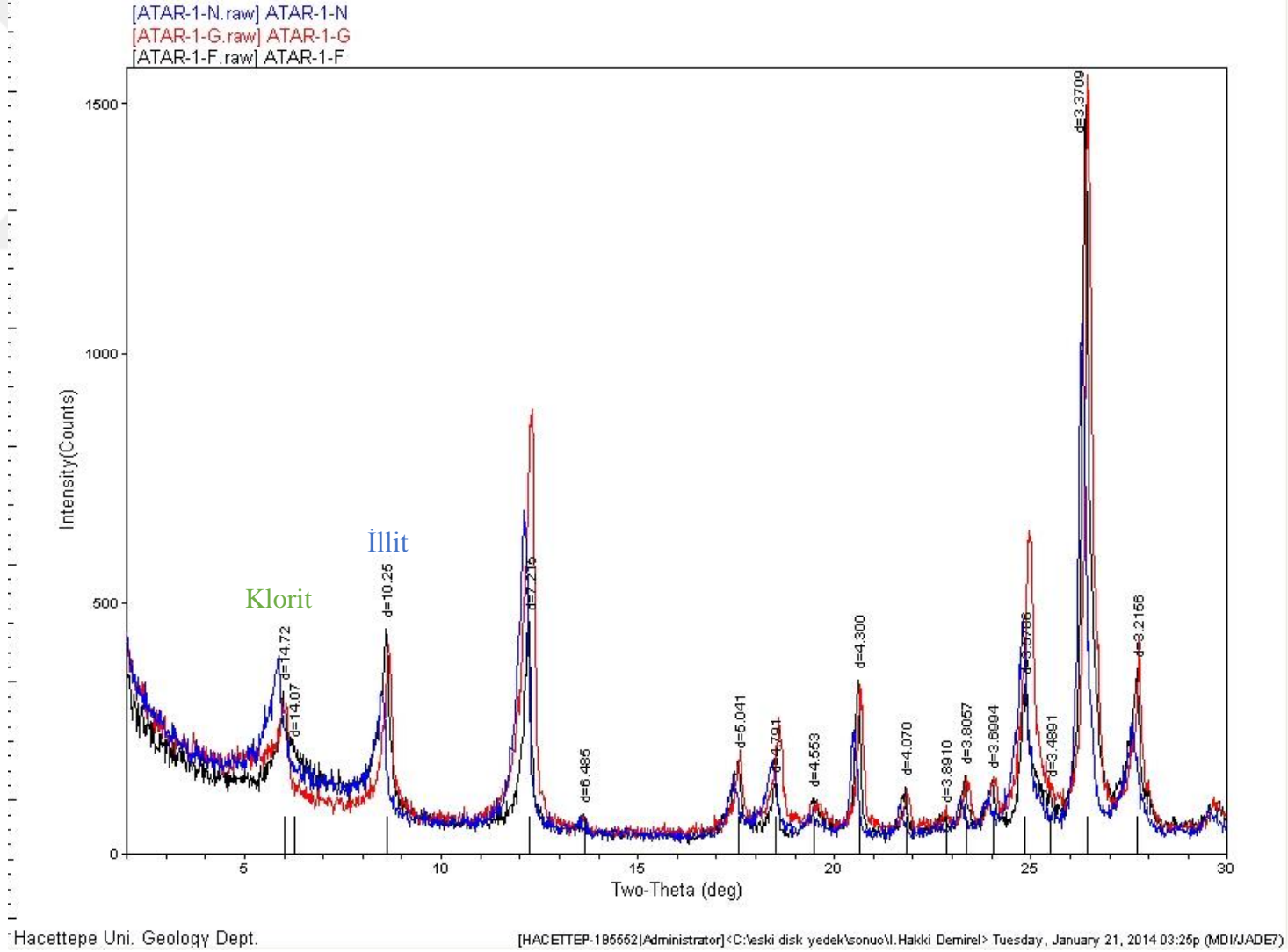
161. Jarvie, D.M., R.J. Hill, and R.M. Pollastro, *Assessment of the gas potential and yields from shales: The Barnett Shale model*. Oklahoma Geological Survey Circular, 2005. **110**(2005): p. 37-50.
162. Fujine, K., *Source Rock (SR) Analyzer:User Guide*. 2014: International Ocean Discovery Program.
163. Bowker, K.A., *Barnett shale gas production, Fort Worth Basin: Issues and discussion*. AAPG bulletin, 2007. **91**(4): p. 523-533.





EK Şekil 1. ATAR-1 numaralı örneğin tüm kayaç difraktogramı





EK Şekil 2. ATAR-1 numaralı örneğin kil fraksiyonu difraktogramı

## ÖZGEÇMİŞ



### **Kimlik Bilgileri**

Adı Soyadı: Kamer TAŞ ERDOĞAN

Doğum Yeri: Samsun

Medeni Hali: Evli

E-posta: ktas@kgm.gov.tr

Adresi: Karayolları Genel Müdürlüğü İnönü Bulvarı No:14

Yücetepe /Ankara

### **Eğitim**

Lise: Tülay Başaran Anadolu Lisesi, Samsun (2001-2005)

Lisans: Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü (2006-2011)

### **Yabancı Dil ve Düzeyi**

İngilizce: İyi seviyede

### **İş Deneyimi**

Karayolları 15. Bölge Müdürlüğü (KASTAMONU) (2015-2018)

Karayolları Genel Müdürlüğü (ANKARA) (2018- )

### **Deneyim Alanları**

-

### **Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi**

-

### **Tezden Üretilmiş Yayınlar**

-

### **Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar**

-



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 09/07/2018

Tez Başlığı: "Alt Karbonifer Alacağzı Formasyonu Şeyllerinin Hidrokarbon Kaynak Kaya ve Şeyl Gaz Potansiyeli"

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 134 sayfalık kısmına ilişkin, 09/07/2018 tarihinde tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 6 'dır.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç
- 3- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

*Damıtaz*  
09/07/2018

Adı Soyadı: Kamer TAŞ ERDOĞAN  
Öğrenci No: N12124543  
Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği  
Programı: Yüksek Lisans  
Statüsü:  Y.Lisans  Doktora  Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

*İsmail Hakkı Demirel*

(Prof. Dr. İsmail Hakkı DEMİREL)

