

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PAMUCAKYAYLA (KEMER-ANTALYA) YÖRESİ KARBONİFER
ÇÖKELLERİNİN ORGANOFASIYES ÖZELLİKLERİ

CEVDET BERTAN GÜLLÜDAĞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2012

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PAMUCAKYAYLA (KEMER-ANTALYA) YÖRESİ KARBONİFER
ÇÖKELLERİNİN ORGANOFASIYES ÖZELLİKLERİ

CEVDET BERTAN GÜLLÜDAĞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu yüksek lisans tez çalışması Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu tarafından
2011.02.0121.029 numaralı proje ile desteklenmiştir.

2012

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PAMUCAKYAYLA (KEMER-ANTALYA) YÖRESİ KARBONİFER
ÇÖKELLERİNİN ORGANOFASIYES ÖZELLİKLERİ

CEVDET BERTAN GÜLLÜDAĞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 16/11/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından (95.) not takdir edilerek
Oybirliği/Çoğunluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY (Danışman)

Prof Dr. Orhan ÖZÇELİK

Prof. Dr. Mustafa KUŞCU

.....
.....
.....

ÖZET

PAMUCAKYAYLA (KEMER-ANTALYA) YÖRESİ KARBONİFER ÇÖKELLERİNİN ORGANOFASIYES ÖZELLİKLERİ

CEVDET BERTAN GÜLLÜDAĞ

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

Kasım 2012, 97 Sayfa

Çalışma alanı, Antalya'nın güney-batısı ve Kemer'in kuzeyinde bulunmaktadır. Bu çalışmada, Pamucakyayla (Kemer-Antalya) bölgesinde bulunan Karbonifer yaşlı kömürlü birimlerinin organik jeokimyasal özellikleri incelenmiştir.

Karbonifer yaşlı Pamucakyayla Formasyonu, orta-kalın tabakalı kumtaşı, kilitaşı, marn ve kömürlü seviyelerle karakteristiktir. Uyumlu olarak Devoniyen yaşlı Hocaninsuyu Formasyonu üzerine gelir, Permien yaşlı Dinek Formasyonu ise uyumsuzlukla üzerinde bulunur. Pamucakyayla Formasyonu farklı seviyelerde ve farklı kalınlıklarda kömür birimleri içerir.

Seçilmiş örneklerde Toplam Organik Karbon (TOC) değerleri % 0.01-5.81 arasında değişmektedir. Hidrojen İndeksi (HI) 100-350 mgHC/TOC ve Oksijen İndeksi (OI) 7-94 mgCO₂/gTOC (TOC %0.25 değerine dayandırılmıştır) aralığında değerlere sahiptir. Termal olgunlaşma (Tmax) değeri (446-451°C) olgun zonları belirtir (TOC %0.25 değerine dayandırılmıştır). Üretim indeksi (PI) 0.07-0.37 değer aralığındadır. Rock-Eval Piroliz Analiz ve mikroskop incelemeleri sonucunda organik madde birikimi Tip II ve Tip III kerojeni işaret eder.

Tüm bu bilgiler doğrultusunda, BC, C ve CD olmak üzere 3 farklı tip organik fasiyes türü belirlenmiştir. Biyomarker özellikleri de bu sonuçları destekler.

ANAHTAR KELİMELEER: Pamucakyayla, Antalya, Organik Jeokimya, Kömür

JÜRİ: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

Prof. Dr. Orhan ÖZÇELİK

Prof. Dr. Mustafa KUŞCU

ABSTRACT

ORGANOFACIES CHARACTERISTICS OF CARBONIFER SEDIMENTS IN PAMUCAKYAYLA (KEMER-ANTALYA)

CEVDET BERTAN GÜLLÜDAĞ

M. Sc. Thesis in Geological Engineering

Adviser: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

November 2012, 97 pages

The study area is located in southwestern Antalya and northern Kemer. In this study, organic geochemical characteristics of Carboniferous coaly units in the Pamucakyayla region (Kemer, Antalya–Turkey) were examined.

The Carboniferous Pamucakyayla Formation, which is characterized by medium–thick bedded sandstone, claystone, marl and coaly units, conformably overlies the Devonian Hocaninsuyu Formation and is unconformably covered with Permian Dinek Formation. Pamucakyayla Formation includes different levels of coal seams in different thicknesses.

Total organic carbon content of selected samples (TOC) are between 0.01 % and 5.81 %. The hydrogen index (HI) range from 100 to 350 mgHC/gTOC and oxygen index (OI) are between 7 and 94 mgCO₂/gTOC (Based on the value of 0.25 % TOC). Thermal maturation (T_{max}) value (446–451°C) indicate mature zone (Based on the value of 0.25 % TOC). Production index (PI) is between 0.07 and 0.37. Organic matters in the deposits are Type II and III kerogens as indicated by Rock-Eval pyrolysis and microscopic datas.

According to all these data, the different three organic facies types were type BC, C and CD. Biomarker characteristics also verify these results.

KEY WORDS: Pamucakyayla, Antalya, Organic Geochemistry, Coal

COMMITTEE: Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY

Prof. Dr. Orhan ÖZÇELİK

Prof. Dr. Mustafa KUŞCU

ÖNSÖZ

Ülkemizde ve dünyada yaygın olarak kullanılan ve en önemli fosil yakıtlardan biri olan kömür, hem işleminin kolay olması hem de ucuzluğu nedeniyle hala önemini korumaktadır. Diğer fosil yakıtların ülkemizde fazla rezervde olmaması ve kömürün bunun aksine çok miktarda rezerve sahip olması onu uzun yıllardır ülkemizde en önemli yakıt olarak korumaktadır. Çalışma yapılan alan ve çevresinde başka kömür oluşumunun olmaması, bu konuda çalışma yapmaya iten sebeplerden biri olmuştur. Arazi çalışmaları ve yapılan analizler sonucunda yorumlamalar yapılarak, inceleme alanında bulunan kömürün kullanmaya değer olup olmadığı hakkında bilgi edinilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada bana her türlü yardımı sağlayan ve bana inanan çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Mehmet ALTUNSOY'a ve yine bana her konuda destek olan sayın hocam Prof. Dr. Orhan ÖZÇELİK'e, tez çalışmamdaki yardımlarından dolayı Doç. Dr. Nazan Yalçın ERİK'e (C.Ü), Arş. Gör. Selin HÖKEREK'e ve Arş. Gör. Neslihan ÜNAL'a teşekkürü bir borç bilirim.

Arazi, laboratuvar, yazım çalışmalarım sırasında yardım ve desteğini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Devran ÖZKIRAN ve Fahrettin KAYAN'a; tüm yaşamım boyunca benden hiçbir desteği esirgemeyen çok değerli aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. İncelemenin Amacı.....	2
1.2. İnceleme Alanının Konumu ve Yeryüzü Şekli.....	2
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	5
2.1. Turbanın Oluşumu.....	5
2.2. Kömürleşme	7
2.3. Kömürün Sınıflandırılması.....	10
2.4. Bölgesel Jeoloji	11
2.5. Önceki Çalışmalar	12
3. MATERYAL - METOD	16
3.1. Materyal.....	16
3.2. Metod.....	16
3.2.1. Organik Jeokimyasal Analizlerin Yapılışı.....	17
3.2.1.1. TOC analizi	17
3.2.1.2. Rock-Eval Piroliz Analizi	19
3.2.2. Organik Petrografik Analizlerin Yapılışı.....	20
3.2.2.1. Numunelerin Hazırlanması (Organik Yoğunlaştırma).....	20
4. BULGULAR	22

4.1 Stratigrafi.....	22
4.1.1. Hocaınsuyu Formasyonu	24
4.1.2. Pamucakyayla Formasyonu	25
4.1.3. Dinek Formasyonu.....	39
4.2. Pamucakyayla Formasyonunun Ana ve Eser Element Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi	40
4.3. Organik Jeokimyasal alıřmalar	47
4.3.1. Organik Madde Miktarı, Organik Madde Tipi ve Olgunluk Derecesi	49
4.3.2. Organik Petrografik alıřmalar	57
4.3.3. Pamucakyayla Kmrlерinin zellikleri	64
5. BİYOMARKER ANALİZLERİ	66
5.1. Biyomarker Hakkında Genel Bilgiler.....	66
5.2. Pamucakyayla Formasyonu’nun Biyomarker zellikleri	70
6. ORGANOFASİYES BULGULARI	82
6.1. Pamucakyayla Formasyonu’nun Organik Fasiyesleri	85
7. SONUÇ VE TARTIşMA	88
8. KAYNAKLAR	90
ZGEMİř	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
<	Küçüktür
>	Büyüktür
°C	Santigrat derece
µm	Nanometre
Al ₂ O ₃	Alüminyum Oksit
C	Karbon
CaO	Kalsiyum Oksit
CO ₂	Karbondioksit
CrO ₃	Krom Oksit
Fe ₂ O ₃	Demir Oksit
gr	Gram
H	Hidrojen
H ₂ O	Su
HCl	Hidroklorik Asit
HF	Hidroflorik Asit
K ₂ O	Potasyum Oksit
kg	Kilogram
KOH	Potasyum Hidroksit
m	Metre

mg	Miligram
MgO	Magnezyum Oksit
Mj	Milijul
ml	Mililitre
mm	Milimetre
MnO	Mangan Oksit
Na ₂ O	Sodyum Oksit
OH	Hidroksil grup
P ₂ O ₅	Difosfor Pentoksit
PPb	Milyarda bir
PPm	Milyonda bir
Ro	Vitrinit yansıması
SiO ₂	Silisyum Dioksiit
TiO ₂	Titanyum Dioksit
ZnBr ₂	Çinkobromür
ZnCl ₂	Çinkoklorür

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AID	Alt Isıl Değer
ASTM	Amerikan Malzeme Test Birliği
GC – MS	Gaz Kromatografisi - Kütle Spektrometresi
HI	Hidrojen İndeksi
HK	Hidrokarbon
ICP – AES	İndüklenmiş Eşleşmiş Plazma Emisyon Spektroskopisi
ICP – MS	İndüktif Eşleşmiş Plazma ve Kütle Spektrometresi
MTA	Maden Tetkik Arama Enstitüsü
OI	Oksijen İndeksi
PI	Potansiyel İndeks
S1	Kaya içerisindeki serbest hidrokarbonlar
S2	Kerojenin parçalanması sonucu ortaya çıkan hidrokarbonlar
S3	400 °C altındaki CO ₂
SCI	Spor Renk İndeksi
Tmax	S2 pikinin maksimum sıcaklığı
TOC	Toplam Organik Karbon
TOT / C	Toplam Karbon Miktarı (Organik + İnorganik Karbon)
TOT / S	Toplam Sülfür Miktarı
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
XRD	X-Işınları Difraksiyonu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	İnceleme alanının basitleştirilmiş jeoloji ve yer bulduru haritası (Altunsoy vd 2011'den değiştirilerek alınmıştır)	3
Şekil 1.2.	İnceleme alanının uydu fotoğrafı üzerindeki görünümü (Google Earth).....	4
Şekil 2.1.	Turba, Kahverengi Kömür ve Bitümlü Kömür Oluşumu (Flaig 1968).....	6
Şekil 2.2.	Su tablasının durumuna göre farklı bataklıklarda oluşan turbaların özellikleri (Diessel 1980, Bend 1992)	7
Şekil 4.1.	İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Şenel vd 1981'den değiştirilerek alınmıştır)	23
Şekil 4.2.	Pamucakyayla doğusunda yüzeyleyen formasyonlar ve ilişkileri (Şenel vd 1981)	25
Şekil 4.3.	İnceleme alanının genelleştirilmiş kolon kesiti (Şenel vd 1981 ile Altunsoy vd 2012'den değiştirilerek alınmıştır)	26
Şekil 4.4.	Pamucakyayla Formasyonu'nun alt bölümlerinde gözlenen orta-kalın katmanlı kumtaşları (Belendere Mevkii)	27
Şekil 4.5.	Pamucakyayla Formasyonu tabanında gözlenen laminalı kumtaşları (Belendere Mevkii)	28
Şekil 4.6.	Pamucakyayla Formasyonu'na ait orta-kalın katmanlı kumtaşı (Belendere Mevkii)	30
Şekil 4.7.	Pamucakyayla Formasyonu'na ait kırmızı-siyah ve kalın tabakalı kumtaşı (Belendere Mevkii)	31
Şekil 4.8.	Pamucakyayla Formasyonu'nun üst kesimlerinde gözlenen kırmızı-siyah, kalın tabakalı kumtaşı (Belendere Mevkii)	32
Şekil 4.9.	Pamucakyayla Formasyonu'nun üst kesimlerinde gözlenen siyahımsı kalın tabakalı kireçtaşı (Belendere Mevkii)	33
Şekil 4.10.	Pamucakyayla Formasyonu'na ait ölçülü dikme kesit	34
Şekil 4.11.	Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan P2, P3, P4, P5, P6, P7 nolu örneklerin mikroskop görüntüleri (Çift Nikol, Büyütme 4x10) (Q; Kuvars, F; Feldspat, KP; Kayaç Parçası)	36
Şekil 4.12.	Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan P8, P11, P12, P13, P14 nolu örneklerin mikroskop görüntüleri (Çift Nikol, Büyütme 4x10) (Q; Kuvars, F; Feldspat)	37

Şekil 4.13. Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan P19, P20, P21, P23 nolu örneklerin mikroskop görüntüleri (Çift Nikol, Büyütme 4x10) (Q; Kuvars, F; Feldspat)	38
Şekil 4.14. Analizi yapılan örneklerin HI/OI diyagramı	51
Şekil 4.15. Hidrojen İndeksi (HI) - Tmax (°C) diyagramı.....	53
Şekil 4.16. Analiz yapılan örneklerin Tmax (°C)-PI diyagramı	54
Şekil 4.17. Analiz yapılan örneklerin S1-TOC diyagramı	55
Şekil 4.18. Analiz yapılan örneklerin S2-TOC diyagramı	56
Şekil 4.19. HI-TOC grafiği kullanılarak kaynak kaya karakterinin belirlenmesi	57
Şekil 4.20. Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan P1 ve P2 nolu örneklerine ait kerojen slayt fotoğrafları (Tek Nikol, Büyütme 4x10)	61
Şekil 4.21. Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan P9, P16 ve P17 nolu örneklerine ait kerojen slayt fotoğrafları (Tek Nikol, Büyütme 4x10)	62
Şekil 4.22. Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan P21, P22 ve P24 nolu örneklerine ait kerojen slayt fotoğrafları (Tek Nikol, Büyütme 4x10)	63
Şekil 4.23. Pamucakyayla kömürlerinden görünüm (Belendere Mevkii)	65
Şekil 5.1. P16 nolu örneğin m/z 191 iyon kütle fragmentogramı (terpan)	76
Şekil 5.2. P16 nolu örneğin m/z 217 iyon kütle fragmentogramı (steran).....	77
Şekil 5.3. P16 nolu örneğin m/z 217 iyon kütle fragmentogramı (steran)	78
Şekil 5.4. P17 nolu örneğin m/z 191 iyon kütle fragmentogramı (terpan)	79
Şekil 5.5. P17 nolu örneğin m/z 217 iyon kütle fragmentogramı (steran)	80
Şekil 5.6. P17 nolu örneğin m/z 217 iyon kütle fragmentogramı (steran)	81
Şekil 6.1. Organik fasiyeslerin şematik gösterimi (Altunsoy ve Özçelik 1993)	85
Şekil 6.2. Analizi yapılan örneklerin organik fasiyes bulgularının Jones (1987) ve Baskin (1997)'ye göre karşılaştırması	87

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	Kömürleşme derecelerine göre ASTM Sınıflaması (ASTM 1991)	11
Çizelge 3.1.	Toplam organik madde miktarına göre ana kaya sınıflaması	18
Çizelge 3.2.	Tmax değerinin temsil ettiği olgunlaşma değerleri (Tissot ve Welte 1984)	19
Çizelge 3.3.	Tmax ve PI değerlerine göre olgunlaşma dereceleri (Tissot ve Welte 1984)	20
Çizelge 4.1.	Örneklerin XRD tüm kaya ve kil minerali analizi sonuçları	35
Çizelge 4.2.	Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan örneklerdeki ana element miktarları ve ortalamaları	41
Çizelge 4.3.	Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan örneklerdeki eser element miktarları ve ortalamaları	42
Çizelge 4.4.	Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan örnekler ve uygulanan analizler	48
Çizelge 4.5.	Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan örneklerin Toplam Organik Karbon ve Rock Eval Piroliz sonuçları	50
Çizelge 4.6.	Pamucakyayla Formasyonu vitrinit yansıma değerleri	58
Çizelge 4.7.	Pamucakyayla Formasyonu'nda belirlenen organik madde türleri	59
Çizelge 4.8.	Organik madde türlerini ve spor renk indekslerini (SCI) gösteren değerler	60
Çizelge 5.1.	Kaynak Kaya ve Paleoortam Belirteci Olarak Biyomarkerler (Hunt 1993)	68
Çizelge 5.2.	Değişik Kaynaklardan Türeyen Petrollere Ait Bazı Özellikler (Peters ve Moldowan 1993)	69
Çizelge 5.3.	Bazı Biyomarker Olgunluk Parametreleri (Peters ve Moldowan 1993)..	69
Çizelge 5.4.	Analizi yapılan örneklerin m/z 191 iyon fragmentogramı tanımlaması	71
Çizelge 5.5.	Analizi yapılan örneklerin m/z 217 iyon fragmentogramı tanımlaması	72
Çizelge 5.6.	Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan P16 ve P17 nolu örneklerin temel jeokimyasal verileri	73
Çizelge 6.1.	Organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskobik ve kimyasal karakteristikleri (Jones 1987)	84

Çizelge 6.2. Organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskobik ve kimyasal karakteristikleri (Baskin 1997)	84
--	----

1. GİRİŞ

Enerji üretimi ülkelerin gelişmesinde önemli rol oynamaktadır. Fosil yakıtlar enerji tüketiminde (kömür, bitümlü şeyl, petrol ve doğal gaz) oldukça önemlidir. 1950’li ve 1960’lı yıllardaki ucuzluğu nedeniyle, tüketim daha çok petrolden sağlanırken; 1970 yılındaki petrol krizi sebebiyle, kömür tüketimi ve kömürle ilgili araştırmalar hızlı artış göstermiştir.

Günümüzde, dünya enerji tüketiminin yaklaşık %30’u kömürden karşılanmaktadır. Buna ilave olarak, dünya ham demir üretiminin % 75’inde koklaşabilir kömürden elde edilmiş metalürjik kok kullanılmaktadır (Thomas 1992). Ülkemizde de birçok ülkede olduğu gibi, enerji ihtiyacının büyük bölümünü kömürden karşılanmaktadır. Ayrıca Karabük, Ereğli ve İskenderun demir-çelik fabrikalarının ihtiyacı olan metalürjik kok üretimi için koklaşabilir kömür ithal edilmektedir (Şenel 1986).

Ülkemizde bilinen yaklaşık 8,1 milyar ton linyit ve 1.1 milyar ton bitümlü kömür (taş kömürü) rezervi bulunmaktadır. Ülkemizde ihtiyaç duyulan, koklaşabilir bitümlü kömürün büyük bir kısmı Amerika ve Avusturalya’dan; büyük şehirlerde hava kirliliğini önlemek için düşük kükürtlü ve yüksek ısı değerli yakıt kömürü çoğunlukla Güney Afrika, Ukrayna ve Çin’den ithal edilmektedir (Kömür Sektör Raporu 2011).

Çoğunlukla bitki parçalarından oluşmuş ve yanabilir bir katı olan kömür sedimanter kayaç olarak bilinir. Her bir kömürün bileşimi ve karakteri, onu oluşturan organik ve inorganik bileşenlerin doğasıyla ve geçirdiği diyajenezin derecesiyle tanımlanmaktadır (Gökmen vd 1993). Kömür, maserallerden ve minerallerden meydana gelir. Maseraller organik bileşikler, mineraller ise inorganik maddeyi meydana getirmektedir. Kömür jeolojisi, kömürlerin kökeni, doğası, kömür kullanımı, kömür yataklarının dağılımı ve işletilmesiyle ilgili konularla; kömür petrografisi ise kömürü oluşturan maserallerin tanımlanması ve incelenmesiyle uğraşmaktadır. Kömür içindeki mineraller, kömür oluşumu sırasında turbalığa taşınmış detritik minerallerde ve/veya bataklıkta turba oluşumunda meydana gelen otijenik minerallerle veya turbanın oluşumu sonrası meydana gelen minerallerle temsil edilir. Organik ve inorganik bileşenlerin oranları, oluşan kömürün karakterinin belirlemektedir. Diyajenez ve kömürleşme derecesi, bir kömürün geçirdiği tektonik etkileri ve gömülme dereceleri hakkında bilgi vermektedir.

Kömürler, hümik kömürler ve sapropelik kömürler olmak üzere iki esas gruba ayrılmaktadır. Hümik kömürler, çoğunlukla kömürleşmiş bitki parçalarından oluşur ve bantlı bir görünüme sahiptir. Ülkemizde Zonguldak çevresinde yer alan bitümlü kömürler ve linyit yatakları, hümik kömürler grubunda yer almaktadır. Sapropelik kömürler, homojen bir görünüme sahiptir ve mikroskobik olarak görülebilen alglerden ve/veya sporlardan oluşur (Gökmen vd 1993).

1.1. İncelemenin Amacı

“Pamucakyayla (Kemer-Antalya) Yöresi Karbonifer Çökellerinin Organofasiyes Özellikleri” adlı bu çalışma 2010-2012 yılları arasında, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Maden Yatakları ve Jeokimya programında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi’nce, Fen Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tez Projesi olarak 2011.02.0121.029 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

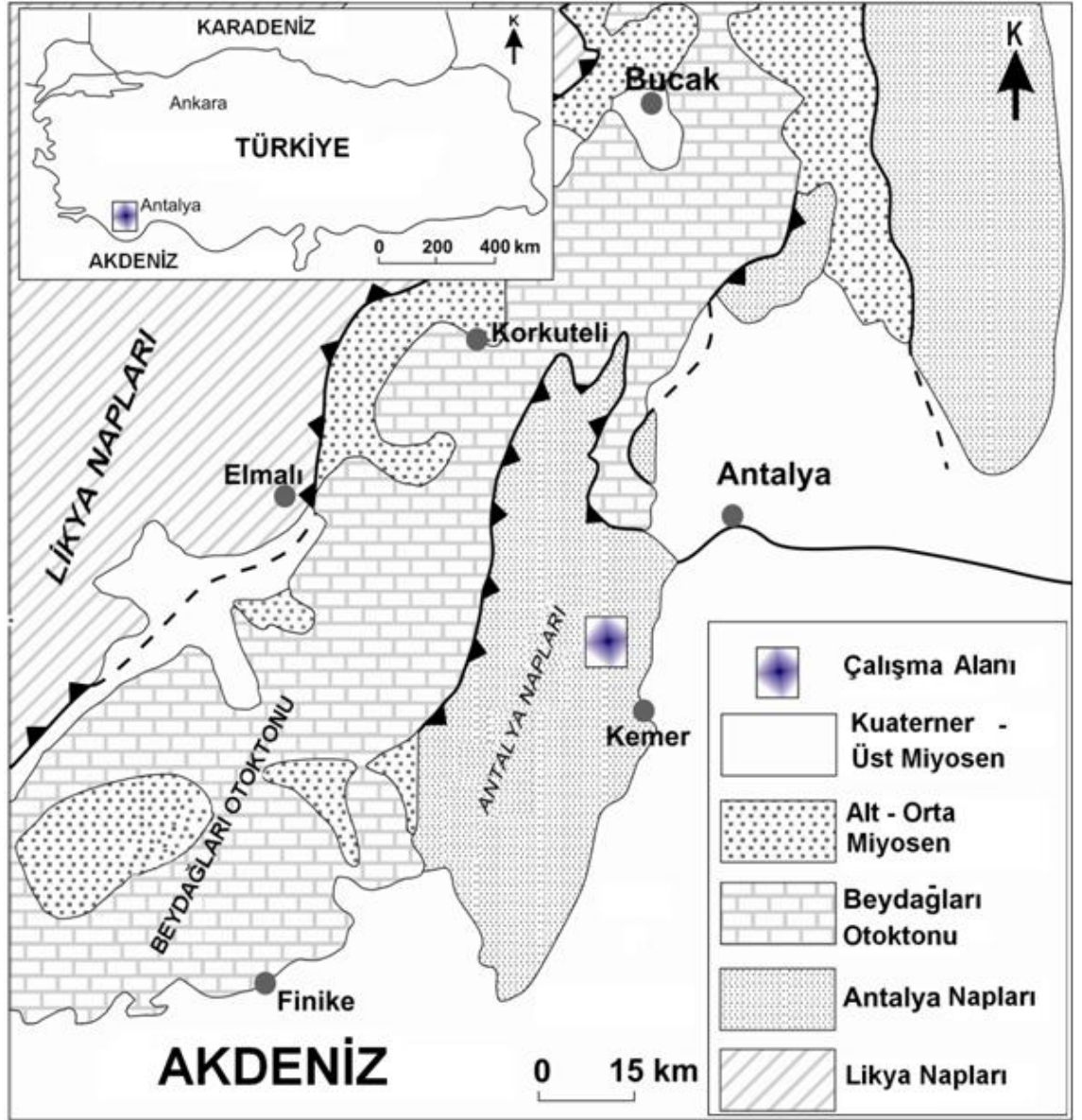
Bu çalışmada Kemer-Pamucakyayla (Antalya) bölgelerinde yüzeylenen Karbonifer birimlerin organofasiyes özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. İnceleme alanındaki organik madde açısından zengin birimlerin varlığı arazi çalışmaları ve laboratuvar sonuçlarında çıkan veriler doğrultusunda değerlendirilip yorumlanmıştır. Bu çalışma doğrultusunda inceleme alanındaki fosil yakıtların (petrol, gaz, kömür vb.) ana kayası olup olmayacağı konusunda bilgi edinilmiştir.

1.2. İnceleme Alanının Konumu ve Yeryüzü Şekli

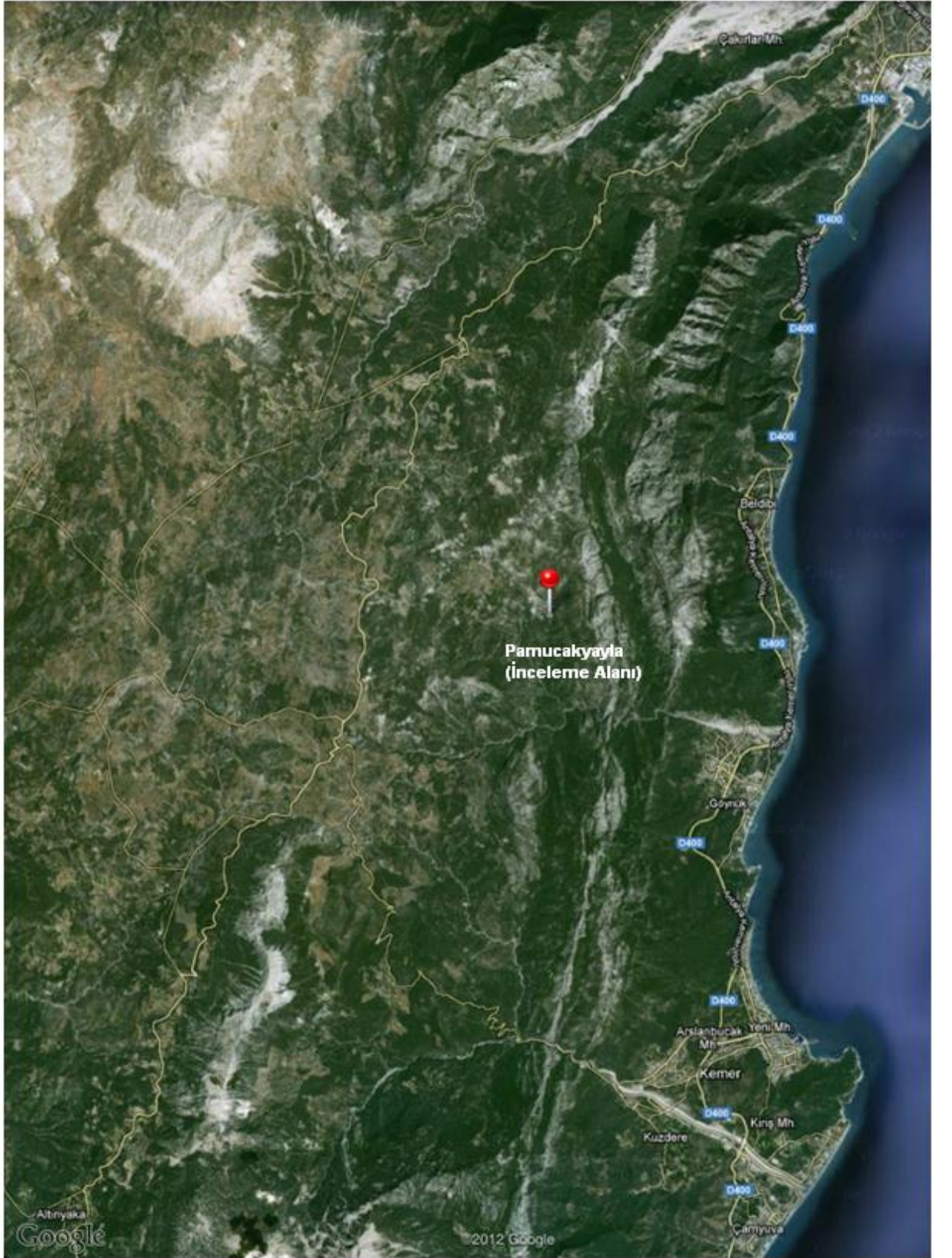
İnceleme yapılan bölge Antalya’nın güney batısında bulunmaktadır. Bu alan, doğudan Kırkkavak Fayı, batıdan Ege Denizi ile sınırlandırılan Antalya Napları içerisinde, 1/25000 ölçekli O24-C2 paftası içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1). Bu alanda Karbonifer birimlerin bulunduğu Pamucakyayla Formasyonu incelenmiştir.

Bölgenin arazi koşulları oldukça engebeli ve yoğun bitki örtüsü ile kaplanmış olduğundan çok az mostra vermektedir. Yörede yanmış orman ve bu ormanın güney doğusunda terk edilmiş maden ocağının şantiyesi bulunmaktadır. Bu alan Pamucakyayla Formasyonu’nun mostra verdiği nadir alanlardan bir tanesi olup,

Pamucak Dere boyunca devam etmektedir. İnceleme alanının yakın çevresinde Üçoluk, Ulupınar, Tülek gibi yerleşim yerleri, Sarıçınar Dağı, Armutgözlük Tepesi, Oblukboğaz Tepesi, Delik Tepesi, Kopuk Tepesi, Belen ve Pamucak Dereleri bulunmaktadır. Çalışma alanında Akdeniz iklim etkileri görülmektedir. Bölgede çam ağaçları ile yoğun ormanlık alan mevcuttur. Şekil 1.2’de inceleme alanının uydu fotoğrafı üzerindeki görünümü verilmiştir.



Şekil 1.1. İnceleme alanının basitleştirilmiş jeoloji ve yer bulduru haritası (Altunsoy vd 2011’den değiştirilerek alınmıştır)



Şekil 1.2. İnceleme alanının uydu fotoğrafı üzerindeki görünümü (Google Earth)

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

Turba bir kömür olmamakla birlikte kömür oluşumunun (kömürleşme) ilk evresini oluşturmaktadır. Turba belirli jeolojik bir zaman içerisinde, artan sıcaklık ve basınç etkisiyle bir dizi fiziksel ve kimyasal değişiklikler geçirir. En son aşamada antrasit ve meta antrasite dönüşür. Turbanın, linyit, altbitümlü kömür ve bitümlü kömür aşamalarından geçerek antrasite ve meta-antrasite dönüşmesi sürecine kömürleşme denilmektedir. Kömürleşme, süreci turbanın olduğu bataklıkta turbanın üzerinin ince klastik veya diğer sedimentlerle örtülmesiyle başlamaktadır.

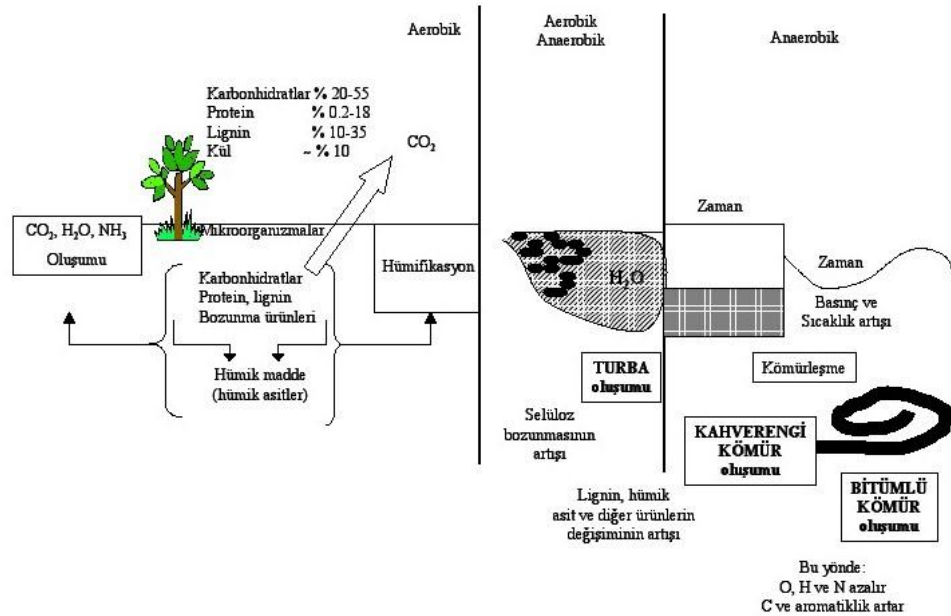
2.1. Turbanın Oluşumu

İşletilebilir kalınlık ve kalitede, yeterli uzanıma sahip kömür damarlarının oluşabilmesi için havanın neden olacağı oksidasyondan korunmuş, yeterli miktarlarda bitkisel materyallere ihtiyaç vardır. Aksi halde bitkisel materyaller havanın serbest oksijeniyle parçalanmakta ve turba yerine CO₂ ile H₂O oluşmaktadır. Bu nedenle, turba oluşumu sırasında depolanan organik madde miktarının, havada bozunan madde miktarından fazla olması ve depolama sırasında, organik maddelerin yanı sıra havanın oksijeni ile bozunmasına engel olacak kil ve silt gibi inorganik madde birikiminin de bulunması gerekmektedir (Şenel 1986).

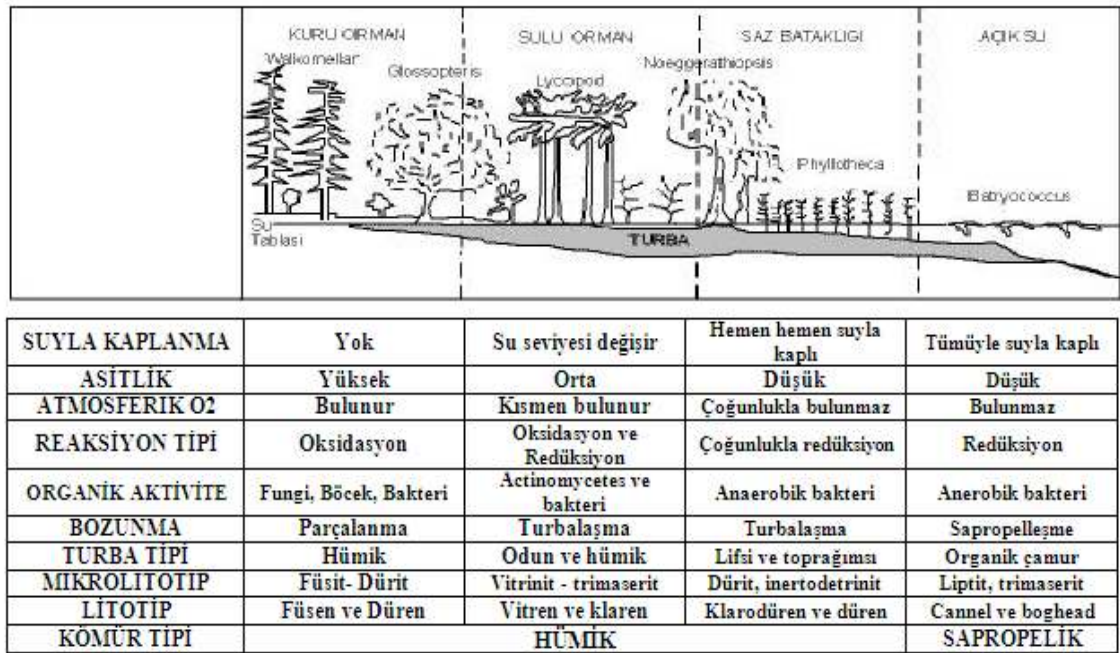
Turbadan bitümlü kömüre kadar oluşum, şematik olarak Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Yoğun bitki büyümesi bunlardan arta kalan bitki parçalarının havanın oksijeninden nispeten korunmaları, bataklıktaki durgun su seviyesinin altında çökelmeleriyle mümkündür. Bilindiği gibi yeşil bitkiler fotosentez olayı sonucu, su ve karbondioksiti güneş enerjisiyle karbonhidratlara dönüştürürler. Bitki büyüdükçe sayılamayacak derecede glikoz molekülü, polimerizasyonla nişasta gibi karbonhidratları oluşturacak büyük molekülleri meydana getirirler. Bitkilerin önemli organik bileşenlerini karbonhidratlar, glikositler, tanninler, pigmentler, asitler ve onların tuzları (yağlar ve balmumu gibi) reçineler, azotlu bileşikler, protein ve enzimler oluşturur (Flaig 1968; Şekil 2.1).

Turbalıkta çökelen maddeler, faaliyetleri sonucu, hidroliz, oksitlenme ve indirgeme süreçlerini içeren biyokimyasal değişikliklere uğrarlar ve böylece turba gelişir. Turba

oluşumu sırasında, önce organik maddelerden hümitik asitler meydana gelir (Flaig 1968; Şekil 2.1). Hümitik asitlerin asidik karakterlerini kaybetmesi sonucu hüminler oluşur. Hümin bozunmakta olan organik madde (odun), turba olarak isimlendirilmektedir. Bataklıklarda büyüyen bitkiler, bataklıklardaki organik sedimantasyonu sağlamalarının bataklığı koruma (örneğin, akarsu taşkınlarından) görevi de görürler. Bataklıklardaki su seviyesi, turba oluşumu açısından önemlidir. Bataklık kuruyacak olursa aşırı oksitlenme nedeniyle turba oluşmayabilir (Şenel 1986). Bataklıktaki su seviyesi çok olursa turba yerine organik çamur veya kömür dışı sedimanlar çökelecektir. Bir turba bataklığının değişik kesimlerinde su seviyesine, tuzluluğa ve olasılıkla temel kaya türüne bağlı olarak farklı bitki toplulukları ve değişik özelliklere sahip turbalar gelişir. Şekil 2.2’de bu durumu özetlemektedir. Turba oluşturan bataklıklar, genelde, akarsu taşkın düzlüklerinde, deltalarda, göllerde ve sahil düzlükleri ile lagünlerde oluşabilir. Bir turba, bitkilerin büyüdüğü yerde gelişirse otokton, bitkilerin taşınmaları sonucu gelişirse allohton oluşum olarak isimlendirilir. Otokton turbalar; kömür damarının taban kayacı içindeki kök izlerinin varlığıyla kolayca tanımlanabilmektedir. Ancak kök izlerinin yokluğu bitkilerin taşınmış olduğunu göstermeyebilir (Şenel 1986).



Şekil 2.1. Turba, Kahverengi Kömür ve Bitümlü Kömür Oluşumu (Flaig 1968)



Şekil 2.2. Su tablasının durumuna göre farklı bataklıklarda oluşan turbaların özellikleri (Diessel 1980, Bend 1992)

2.2. Kömürleşme

Kömürleşme, genellikle iki gruba ayrılmaktadır. Birincisinde, fungi ve bakteri faaliyetleri fazla olup, biyokimyasal aşama olarak isimlendirilir. İkincisi, biyokimyasal aşamanın bitiminden itibaren başlar ve bu aşamada sıcaklık, basınç ve zaman önemli olup, turbadan, çoğunlukla basıncın ve daha fazla sıcaklığın etkisiyle linyit oluşur. Kömürleşme derecesinin artmasıyla altbitümlü kömür, bitümlü kömür ve daha sonra antrasit meydana gelir. Fiziksel ve kimyasal bozunma derecesi esas alındığında, altbitümlü kömüre kadar olan değişimler, diyajenetik proses içerisinde değerlendirilmektedir (Karayığit ve Köksoy 1997). Ancak altbitümlü kömür aşamasının başlangıcından sonra organik maddenin değişimi öylesine şiddetli olmaktadır ki bu proses metamorfizma olarak da ifade edilmektedir. Halbuki bu proses sırasında kömüre komşu kayalardan son derece zayıf diyajenetik değişiklikler oluşmaktadır. Bunun nedeni, kömürlerin artan ısı ve basınca karşı sedimentlerden daha fazla duyarlı olmasından kaynaklanmaktadır. Son zamanlarda yapılan bilimsel çalışmalarda, kavram kargaşası yaratmamak için, turbadan antrasite kadar olan kömürler diyajenez içerisinde ve meta antrasit ankimetaforizma içerisinde gösterilmektedir. Kömürleşme derecesi

(rank) ise bir kömürün rütbesini veya kömürleşme süresi içerisindeki pozisyonunu ifade etmektedir (Korkmaz 2008).

Kömürleşme süreci içerisindeki kimyasal ve fiziksel yapısal değişiklikler arasında bir ayrım yapılmaktadır. Fiziksel-yapısal değişiklikler (örneğin; gözenekliliğinin azalması, optik anizotropinin artışı), artan litostatik basınçla ilişkilidir. Kömürleşme derecesi (rank), çoğunlukla, kimyasal parametreler (karbon, oksijen, hidrojen ve uçucu madde) ve ısı değeri ile optik özellikler (örneğin, vitrinit yansıtması) kullanılarak belirlenmektedir. Nem içeriği, kömürleşmenin başlangıç aşamasında hızla azalmakta ve daha önce belirtildiği gibi, turba-lynyit ayrımında nispeten iyi bir diyajenetik parametre olarak kullanılmaktadır. Nem içeriği azaldıkça orijinal kömür bazında ısı değeri aynı ölçüde artmaktadır. Nem içeriğindeki azalma, büyük oranda gözenekliliğin azalışıyla ve daha az oranda hidrofil fonksiyonel grupların bozunmasıyla ilişkilidir. Linyit-altbitümlü kömür aşamasında, lignin ve selülozun son kalıntıları daha büyük molekülü hümkik maddeler ile hümkik asitlere dönüşür ve asidik karakterlerini kaybetmeleri sonucu alkalilerde çözünmeyen hüminler oluşur. Hümkik asitler KOH'de çözünürken, hüminler çözünmez. Bazı ülkelerde (örneğin Almanya'da ve Eski Sovyetler Birliği'nde) bu yöntem kullanılarak linyit ve bitümlü kömür ayrımı yapılmaktadır. Uçucu madde içeriği, linyit-altbitümlü kömür aşamasında nispeten küçük değişiklikler gösterir. Bu geçiş aşamasında en önemli değişiklikler, altbitümlü C/B (mat ve kahverengi parlak kömür) sınırındaki kömürlerin petrografik bileşenlerini oluşturan mesarallerde görülmekte ve jeokimyasal jelleşme nedeniyle altbitümlü A-B kömürlerin hüminit maseralleri bitümlü kömürlerin vitrinitlerine büyük benzerlik göstermektedir. Yüksek oranda uçucu madde içeren bitümlü kömürlerde (kuru-külsüz bazda uçucu madde içeriği $> \% 30$), kömürleşme süreci, linyit-altbitümlü kömürlere benzerlik göstermektedir. Bu aşamada kömürleşme derecesinin artmasına bağlı olarak, nem içeriği azalmakta ve ısı değerleri artmaktadır. Daha sonra bitümlü kömür aşamasında (kuru-külsüz bazda uçucu madde içeriği $< \% 30 - \% 10$) uçucu madde içeriği, artan kömürleşme derecesiyle hızlıca azalmasına karşın, karbon içeriği zayıfça artmaktadır. Antrasit aşamasında vitrinitin yansıtmasında ve anizotropisinde ise hızlı artış görülmektedir (Stach vd 1982).

Kömürleşme süreci, sıcaklık artışıyla ve bunun etkili olduğu zamanla doğrudan ilişkilidir. Basınç ise, kömürleşme sırasında oluşan kimyasal tepkimeleri geçirmektedir

(Stach vd 1982). Sıcaklığın en önemli etkileri, kontak metamorfik kömürlerde görülmektedir. Bununla ilgili ilginç örnekler, ülkemiz kömürlerinde de görülmekte ve kontak zonlarında, tabii kok oluşumlarına rastlanılmaktadır. Kömürleşme derecesinin artan laboratuvar normal olarak artışı, Hilt Kuralı olarak bilinmekte ve kömürleşme derecesindeki artış oranı, bölgenin jeotermal gradyeniyle, kayaçların ısı iletkenliğine bağlılık göstermektedir (Stach vd 1982). Kontak metamorfizma ısı etkisi hızlı olmasına karşın, artan derinlikte normal ısı artışı nispeten çok daha yavaş olmaktadır. Eskiden en önemli kömürleşme faktörü olarak zaman görülürdü. Ancak sonraları birçok kömürün yaş ve kömürleşme dereceleri arasındaki uyumsuzluk nedeniyle ikinci bir faktör olarak düşünölmeye başlandı. Bununla ilgili en iyi örneklerden birini Moskova yakınlarındaki Alt Karbonifer yaşlı linyit kömürleri oluşturmaktadır ve bu kömürler oluşumlarından beri 20-25 °C' tan daha yüksek bir sıcaklığa uğratılmışlardır (Nakoman 1971) ve (Stach vd 1982). Halbuki dünyadaki Üst Karbonifer yaşlı kömürlerin çoğu, bitümlü kömür aşamasındadır. Zamanın kömürleşmeye etkisi, literatürde çok tartışılmıştır. Basıncın etkisi daha önce belirtildiği gibi, turba-linyit aşamasında çok büyüktür ve bu etki gözeneklilik ile nem içeriğinin derinlikle azalmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan, çoğunlukla şiddetli kıvrımlanmış bölgelerde kömürleşme derecesi daha az kıvrımlanmış bölgelerinkinden çok daha yüksektir ve bu durum kömürleşme derecesindeki artışın kıvrımlanmaya neden olan basıncın etkisiyle meydana geldiği şeklinde açıklanmaya çalışılmıştır. Bu bölgelerde yapılan ayrıntılı incelemeleri kıvrımlanma öncesi, bu birimlerin çok derinlere gömüldüklerini göstermiş ve kömürleşme derecesindeki artışın derin gömölme ile ilgili olduğu savunulmuştur. Deneysel çalışmalarda statik basıncın kömürleşme sırasındaki kimyasal tepkimeleri artırmadığı ve hatta azalttığı saptanmıştır. Çünkü reaksiyon sonrasında oluşan gazların ayrılması zorlaşmaktadır (Stach vd 1982). Faylanma ve bindirmeler sırasındaki hızlı tektonik hareketler, kömürleşme derecesinde yerel artışa neden olabilmektedir. Bu artış, herhalde sürtünme ısısından kaynaklanmaktadır. Benzer durum, ülkemizde, Amasra (Bartın) sahasında yapılan sondajlarda da görölmekte ve bindirme zonlarında, kömürleşme derecesinde yerel artışlar belirlenmektedir. Diğer taraftan makaslama kuvvetlerinin kömürleşme derecesi üzerine doğrudan etkisi, antrasitten grafitte geçişte görölmektedir. Bu proses, aynı zamanda yüksek sıcaklığa ihtiyaç duymaktadır (ısınma süresine bağlı olarak yaklaşık

600-800 °C); ancak grafit oluşumu makaslama kuvvetlerinin artmasına bağı olarak nispeten daha düşük sıcaklıklarda da gerçekleşebilmektedir (Stach vd 1982).

Kömürleşme derecesindeki artışa nadiren, kömürlerdeki radyoaktivite de neden olabilmektedir. Mikroskobik çalışmalar sırasında maserallerin içinde uranyum konsantrasyonundan kaynaklanan veya toryum içeren zirkon kristallerinin etrafında küçük ve çevresinden çok daha yüksek yansıtmaya sahip alanlar görülebilmektedir (Stach vd 1982).

2.3. Kömürün Sınıflandırılması

Kömürle uğraşan araştırmacılar, kömürlerin çoğunlukla fiziksel özellikleriyle ve içindeki minerallerin görünümleriyle ilgili örneğin, parlak kömür lifsi, kömür, killi kömür, kömürlü kilaşı gibi tanımlamalar yapmaktadır. Ancak Endüstriyel kullanımda sınıflamalar, kömürlerin kimyasal özelliklerine göre yapılmaktadır. Literatürde pek çok kömür sınıflaması bulunmaktadır. Bilimsel sınıflamalarda, kömürlerin daha çok elementel özellikleri (karbon, oksijen ve hidrojen içerikleri) kömür sınıflaması için kullanılmaktadır. Bu parametreleri esas alan ve bilinen en iyi sınıflama, Seyler kömür sınıflamasıdır (Karayiğit ve Köksoy 1997). Ülkemizde yapılan çalışmalarda, bu sınıflamanın pek kullanılmadığı görülmektedir. Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu tarafından 1956 yılında, kahverengi kömürler için uluslararası bir kömür sınıflaması geliştirilmiştir. Bu sınıflamada, nemli külsüz bazda ısı değeri 23.86MJ/kg'dan büyük olan sert kömürler, küçük olanlar ise yumuşak kömürler olarak, ülkemizdeki kömürler ise, linyit ve taş kömürü şeklinde isimlendirilmiştir (Karayiğit ve Köksoy 1997).

Ticari kömür sınıflamalarından en çok kullanılanı, ASTM kömür sınıflamasıdır (ASTM 1991; Çizelge 2.1). Bu sınıflama, kömürün sabit karbon içeriğini ve ısı değerini esas almaktadır. Ayrıca kömürlerin koklaşma özelliğinden de yararlanılmaktadır. Bu sınıflamada kömürler, antrasit, bitümlü kömür, altbitümlü kömür ve linyit olmak üzere 4 sınıfa ve bunlar da kendi içinde alt gruplara ayrılmaktadır. Bu sınıflamada, altbitümlü kömür-bitümlü kömür ayrımı, kömürlerin koklaşma özelliklerinden yararlanılarak yapılmaktadır. Koklaşma göstermeyenler altbitümlü

kömür sınıfında, gösterenler bitümlü kömür sınıfında yer almaktadır (Karayığit ve Köksoy 1997).

Çizelge 2.1. Kömürleşme derecelerine göre ASTM Sınıflaması (ASTM 1991)

Sınıf	Gruplar	Sabit Karbon (dmmf)		Uçucu Madde (dmmf)		Üst Isıl Değer (mmmf, Btu/lb)		Kekleşme Özelliği
		Eşit veya büyük	Daha Küçük	Eşit veya büyük	Daha Küçük	Eşit veya büyük	Daha Küçük	
Antrasit	Meta Antrasit	98	-	-	2	-	-	Kekleşmez
	Antrasit	92	98	2	8	-	-	
	Semi-Antrasit	86	92	8	14	-	-	
Bitümlü Kömür	Düşük Uçuculu	78	86	14	22	-	-	İyi Kekleşir
	Orta Uçuculu	69	78	22	31	-	-	
	Yüksek Uçuculu- A	-	69	31	-	14000	-	
	Yüksek Uçuculu- B	-	-	-	-	13000	14000	
	Yüksek Uçuculu- C	-	-	-	-	11500	13000	
						10500	11500	Kekleşir
Altbitümlü Kömür	Altbitümlü-A	-	-	-	-	10500	11500	Kekleşmez
	Altbitümlü-B	-	-	-	-	9500	10500	
	Altbitümlü-C	-	-	-	-	8300	9500	
Linyit	Linyit - A	-	-	-	-	6300	8300	Kekleşmez
	Linyit - B	-	-	-	-	-	6300	

Açıklamalar (eşitlikler bünye nemi içeren kömürdeki değerleri göstermektedir):

Kuru, mineral-maddesiz (dmmf) bazda sabit karbon:
 $=100(FC-0,155)/(100-(M+1,08A+0,55S))$

Kuru, mineral-maddesiz (dmmf) bazda uçucu madde:
 $=100-FC$ (dmmf)

Nemli, mineral-maddesiz (mmmf) bazda üst ısıl değer:
 $=100(Btu-50S)/(100-(1,08A+0,55S))$

Kısaltmalar:

Btu = Üst ısıl değer, Btu/lb
FC = Sabit karbon, %
VM = uçucu madde, %
M = nem, %
A = kül, %
S = kükürt, %

2.4. Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanı Antalya'nın güney batısında bulunmaktadır (Şekil 1.1). Bölgede yer alan jeolojik birimler; Kambriyen yaşlı Çaltepe Formasyonu, Üst Kambriyen - Alt Ordovisiyen yaşlı Seydişehir Formasyonu, Ordovisiyen yaşlı Sarıyardere Formasyonu, Silüriyen yaşlı Sapandere Formasyonu, Devoniyen yaşlı Hocanınısu Formasyonu, Karbonifer – Permiyen yaşlı Pamucakyayla ve Dinek Formasyonları ve Triyas yaşlı Kesmeköprü Formasyonu bulunmaktadır (Şenel 1997a, 1997b ve 1997c). Tüm bu formasyonlar Antalya Napları içerisinde yer almaktadır.

Antalya Napları Paleozoyik-Alt Mesozoyik karbonat-kırıntılı kayaçları başlıca kalsit, dolomit, kuvars, feldispat, götit ve fillosilikat (I-S, kaolinit, klorit, illit, karışık tabakalı klorit-smektit – C-S ve klorit-vermikülit –C-V) mineralleri içermekte, bunlara ender

olarak jarosit, hematit, götit, jips, barit ve siderit eşlik etmektedir. Silüriyen- Triyas yaşlı sedimanter birimler içerisinde sokulum ve mercek biçiminde gözlenen volkanik kayaçların veya matriksi içerisinde silikat (analsim, klorit, C-S, tetranatrolit, hidroksiapofillit), karbonat (kalsit) ve demir oksit/ oksit-hidroksit (hematit, götit) mineralleri gözlenmiştir. Kuvars ve feldispat miktarı Ordoviziyen’de, dolomit ise Kambriyen ve Permien-Alt Triyas’ta artmaktadır. Barit, siderit ve jarosit sırasıyla Kambriyen (Çataltepe), Ordoviziyen (Sarıyardere) ve Permien’de (Pamucakyayla) saptanmıştır. Kaolinit miktarı Permien’de, I-S ve smektit miktarı ise Devonien-Triyas yaşlı birimlerde artmaktadır (Bozkaya ve Yalçın 2009).

2.5. Önceki Çalışmalar

Özgül (1976)- Batı Toroslar’ da yaptığı jeolojik çalışmalarda Kambriyen-Tersiyer aralığında çökelmiş kaya birimlerini kapsadığını, bu kuşakta birbirlerinden değişik havza koşullarını yansıtan "birlikler" yer aldığını belirtmektedir. Yazar tarafından *Bolkardağı Birliği*, *Aladağ Birliği*, *Geyikdağı Birliği*, *Alanya Birliği*, *Bozkır Birliği* ve *Antalya Birliği* olarak adlandırılmış olan bu birlikler stratigrafi ve metamorfizma özellikleri, kapsadıkları kaya birimleri ve günümüzdeki yapısal konumlarıyla birbirlerinden ayrıldıkları ifade edilmiştir. Birliklerin birbirleriyle anormal dokanaklı olarak kuşak boyunca yüzlerce kilometre yanal devamlılık gösterdikleri ve çoğunlukla birbirleri üzerinde allokon örtüler oluşturdıkları, Bolkar dağı, Aladağ, Geyik dağı ve Alanya birlikleri şelf türü karbonat ve kırıntılı kayaları kapsadığı, Bozkır ve Antalya birliklerinin ise daha çok derin deniz çökellerini, ofiyolitleri ve bazik denizaltı volkanitlerini kapsadığı anlatılmıştır.

Şenel (1985)- Kumluca (Antalya güneybatısı) kuzeyinde, Kumluca zonu ve Kumluca kompleksi olarak adlanan birimin, Jura-Kretase yaşında olduğu savunulan tabakalı çörtlere, Halobia ve Daonella fosilleri bulunarak yaşının Orta -Üst Triyas (Ladiniyen-Noriyen) olduğu belirtmiştir. Ayrıca, Yılmaz'ın (1981) Kumluca kompleksinde, Halobia'lı kireçtaşı ile tabakalı çört arasında varlığını ileri sürdüğü resif bloklu marnlar bulunmadığını, Aksine Halobia'lı kireçtaşının, resif bloklu marnlar olmaksızın tabakalı çörtlere geçtiği tespit etmiştir. Kumluca zonu ve Kumluca kompleksi olarak adlanan birim, Orta-Üst Triyas (Ladiniyen-Noriyen) yaşlı Alakırçay grubunun yanal uzanımı

olduğu tabakalı çörtlere yaşının ise Orta-Üst Triyas (Ladiniyen-Noriyen) olduğunu ifade etmiştir.

Altunsoy (1999)- Isparta'nın güneyindeki Yazır Formasyonu'nu inceleyerek bu formasyonun Alt Miyosen yaşlı olduğu, genellikle karbonatlardan oluştuğu ifade edilmiştir. Formasyondaki organik maddenin yüksek olduğu kısımlarında hidrokarbon sızıntılarından söz edilmiştir. Denizel organik madde içeren birimlerdeki vitrinit yansıma değeri % 0.12 – 0.44 arasında olduğu ve diyajenez aşamasında olduğu belirlenmiştir. Yapılan organik petrografik ve organik jeokimyasal analiz sonuçlarında formasyonun bazı kısımlarında petrol oluşabileceği ortaya konulmuştur.

Demirel vd (2001)- Batı Toroslar'da yüzlek veren Mesozoyik karbonatlarında petrol kaynak kayası çalışmaları yapmışlardır. Beydağı ve Kuyubaşı Formasyonlarından oluşan Jura – Kretase yaşlı Beydağları biriminden alınan kuyu örnekleriyle organik jeokimyasal değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirmelere göre Beydağı Formasyonunun petrol oluşturma kapasitesine sahip olduğu, Kuyubaşı Formasyonunun ise düşük köken zenginliğinde olduğu sonucunu elde etmişlerdir.

Demirel vd (2002)- Elmalı Napları ve Beydağları Karbonat Platformu'na ait birimlerde hidrokarbon köken kaya değerlendirmeleri yapmışlardır. İncelemeler, Elmalı Napları'na ait olan Alt-Orta Eosen yaşlı Yavuz Grubu ve Akitaniyen – Burdigaliyen yaşlı Sinekçi Formasyonlar'ında gerçekleştirilmiştir. Araştırma, bu birimlerin termal olgunlaşmasının Orta Miyosen sırasında gelişen tektonik gömülme sonucunda olduğunu, egemen organik maddenin III. tip kerojenlerden meydana geldiğini ve düşük hidrokarbon oluşturma potansiyeline sahip olduklarını belirlemişlerdir.

Şenel (2004)- Güneybatı Türkiye'de Likya Napları ile Beydağları Otoktonu arasında, uzun mesafeler boyunca devamlılık gösteren ve ara zon karakterinde Yeşilbarak Napı bulunduğu belirtilmiştir. Genelde türbiditik karakterde Üst Lütasiyen-Alt Miyosen yaşlı kırıntılardan oluşan Yeşilbarak Napı, Gömbe ve Yavuz birimleri olmak üzere az çok birbirinden farklı iki yapısal birimi kapsadığı açıklanmıştır. Yeşilbarak Napı'nın bu yapısal birimlerinden Gömbe birimi altta, Yavuz birimi ise üstte ve çoğu alanda devrik olarak yer alır. Gömbe biriminin tabanında Üst Kretase yaşlı neritik karbonatlardan oluşan Gebeler Formasyonu izlendiği gözlenmiştir. Birim sırası ile Üst Lütasiyen-Alt Miyosen yaşlı, kireçtaşı ara seviyeli kumtaşı, silttaşı ve kilttaşlarından oluşan Elmalı

Formasyonu ile Üst Burdigaliyen-Alt Langiyen yaşlı kireçtaşı bant ve mercekli kumtaşı ve konglomeralardan oluşan Uçarsu Formasyonu'nu içerdiği açıklanmıştır.

Hoşgörmez (2007)- Olimpos Dağı'nın Antalya ilinin güney batısında, Çıralı bölgesinde bulunduğu, 2500 yıl önce ofiyolitlerden gaz sızıntıları meydana gelmeye başladığı iyi bilinen bir gerçek olduğu ifade edilmiştir. Bu bölgede, Tekirova Ofiyolitleri olarak bilinen geniş allakton levhaları içerdiği ve aşırı serpantinleşmiş ultramafik kayalar tarafından temsil edildiği ortaya konulmuştur. Çıralı gazının ofiyolitlerdeki fay zonları boyunca hareket ettiği, ofiyolit levhaları, karbonat platformları tarafından yapısal olarak sınırlandırıldığı saptanmıştır.

Bozkaya ve Yalçın (2009)- Toros Kuşağı'nın güneybatı kesiminde yüzeyleyen Antalya Birliği'nin Alakırçay Napı'na ait Triyas yaşlı Karadere Formasyonu çoğunlukla spilitik bazalt, kısmen aglomera ve tüflerden oluştuğu belirlenmiştir. Sil ve/veya mercekler biçiminde yerleşen yastık yapılı volkanik kayalar açılmalı basandeki riftleşmeyle ilişkili deniz-altı volkanizmasını temsil etmektedir. Volkanik kayaların matriks ve boşluklarında fillosilikat (hidroksiapofillit, smektit, illit, klorit, karışık tabakalı C-S, C-V, I-C ve I-S), zeolit (analsim, natrolit ve tetranatrolit), Fe mineralleri (hematit, götit), spinel, kuvars, feldispat ve kalsit geliştiği saptanmıştır. Bu minerallerin kökeni başlıca volkanik cam ve deniz suyu arasındaki etkileşim, oluşumu neoformasyon ve/veya transformasyon, evrimi ise diyajenez/çok düşük dereceli metamorfizma ile ilişkili oldukları açıklanmıştır. Dokusal ilişkiler, mineral birliktelikleri ve Na içeren minerallerin baskınlığı, sıcak volkanojenik malzeme-soğuk deniz suyu arasındaki etkileşim; denizaltı volkanizmasının petrografik-mineralojik kayıtları olarak değerlendirilmiştir.

Bozkaya ve Yalçın (2010)- Tahtalıdağ Napı Paleozoyik-Alt Mesozoyik birimlerini Kambriyen Çaltepe (baritli kristalize dolomit), Üst Kambriyen - Alt Ordovisiyen Seydişehir (metasiltaşı, sleyt), Ordovisiyen Sarıyardere (metaşeyl, sleyt), Silüriyen Sapandere (kumtaşı, dolomit, şeyl), Devoniyen Hocaninsuyu (kumtaşı, siltaşı, şeyl), Permian Pamucakyayla (kumtaşı, şeyl, kömür) ve Dinek (kireçtaşı, şeyl) ve Triyas Kesmeköprü (marn, kireçtaşı, kiltası) formasyonları temsil ettiği belirtilmiştir. Alakırçay napı Triyas yaşlı Tesbihli (radyolarit, çört, şeyl, ender kireçtaşı), Gökdere

(kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, marn), Çandır (kumtaşı, şeyl) ve Karadere (bazalt, split, ender çört ve şeyl) formasyonlarından oluştuğu ifade edilmiştir.

Özçelik vd (2009)- İnceleme alanının kuzeyinde kalan ve Korkuteli (Antalya) ve Bucak (Burdur) yöresindeki Alt Miyosen yaşlı birimlerde organofasiyes çalışmaları yapmışlardır. Bu çalışmada Alt Miyosen yaşlı Karabayır Formasyonu'nun bazı düzeylerinin organik içerik açısından zengin olduğu, formasyonun genel olarak organik olgunluğa ulaşmadığı bazı düzeylerinde ise yeterli ısısal olgunlukta olduğu için petrol üretebileceği vurgulanmıştır.

Varol vd (2011)- Bölgede yer alan Çürükdağ'daki çalışmalarında Permiyen – Triyas birimlerindeki fasiyes değişimlerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, birimler içerisinde yer alan piritleşmiş çamurtaşlarının nodüler platform kireçtaşları içerisinde lensler şeklinde yer aldıklarını, toplam kaya hacminin % 50 – 60 kadarını kil minerallerinin oluşturduğu, bunların da kaolinit ve karışık tabakalı kil mineralleri ile illit – vermikülit'ten oluştuğunu ifade etmişlerdir.

Kershaw vd (2011)- Çürükdağ yöresindeki Alt Triyas mikrobiolitlerini incelemişlerdir. Bu mikrobiolitlerin oolit, pellet ve biyoklastların oluşturduğu tanetaşları şeklinde oldukları, Alt Triyas yaşlı şeyler tarafından örtüldükleri anlatılmıştır.

3. MATERİYAL - METOD

3.1. Materyal

Bir kayacın içerisinde bulunan organik maddenin varlığı ve miktarı organik petrografi ve organik fasiyes çalışmaları sonucunda belirlenebilir. Bu organik maddeler fiziko-kimyasal olayların sonucunda diyajenez, metajenez ve katajenez evrelerinden geçerler. Bu evrelerin sonucunda fosil yakıtlar meydana gelir. Çalışma bölgesi Antalya'nın güney batısında bulunmaktadır ve buradaki birimlerin kömürce zengin oldukları belirlenmiştir. Bölgede kömürlü birimler yoğunlukla Pamucakyayla Formasyonu'nda bulunmaktadır. Bu formasyondan alınan örnekler materyal olarak kullanılmış ve sonuçlara ulaşılmaya çalışılmıştır.

3.2. Metod

Bu tez çalışması büro, arazi ve laboratuvar çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Büro çalışmaları: Bölgeyi konu alan daha önceki bütün çalışmaların araştırılması, derlenmesini kapsamaktadır. Konu hakkında elde edilen veriler yorumlanarak bölge hakkında fikir edinilmiştir. Ayrıca çalışma alanını kapsayan haritalar arazi çalışmaları öncesinde derlenmiştir. Bu çalışmanın son safhasında arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen tüm veriler yorumlanarak tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

Arazi Çalışmaları: Haziran – Ekim 2011 tarihleri arasında saha çalışmaları yapılmıştır. MTA' nın 1/25000' lik ayrıntılı jeoloji haritasından yararlanılmış ve gerekli görüldüğü yerlerde revize edilmiştir.

Laboratuvar Çalışmaları: Arazi çalışmaları sırasında alınan numunelerin bir kısmı Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında, bir kısmı ise TPAO Araştırma Merkezi ve ACME Laboratuvarlarında analizleri yapılmıştır.

Yukarıda adı geçen çalışmalardan sonra örneklerin organik madde içeriği, organik madde tipi ve olgunluğu incelenerek organik petrografik ve organik jeokimyasal açıdan

değerlendirilmiştir. Sonuçta Pamucakyayla Formasyonu'nun organofasiyes özellikleri ortaya konulmuştur.

3.2.1. Organik Jeokimyasal Analizlerin Yapılışı

Fosil yakıtlar açısından potansiyel kayanın belirlenmesi için kaya içerisindeki katı organik madde ile ilgili üç parametre söz konusudur. Bunlar; organik madde tipi, organik madde miktarı ve organik maddenin olgunlaşma düzeyidir. Bu tip parametreleri belirlemek amacıyla TOC (Toplam Organik Karbon) ve Rock Eval Piroliz analizleri yapılır.

3.2.1.1. TOC analizi

TOC, kayacın içerisindeki kerojene ait karbon miktarı ile bu kerojenden üretilmiş fakat kaya dışına atılamamış hidrokarbonların toplamıdır. (Durand vd 1972, Jonathan vd 1976). Organik madde miktarının belirlenebilmesi için toplam organik karbon miktarının bilinmesi gerekir. TOC (Toplam Organik Karbon) analiziyle bu belirlenmektedir. Bu analiz diğer analizlere nazaran daha pratiktir ve organik madde miktarını belirlenmesinde kesin sonuçlar verir. Bu nedenle düşük TOC değerlerine sahip olan seviyelerde diğer analizlere gerek kalmaz.

Toplam organik madde miktarı Leco Cihazıyla belirlenmektedir. Bu analiz, inorganik kökenli karbon ile organik kökenli karbonun birbirinden ayırt edilme esasına dayanır. İnorganik kökenli karbonat bileşiklerine bağlı olan karbon asitle uzaklaştırıldıktan sonra örneğin oksijenli ortamda yakılarak organik karbonun karbondioksit'e dönüştürüldükten sonra oluşan karbondioksit miktarının ölçülmesi ile belirlenir. Örneklerin bu işlemlere tabi tutulması için çeşitli aşamalardan geçmesi gerekmektedir. Öncelikle örnekler öğütülerek hazır hale getirilir. % 5 HCl (hidroklorik) asit ile tepkimeye sokularak inorganik karbonlar ortamdan uzaklaştırılır. Daha sonra dekantasyon işlemi uygulanarak örnek istenmeyen maddelerden temizlenmesi sağlanır. Bütün bu hazırlıkların sonucunda kalibre edilmiş cihazda analiz edilir. 1 gram örnekteki karbon yüzdesi dijital olarak direkt okunur. Her örnekten iki kez ölçüm alınır. Bu iki ölçüm arasındaki fark % 10'dan fazla ise ölçüm tekrarlanır.

Bir kayanın kaynak kaya olabilmesi için çeşitli araştırmacılar tarafından farklı şekillerde sınıflandırmalar yapılmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Toplam organik madde miktarına göre ana kaya sınıflaması

ARAŞTIRICI	TOC (%)	KAYNAK KAYA POTANSİYELİ
Thomas (1979)	<0.5	Zayıf
	0.5-1.0	Orta
	1.0-2.0	İyi
	2.0-4.0	Çok iyi
	>4.0	Mükemmel
Kraus ve Parker (1979)	<0.5	Zayıf
	0.5-1	Orta
	>1	İyi
Tissot ve Welte (1984)	0.1-0.5	Zayıf
	0.5-1.0	Orta
	1.0-2.0	İyi
	2.0-10.0	Zengin
Peters (1986)	0.1-0.5	Zayıf
	0.5-1.0	Orta
	1.0-2.0	İyi
	>2.0	Zengin
Jarvie (1991)	<0.5	Yetersiz
	0.5-1.0	Orta
	>1.0	Yeterli

3.2.1.2. Rock-Eval Piroliz Analizi

TOC miktarının belirlenmesi tek başına kaynak kayanın belirlenmesinde yeterli olmayabilir. Sedimanter kaya içindeki organik madde tipinin ve olgunlaşma derecesinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla piroliz analizlerinden faydalandırılır. Yüksek karbon içeriği her zaman kaynak kayanın belirlenmesinde yardımcı olmaz. Bunun için diğer parametrelerin de belirlenerek göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Kerojenin oksijensiz ortamda ısısal olarak parçalanma olayına “Piroliz” denir. Piroliz süresince S1; kerojenin ısısal parçalanması sonucu deney sırasında açığa çıkan hidrokarbonlar, S2; 400°C’de yanma sonucu açığa çıkan karbondioksit miktarı belirlendikten sonra S2 ve S3 pikinin maksimum olduğu noktadaki sıcaklık Tmax değerli bulunur. Bunun sonucunda bu piklerden yararlanılarak kaynak kaya potansiyeli (Jenetik Potansiyel), hidrojen indeksi (HI), oksijen indeksi (OI), üretim indeksi (PI) ve kerojen tip tayini yapılır.

Piroliz işlemi 100 mg kadar öğütülmüş örneğin taban ve tavan geçirimli çelik bir hücre içerisine yerleştirildikten sonra mikropiroliz fırınına yerleştirilir. Sıcaklık helyum atmosferinde 25° C arttırılarak 550°C’ ye kadar yükseltilir. Bu aşamadan sonra çeşitli dedektörler yardımıyla önce açığa çıkan hidrokarbon gazlarının miktarı, ardından 300-350 °C arasında açığa çıkan hidrokarbonların miktarı ve daha sonra 400 °C’ye kadar açığa çıkan karbondioksit miktarı saptanır.

Kaynak kayanın olgunluk derecesi Tmax ile belirlenmektedir. Tmax değeri ile yapılan değerlendirmeler en sık kullanılan yöntem olmasına rağmen fay, kıvrım, uyumsuzluk, jeotermal gradyan gibi etkenler sonucunda değerde değişimler görülebilir. Tmax değeri ile temsil edilen olgunlaşma derecesi Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Tmax değerinin temsil ettiği olgunlaşma değerleri (Tissot ve Welte 1984)

Tmax	Olgunlaşma Derecesi
< 435 °C	Olgunlaşmamış
435 - 445 °C	Erken - Orta Olgun
445 - 460 °C	Orta - İleri Olgun
> 460 °C	Aşırı Olgun

Bir diğerk olgunluk derecesini belirleme yöntemi de üretim indeksidir (PI). Bu değerk genellikle derinlik artışına bağılı olarak artar, ancak bu değışim kayaca göç yoluyla gelen hidrokarbonlar tarafından da değışebilir (Peters 1986, Peters ve Cassa 1994). Daha doğıru sonuçların belirlenmesi için Tmax ve PI korelasyonundan yararlanılması gerekmektedir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Tmax ve PI değerklerine göre olgunlaşma dereceleri (Tissot ve Welte 1984)

OLGUNLUK	Tmax	PI
Olgunlaşmamış	< 435 °C	< 0.10
Erken Olgun	435 - 445 °C	0.10 - 0.15
Orta Olgun	445 - 450 °C	0.25 - 0.40
Olgun	450 - 470 °C	> 0.40
Aşırı Olgun	> 470 °C	-

3.2.2. Organik Petrografik Analizlerin Yapılışı

Araziden alınan numuneler üzerinde uygulanması sonucunda kayaçların fiziksel ve optik özelliklerinin incelenmesi amacıyla yapılır.

3.2.2.1. Numunelerin Hazırlanması (Organik Yoğunlaştırma)

Bir kayacın içerkdiği katı organik maddenin, inorganik bileşenlerine tümüyle ayrılması ve örneğın vitrinit yansıma ölçümlerinin yapılması, maserallerinin belirlenmesi, kerojen tip tayininin yapılması ve SCI ölçümlerinin yapılması, örneklerin hazırlanmasındaki amaçtır. Bu amaç doğırtusunda örnekler çeşitli aşamalardan geçirilir. Bu aşamalar sırasıyla;

- Kırma ve Temizleme işlemin

Bu işleminde kayacın türüne göre numuneler farklı ağırlıklarda alınırlar. Örneğın şeyl için 25-30 gr alınırken karbonatlı kayaçlarda ağırlık 50-60 gr aralığındadır. Daha sonra bu numuneler mercimek boyutuna kadar getirildikten sonra üç dört kez dekantasyon işleminde tabi tutularak metal parçacıkları, petrol atığı, toz, ince taneli bileşikler gibi istenmeyen maddelerden arındırılır.

- İnorganik bileşenlerine ayırma işlemi

İnorganik bileşenlerine ayırma işlemi iki aşamalı asitleme ile yapılmaktadır. İlk aşamada HCl ile karbonatların, ikinci aşamada HF ile silikatların ortamdan uzaklaştırılması sağlanır. Yoğunlaştırma işlemi sırasında % 33'lük HCl (hidroklorik asit) kullanılmaktadır. Bu işlemde 50 ml HCl örneğin üzerine dökülür. Bu işlem çeker ocakta yapılır. Asitleme işleminden sonra 2-3 saat beklenir ve tüm karbonatların tuza dönüşmesi sağlanır. Bütün bu işlemlerin sonucunda 3-4 kez dekantasyon uygulanarak temizlemesi sağlanır.

Bu aşamada örnek artık karbonatlarından arındırılmış haldedir. Silikatlardan arındırılması için % 40'lık HF (hidroflorik) asit kullanılır. Bu işlemler sırasında kesinlikle cam malzeme kullanılmaz. Cam ile HF asit'in tepkimesini önlemek amacıyla plastik beher kullanılır. Çeker ocakta örneğe 30-40 ml kadar HF asit ilave edilerek 3-4 saat beklenir. Reaksiyonun olduğu beherin ısınmasından anlaşılır. Bütün bu işlemlerin sonunda 3-4 kez dekantasyon işlemi uygulanır.

Bu aşamada artık karbonatlar ve silikatlar birbirinden tamamen ayrılmıştır. Ağır minerallerin ortamdan uzaklaştırılması için özgül ağırlığı 2.0-2.5 arasında olan çinko klorür ($ZnCl_2$) veya çinko bromür ($ZnBr_2$) çözeltisi ile karıştırılarak cam tüplere konur. Bu işlemden sonra 3000 devirde 2 dakika santrifüj edilir. Üst kısımda biriken organik maddeler damlalık ile alınır ve böylece inorganik madde ile ayırt edilmiş olunur. Başka cam tüpe aktarılan organik madde birkaç kez dekantasyon işlemine tabi tutulur.

- Kerojen Slaytları ve Parlatma Kalıplarının Hazırlanması

Bütün bu işlemler sonucunda elde edilen organik madde önce alkol, sonra saf su ile yıkanarak temizlenmiş olur. Organik madde sulandırılarak homojen hale gelmesi sağlanır ve 4 ml alınarak başka bir cam tüpe aktarılır. Bir damlalık yardımıyla bir miktar alınan organik madde üzerine lamel koyulup hava kabarcığı kalmayacak şekilde yapıştırılır. Lamaların üzerine örnek numuneleri yazılarak, incelemeye hazır hale getirilmiş olunur. Geriye kalan örnek kurutulur. Belli kalıplar seçilerek polyesterle karıştırılır ve değişik büyüklükteki inceltme tozlarıyla aşındırılır. Son işlem olarak da alümina pasta ile parlatılarak üstten aydınlatmalı mikroskopta maseral türleri incelenir ve yansıma ölçümleri gerçekleştirilir.

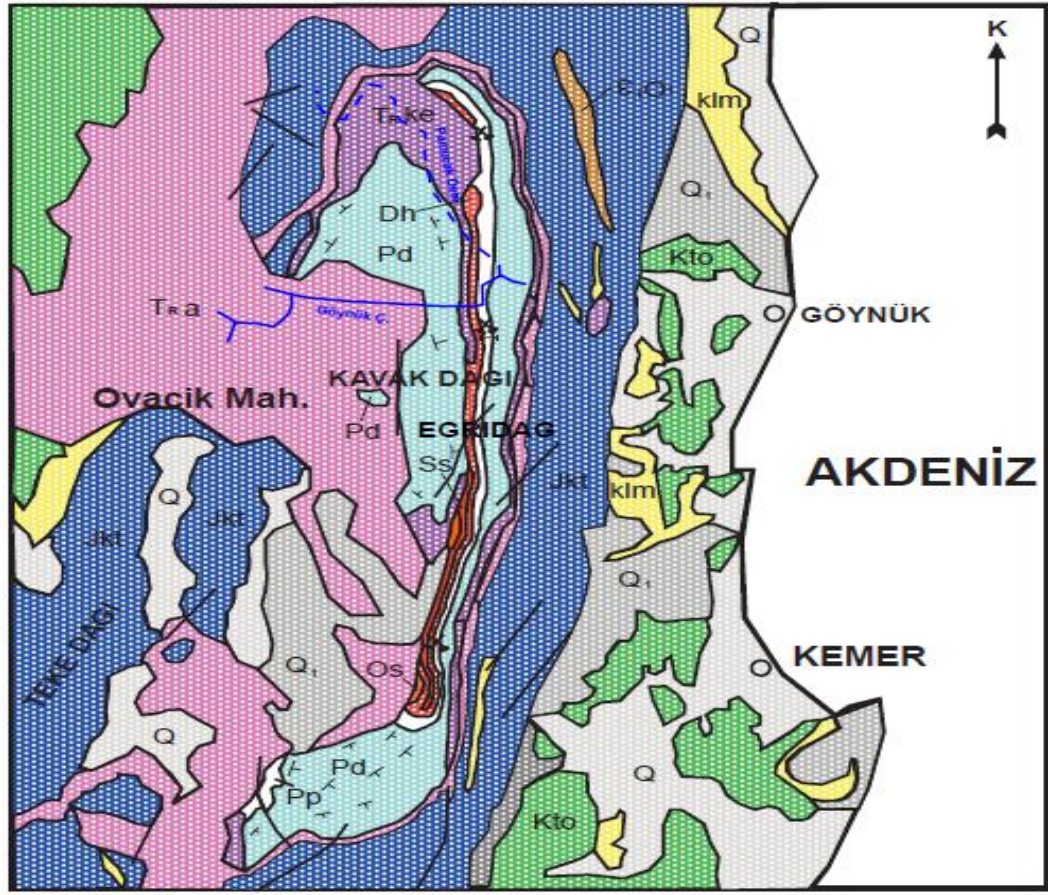
4. BULGULAR

4.1 Stratigrafi

Antalya yöresi kömür yatakları içinde en önemli olanı, daha önce de işletilmiş olan Kemer-Göynük Pamucakyayla kömür sahasıdır. Bu sahada kömür Pamucakyayla Formasyonu içinde bulunur. Bu formasyonun altında Hocanınsuyu Formasyonu, üstünde ise Dinek Formasyonu yer almaktadır (Şekil 4.1).

İncelemenin ana konusunu oluşturan Pamucakyayla Formasyonu Antalya Napları içerisinde yer alan diğer formasyonlar; Silüriyen yaşlı Sarıyardere Formasyonu, Devoniyen yaşlı Sapandere Formasyonu, Karbonifer yaşlı Hocanınsuyu Formasyonu, Permien yaşlı Dinek Formasyonu, Triyas yaşlı Kesmeköprü Formasyonu ve Tesbihli Formasyonlarıdır.

Organik maddece zengin Pamucakyayla Formasyonu stratigrafik açıdan ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu formasyonun altında ve üstünde bulunan formasyonların litolojik açıklamalarına da Stratigrafi bölümünde yer verilmiştir.



AÇIKLAMALAR

Q	Alüvyon
Q _i	Traverten
Kto	Tekirova Ofiyoliti: Serpantin, harzburgit, dunit, verlit, gabro, diyabaz vb
klm	Bloklu filis (havza)
Jkt	Tekedagi Formasyonu : Neritik kireçtasi
T _{ka}	Alakircay Grubu :Halobiali mikrit, çörtlü mikrit, çört, radyolarit, seyl, bitkili kumtasi, split, bazalt
T _{ke}	Kesmeköprü Formasyonu: Alacali marn, killi kireçtasi, jips, vermiküler kireçtasi
Pd	Dinek Formasyonu: Mizziali kireçtasi
Pp	Pamucakyayla Formasyonu: Kumtasi (Subarkoz), seyl
Dh	Hocaninsuyu Formasyonu: Kumtasi (Subarkoz), silttasi, kiltasi, jips, dolomit
Ss	Sapandere Formasyonu: Kumtasi (Subarkoz), dolomit, seyl, kirectasi
Os	Sariyardere Formasyonu: Seyl
E ₁ O ₁	Seyl, kumtasi, (yamac-havza)
— —	Kesit Yeri

0 1 2 km

Şekil 4.1. İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Şenel vd 1981'den değiştirilerek alınmıştır)

4.1.1. Hocasinsuyu Formasyonu

Kiltaşı, jips, kumtaşı vb. kaya türlerinden oluşan bu birimin adı en iyi yüzeylendiği Hocasinsuyu Mevkii'nden alınmıştır. Çalışma alanı içinde Göynük Dere, Belen Dere, Sapandere yörelerinde yüzeyler. Kemer ilçesinin kuzeyinde yer alan Kesmeköprü' nün 2300 m kuzeyindeki Hocasinsuyu mevkiinde tip kesit verir (Şenel vd 1981).

Hocasinsuyu Formasyonu; altta gri, açık gri, açık kahverengi, ince-orta katmanlı, dolomit, kiltası, miltaşı, kumtaşı aralanmasıyla başlar. Bu seviye üzerinde sarımsı gri renkte, orta katmanlı dolomit ve daha üstte sarımsı gri renkte, ince katmanlı kiltası ve pembe renkli kalın katmanlı jips seviyeleri yer alır. Jipslerin hemen üstünde kumtaşı ve jips parçaları içeren kanal dolgusu görülür. Bunlar üstte doğru orta-kalın katmanlı, kiltası, kumtaşı, miltaşı aralanması biçiminde devam eder. Bu düzey bol dalga izli ve bitki kökü izli olup, büyük açılı çapraz tabakalanmalıdır. Bu seviye yer yer ince arakatkılar halinde, orta katmanlı, sarımsı gri renkli kireçtaşı katmanları kapsar. Üstte gri ve kahverengi, kalın katmanlı, bitki kök izli, ağaç kalıntılı, dalga izli, çapraz tabakalanmalı çoğu kuvars taneli kumtaşları görülür. Dalga izlerinin çoğunluğunu ripple-mark izleri oluşturur. Hocasinsuyu Formasyonu'na ait kumtaşları arasında diyabaz sokulumları yer almaktadır (Şenel vd 1981).

Hocasinsuyu Formasyonu altta Sapandere Formasyonu ile açısız uyumsuzluk, üstte ise Pamucakyayla Formasyonu ile uyumluluk gösterir (Şekil 4.2). İnceleme alanı içinde yaklaşık 270 m kalınlık gösteren bu formasyonda yanal değişim yoktur.

Hocasinsuyu Formasyonu kırıntılı kayalardan ve evaporitlerden oluşurlar. Ripple-mark izlerinin bakışsız yanlı oluşu, çapraz tabakalanmalardaki açılarının büyük oluşu, bol bitki kök izi ve ağaç kalıntılarının bulunuşu karasal ortamı yansıtır (Şenel vd 1981). Devonien'in üst düzeylerde dalga izleri daha çok denizel ortamı işaret eder.

Pamucakyayla Formasyonu çok az karbonat ve çoğunluğu kırıntılı olan kayalardan oluşur. Çökelimin karasaldan denizel ortama kadar değişen farklı ortamlarda olduğu gözlenir.

Yaş	For.	Litoloji	Açıklama
PALEOZOYİK	Üst Permiyen	Dinek	Kireçtaşı
	Karbonifer	Pamucakyayla	Marn, Kumtaşı, Kömür
	Devoniyen	Hocaninsuyu	Silttaşı, Şeyl Kumtaşı Kireçtaşı Jips
	Silüriyen	Sapandere	Kireçtaşı, Dolomitik Kireçtaşı
	Ordovisiyen	Sariyar	Şeyl Ölçeksiz

Şekil 4.3. İnceleme alanının genelleştirilmiş kolon kesiti (Şenel vd 1981 ile Altunsoy vd 2012'den değiştirilerek alınmıştır)

İnceleme alanının yoğun bitki örtüsünden dolayı formasyonu birçok alanda incelemek oldukça zordur. Belendere içinde en iyi şekilde tip kesiti gözlenmiş ve ölçülü dikme kesiti alınmıştır (Şekil 4.10).

Pamucakyayla ölçülü dikme kesiti tabanda kumtaşları ile başlar. Bu kumtaşları gri renkli olup, orta ve kalın katmanlıdır (Şekil 4.4). Genellikle laminalı, bazı bölümlerde de çapraz katmanlıdır (Şekil 4.5). İnce kesit incelemelerinde bunların kuvars arenit oldukları saptanmıştır (Şekil 4.13). İnce-orta taneli, tane destekli, genellikle kuvarslardan oluşmaktadır. Bu bölümdeki örneklerin XRD tüm kaya incelemelerinde kuvars, çok az feldspat, çok az kil mineralleri gözlenmiştir. Kil mineralleri olarak da illit, smektit ve kaolinit bulunmaktadır (Çizelge 4.1).



Şekil 4.4. Pamucakyayla Formasyonu'nun alt bölümlerinde gözlenen orta-kalın katmanlı kumtaşları (Belendere Mevkii)



Şekil 4.5. Pamucakyayla Formasyonu tabanında gözlenen laminalı kumtaşları (Belendere Mevkii)

Kumtaşlarının üzerine kömür katmanı gelmektedir (Şekil 4.10). Bu düzeyin XRD ve tüm kaya incelemelerinde kalsit, kuvars, çok az dolomit ve çok az kil minerallerinden oluştuğu gözlenmiştir. Kil mineralleri olarak da illit ve kaolinit'in varlığı saptanmıştır (Çizelge 4.1).

Altındaki kömür katmanının üzerinde sarı ve kahverengi renklerde marn ve kumtaşları bulunmaktadır (Şekil 4.10). Bu kumtaşlarının ince kesit incelemelerine göre, ince-orta taneli oldukları, taneler arası organik madde birikimlerinin söz konusu olduğu ve yer yer silis dolgular içerdiği gözlenmiştir. XRD tüm kaya incelemelerinde kuvars, çok az feldspat, çok az kil mineralleri tespit edilmiştir. Kil mineralleri olarak da kaolinit, smektit ve illit mineralleri yer almaktadır (Çizelge 4.1). Bu düzeyin üzerinde orta-kalın tabakalı kömürlü kumtaşı ve marnlar bulunmaktadır. Bunların ince kesit incelemelerinde silis dolguları bulunmaktadır (Şekil 4.12).

Ölçülü dikme kesitin orta düzeylerinde ikinci bir kömür katmanı bulunmaktadır (Şekil 4.10). Bu katmanın bulunduğu birimlerin mikroskobik incelemeleri diğer kesitlerde benzer özelliklerde olmasına rağmen kumtaşı boşlukları organik madde ile doldurulmuş durumdadır. Bileşenlerin % 95'i tane destekli olup kuvarslardan oluşmaktadır (Şekil 4.12). XRD tüm kaya incelemelerinde kuvars, feldspat, dolomit ve kil mineralleri gözlenmiştir. Kil mineralleri olarak da kaolinit ve illit yer almaktadır (Çizelge 4.1).

İkinci kömür katmanının üzerinde gevşek çimentolanmış kil ve marnlar bulunmaktadır. Bunların hemen üzerinde de kalın tabakalı kumtaşları yer almaktadır (Şekil 4.10). Bu kumtaşlarının ince kesit incelemelerinde kuvars ve çok az feldspat bulunduğu gözlenmiştir. Diğerlerinden farklı olarak bu birimde klorit, biyotit gibi fillosilikatlar görülmüştür.

Pamucakyayla ölçülü dikme kesitinin üst düzeylerine doğru orta-kalın tabakalı kumtaşları gözlenir (Şekil 4.6 ve Şekil 4.10). Bunların ince kesit incelemelerine göre kuvars arenit olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.11). XRD ve tüm kaya incelemelerine göre genellikle kuvars, çok az feldspat, çok az da kil minerallerinden oluşmuştur. Bu düzeydeki kil mineralleri smektit, illit ve kaolinit şeklindedir (Çizelge 4.1). Bu kumtaşlarının üzerinde kahv rengimsi-siyahımsı laminalı ve çapraz tabakalı kumtaşı, kömür ve laminalı kumtaşları bulunmaktadır (Şekil 4.4). İnce kesit incelemeleri diğer kesitlerle benzer özellikler gözlenirken, yer yer taneler daha düzensiz, bol kırıklı ve çatlaklıdır (Şekil 4.11).



Şekil 4.6. Pamucakyayla Formasyonu'na ait orta-kalın katmanlı kumtaşı (Belendere Mevkii)

Ölçülü dikme kesitin üst düzeylerinde kırmızı-siyah ve kalın tabakalı kumtaşları bulunmaktadır (Şekil 4.7 ve Şekil 4.10). Bunlar; ince-orta taneli, % 90'dan daha fazla kuvars içeren, çok az kayaç parçası ve feldspatlardan oluşmaktadır (Şekil 4.11). Kumtaşları tane destekli olup, taneler genellikle yuvarlaklaşmış olmasına rağmen, yüzeyleri pürüzlü ve kırıklıdır. Kuvarslar dalgali ve düz sönme göstermektedirler.



Şekil 4.7. Pamucakyayla Formasyonu'na ait kırmızı-siyah ve kalın tabakalı kumtaşı (Belendere Mevkii)

En üstte siyahımsı kalın tabakalı kireçtaşı, koyu gri, gri-bej orta-kalın tabakalı kireçtaşı bulunmaktadır (Şekil 4.8 ve Şekil 4.9). XRD tüm kaya incelemelerinde % 95 kalsit, % 5 kuvars minerali belirlenmiştir (Çizelge 4.1). İnce kesit incelemelerinde birimin bol fosilli olduğu görülmektedir. Fosiller mikrit bağlayıcı olup genellikle

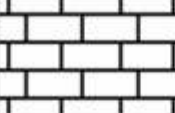
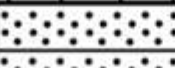
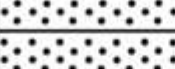
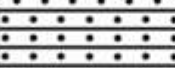
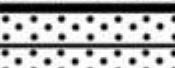
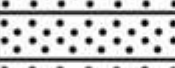
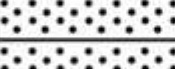
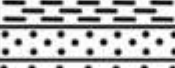
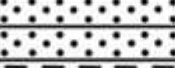
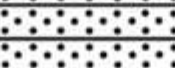
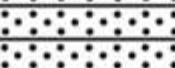
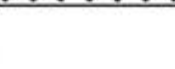
foraminiferlerden oluşmaktadırlar. Bunun yanı sıra alg fosillerine de rastlanmaktadır. Yer yer kavkı parçaları bulunmakta olup, bu kavkı parçaları korunmuş ve tipik yapılarını korumaktadır. Çok ince kalsit damarları da bulunmaktadır (şekil 4.11). Üstte de Dinek Formasyonu uyumsuzlukla yer alır.



şekil 4.8. Pamucakyayla Formasyonu'nun üst kesimlerinde gözlenen kırmızı-siyah, kalın tabakalı kumtaşı (Belendere Mevkii)



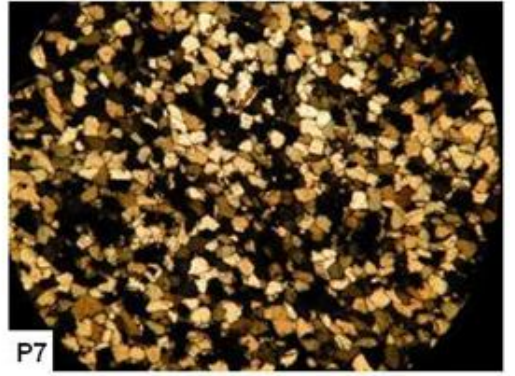
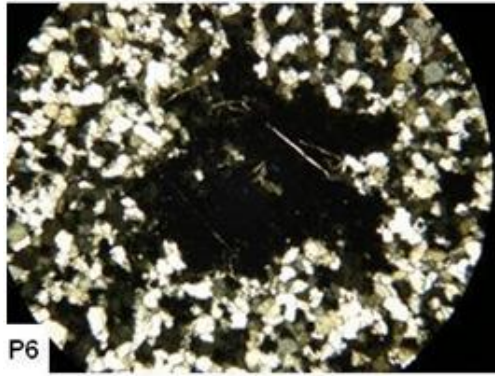
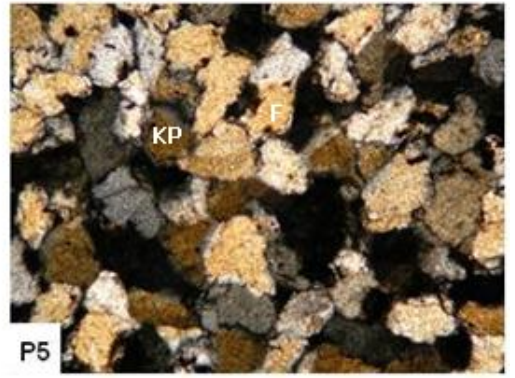
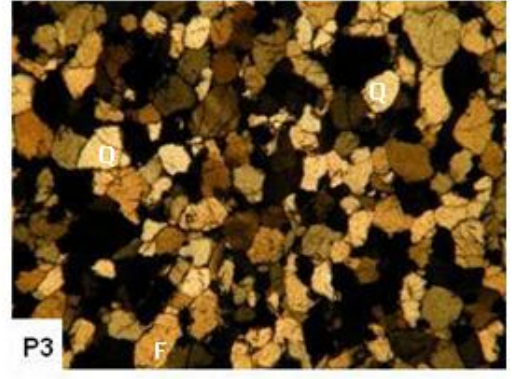
Şekil 4.9. Pamucakyayla Formasyonu'nun üst kesimlerinde gözlenen siyahımsı kalın tabakalı kireçtaşı (Belendere Mevkii)

ÖRNEK NO	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
P 1	27		Koyu gri, gri-bej orta-kalın tabakalı kireçtaşı
P 2			Siyahimsi kalın tabakalı kireçtaşı
P 3	21		Kırmızı-siyah, kalın tabakalı kumtaşı
P 4			
P 5	29		Kahverengi-siyahimsi, laminalı ve çapraz tabakalı kumtaşı
P 6			Kömür laminalı kumtaşı
P 7			
P 8	9		Orta-kalın tabakalı kumtaşı
P 9	19		Kalın tabakalı kumtaşı
P 10	11		Gevşek çimentolanmış kil ve marn
P 11	4		Kömür katmanı
P 12	17		Orta-kalın tabakalı kömürlü kumtaşı ve marn
P 13			
P 14	9		Kahverengi-Sarı Marn
P 15	14		
Pn 22			
P 16	7		Kömür katmanı
P 17			
P 18	28		Gri, orta-kalın tabakalı kumtaşı
P 19			
Pn 24			
P 20			

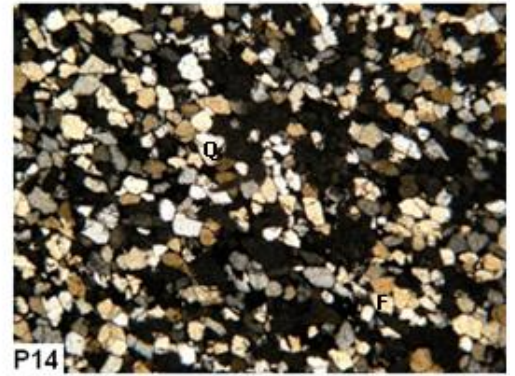
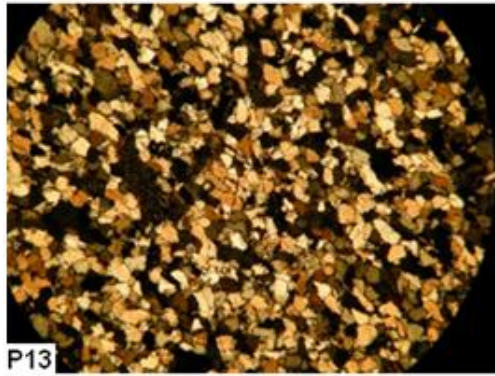
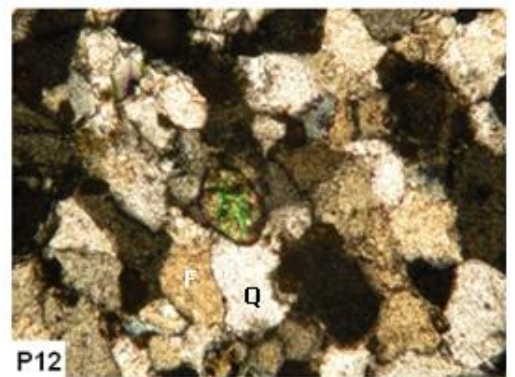
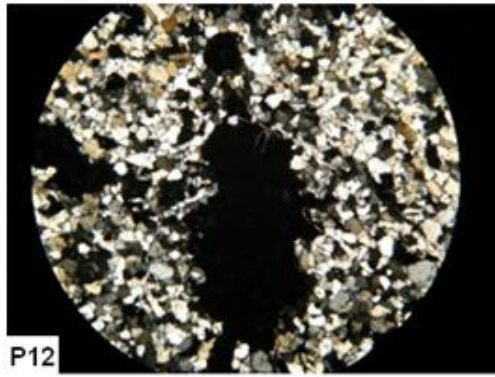
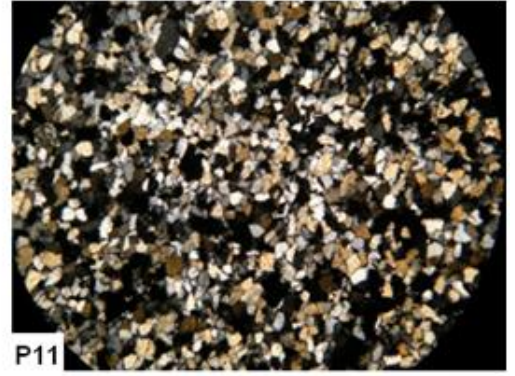
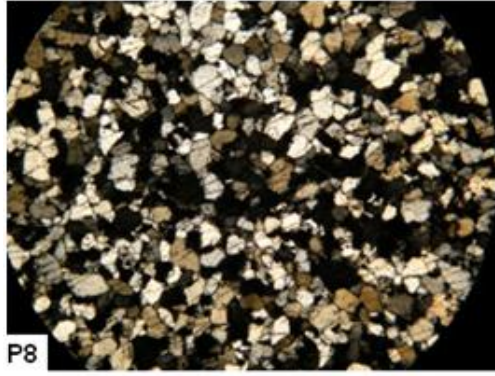
Şekil 4.10. Pamucakyayla Formasyonu'na ait ölçülü dikme kesit

Çizelge 4.1. Örneklerin XRD tüm kaya ve kil minerali analizi sonuçları

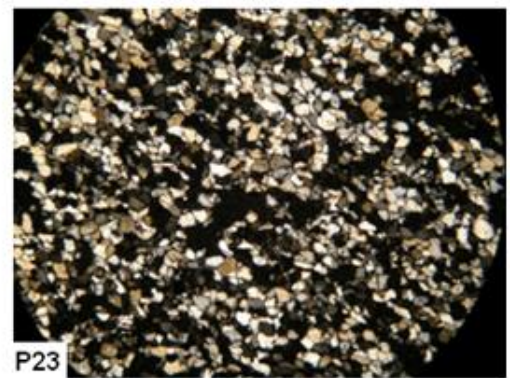
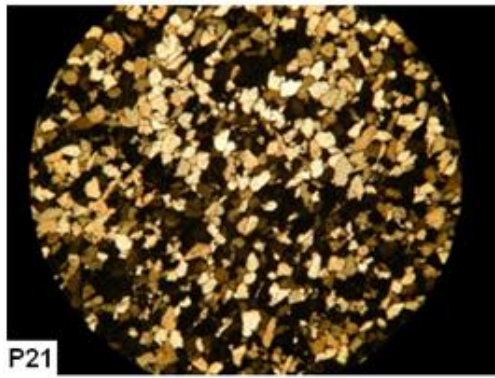
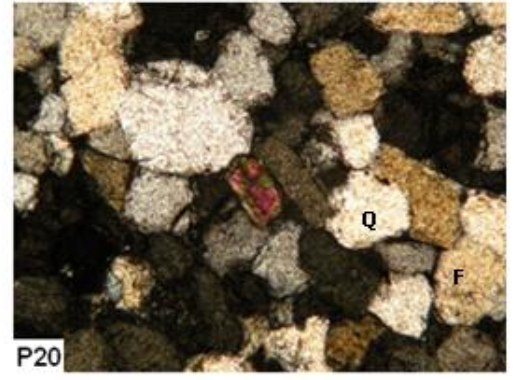
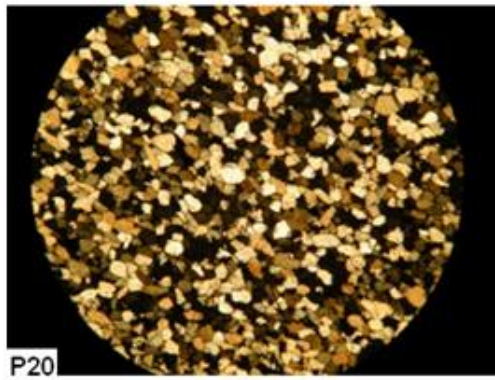
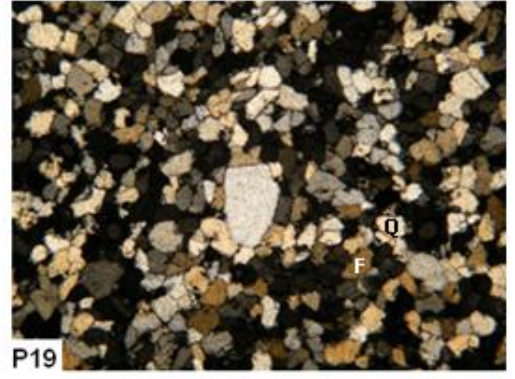
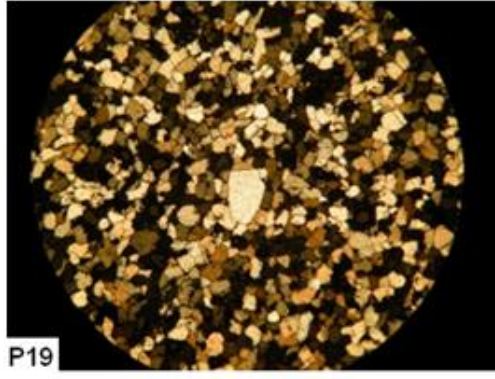
Örnek No	XRD Difraktogramlarında belirlenen mineraller (Mineraller bolluk sırasına göre yazılmıştır)	Kil Minerali Parajenezleri (Kil Mineralleri bolluklarına göre sıralanmıştır)
P2	Kalsit % 95, Kuvars % 5	-
P3	Kuvars, Feldspat, Kalsit	-
P4	Kuvars, Feldspat	-
P5	Kuvars, Feldspat, Kil	Smektit, İllit, Kaolinit
P7	Kuvars, Feldspat, Kil	Smektit, İllit, Kaolinit
P9	Kuvars, Feldspat	-
P11	Kuvars, Feldspat, Dolomit, Kil	Kaolinit, İllit
P12	Kuvars, Feldspat	Kaolinit, İllit
P14	Kuvars, Feldspat, Kil	Kaolinit, Smektit, İllit
P15	Kuvars, Feldspat, Kalsit, Fillosilikat (Muskovit), Kil	İllit, Kaolinit
P16	Kalsit, Kuvars, Feldspat, Kil	İllit, Kaolinit
P17	Kalsit, Kuvars, Feldspat, Dolomit, Kil	İllit, Kaolinit
P18	Kalsit, Kuvars, Dolomit, Kil	İllit, Kaolinit
P19	Kuvars, Feldspat	-
P20	Kuvars, Feldspat, Kil	İllit
P21	Kuvars, Feldspat, Kil	İllit
P22	Kalsit, Kuvars, Feldspat	-
P23	Kuvars, Feldspat, Kil	İllit, Klorit, Kaolinit
P24	Kalsit, Kuvars, Dolomit	-



Şekil 4.11. Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan P2, P3, P4, P5, P6, P7 nolu örneklerin mikroskop görüntüleri (Çift Nikol, Büyütme 4x10) (Q; Kuvars, F; Feldspat, KP; Kayaç Parçası)



Şekil 4.12. Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan P8, P11, P12, P13, P14 nolu örneklerin mikroskop görüntüleri (Çift Nikol, Büyütme 4x10) (Q; Kuvars, F; Feldspat)



Şekil 4.13. Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan P19, P20, P21, P23 nolu örneklerin mikroskop görüntüleri (Çift Nikol, Büyütme 4x10) (Q; Kuvars, F; Feldspat)

4.1.3. Dinek Formasyonu

Dinek Formasyonu koyu gri renkte, orta-kalın katmanlı resifal kireçtaşlarından meydana gelmiştir. İnceleme alanı kuzeyinde çalışmış olan Kalafatçıoğlu (1973), Permien yaşlı oluşukların alt seviyelerini Dinek Kalkerleri, üst seviyelerini Fesleğen Dolomitleri olarak adlandırmıştır. Şenel vd (1981) çalışmalarında bu formasyonun dolomit ve kireçtaşı olarak ayırtlanamayacağı, çeşitli seviyelerde yer yer kireçtaşlarının dolomitleşme gösterdiği saptanmıştır. Araştırmacılar, Dinek Kalkeri ve Fesleğen Dolomitleri olarak belirtilen Permien yaşlı oluşukları tek bir ad altında, Dinek Formasyonu olarak adlamayı uygun bulmuştur. Bölgede Musadağı batı yamacında, Omurgadağ batı yamacında, Ballıkdiş Tepe'de, Kesmeboğaz Dere'de, Koldurum Tepe kuzeyinde, Kavakdağ, Çürükdağ ve Göynük Dere'de yüzeyletiği belirtilmiştir.

Kesmeboğaz Dere'de Kesmeköprü mevkiinde tip kesit verir. Dinek Formasyonu altta siyah, siyahımsı gri, gri renklerde, ortakalın katmanlı, bol makro kavkılı ve mercanlı resifal kireçtaşlarıyla başlar. Üste doğru gri renkte, kalın katmanlı, yer yer çörtlü, hafif kristalleşmiş kireçtaşlarına geçer ve en üstte siyah, koyu gri renklerde, orta-kalın katmanlı, bol kavkılı resifal kireçtaşları ile biter. Bu formasyonun bazı seviyelerinde dolomitleşme görülür (Şenel vd 1981).

Dinek Formasyonu; Musadağı ve Omurgadağ batı yamacında, Sarıyardere Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunur. Ancak Kesmeköprü mevkiinde Pamucakyayla Formasyonu ile tedricî geçiş gösterir. Yine bu formasyon, üstte Musadağı batısında Harupluyurt mevkiinde, Kesmeköprü Formasyonu, Koldurum Tepe kuzey yamacında, Alakırçay Grubu tarafından uyumsuz olarak örtülür (Bozkaya ve Yalçın 2010).

Kesmeköprü mevkiinde 283 m ölçülen bu formasyon, çalışma alanı içinde yanal değişim göstermez. Dinek Formasyonu yer yer mercan ve alg yığılımları bulundurur. Bunların yanı sıra kalın kavkılı organizma kalıntıları sık görülür. Bu özellikleri ile resifal ortamı yansıtır (Şenel vd 1981).

4.2. Pamucakyayla Formasyonunun Ana ve Eser Element Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Kömür ve bitümlü şeyl içeren sahalardaki ana ve eser element içeriğini belirlemeye yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Ülkemizde de konu ile ilgili birçok araştırma yapılmaktadır. Bu kapsamda gerçekleştirilen çalışmalardan bazıları Karayığit vd (2001), Sarı ve Aliyev (2006), Yerin (2006) ve Altunsoy vd (2011)'in çalışmalarıdır. Bu tez çalışması kapsamında da ICP-MS ve ICP-AES yardımıyla toplam 17 adet örneğin ana ve eser element incelemesi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'de verilmiştir. Analizler ACME (Kanada) laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Bu oksit ve eser elementler SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 , MnO , CrO_3 , Ni, Sc, LOI, Ba, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Pb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, TOT/C, TOT/S, Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Au, Hg, Ti, Se ICP-MS, ICP-AES ve Leco cihazlarıyla belirlenmiştir. Sahadan alınan örneklerdeki ana ve eser element bileşimleri incelendiğinde; silisyum (SiO_2 olarak) tüm örnekler dahil olmak üzere % 9.25 – 96.57 aralığında olup ortalama % 56.29, alüminyum (Al_2O_3 olarak) dört örnek dışında %1.15 – 27.65 aralığında olup ortalama %4.91, kalsiyum on yedi örnekten alınan değerler baz alındığında % 3.48-48.09 aralığında olup ortalama % 36.7 değerleri elde edilmiştir. Benzer şekilde alınan örneklerin aralıkları ve ortalamaları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Alınan örneklerin kömür içerikleri Swaine (1990) tarafından verilen Dünya kömürleri sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Pamucakyayla Formasyonunda bulunan kömürlü birimlerin eser element analizleri sonucunda alınan sonuçlara göre Dünya kömürleri sınır değerleri üzerinde kalan elementler; Ni, Cs, Rb, Sr, Ta, Th, U, Zr, La, Ce' dir. Sonuç olarak eser elementler içerisinde bu elementler daha fazla zenginleşmişlerdir. Dünya kömür değerleri sınırlarına göre daha az değerler gösteren elementler; Sc, Ba, Be, Co, Ga, W, Mo, Cu, Pb, Zn, As, Cd, Sb, Bi, Hg, Se'dir.

Kömürlü birimlerden LECO'dan % olarak ölçülen TOT/C değeri tüm örnekler baz alındığında ortalama 4.22 olup, değerler 0.02 – 13.52 arasındadır. TOT/S değerleri % 0.38 – 1.98 arasında değişmektedir (Çizelge 4.3). Tüm örneklerin ortalaması ise % 0.38'dir. Dünya kömürleri için sınır değerleri çok fazla değişkenlik göstermektedir.

Çizelge 4.2. Pamucakıyla Formasyonu'ndan alınan örneklerdeki ana element miktarları ve ortalamaları

ÖRNEK NO	Numune Ağırlığı kg	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MgO %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	TiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	MnO %	Cr ₂ O ₃ %
Dünya Ortalaması	-	-	1	1	0,02	1	0,02	0,01	0,05	-	50	10
Ortalama	-	56,15	3,75	4,52	0,83	17,25	0,02	0,52	0,34	0,06	0,02	0,005
P-1	0,07	21,83	0,13	0,16	0,86	42,5	0,03	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,003
P-2	0,06	12,21	0,39	0,2	0,55	48,09	0,02	0,07	0,02	0,01	<0,01	0,002
P-3	0,07	91,01	0,82	0,79	0,1	3,48	<0,01	0,1	0,05	0,02	<0,01	<0,002
P-5	0,11	96,57	1,15	0,9	0,04	0,17	<0,01	0,06	0,08	0,02	<0,01	<0,002
P-7	0,07	96,53	1,17	1,03	0,05	0,14	<0,01	0,07	0,08	0,03	<0,01	<0,002
P-9	0,05	64,07	2,72	29,86	0,09	0,48	0,01	0,35	0,26	0,32	0,01	0,004
P-11	0,07	74,56	3,84	17,82	0,12	0,16	0,01	0,59	0,76	0,1	<0,01	0,007
P-14	0,09	94,29	0,95	3,33	0,07	0,04	<0,01	0,05	0,39	0,04	<0,01	0,003
P-15	0,15	52,56	27,65	2,57	0,63	0,17	0,06	3,57	2,32	0,14	<0,01	0,021
P-16	0,1	9,25	3,06	1,69	0,79	45,02	0,04	0,63	0,22	0,05	0,02	0,006
P-17	0,11	11,52	3,4	2,24	0,79	42,71	0,04	0,74	0,26	0,07	0,03	0,008
P-19	0,07	94,76	1,95	1,12	0,05	0,44	<0,01	0,07	0,15	0,03	<0,01	<0,002
P-21	0,07	96,43	1,52	0,73	0,04	0,09	<0,01	0,04	0,11	0,02	<0,01	<0,002
PN-22	0,1	12,28	4,14	2,6	0,74	38,15	0,03	0,86	0,28	0,07	0,02	0,007
PN-24	0,14	16,48	3,45	2,87	1,64	37,25	0,03	0,7	0,15	0,08	0,13	0,004

Çizelge 4.3. Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan örneklerdeki eser element miktarları ve ortalamaları

ÖRNEK NO	Ni	Sc	Ateşte Kayıp	Toplam	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb
	Ppm	Ppm	%	%	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm
Dünya Ortalaması	15	5	-	-	120*	3	5	0,2	7	-	-
Ortalama	21,86	3,6	16,12	99,37	61,86	1,46	3,49	1,22	4,7	5,54	6,33
P-1	<20	<1	34,4	99,88	5	1	1,8	0,1	0,8	<0,1	<0,1
P-2	<20	<1	38,2	99,81	17	<1	0,6	0,5	<0,5	0,3	0,4
P-3	<20	<1	3,6	99,99	34	<1	0,9	0,6	1,2	1,8	2
P-5	<20	<1	1	100,01	19	1	0,7	0,1	1,1	2,2	2,3
P-7	<20	<1	0,9	100	32	<1	1,6	0,4	1,1	1,8	1,8
P-9	<20	3	1,7	99,92	44	<1	3,1	0,4	3,3	8,3	5,6
P-11	<20	4	1,8	99,8	103	<1	2,7	0,5	4,9	26,6	12,4
P-14	22	2	0,8	99,95	38	<1	4,8	0,1	1,5	9,5	6,3
P-15	45	23	10	99,73	301	5	17,8	6,6	33,1	21,4	43
P-16	<20	4	39	99,82	74	3	3,5	1,9	4	1,7	3,7
P-17	<20	4	38	99,82	72	<1	4,2	1,8	4,5	1,2	4,5
P-19	<20	1	1,4	100	40	<1	2,5	0,2	2,3	3,3	3,3
P-21	<20	<1	1	100	19	<1	0,4	<0,1	1,3	2,5	2,5
PN-22	21	4	37,1	96,26	76	2	4,1	2	5,5	1,4	4,7
PN-24	<20	3	32,9	95,67	54	<1	3,7	3	5,4	1	2,4

Çizelge 4.3 devam ediyor

ÖRNEK NO	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Zr	Y	La	Ce
	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm
Dünya Ortalaması	5,16	-	130,76*	0,3	6,3*	1*	-	2*	30,41*	-	10	11,5
Ortalama	16,53	4,13	375,28	0,4	7,32	4,76	35,13	0,86	199,34	14,22	18,2	39,55
P-1	1	<1	598	<0,1	<0,2	1,2	<8	<0,5	1,1	2,1	0,9	1,4
P-2	3,3	<1	1365	<0,1	0,4	1,8	15	<0,5	8,7	2	1,4	2,8
P-3	4,5	43	134,7	0,1	1,9	0,6	13	<0,5	54,9	4	7,5	16,9
P-5	2,3	<1	42,4	0,1	2,2	0,5	12	<0,5	80,7	3	7,5	15,2
P-7	3,5	<1	45,8	0,2	1,8	0,7	12	<0,5	70,2	6,4	7,4	18,2
P-9	9,5	2	139,5	0,3	8,4	3,6	66	<0,5	304,3	25,6	14,2	39,3
P-11	14,4	1	170,7	0,8	35,7	5	36	1	1012	35,2	54,7	124
P-14	1,8	<1	68,2	0,4	8	2,3	18	<0,5	361,4	11,6	16,2	34,9
P-15	91,6	5	357,7	2,9	30,2	7,5	123	4	696,3	57,1	87,7	183,4
P-16	21,8	<1	855,1	<0,1	3,3	13,2	50	<0,5	46,9	13,9	13,5	27,9
P-17	26,6	<1	721,5	<0,1	3,5	15,1	62	<0,5	55,6	14,4	12,1	26,5
P-19	2,1	<1	74,6	0,3	3,5	0,8	20	<0,5	113,3	6,6	11,7	26,4
P-21	1,4	<1	58,6	0,1	3,1	0,7	12	2	88,8	4,5	9,9	23,3
PN22	33,4	<1	604	0,3	4,1	15,2	58	<0,5	56	15,6	16,1	30,5
PN24	30,8	<1	395,5	0,2	3,6	3,2	22	<0,5	40	11,3	12,2	22,6

Çizelge 4.3 devam ediyor

ÖRNEK NO	Pr	Nd	Sm	Bu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm
Dünya Ortalaması	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ortalama	4,16	16,11	3,01	0,54	2,66	0,34	2,32	0,49	1,38	0,22	1,37
P-1	0,17	1	0,28	0,08	0,18	0,01	0,11	0,03	0,09	<0,01	0,08
P-2	0,34	1,4	0,14	0,07	0,37	0,04	0,14	0,06	0,12	0,03	0,07
P-3	1,73	7,1	1,27	0,28	1,01	0,14	0,67	0,16	0,34	0,06	0,28
P-5	1,63	6,6	1,08	0,21	0,73	0,11	0,58	0,11	0,4	0,06	0,43
P-7	2,01	8,6	1,42	0,33	1,3	0,2	1,38	0,28	0,67	0,12	0,63
P-9	4,72	23	5,3	1,1	5,66	0,87	4,8	0,89	2,35	0,36	1,85
P-11	12,7	48,7	9,08	0,97	7,76	1,12	5,87	1,21	3,54	0,6	3,59
P-14	3,56	14,1	2,75	0,44	2,14	0,36	2,07	0,38	1,04	0,21	1,29
P-15	18,15	62,4	10,47	1,86	8,89	1,5	9,05	2,08	6,5	1,09	7
P-16	3,21	12,6	2,27	0,56	2,51	0,33	1,95	0,44	1,2	0,18	1,08
P-17	3,1	13,6	2,73	0,66	2,55	0,36	1,94	0,44	1,06	0,17	1,16
P-19	2,68	9,2	1,6	0,26	1,22	0,22	1,22	0,25	0,69	0,13	0,77
P-21	2,2	6,7	1,24	0,23	0,89	0,15	0,75	0,18	0,41	0,08	0,45
PN-22	3,68	15,5	3,09	0,65	2,74	0,43	2,71	0,54	1,42	0,22	0,93
PN-24	2,65	11,2	2,45	0,49	2,12	0,28	1,59	0,3	0,87	0,08	1

Çizelge 4.3 devam ediyor

ÖRNEK NO	Lu Ppm	TOT/C %	TOT/S %	Mo Ppm	Cu Ppm	Pb Ppm	Zn Ppm	Ni Ppm	As Ppm	Cd Ppm	Sb Ppm	Bi Ppm
Dünya Ortalaması	-	-	-	5	15	25	50	15	5	0.3*	3	5.5
Ortalama	0.22	4.22	0.38	2.33	15.54	3.45	8.4	6.9	4.05	0.106	0.16	0.1
P-1	<0.01	9.47	0.03	0.3	4.4	1.3	2	1.1	7.4	<0.1	<0.1	<0.1
P-2	0.04	10.74	0.06	0.9	6.5	1.5	7	0.8	8.1	<0.1	<0.1	<0.1
P-3	0.08	0.76	0.04	0.4	18.1	2.5	7	3.5	8.1	<0.1	0.2	<0.1
P-5	0.05	0.05	<0.02	0.2	4.0	1.9	2	2.2	1.7	<0.1	0.2	<0.1
P-7	0.10	0.05	0.03	0.5	7.3	3.1	8	4.2	2.8	<0.1	0.3	<0.1
P-9	0.29	0.07	0.06	1.1	65.0	7.6	10	10.2	2.8	<0.1	0.4	<0.1
P-11	0.80	0.07	0.04	0.9	45.4	10.5	11	6.1	1.9	<0.1	0.2	<0.1
P-14	0.23	0.02	<0.02	0.3	6.8	2.0	8	24.2	<0.5	<0.1	0.2	<0.1
P-15	1.14	0.12	<0.02	<0.1	28.4	4.1	6	6.2	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1
P-16	0.16	13.52	1.16	6.8	7.6	2.6	19	8.3	6.2	0.1	<0.1	<0.1
P-17	0.15	13.80	1.46	10.8	9.1	3.6	12	11.6	6.7	<0.1	0.1	<0.1
P-19	0.11	0.16	<0.02	0.4	4.4	0.8	2	6.2	<0.5	<0.1	0.1	<0.1
P-21	0.08	0.04	<0.02	0.4	9.1	2.6	4	2.2	2.5	<0.1	0.2	<0.1
PN-22	0.18	13.41	1.66	10.1	9.9	4.7	19	12.4	7.2	0.2	0.1	<0.1
PN-24	0.10	9.61	1.98	1.8	7.0	3.0	9	4.3	3.9	<0.1	<0.1	<0.1

Çizelge 4.3 devam ediyor

ÖRNEK NO	Ag Ppm	Au Ppb	Hg Ppm	Tl Ppm	Se Ppm
Dünya Ortalaması	-	-	12	-	3
Ortalama	0,1	0,75	0,014	0,11	0,53
P-1	<0,1	<0,5	<0,01	<0,1	<0,5
P-2	<0,1	0,7	<0,01	<0,1	<0,5
P-3	<0,1	0,9	<0,01	<0,1	<0,5
P-5	<0,1	0,9	<0,01	<0,1	<0,5
P-7	<0,1	1,6	<0,01	<0,1	<0,5
P-9	<0,1	0,8	<0,01	<0,1	<0,5
P-11	<0,1	1,2	<0,01	<0,1	<0,5
P-14	<0,1	<0,5	<0,01	<0,1	<0,5
P-15	<0,1	0,9	<0,01	<0,1	<0,5
P-16	<0,1	<0,5	0,02	0,1	<0,5
P-17	<0,1	<0,5	0,02	0,1	0,7
P-19	<0,1	0,6	<0,01	<0,1	<0,5
P-21	<0,1	0,7	<0,01	<0,1	<0,5
PN-22	<0,1	<0,5	0,02	<0,1	0,8
PN-24	<0,1	<0,5	0,05	0,3	<0,5

4.3. Organik Jeokimyasal Çalışmalar

Bir havzada fosil yakıt potansiyelini belirlemek için organik madde tipi, organik madde miktarı ve olgunlaşma derecesi gibi parametrelerin bilinmesi gerekir. Bu bulgular sonucunda jeokimyasal analizler ve petrografik analizler yapılır. Jeokimyasal analizler Toplam Organik Karbon ve Rock Eval Piroliz analizleridir.

İnceleme alanında bu standartları sağlayan Pamucakyayla Formasyonu bulunmaktadır. Bu formasyonun herhangi bir potansiyele sahip olup olmadığı yapılan analizlerle değerlendirilmiştir. Formasyonunun organik jeokimyasal karakterleri ölçülü stratigrafik dikme kesit yoluyla alınarak seçilen 24 adet örnek üzerinde yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Çizelge 4.4’de bu örneklerde yapılan organik ve inorganik analiz çeşitleri görülmektedir.

Çizelge 4.4. Pamucakyayla Formasyonundan alınan örnekler ve uygulanan analizler

Örnek No\Yapılan Analizler	XRD (Tüm Kaya)	XRD (Kil)	İnce Kesit	TOC	Rock Eval Piroliz	SCI	GC-MS	Ana Element	Eser Element
P1	-	-	-	+	+	+	-	+	+
P2	+	-	+	+	+	+	-	+	+
P3	+	-	+	+	+	-	-	+	+
P4	+	-	+	-	-	-	-	-	-
P5	+	+	+	+	+	-	-	+	+
P6	-	-	+	+	+	-	-	+	+
P7	+	+	+	+	+	-	-	+	+
P8	-	-	+	+	+	-	-	+	+
P9	+	-	-	+	+	-	-	+	+
P10	-	-	-	+	+	-	-	-	-
P11	+	+	+	+	+	-	-	+	+
P12	+	+	+	-	-	-	-	-	-
P13	-	-	+	-	-	-	-	-	-
P14	+	+	+	+	+	-	-	+	+
P15	+	+	-	+	+	-	-	+	+
P16	+	+	-	+	+	+	+	+	+
P17	+	+	-	+	+	+	+	+	+
P18	+	+	-	-	-	-	-	-	-
P19	+	-	+	+	+	-	-	+	+
P20	+	+	+	-	-	-	-	-	-
P21	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Pn22	+	-	-	+	+	+	-	-	-
Pn23	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Pn24	+	-	-	+	+	+	-	-	-

Toplam Organik Karbon (TOC), Rock-Eval Piroliz ve organik petrografik analizlerin tümü Türk Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO Ankara-Türkiye)'de yapılmıştır. Diğerleri ise Akdeniz Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği (Antalya-Türkiye) laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

4.3.1. Organik Madde Miktarı, Organik Madde Tipi ve Olgunluk Derecesi

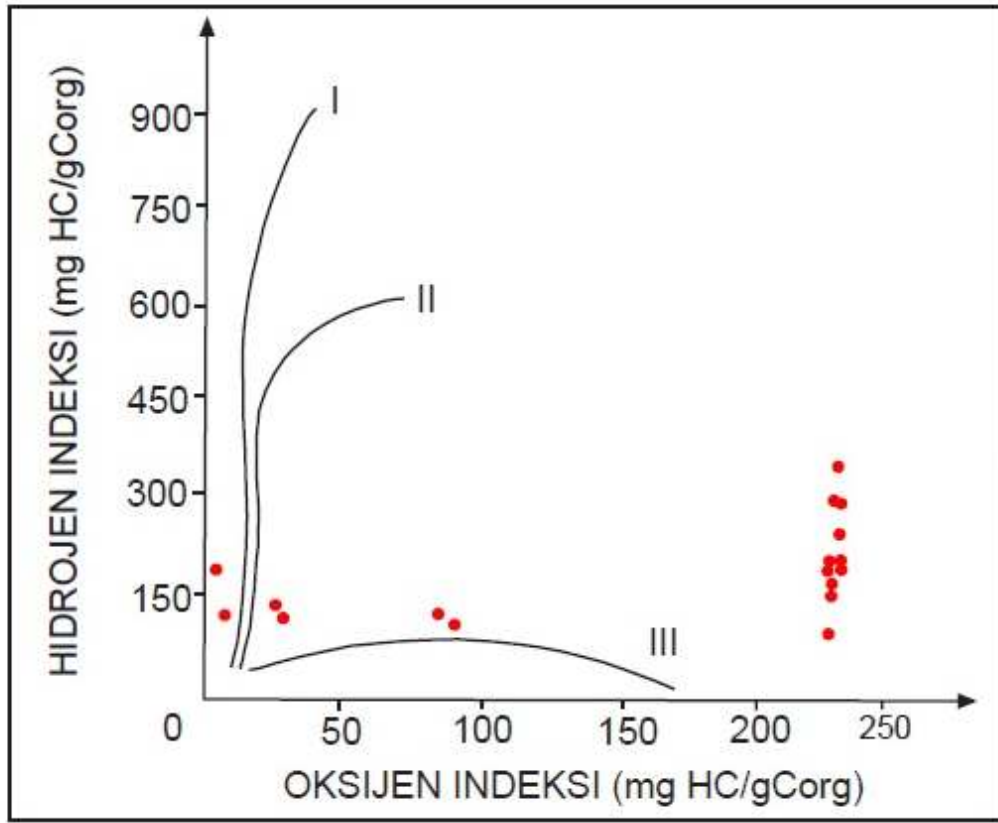
Toplam organik karbon miktarı (TOC), kayacın içerisindeki kerojene ait karbon miktarı ile bu kerojenden üretilmiş fakat kaya dışına atılamamış hidrokarbonların toplamıdır. (Durand vd 1972, Jonathan vd 1976). TOC (Toplam Organik Karbon) değerleri Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan 17 örnekten yapılan analizlerle sonuçlandırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre toplam organik karbon değerleri % 0.01-5.81 arasında değişmekte olup ortalama % 1.02'dir. Ortalama değer, Tissot ve Welte (1984)'nin Toplam organik madde miktarına göre ana kaya sınıflaması ile kıyaslandığında ana kaya potansiyelinin “iyi” olduğu gözlenmektedir. Örnekler tek tek incelendiğinde ise toplam organik karbonun 4 değerinde yüksek sonuç verdiği görülmektedir. Bunlardan ikisi Pamucakyayla dikme kesitin alt kısımlarına doğru gözlenen kömür damarının da görüldüğü birimden alınan P16 (%5.81) ve P17 (% 4.18) nolu örneklerdir. Bu iki değer Tissot ve Welte' nin sınıflaması ile kıyaslandığında kaynak kaya potansiyelinin “zengin” olduğu gözlenmektedir. Diğer iki örnek ise Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan Pn22 (% 5.01) ve Pn24 (%1.44) noktasal örneklerdir. Pn22 nolu örnek zengin kaynak kaya potansiyeline sahipken, Pn24 nolu örnek iyi kaynak kaya potansiyeline sahiptir.

Çizelge 4.5'de örneklerin Toplam Organik Karbon (TOC) ve Rock-Eval Piroliz sonuçları gösterilmiştir. Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan örneklerin sonuçlarına göre, HI (Hidrojen İndeksi) 100-350 mgHC/gTOC arasında değişmekte olup, ortalama 189 mgHC/TOC'dur. OI değeri ise 7-3100 değerleri arasında değişmektedir. TOC içeriği düşük olan örneklerde yüksek OI elde edilmiştir. Yalnızca 6 örnekte diyagramda değerlendirilebilen alanlar elde edilmiş olup bunlara göre HI – OI diyagramında II. ve III. Tip kerojenlerin varlığı görülmektedir (Şekil 4.14).

Çizelge 4.5. Pamucakyayla Formasyonu’ndan alınan örneklerin Toplam Organik Karbon ve Rock Eval Piroliz sonuçları

TOC; Toplam Organik Karbon (%). S1; Kayadaki serbest hidrokarbon (mg HC/g kaya). S2; Kerojenin ısısal parçalanması sonucu oluşan hidrokarbonlar (mg HC/ g kaya). S3; CO₂ değeri (mg CO₂/g kaya). Tmax; maksimum Sıcaklık (°C). HI; Hidrojen İndeks (mg HC/ g TOC). OI; Oksijen İndeks (mg CO₂/g TOC). PI; Potansiyel İndeks (mg HC/g TOC). RC; Kalıntı Karbon (%)

Örnek No	TOC (%)	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	PI	RC
P1	0.25	0.03	0.29	0.21	446	116	84	0.09	0.21
P2	0.36	0.03	0.36	0.34	447	100	94	0.07	0.31
P3	0.02	0.01	0.03	0.25	334	150	1250	0.29	0.01
P.5	0.01	0.01	0.03	0.12	503	300	1200	0.23	0
P.6	0.01	0.01	0.02	0.14	331	200	1400	0.33	0
P.7	0.02	0.02	0.04	0.19	504	200	950	0.36	0.01
P.8	0.01	0.01	0.02	0.19	341	200	1900	0.37	0
P.9	0.04	0.03	0.07	0.31	335	175	775	0.29	0.02
P.11	0.13	0.05	0.25	0.57	336	192	438	0.17	0.08
P.14	0.01	0.01	0.03	0.31	502	300	3100	0.26	0
P.15	0.04	0.01	0.04	0.16	380	100	400	0.21	0.03
P.16	5.81	1.67	9.67	0.58	450	166	10	0.15	4.82
P.17	4.18	0.6	5.03	1.25	450	120	30	0.11	3.64
P.19	0.02	0.01	0.07	0.21	324	350	1050	0.17	0
P.21	0.02	0.02	0.05	0.18	325	250	900	0.26	0.01
Pn.22	5.02	1.74	8.62	0.35	453	172	7	0.17	4.13
Pn.24	1.44	0.25	1.65	0.48	451	115	33	0.13	1.26



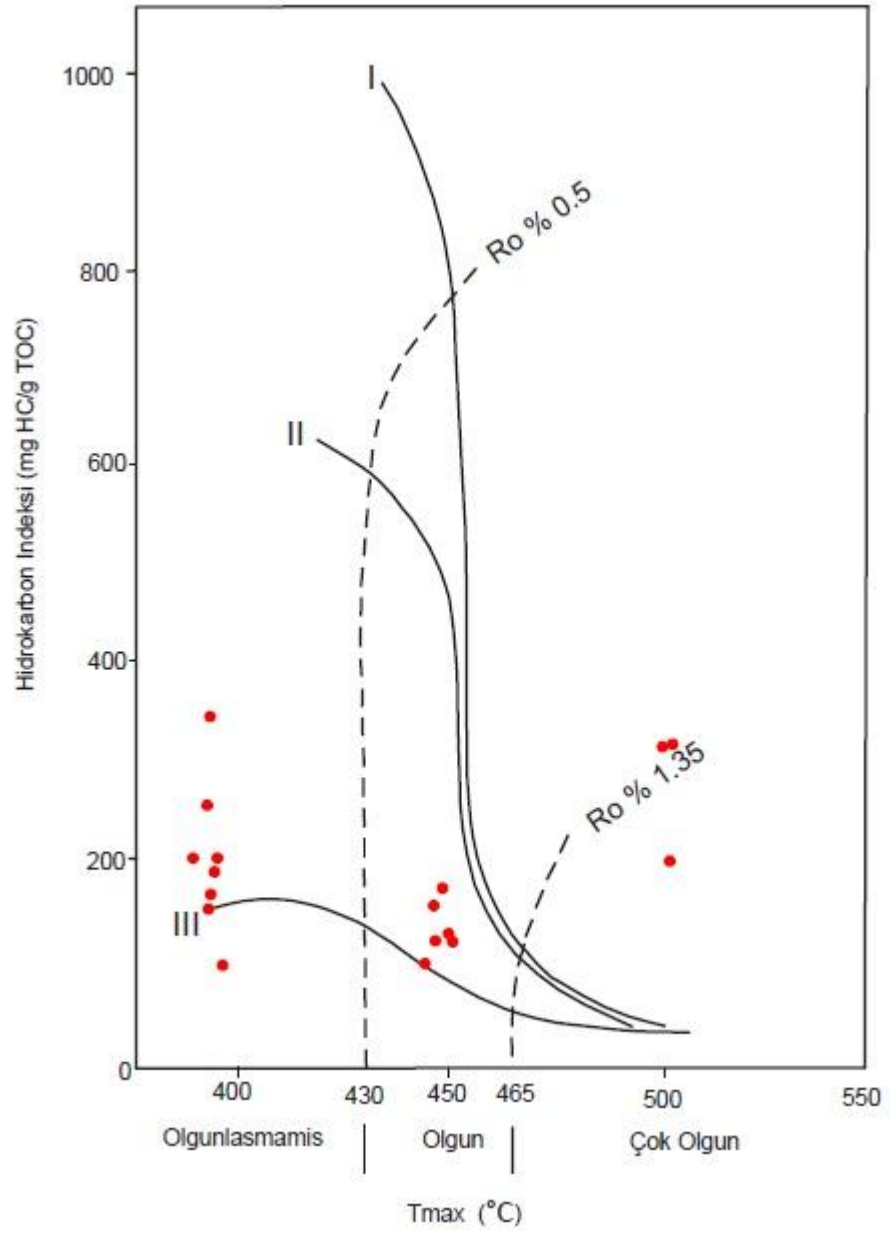
Şekil 4.14. Analizi yapılan örneklerin HI/OI diyagramı

Rock-Eval pirolizi verileri yardımıyla çizilen HI/Tmax ve Tmax/PI diyagramları ile organik maddelerin olgunlaşma dereceleri hakkında fikir edinilmiştir (Şekil 4.15 ve Şekil 4.16). HI-Tmax diyagramında örneklerin büyük bir bölümü olgun zon ve olgunlaşmamış zon alanlarında bulunmaktadır. TOC içeriği düşük olanlar olgunlaşmamış, TOC içeriği yüksek olanlar ise olgun zon içerisinde yer almışlardır. Yalnızca birkaç örnek aşırı olgun zon içerisinde yer almaktadır. Örneklerin yüzeyden alınması nedeniyle organik maddelerin oksitlenebileceği düşünülerek aşırı olgun zon ve olgunlaşmamış zon içerisinde kalan noktaları dikkate almamak gerekir. Tmax-PI diyagramında noktaların kalıntı karbon ve göç etmiş hidrokarbon alanlarında oldukları görülür.

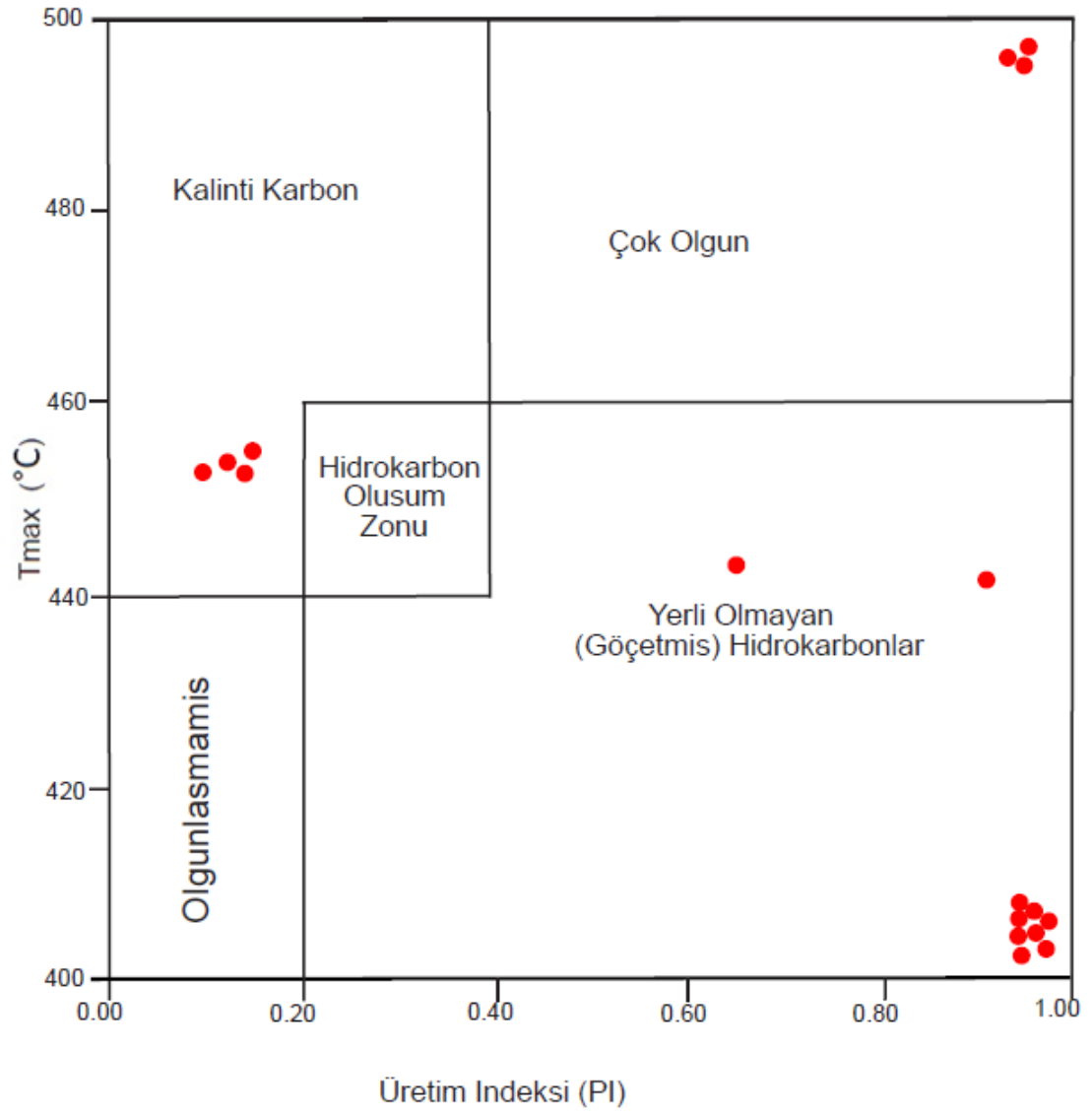
Rock –Eval pirolizlerinden elde edilen S1 verileri ortalama 0.26 mg HC/g kaya'dır. S2 verileri ise ortalama 1.54 mg HC/g kaya'dır. Bu amaçla çizilen S1-TOC (Şekil 4.17) ve S2-TOC (Şekil 4.18) diyagramlarına göre organik maddelerin oluşturduğu hidrokarbonların yerli hidrokarbonlar olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Örneklerin analizlerinden elde edilen Tmax (maksimum sıcaklık) değerleri 324-504 °C aralığında değişmekte olup, ortalama 407°C' dir. Ancak TOC değeri yüksek olan örneklerde bu değerler 430-465°C arasında bulunmaktadır. Buna göre örneklerin organik olgunluğa eriştikleri gözlenmektedir. Potansiyel İndeks (PI) değerleri 0.07-0.37 arasında değişmekte olup ortalamaları 0.22'dir. Potansiyel indeks (PI) ile Tmax değerlerinin birbirine paralel sonuçlar verdiği gözlenmektedir (Çizelge 4.5).

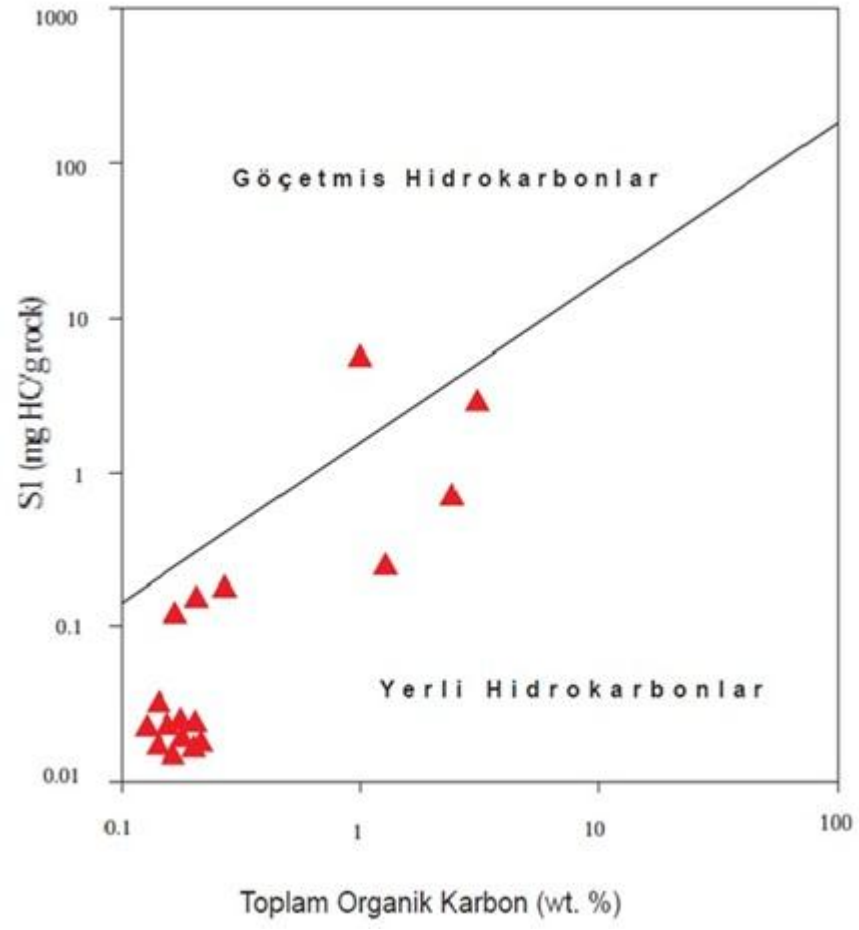
HI-TOC değerleriyle çizilen köken zenginliği diyagramında (Şekil 4.19) örneklerin zayıf petrol ve gaz köken alanlarını gösteren bölümlerde bulundukları izlenir. Özellikle TOC içeriği yüksek olan örnekler gaz kökenini gösteren alanlarda bulunmaktadır.



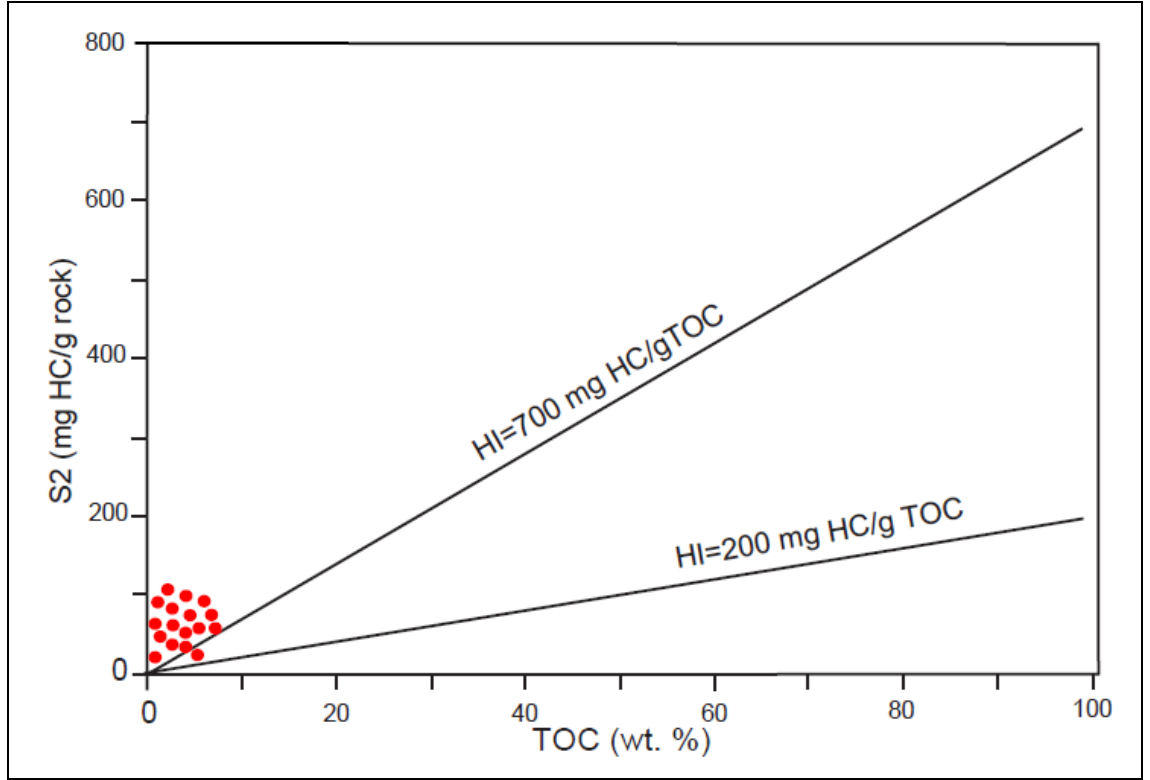
Şekil 4.15. Hidrojen İndeksi (HI) - Tmax (°C) diyagramı



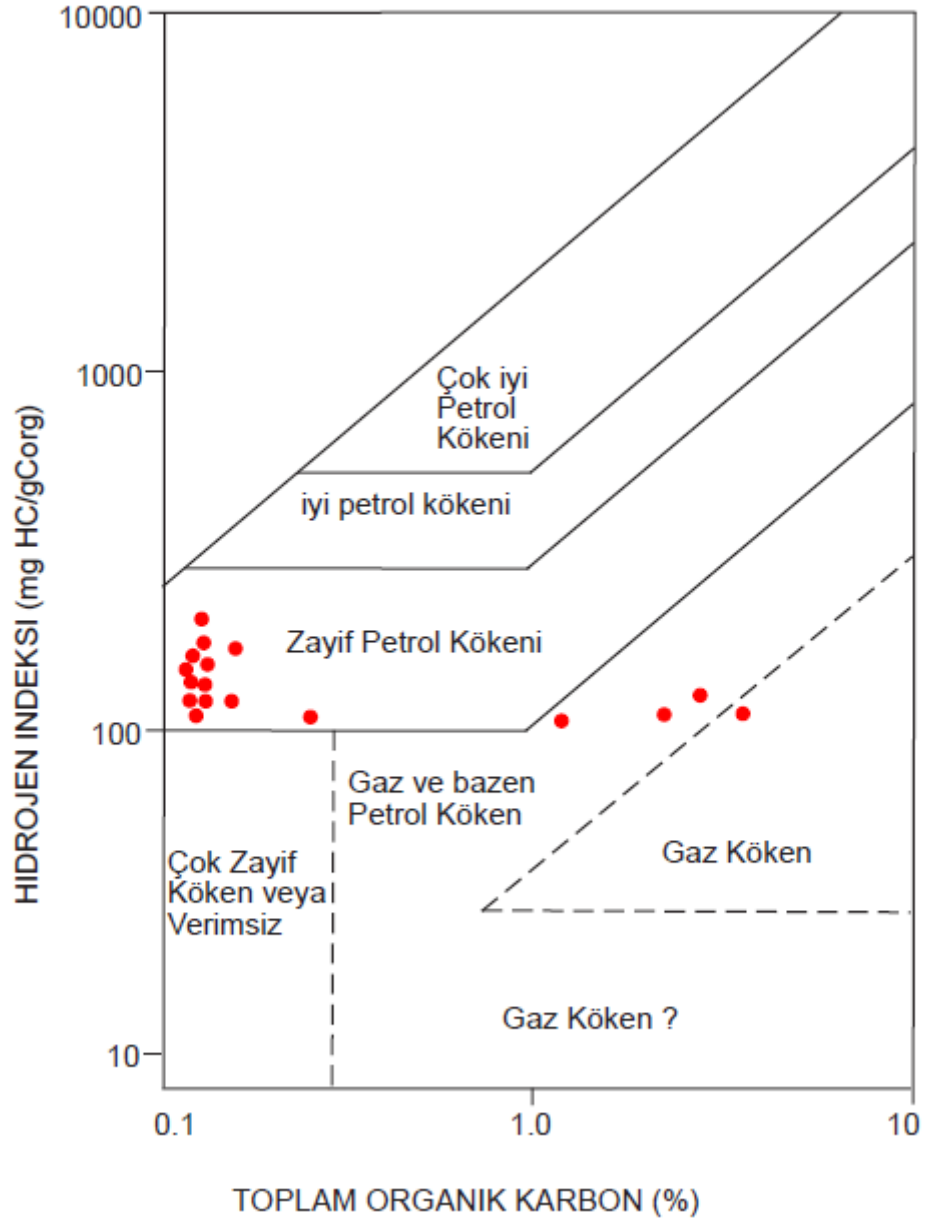
Şekil 4.16. Analiz yapılan örneklerin Tmax (°C)-PI diyagramı



Şekil 4.17. Analiz yapılan örneklerin S1-TOC diyagramı



Şekil 4.18. Analiz yapılan örneklerin S₂-TOC diyagramı



Şekil 4.19. HI-TOC grafiği kullanılarak kaynak kaya karakterinin belirlenmesi

4.3.2. Organik Petrografik Çalışmalar

Vitrinit Yansıması Ölçümleri:

Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınarak analizi yapılan 17 örnekten 6 tanesinde vitrinit yansıması ölçülebilecek maseraller bulunmuş ve ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçülen değerler 0.35 - 1.12 arasında değişmektedir (Çizelge 4.6). Diğer analizlerde olduğu gibi sonuç alınabilen örnekler TOC değeri yüksek olan

örneklerdir. Elde edilen bu değerler literatürde verildiği ve daha önceki kuramsal bilgiler anlatılan sınıflamalar dikkate alındığında organik olgunlaşma açısından olgun zon içerisinde kaldıkları görülmektedir.

Çizelge 4.6. Pamucakyayla Formasyonu vitrinit yansıma değerleri

ÖRNEK NO	Vitrinit Yansıması (Ro %)
P1	-
P2	0.35
P16	0.70
P17	1.12
P22	1.07
P24	1.02

Kerojen Tip Tayini ve Spor Renk İndeksi

Organik madde tipi ve spor renk indeksi ölçümleri alttan aydınlatmalı mikroskopta incelenen örneklerin değerlendirilmesiyle belirlenmektedir ve bu konuda önemli bilgiler vermektedir. Organik madde türü tanımlaması, organik maddelerin bağıl yüzdelerinin saptanmasıyla görsel olarak gerçekleştirilir. Hidrojence zengin olan organik maddeler, fakir olanlara göre daha fazla hidrokarbon üretme potansiyeline sahiptirler. Bunlar floresan ışık altında kahverengi, turuncu tonlarda renk verirler ve bu tip organik maddeler genellikle litotiplerden (algal, amorf, otsu) oluşurlar. Kerojen slaytlarının alttan aydınlatmalı mikroskopta incelenmesiyle 4 tip organik madde türü belirlenir. Bunlar algal-amorf, otsu, odunsu ve kömürsü organik maddelerdir. Pamucakyayla formasyonundan alınan örneklerin kerojen slaytlarından 6 tanesi incelenebilmiştir. Organik madde türleri açısından yapılan değerlendirmelerde algal – amorf organik madde türü % 20 – 80 aralığında değişmektedir. Otsu organik madde türü iki örnekte sonuç vermiştir ve ikisinde de değer çok düşük olup % 5'tir. Odunsu organik madde % 15 – 70 arasında değişmektedir. Kömürsü organik madde 4 örnekte sonuç vermiş olup değerler % 10 – 15 arasında değişmektedir (Çizelge 4.7). Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan örneklerin organik madde türleri ve organik maddenin alterasyon renkleri P1 ve P2 nolu örnekler için Şekil 4.20'de, P9, P16 ve P17 nolu

örnekler için Şekil 4.21’de, P21, P22 ve P24 nolu örnekler için Şekil 4.22’de 4x10 büyütme halinde verilmiştir.

Çizelge 4.7. Pamucakyayla Formasyonu’nda belirlenen organik madde türleri

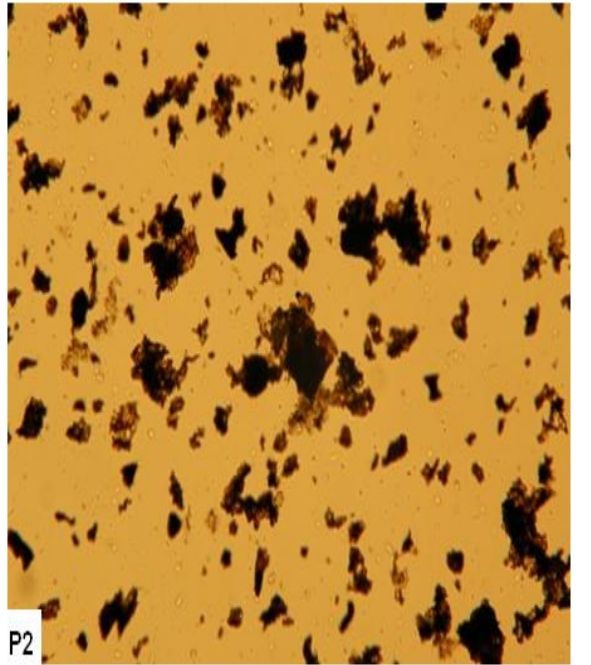
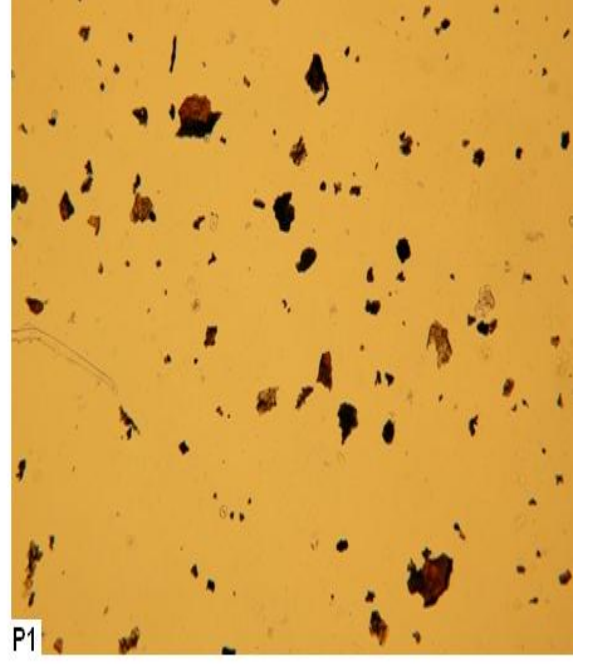
ÖRNEK NO	Amorf (%)	Otsu (%)	Odunsu (%)	Kömürsü (%)
P1	80	5	15	-
P2	80	-	20	-
P16	20	-	65	15
P17	20	-	70	10
P22	20	-	65	15
P24	30	5	15	10

Altan aydınlatmalı mikroskopta tek nikolde incelenen örneklerde olgunlaşma arttıkça organik madde renklerinin de koyulaştığı görülmektedir. Başlangıç renkleri beyazımsı ve sarı olan spor ve polenler, çökme ortamında ısının artmasıyla turuncu, kırmızı, kahverengi ve siyaha dönüşürler. Bu özellikleriyle organik maddelerin olgunlaşma derecesi belirlenmektedir. Birçok araştırmacı bu yöntemi kullanmış, daha sonra da Correia (1971) ve Staplin (1977) renk – sayı ölçeği geliştirerek 1-4 arasında değişen sayılarla polimorf renk değişimlerini incelemişlerdir. Daha sonraki çalışmalarda bu sayı 10’a yükseltilmiştir ve 10 rakamlı renk skalası kullanılmaya başlanmıştır (Çizelge 4.8).

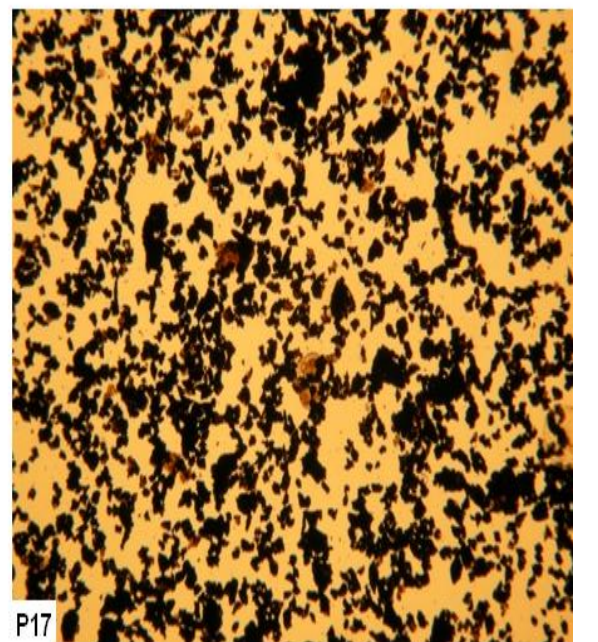
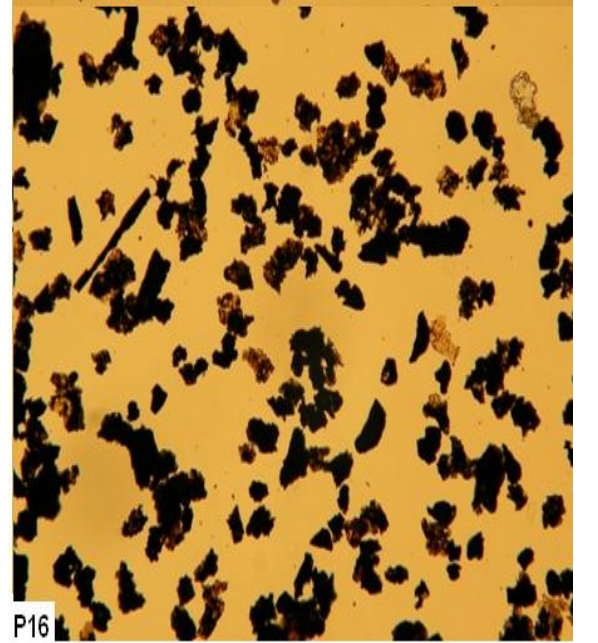
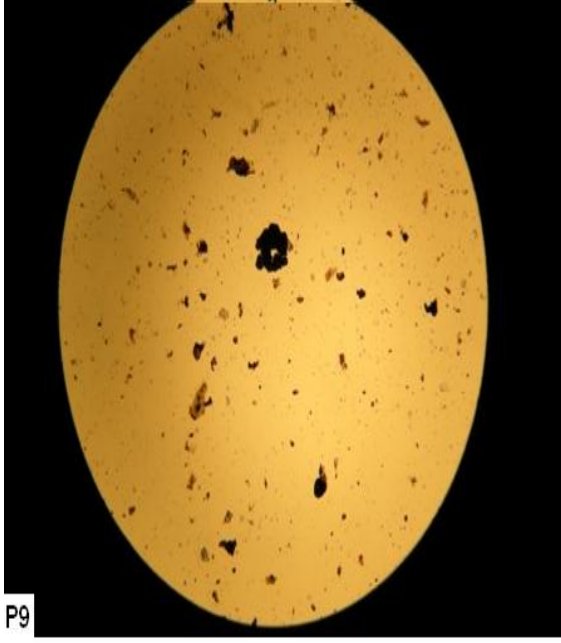
Çizelge 4.8. Organik madde türlerini ve spor renk indekslerini (SCI) gösteren değerler

SCI Sayı Ölçeği	Renk Ölçeği	Olgunlaşma Düzeyi
2-3	Sarı	Olgunlaşmamış
4	Koyu sarı	Olgunlaşmamış
5	Sarı-Turuncu	Olgunlaşma Başlangıcı
6	Turuncu	Olgun
6.5	Turuncu-Kırmızı Orta	Olgun
7	Açık Kahve	İleri Olgun
7.5-8	Kahve-Koyu Kahve	Aşırı Olgun
9-10	Koyu Kahve-Siyah	Aşırı Olgun

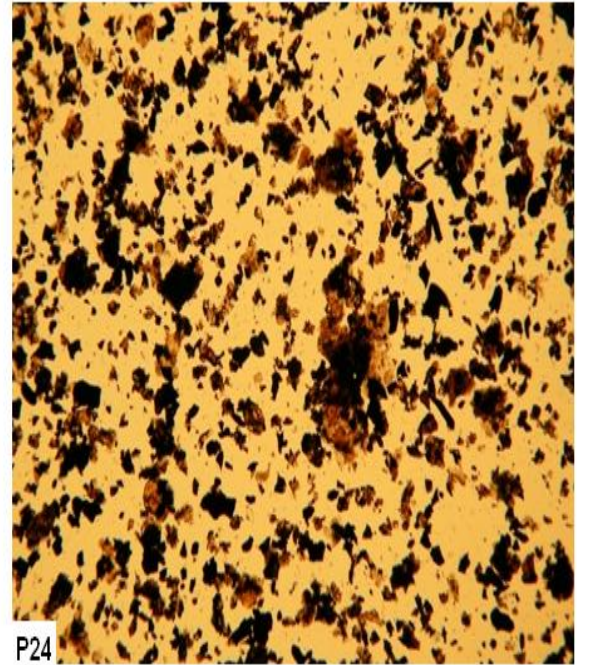
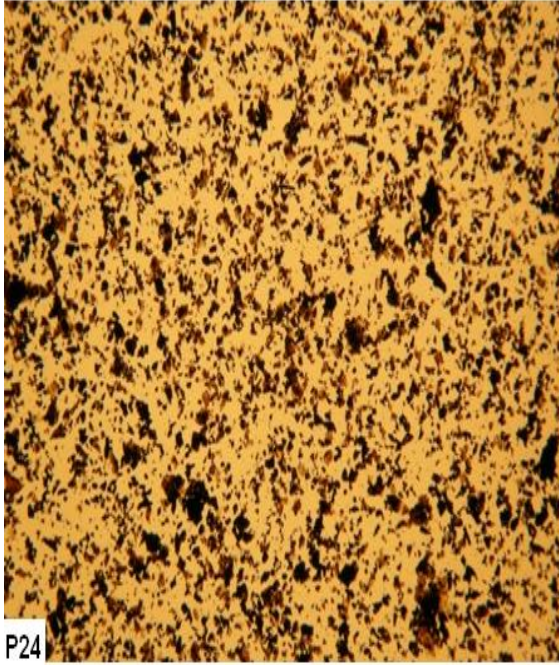
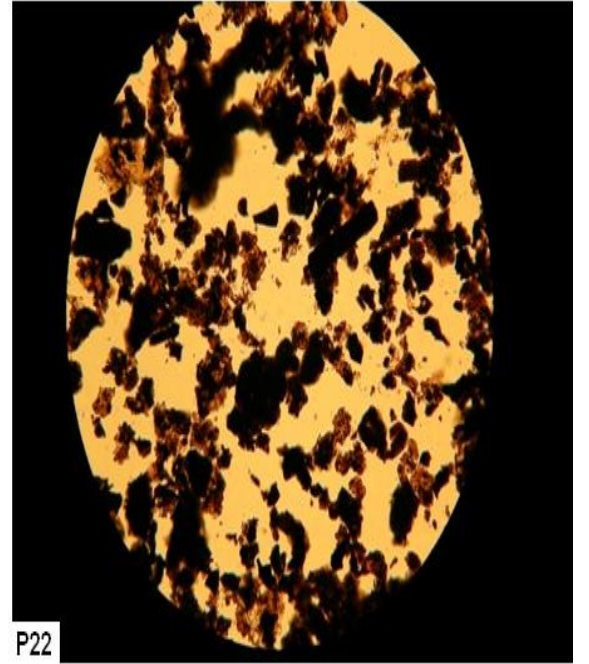
Organik maddelerin alterasyon renkleri kahverengimsinin değişik tonlarındadır. Bu renkler Çizelge 4.8’de gösterilen bilgilere göre 6,5-8 ile ifade edilen olgun ve ileri olgun aşamalara karşılık gelmektedir. Pamucakyayla Formasyonu’na ait incelenen kerojen slaytlarda spor ve polenler bulunamadığı için bu konuda bir değerlendirme yapılamamıştır.



Şekil 4.20. Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan P1 ve P2 nolu örneklerine ait kerojen slayt fotoğrafları (Tek Nikol, Büyütme 4x10)



Şekil 4.21. Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan P9, P16 ve P17 nolu örneklerine ait kerojen slayt fotoğrafları (Tek Nikol, Büyütme 4x10)



Şekil 4.22. Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan P21, P22 ve P24 nolu örneklerine ait kerojen slayt fotoğrafları (Tek Nikol, Büyütme 4x10)

4.3.3. Pamucakyayla Kömürlerinin Özellikleri

Pamucakyayla Formasyonu'nun bulunduğu bölge oldukça engebeli, aniden yükselen sarp kayalıklarla aralarındaki derin vadilerden meydana gelen bir morfoloji gösterir. Kömür tabakaları 850 kotlu Pamucak Yaylası'nın kuzeyinden başlar, faylarla kesilmiş, yer yer kırıntılı kayalara yerini bırakmış halde Kesmeboğazı Deresi'ne kadar uzanır. Kömür, şeyl tabakaları arasında 10-25 cm kalınlıkta mostra vermektedir (Şekil 4.23). Seride kömürün kalınlaştığı kısımlarda şeyller incelmekte, kömürün inceldiği kısımlarda şeyller kalınlaşmaktadır. Çalışmalarımızda kömür iki ayrı düzey içerisinde gözlenmiştir. Bunlardan yalnız bir seviye yer yer işletilebilir kalınlık vermektedir.

Sahada 20 milyon ton toplam rezerv, 1.5 milyon ton kadar mümkün rezerv vardır (MTA, 2009).

Kömürde yapılan kimyasal analizlerde ortalama olarak;

Su: % 5.83

Kül: % 22.03

Uçucu Madde: % 23.19

Sabit Karbon: % 48.44

Kükürt: % 4.07

Koklaşma: % 70.97

AID: 5288 Kcal/kg

sonuçları elde edilmiştir (MTA, 2009). Kömür siyah toz halinde ve çok az birleşir nitelikte kok vermektedir.



Şekil 4.23. Pamucakyayla kömürlerinden görünüm (Belendere Mevkii)

5. BİYOMARKER ANALİZLERİ

5.1. Biyomarker Hakkında Genel Bilgiler

Biyomarker; organik maddeyi oluşturan fitoplankton, zooplankton, bakteriler gibi denizel, spor, polen ve mum (wax) gibi karasal organik maddelerde var olan moleküllerdir. Bu moleküller, ısısal olgunlaşma, göç ve biyodegradasyon gibi alterasyon olaylarına dirençli olmaları ve organizma içindeki orijinal kimyasal yapı iskeletini hidrokarbon içinde de korumaları ile karakteristiktirler.

Biyomarker yapıları fosil molekülleri hakkında önemli bilgiler vermektedir. Biyomarker ile özel molekül arasındaki ilişki, özel steroid ve terpanoid moleküllerinin geldiği organizma türleri bilinmesi durumunda belirlenebilmektedir (Çizelge 5.1).

Biyomarkerlerin önemli kullanım alanlarından biri de kaynak kaya çökelim ortamı hakkında bilgi vermesidir. Steran fragmentogramlarında C_{30} steran varlığı denizel ortamı, terpan fragmentogramlarında yüksek C_{31} - C_{35} homohopan (triterpan) ve gaz kromatogramında düşük pristan/fitan oranı (<1) anoksik ortamı ve terpan fragmentogramlarında gammaceran varlığı ise çok tuzlu ortamın belirleyicisidir.

Bu parametrelerden yararlanılarak anakaya litolojisi hakkında da bilgi edinilebilmektedir. Örneğin diastiran olmaması durumunda karbonat litoloji, yüksek C_{24} tetracyclic terpan olması durumunda evaporit-karbonat litolojiyi ve yüksek C_{23} tricyclic terpan karbonat-fosfat litoloji yorumu yapmak mümkündür (Çizelge 5.2).

Kaynak kayanın korelasyon çalışmalarında biyomarkerlerin yaşları oldukça önemlidir. Biyomarkerler geçmişe ait bilgiler vererek, dünya tarihindeki önemli değişimleri bugün aydınlatmak adına yardımcı olmaktadır. Biyomarkerler ile, yeni organizmaların gelişimi, canlılardaki büyük, toplu yok olmalar veya değişiklikler hakkında bilgi edinmek mümkündür. Ayrıca buzullaşma gibi büyük jeolojik olayları aydınlatmak için de biyomarkerlerden yararlanılmaktadır.

Biyomarker verileri, anakaya'nın olgunluğunu belirlemede de sık kullanılmaktadır. $20S/(20S+20R)$ C_{29} steran oranı ve/veya Methyphenanthrene indeksi (MPI) değeri bilinirse, türemiş olduğu kaynak kayanın vitrinit yansıma değerleri bulunabilmektedir. Kaynak kaya organik madde tipi de gaz kromatogramları üzerinde belirlenebilmektedir.

Gaz kromatogramlarında 15, 16, 17 karbon sayılı alkanların bolluğu karasal organik maddenin belirteçidir. m/z 191 terpan fregmantogramlarında C₃₁-C₃₅ homohopan bolluğu ise bakteriyel organik maddeyi göstermektedir. Petrol-petrol, petrol-kaynak kaya korelasyonlarında GC-MC analizlerinden yararlanılmaktadır. Bu çalışmalarda kullanılan en yaygın iyonlar m/z 191 (triterpan) ve m/z 217 (steran) fragmentogramlardır (Çizelge 5.3).

Biyomarkerler, termal olgunlaşma ve/veya biyodegragasyon değerlendirmesinde de kullanılır ve basendeki petrolün üretilebilirliği ve dağılımın değerlendirilebilmesi için gereken sağlıklı bilgiler edinilebilir. Bazı biyomarkerlerin dönüşümleri yeraltı sıcaklığı, derinlik gibi faktörlerle kontrol edilen termal reaksiyonların sonucunda oluşmaktadır. Bu nedenle biyomarkerlerden organik maddenin toplam tarihçesi ve dolayısıyla da olgunluk belirteci olarak yararlanılmaktadır. Biyomarker olgunluk belirteçleri kaynak kaya, petrol (katran içeren biyodegraded petroler vs.) hidrotermal aktivasyon sonucunda oluşan genç sedimanlar için kullanılmaktadır (Simoneit 1990, Simoneit vd 1990, Kuenvolden vd 1990, Michaelis vd 1990, Clifton vd 1990).

Çizelge 5.1. Kaynak Kaya ve Paleoortam Belirteci Olarak Biyomarkerler (Hunt 1993)

n-alkanlar		
CPI>5	C ₉ -C ₂₁	Denizel,gölsel alg kaynağı, C ₁₅ , C ₁₇ , C ₁₉ egemen
CPI>1	C ₂₅ -C ₃₇	Karasal bitki mum kaynağı, C ₂₇ , C ₂₉ , C ₃₁ egemen
	C ₁₂ -C ₂₄	Bakteriyal kaynak: Oksik, anoksik, denizel, gölsel
	C ₂₀ -C ₃₂	Tuzlu, anoksik ortam: Karbonatlar, evaporitler
Acyclic isoprenoidler		
Head to head		
Pristan	C ₁₉	Klorofil, α -tocopherol, oksik yarı oksik ortamlar
Phytan	C ₂₀	Klorofil, anoksik, tuzlu
Head to head	C ₂₅ , C ₃₀ ,	Archaeobacteria, bakteriyal hücre duvarı lipidleri
	C ₄₀	
Botryococcane	C ₃₄	Gölsel, acı su
Sesquiterpenoidler		
Cadalene, eudesmane	C ₁₅	Karasal bitkiler
Diterpenoidler		
abietane, pimarane,	C ₁₉ , C ₂₀	Yüksek bitki resinleri
kaurane, retene		
Tricyclic terpanlar	C ₁₉ -C ₄₅	Bakteri ve algal hücre-duvarlipidlerinin diyajenetik ürünleri
Tetracyclic terpanlar	C ₂₄ -C ₂₇	Pentacyclic terpanların degravasyonu
Hopanlar	C ₂₇ -C ₄₀	Bakteri
Norhopanlar	C ₂₇ -C ₂₈	Anoksik deniz
2- ve 3-metil- hopanlar	C ₂₈ -C ₃₆	Karbonat kayaçları
Hexahydrobenzo-	C ₃₂ -C ₃₅	Anoksik, karbonat-anhidrit
hopenoidler		
Gammacerane	C ₃₀	Hipersalin ortamlar
Oleananeler, lupanlar	C ₃₀	Üst Kretase ve Tersiyer çiçekli bitkileri
Bicadinan	C ₃₀	Gymnosperm ağac resini
β -carotane	C ₄₀	Kurak, hipersalin

Çizelge 5.2. Değişik Kaynaklardan Türeyen Petrollere Ait Bazı Özellikler (Peters ve Moldowan 1993)

ÖZELLİKLER	DENİZEL	KARASAL (YEŞİL BİTKİ)	GÖLSEL (ALG)
Biyomarker Olmayan Parametreler			
Sülfür	Yüksek	Düşük	Düşük
C ₂₁ -C ₃₅ n-Alkanlar (Yüksek C ₂₇ , C ₂₉ , C ₃₁)	Düşük	Yüksek	Yüksek
Biyomarker Parametreleri			
Pristan/Fitan	≤2	≥3	~1-3
Pristan/nC ₁₇	Düşük(<0.5)	Yüksek(>0.6)	-
4-metil Steranlar	Orta	Düşük	Yüksek
C ₂₇ -C ₂₉ Steranlar	Yüksek C ₂₈	Yüksek C ₂₉	Düşük C ₂₈
C ₃₀ Steranlar (24-n-propil kolestanlar)	Var	Yok veya düşük	Yok
Steran/Hopan	Yüksek	Düşük	Düşük
Bicyclic sesquiterpanlar (örn. Eudesmane)	Düşük	Yüksek	Düşük
Tricyclic diterpanlar (Pimarane, isopimarane, veya ağabeyetane iskeleti)	Düşük	Yüksek	Düşük
Tetracyclic diterpanlar(Phyllocladane, beyerane veya kaurane iskeleti)	Düşük	Yüksek	Düşük
Lupanlar, bisnorlupanlar	Düşük	Yüksek	Düşük
Oleananler	Düşük veya yok	Yüksek	Düşük
Botryococcane	Yok	Yok	Yüksek (Ender)
V/(V+Ni)	Yüksek-Düşük	Düşük veya yok	Düşük veya yüksek

Çizelge 5.3. Bazı Biyomarker Olgunluk Parametreleri (Peters ve Moldowan 1993)

	ETKİNLİK SINIRI	SKALA
Steranlar		
C ₂₉ 20S/(20S+20R)	Olgunlaşmamış-Olgun	0-0.55
Bβ/(ββ+αα)	Olgunlaşmamış-Olgun	0-0.7(0.67-0.71) equilibrium
Biyomarker Olgunluk İndeksi (BMAI)	Olgunlaşmamış-Olgun	Eğri üzerinde orjinden uzaklaşma mesafesi arttıkça olgunlaşma artar
Diasteranlar/Düzenli steranlar (DIA/REG)	Erken Olgun-Olgun	Artan olgunlaşma ile artar
Terpanlar		
C ₃₂ 22S/(22S+22R)	Olgunlaşmamış-Erken Olgun	0-0.6
βα-moretane/βα-hopanlar ve ββ-hopanlar	Olgunlaşmamış-Erken Olgun	Artan olgunluk ile azalır
Ts/(Ts+Tm)	Olgun-Çok Olgun	Artan olgunluk ile artar
Tricyclic terpanlar/17α(H)-Hopanlar	Olgunlaşmamış-Olgun-Çok Olgun	Artan olgunluk ile artar
(BHN+TNH)/hopanlar	Olgunlaşmamış-Olgun	Artan olgunluk ile azalır
C ₂₇ 17β(17β+17α)	Olgunlaşmamış-Olgun	Artan olgunluk ile azalır
C ₂₉ -C ₃₂ 17β, 21β/ toplam Hopanlar	Olgunlaşmamış-Olgun	Artan olgunluk ile azalır

Biyomarkerlerin kompleks yapıda olmaları kökensel özellikleri hakkında daha fazla bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadır. Biyomarkerler, depolanma ortamı özellikleri ve organik madde girişi tarafından kontrol edilen kaynak kaya ve bölgesel değişikliklerin etkisi hakkında önemli bilgiler vermektedir.

5.2. Pamucakyayla Formasyonu'nun Biyomarker Özellikleri

Pamucakyayla formasyonundan alınan iki örneğe (P16 ve P17) Gaz Kromatografisi – Kütle Spektrometresi (GC-MS) analizi yapılarak biyolojik belirleyicileri ortaya konulmuştur. Bu örneklerdeki bileşen analizi TPAO Araştırma Merkezinde **Agilent 7890A / 5975C GC-MS** cihazında yapılmıştır. Pamucakyayla formasyonundan alınan örneklerin gaz kromatogramlarından elde edilen izoprenoid oranları, GC-MS analizinden elde edilen terpan (m/z 191) ve steran (m/z 217) fragmentogramları incelenerek yorumlanmaya çalışılmıştır (Çizelge 5.4, Çizelge 5.5 ve Şekil 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.3, Şekil 5.4, Şekil 5.5, Şekil 5.6).

Çizelge 5.4. Analizi yapılan örneklerin m/z 191 iyon fragmentogramı tanımlaması

BİLEŞEN NO	BİLEŞEN ADI
1	C ₁₉ Trisiklik Terpan
2	C ₂₀ Trisiklik Terpan
3	C ₂₁ Trisiklik Terpan
4	C ₂₂ Trisiklik Terpan
5	C ₂₃ Trisiklik Terpan
6	C ₂₄ Trisiklik Terpan
7	C ₂₅ (22S+22R) Trisiklik Terpan
8	C ₂₄ Tetrasiklik Hopan (SECO)
9	C ₂₆ 22 (S) Trisiklik Terpan
10	C ₂₆ 22 (R) Trisiklik Terpan
11R	C ₂₈ Trisiklik Terpan (R)
11S	C ₂₈ Trisiklik Terpan (S)
12R	C ₂₉ Trisiklik Terpan (R)
12S	C ₂₉ Trisiklik Terpan (S)
13	C ₂₇ 18 α (H)-22,29,30-Trisnorhopan (Ts)
14	C ₂₇ 18 α (H)-22,29,30-Trisnorhopan (Tm)
15	17 α (H)-22,29,30-Bisnorhopan
16	C ₃₀ Trisiklik Terpan
17	17 α (H)-28,30-Bisnorhopan
18	C ₂₉ 17 α (H), 21 β (H)-30-Norhopan
19	C ₂₉ TS 18 α (H)-30-Norhopan
20	C ₃₀ (17 α (H)-Diahopan)
21	C ₂₉ 17 β (H), 21 α (H)-30-Norhopan
22	Olenan
23	C ₃₀ 17 α (H), 21 β (H)-Hopan
24	C ₃₀ 17 β (H), 21 α (H)-Moretan
25	C ₃₁ 17 α (H), 21 β (H)-30-Homohopan (22S)
26	C ₃₁ 17 α (H), 21 β (H)-30-Homohopan (22R)
27	Gamaseran
28	Homomoretan
29	C ₃₂ 17 α (H), 21 β (H)-30,31-Bishomohopan (22S)
30	C ₃₂ 17 α (H), 21 β (H)-30,31-Bishomohopan (22R)
31	C ₃₃ 17 α (H), 21 β (H)-30,31,32-Trishomohopan (22S)
32	C ₃₃ 17 α (H), 21 β (H)-30,31,32-Trishomohopan (22R)
33	C ₃₄ 17 α (H), 21 β (H)-30,31,32,33 Tetrakishomohopan (22S)
34	C ₃₄ 17 α (H), 21 β (H)- 30,31,32,33 Tetrakishomohopan (22R)
35	C ₃₅ 17 α (H), 21 β (H)- 30,31,32,33,34 Pentakishomohopan (22S)
36	C ₃₅ 17 α (H), 21 β (H)- 30,31,32,33,34 Pentakishomohopan (22R)

Çizelge 5.5. Analizi yapılan örneklerin m/z 217iyon fragmentogramı tanımlaması

BİLEŞEN NO	BİLEŞEN ADI
1	C ₂₇ 13β (H), 17α (H)-Diasteran (20S)
2	C ₂₇ 13β (H), 17α (H)-Diasteran (20R)
3	C ₂₇ 13α (H), 17β (H)-Diasteran (20S)
4	C ₂₇ 13α (H), 17β (H)-Diasteran (20R)
5	C ₂₈ 13β (H), 17α (H)-Diasteran (20S)
6	C ₂₈ 13β (H), 17α (H)-Diasteran (20R)
7	C ₂₈ 13α (H), 17β (H)-Diasteran (20S)
8	C ₂₇ 5α (H), 14α (H), 17α(H)-Steran (20S)+C ₂₈ 13α (H), 17β (H)-Diasteran (20S)
9	C ₂₇ 5α (H), 14β (H), 17β(H)-Steran (20S)+C ₂₉ 13β (H), 17α (H)-Diasteran (20S)
10	C ₂₇ 5α (H), 14β (H), 17β(H)-Steran (20S)+C ₂₉ 13β (H), 17α (H)-Diasteran (20R)
11	C ₂₇ 5α (H), 14α (H), 17α(H)-Steran (20R)
12	C ₂₉ 13β (H), 17α (H)-Diasteran (20R)
13	C ₂₉ 13α (H), 17β (H)-Diasteran (20S)
14	C ₂₈ 5α (H), 14α (H), 17α (H)-Steran (20S)
15	C ₂₈ 5α (H), 14α (H), 17β (H)-Steran (20R)+C ₂₉ 13α (H), 17β (H)-Diasteran (20R)
16	C ₂₈ 5α (H), 14β (H), 17β (H)-Steran (20S)
17	C ₂₈ 5α (H), 14α (H), 17α (H)-Steran (20R)
18	C ₂₉ 5α (H), 14α (H), 17α (H)-Steran (20S)
19	C ₂₉ 5α (H), 14β (H), 17β (H)-Steran (20R)
20	C ₂₉ 5α (H), 14β (H), 17β (H)-Steran (20S)
21	C ₂₉ 5α (H), 14α (H), 17α (H)-Steran (20R)
22	C ₃₀ 5α (H), 14α (H), 17α (H)-Steran (20S)
23	C ₃₀ 5α (H), 14β (H), 17β (H)-Steran (20R)
24	C ₃₀ 5α (H), 14β (H), 17β (H)-Steran (20S)
25	C ₃₀ 5α (H), 14α (H), 17α (H)-Steran (20R)

Steran ve Terpanlar

İncelenen örneklerde C₂₇, C₂₈-C₂₉ steranların dağılımı birbirine benzemektedir (C₂₉>C₂₇>C₂₈). Bu özellik turba oluşumunda başlıca karasal yüksek bitkilerin egemen olduğunu, daha sonra alglerin ve bileşime az oranda otsu bitkilerin katıldığını gösterir. C₂₉ steranların C₂₇ ve C₂₈ lere göre daha bol, C₂₇ ve steranların C₂₇ aaaR izomerlerinin bolluğu yüksek karasal malzeme ile algal, gölsel malzemelerden türeyen organik maddelerin daha bol bulunduğuna işaret eder (Huang ve Meinschein 1979, Volkman

1986). Otokton sucul (örneğin alg, diatome) ile allokton karasal organik maddeler (karasal bitkiler) kömürlerin oluşumu sırasında birlikte çökelime katılmıştır (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6. Pamucakyayla Formasyonu'ndan alınan P16 ve P17 nolu örneklerin temel jeokimyasal verileri

PARAMETRELER / ÖRNEK NO	P16	P17
Steran/Hopan Oranı	1.55	2.17
Ts/(Ts+Tm) Oranı	0.46	0.64
C ₃₂ 22S/(22S+22R) Oranı	0.46	0.59
C ₂₉ 20S/20S+20R	0.32	0.46
Diasteran/Steran İndeksi	0.63	1.09
Moretan/Hopan Oranı	0.31	0.13
$\beta\beta/(\beta\beta + \alpha\alpha)$ Steran Oranı	0.45	0.54
C ₂₈ /C ₂₉ Steran Oranı	0.69	0.52
C ₂₃ /C ₂₄ Tricyclic Terpan Oranı	1.33	1.47
Gammaceran İndeksi	0.79	0.47
C ₂₅ /C ₂₆ Tricyclic Terpan Oranı	0.78	0.76
% C ₂₇ Steran ($\alpha\beta\beta$)	23.70	29.92
% C ₂₈ Steran ($\alpha\beta\beta$)	22.90	21.32
% C ₂₉ Steran ($\alpha\beta\beta$)	53.40	48.76
Oleanane İndeksi	-	-
C35/C31-c35) Homohopan İndeksi	0.01	0.07

Steran/hopan oranı ile steran ve triterpan alanındaki pik yoğunluğu incelenen örneklerde olgunlaşmayı gösterir (Tissot ve Welte, 1984). 18 α (H)-22, 29, 30-trisnorneohopan Ts/(Ts+Tm) oranı T_{max} ile benzer pozitif gelişim sunar ve olgunlukla birlikte artarken (Seifert ve Moldovan 1981), 22S/(22S+22R) oranı 0.32 – 0.46 arasında değişir ancak bu parametre litolojiden etkilenmesi nedeniyle tek başına olgunluk değerlendirmesi için kullanılmamaktadır.

Diasteran/steran oranı da litolojiden etkilenmekle birlikte olgunlaşmamış sedimentlerde genellikle düşüktür (Arfaoui vd 2007). Ancak bu parametre incelenen örneklerde hem kilce zengin litolojiyi hem de olgunlaşmayı ifade etmektedir. Moretan/hopan oranları ise genellikle artan olgunlukla birlikte azalır (Kvenvolden ve Simoneit 1990). Bu örneklerde olgunlaşmaya bağlı olarak bu değer oldukça düşüktür.

Özellikle oleananelerin belirlenememiş olması örneklerin Kretase veya daha genç yaşlı olmadığını, kömürleşmeye katılan bitkilerin angiospermlerce zengin olmadığını gösterir. Hopan miktarı düşük olup özellikle yoğun bakteriyal etkinin olmadığı söylenebilir. C₃₁ den C₃₅ e doğru homohopan pik yüksekliğindeki düzenli azalım kırıntılı fasiyesler için tipik olarak izlenmektedir (Waples ve Machihara 1991; Hunt 1995). Steran/Hopan oranına göre ökaryotik organizmaların prokaryotlara göre daha fazla bileşime katıldığı, ayrıca bazı yüksek steran ve steran/hopan değerleri denizel etkiyi (Peters vd 2004) belirttiği de bilinmektedir.

C₂₅/C₂₆ tricycliterpan oranı 1'den küçük olup karasal (gölsel) ortam özelliklerini yansıtır (Burwood vd 1992, Hanson vd 2000). Isısal süreç biyomarker verileri ile değerlendirilmiş olup, $\beta\alpha$ -Moretan/ $\alpha\beta$ -hopan (moretan/hopan) oranı olgunlaşma aşamasını göstermektedir. Pr/Ph ve diasteran/steran oranları redoks koşullarındaki ve depolanma ortam şartlarındaki değişiklikleri belirtmektedir (Peters ve Moldowan 1993, Bechtel vd 2005).

Kaynak kaya çökelimi sırasında, ortama karasal kökenli organik maddelerin katılımı C₁₉ ve C₂₀ Tricyclic Terpanlar ve C₂₃ Tricycliclerin C₂₄ Tetracyclic Terpanlara göre bolluğu ile değerlendirilmektedir. İncelenen örnekler bu kapsamda birbirinden farklıdır. Bu da çökelim ortamında organik madde girişi ve çökelim şartlarının kimyasal özelliklerinin değişmiş olabileceğini düşündürmektedir. Özellikle erken olgun-erken/geç olgun aşaması için uygun olan Diasteran/Steran oranları örneklerde yüksektir ve bu değerler bileşimde kil miktarının fazla olduğuna işaret edebilir. Bu oran olgunlaşma ve litolojiden etkilenmekle birlikte çökelim ortam özelliklerini de yansıtmaktadır.

Gammaceran örneklerde farklı değerler sunmaktadır. Bu parametre bilindiği gibi çökelim ortamındaki tuzluluk şartlarını ve su kolonundaki tabakalaşmayı ifade etmektedir (Connan 1983, Sinninghe Damste vd 1995). P16 nolu örneğin tuzluluk açısından daha farklı olduğu ve litolojinin karbonatlı olduğu söylenebilir (Moldowan vd 1992). Çökelim ortamındaki sularındaki tuzluluk artışı veya tabakalaşma nedeniyle dipte oksijen azalarak anoksik şartlar egemen olmaktadır (Peters ve Moldowan 1993).

Angiospermlerden türeyen oleanane tipi biyomarkerlar incelenen örneklerde belirlenmemiştir ve bu nedenle de Oleanane İndeksi belirlenmemiştir. Bu veri çökelim şartlarında angiospermilerin daha az miktarda olduğuna işaret edebilir.

İncelenen örneklerde Ts, Tm'e göre daha boldur. Bilindiği gibi katajenez sırasında Tm, Ts' e göre daha duraylıdır ve bu nedenle artan olgunlukla birlikte Tm miktarı da artar.

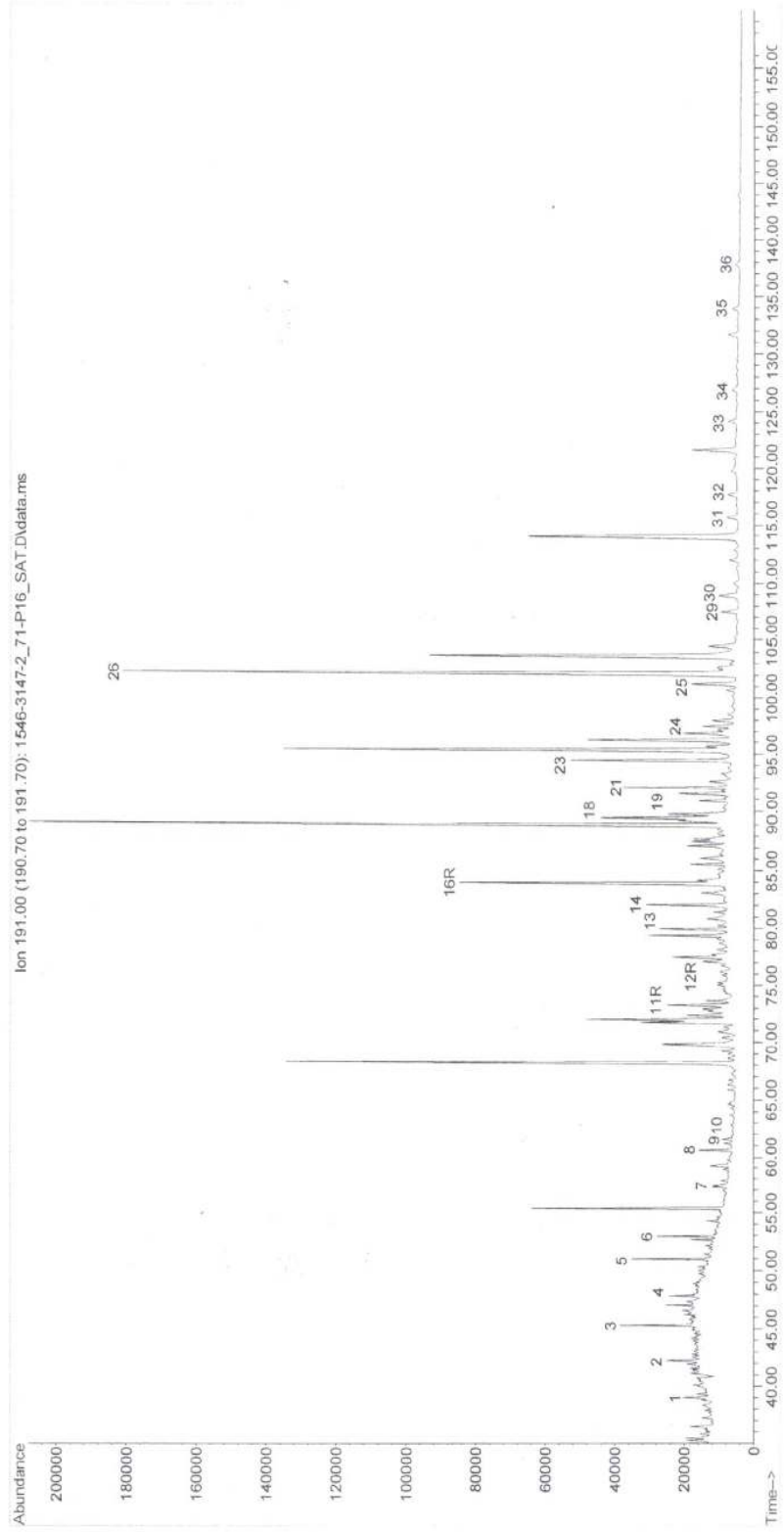
Moretanlar, hopanlara göre ısısal olgunlukta daha az dayanıklıdır ve Moretan/Hopan oranı olgunluk ile azalır. Bu oran bilindiği gibi olgunlaşmamış-erken olgun aşamada. Moretan/Hopan oranı incelenen örneklerde olgunlaşmış aşamayı gösterir. C₂₄/C₂₃ Tricyclic Terpan oranları oldukça düşük olup karbonatlı bileşimi ifade eder.

Genel olarak, 20S/20S+20R, $\beta\beta/(\beta\beta + \alpha\alpha)$ Steran oranları, 22S/(22S+22R) homohopan, Diasteran/Steran, C₂₃ Tricyclic Terpan/ Tricyclic Terpan+C Hopan ve Ts/Ts+Tm oranları yüksek, moretan/Hopan oranı ise düşük olup bu değerlere göre incelenen bu örneklerin olgunlaşmış olduğu belirlenmiştir. Yüksek steran/hopan oranı denizel (paralik) ortam işaretidir. Bu oran < 0.6 ise yüksek oranda bakteri etkinliği olduğuna işaret eder. Aynı zamanda C₃₁-C₃₅ aralığında homohopan miktarının yüksek olması da buna işaret eder. Aynı şekilde C₂₅/C₂₆ Tricyclic Terpan oranı da > 1 olduğunda bu veri doğrulanabilir (Burwood vd 1992).

20S/(20S+20R) steran oranına benzer şekilde $\beta\beta/(\beta\beta + \alpha\alpha)$ steran oranı da olgunlukla birlikte artmaktadır (0-yaklaşık 0.7). İncelenen örneklerde belirlenen değerler olgunlaşmış aşamayı göstermekle birlikte litoloji ve çökelim ortamının tuzluluk değerlerinden de etkilenmiştir (Seifert ve Moldowan 1993, Hunt 1995). Bu olgunluk verileri Tmax ve Ro ile uyumludur. C₂₉ düzenli steranlardan elde edilen başka bir olgunluk parametresi de $\beta\beta/(\beta\beta + \alpha\alpha)$ steran oranıdır. Olgunluk artışı ile bu oranda artar.

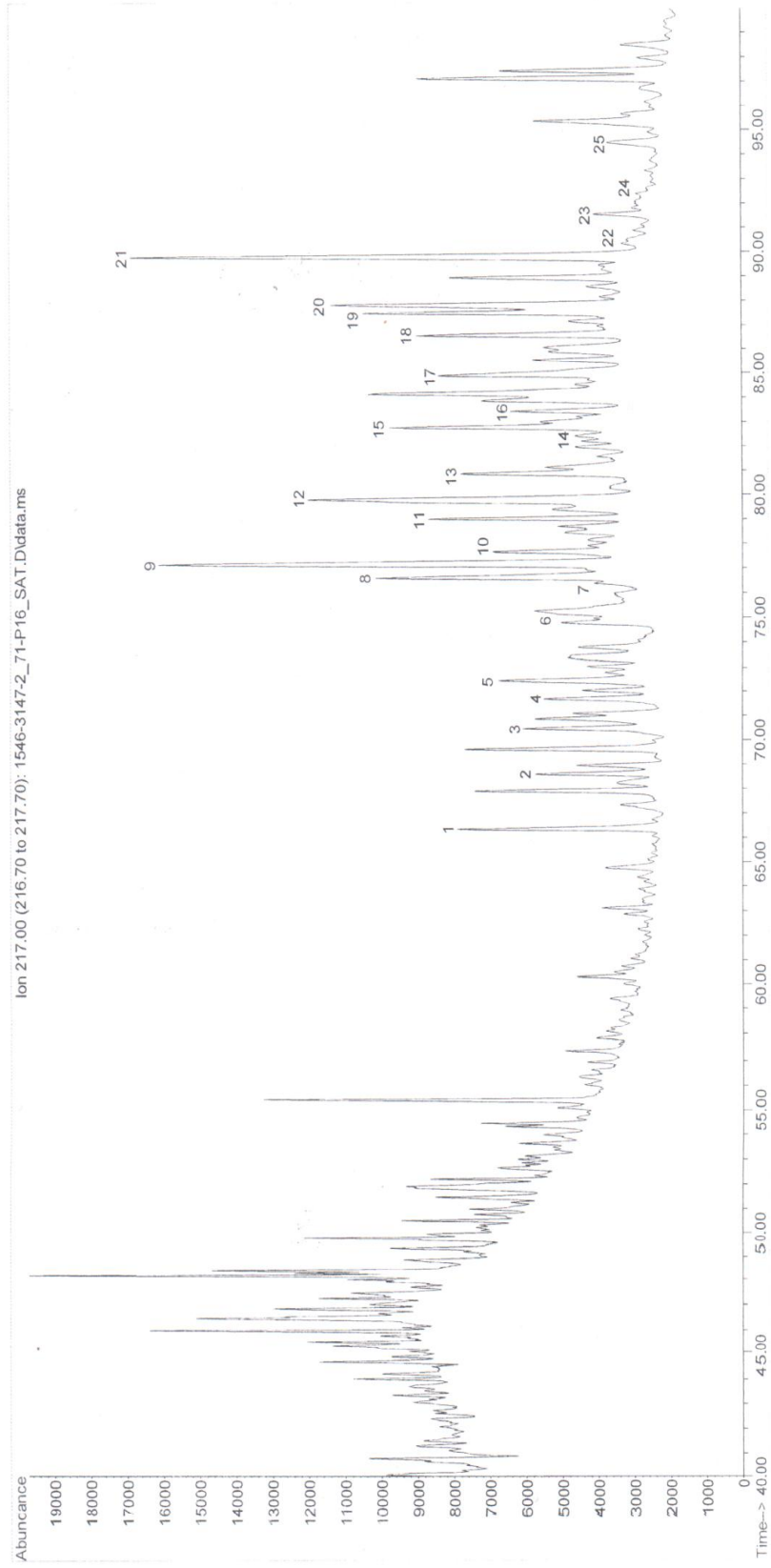
Artan olgunluk ile birlikte 5 α , 14 α , 17 α (H) steranlarda C₂₀ pozisyonunda izomerizasyonla birlikte 20 S/20S+20R oranı da 0'dan yaklaşık 0.5'e kadar artar. İncelenen örneklerde belirlenen değerler olgunluğu işaret etmektedir.

File : C:\msdchem\1\DATA\2012\OCAK\1546-3147-2\1546-3147-2_71-P16_S
... AT.D
Operator : HA
Instrument : GC-MS
Acquired : 23 Jan 2012 16:19 using AcqMethod SAT.M
Sample Name: 1546-3147-2_71-P16_SAT
Misc Info :



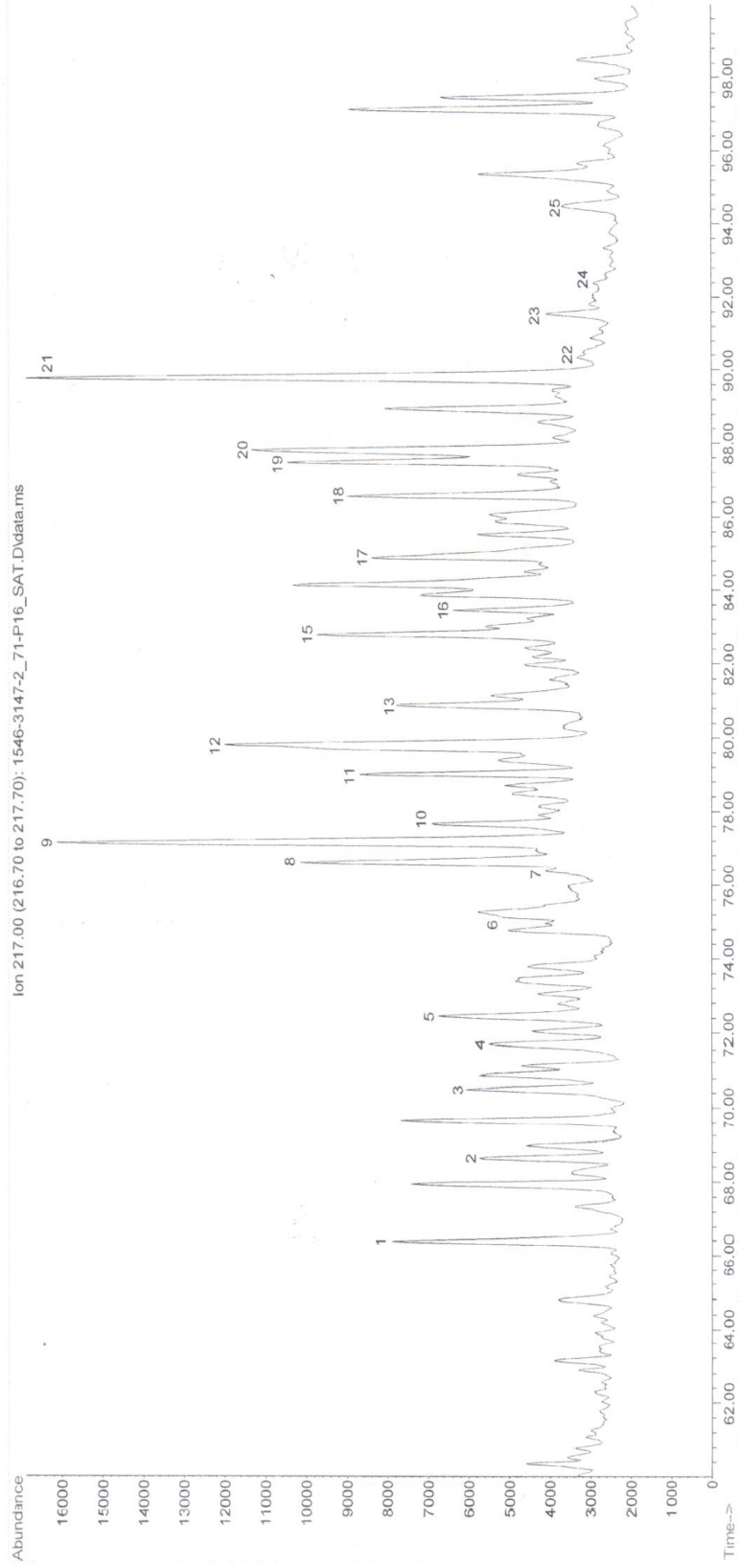
Şekil 5.1. P16 nolu örneğin m/z 191 iyon kütle fragmentogramı (terpan)

File :C:\msdchem\1\DATA\2012\OCAK\1546-3147-2\1546-3147-2_71-P16_S
... AT.D
Operator : HA
Instrument : GC-MS
Acquired : 23 Jan 2012 16:19 using AcqMethod SAT.M
Sample Name: 1546-3147-2_71-P16_SAT
Misc Info :



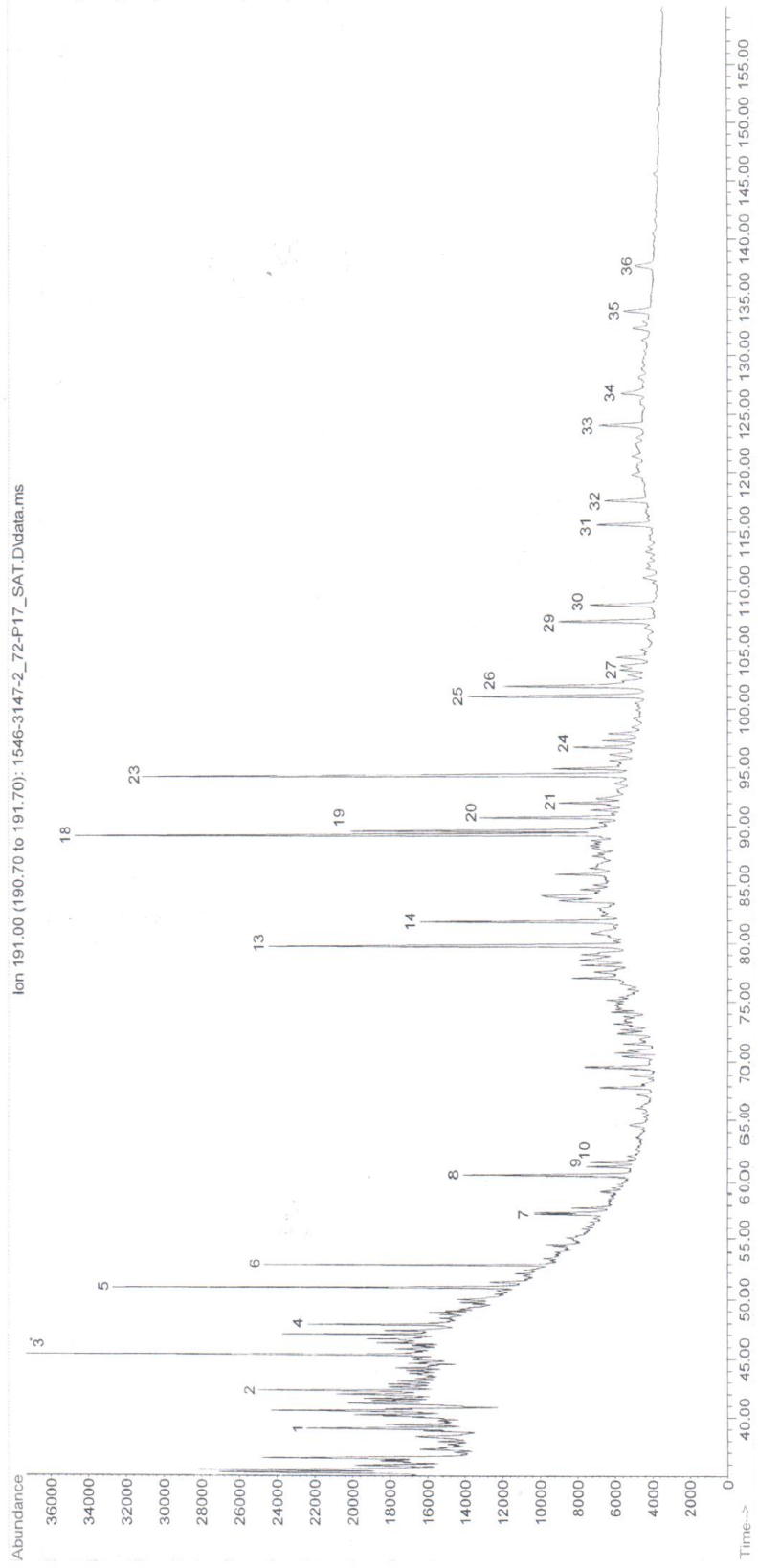
Şekil 5.2. P16 nolu örneğin m/z 217 iyon kütle fragmentogramı (steran)

File :C:\msdchem\1\DATA\2012\IOCAK\1546-3147-2\1546-3147-2_71-P16_S
... AT.D
Operator : HA
Instrument : GC-MS
Acquired : 23 Jan 2012 16:19 using AcqMethod SAT.M
Sample Name: 1546-3147-2_71-P16_SAT
Misc Info :



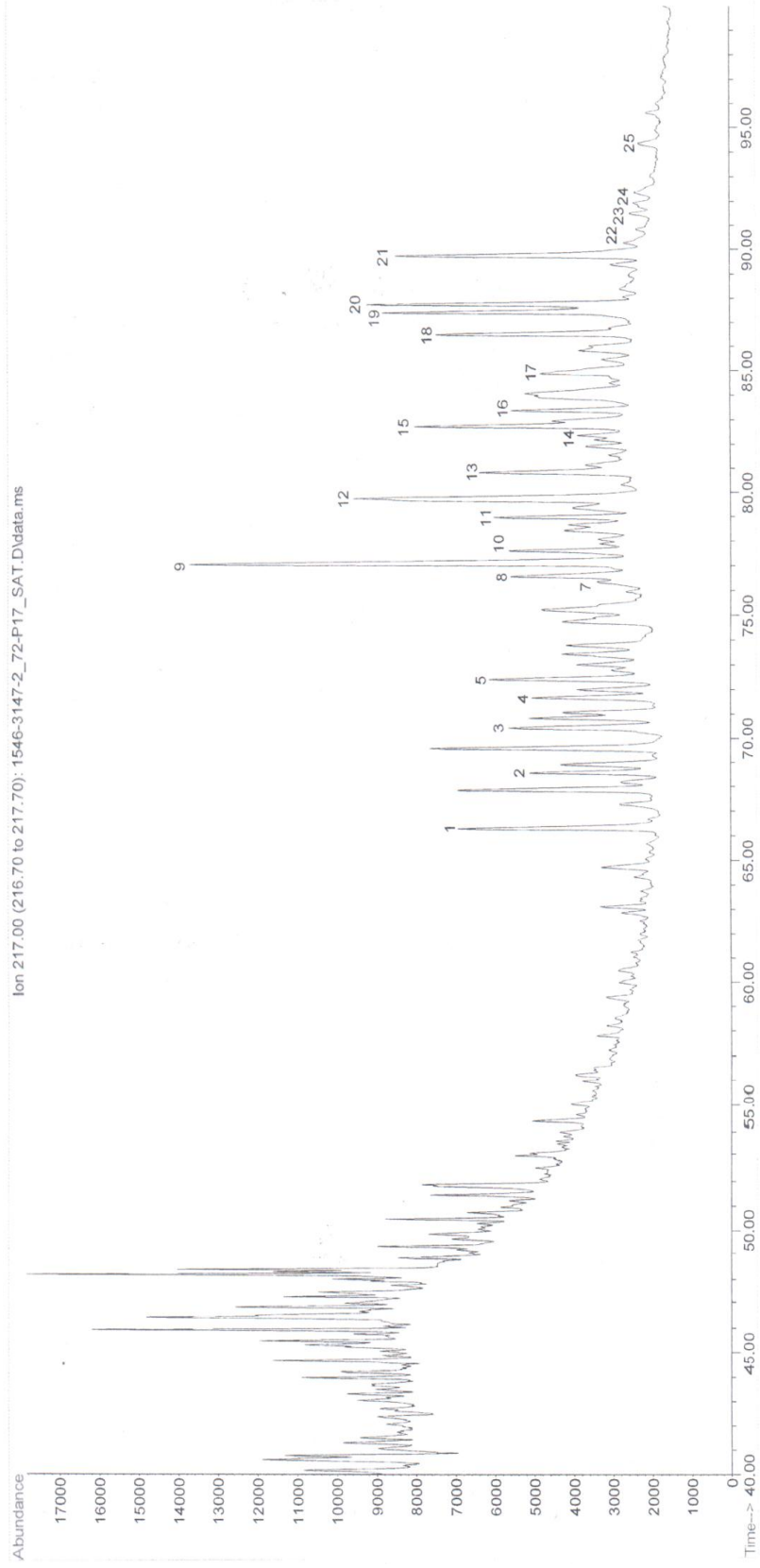
Şekil 5.3. P16 nolu örneğin m/z 217 iyon kütle fragmentogramı (steran)

File :C:\msdchem\1\DATA\2012\OCAK\1546-3147-2\1546-3147-2_72-P17_S
... AT.D
Operator : HA
Instrument : GC-MS
Acquired : 24 Jan 12 8:21 am using AcqMethod SAT.M
Sample Name: 1546-3147-2_72-P17_SAT
Misc Info :



Şekil 5.4. P17 nolu örneğin m/z 191 iyon kütle fragmentogramı (terpan)

File : C:\msdchem\1\DATA\2012\OCAK\1546-3147-2\1546-3147-2_72-P17_S
... AT.D
Operator : HA
Instrument : GC-MS
Acquired : 24 Jan 12 8:21 am using AcqMethod SAT.M
Sample Name: 1546-3147-2_72-P17_SAT
Misc Info :



Şekil 5.5. P17 nolu örneğin m/z 217 iyon kütle fragmentogramı (steran)

File : C:\msdchem\1\DATA\2012\OCAK\1546-3147-2\1546-3147-2_72-P17_S

... AT.D

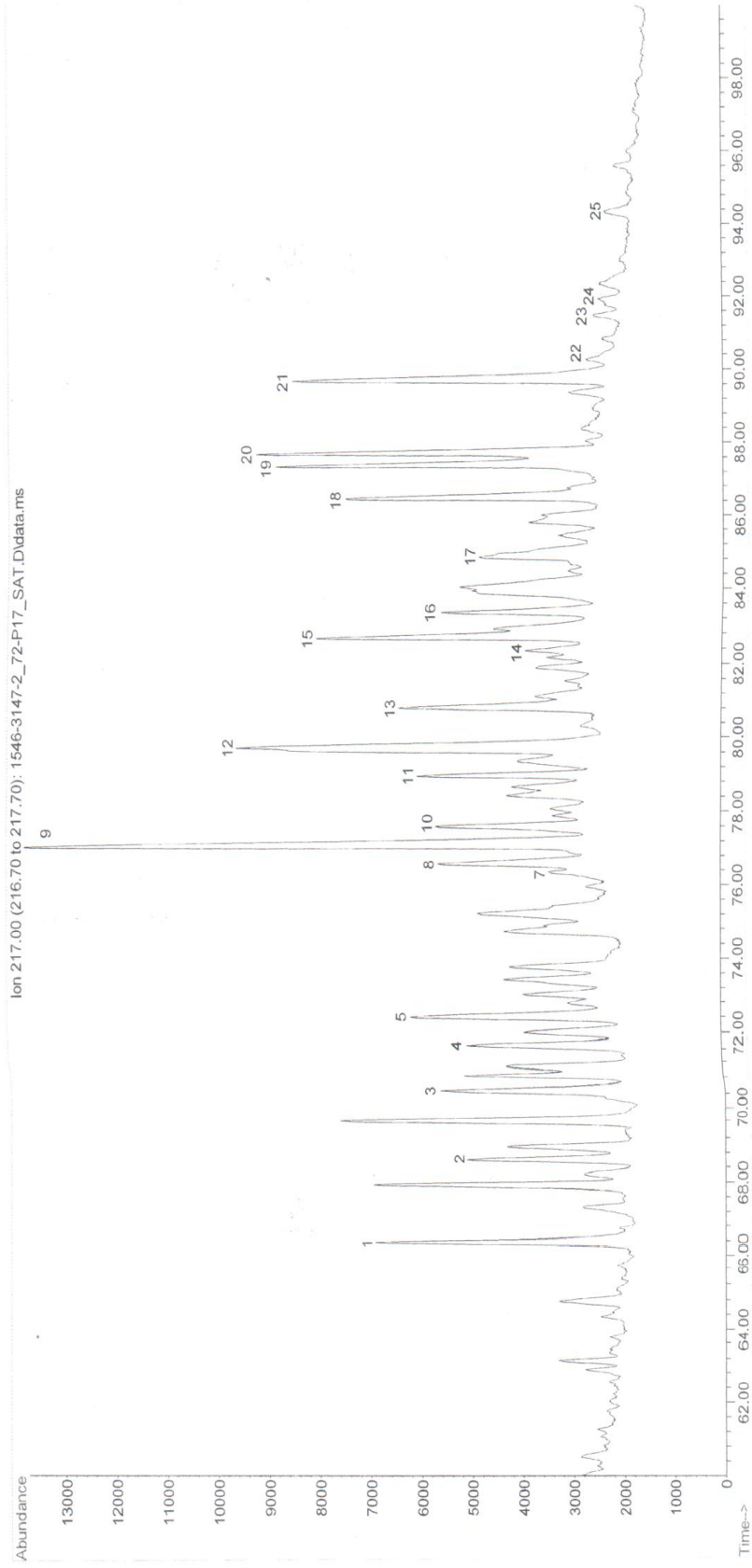
Operator : HA

Instrument : GC-MS

Acquired : 24 Jan 12 8:21 am using AcqMethod SAT.M

Sample Name: 1546-3147-2_72-P17_SAT

Misc Info :



Şekil 5.6. P17 nolu örneğin m/z 217 iyon kütle fragmentogramı (steran)

6. ORGANOFASIYES BULGULARI

Organik fasiyes incelemeleri; organik fasiyes tanımlamaları için oldukça önemlidir. Bu çalışmaları yapmak için en doğru ve izlenmesi gereken yol jeolojik ve jeofizik veriler ile organik jeokimyasal analiz sonuçları ve mikroskopik verilerin hepsini bir arada değerlendirmektir. Ancak bu değerlendirmeyi yapmak için jeolojik ve jeofizik verileri kullanmak zorunlu olmamasına karşın, organik jeokimyasal analiz sonuçları ve mikroskopik verileri kullanmak mutlaka gereklidir (Jones 1987).

H/C oranı, hidrojen indeksi (HI) ve oksijen indeksi (OI) içeren Rock-Eval Piroliz verileri ve egemen organik madde türlerine göre A, B, BC, C ve D olmak üzere 5 tip organik fasiyes belirlenmiştir. Jones (1987), bu sınıflandırmayı geliştirerek A, AB, B, BC, C, CD ve D olmak üzere 7 tip organik fasiyes ayırtlamıştır (Çizelge 6.1). Baskin (1997)'de yapılan çalışmada da H/C oranı, hidrojen indeksi ve oksijen indeksi kullanılarak A, B, B-C, C, D olmak üzere 5 adet fasiyes tanımlanmıştır (Çizelge 6.2). Altunsoy ve Özçelik (1993) tarafından oluşturulan şematik gösterim Şekil 6.1'de verilmiştir.

Jones (1987) tarafından belirlenen 7 organik fasiyesin açıklaması aşağıda verilmiştir;

A Organik Fasiyesi: Organik fasiyeslerin ilk grubudur ve tek cins, genellikle sarı renkli algal düzeylerden oluşan amorf organik fasiyestir. Bu fasiyeste korunmuş ve iyi kalitede kerojen bulunmaktadır. Toplam organik karbon (TOC) miktarı % 5-20 arasında değişmektedir. Genellikle büyük göllerin merkezlerinde, daha az denizel alanlarda yer almaktadır (Jones 1987).

AB Organik Fasiyesi: AB fasiyesi, A fasiyesi ile B fasiyesi arasında geçiş oluşturmaktadır. Bu fasiyeste karışık kökenli algler tarafından meydana getirilen kerojen egemendir. Toplam organik karbon (TOC) genellikle yüksek olup, organik madde amorfudur. Karasal organik madde içeriği oldukça azdır. Büyük boyutlu organik madde genellikle kıyıya yakın ortamlarda çökelirken, spor, polen gibi küçük organik maddeler ise daha derin ortamlarda çökelmektedirler (Jones 1987).

B Organik Fasiyesi: Organik madde yaygın olarak amorfudur. Kerojenleri yeşilimsi ve portakal renktedirler. Genellikle denizel şeyl ve karbonatlar, daha az olarak da gölsel

sedimanların yer aldığı alanlarda rastlanmaktadır. Toplam organik karbon (TOC) % 1-3 arasında veya daha düşüktür. B organik fasiyesinin çökelebilmesi için oksijen miktarının, 1 litre suda 1 ml'den daha az olması gerekmektedir (Demaison ve Moore 1980).

BC Organik Fasiyesi: B ve C organik fasiyesleri arasında geçiş oluşturmaktadır. Organik madde genellikle karışık olup bazen de oksidasyona uğramıştır. B organik fasiyesine göre daha fazla karasal organik madde içermektedir. BC organik fasiyesi genellikle delta önlerinde, prodelta çamurlarında ve dış şelflerde, nadir olarak da lagünlerde bulunmaktadır. BC organik fasiyesi yüksek hidrojen indeksi (HI) ile karakteristiktir.

C Organik Fasiyesi: C fasiyesi değişik tipteki karasal kerojenlerden oluşmaktadır. Tüm vitrinit tiplerinin yanında spor, kütikül, rezinit, füzinit, semifüzinit ve inertinit gibi organik bileşimler bulunmaktadır. Taşınmış organik maddelere de nadir rastlanmaktadır. Genellikle karasal organik madde yaygın olarak görülür ve bazen organik madde oksidasyona uğramış olduğu gözlenir. Toplam organik karbon (TOC) oranı % 0,5-2 aralığında değişmektedir. Bu fasiyes için en uygun çökelim ortamı bataklık ortamlarıdır. Kömür oluşumları oluşması açısından önemli olan bu fasiyes, düşük Tmax değeri ve düşük hidrojen indeksi (HI) ile karakteristiktir (Mann ve Stein 1997).

CD Organik Fasiyesi: Bu fasiyeste karasal bitki kalıntıları ile taşınmış ve oksitlenmiş organik maddeler bulunmaktadır. Bunun yanı sıra ince taneli organik maddeler CD fasiyesinde egemendirler. Bu fasiyes % 0,5'ten daha düşük TOC ve düşük HI değerine sahiptir. Bu fasiyes genellikle derin deniz ortamları ve yüksek dağ dizilimlerinde görülmektedir. Daha az oranda ise iç şelf ortamında ince taneli sedimentlerle çökelmektedir.

D Organik Fasiyesi: Bu fasiyes türünde kalıntı haline dönüşmüş organik madde tipleri bulunmaktadır. Organik maddeler yüksek alterasyona uğramış olup, siyah renkli ve köşelidir (Hökerek 2009, Tissot 1979). D organik fasiyesi, düşük TOC içeriğine sahiptir. Oksijenli ortamlarda gömülmenin yavaş olması nedeniyle sedimanların oksijenle teması kesilmemektedir ve bu nedenle karasal çökellerin yanı sıra karbonatlı

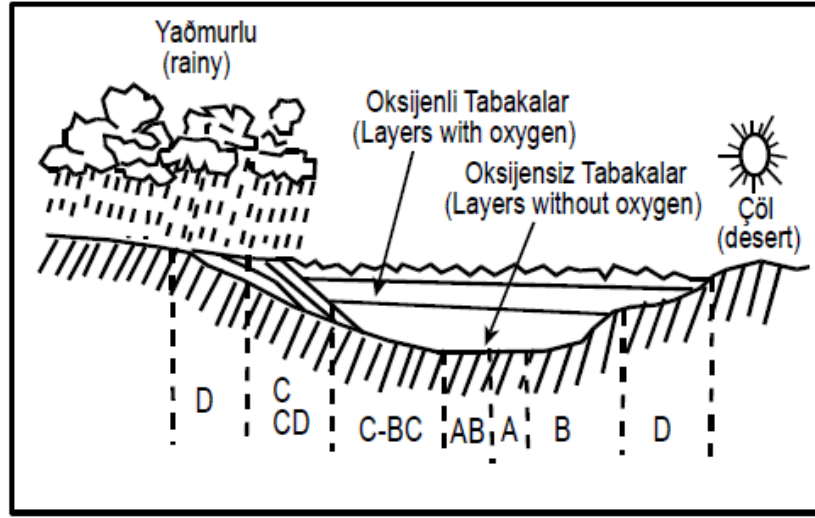
kayaçlar da bu fasiyeste gelişebilmektedirler. D organik fasiyesi oksitlenmenin gerçekleştiği her ortamda gözlemlenmektedir.

Çizelge 6.1. Organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskopik ve kimyasal karakteristikleri (Jones 1987)

Organik Fasiyes	R _o % 0.5 %’ de H/C	Piroliz Verileri		Egemen Organik Madde
		HI	OI	
A	1.45	> 850	10-30	Algal, amorf
AB	1.35-1.45	650-850	20-50	Amorf, çok az karasal
B	1.15-1.35	400-650	30-80	Amorf, yaygın karasal
BC	0.95-1.15	250-400	40-80	Karışık, bazen okside
C	0.75-0.95	125-250	50-150	Karasal, bazen okside
CD	0.60-0.75	50-125	40-150	Okside, taşınmış
D	0.60	50	20-200	Yüksek Okside, Taşınmış

Çizelge 6.2. Organik fasiyeslerin genelleştirilmiş mikroskopik ve kimyasal karakteristikleri (Baskin 1997)

Organik Fasiyes	Ürün	H/C	HI	OI
A (Gölsel)	Petrol	> 1.40	700-1000	10-40
B (Denizel)	Petrol	1.20-1.40	350-700	20-60
B-C (Karışık)	Petrol-Gaz	1.00-1.20	200-350	40-80
C (Hümkik)	Gaz-Petrol	0.70-1.00	50-200	50-150
D (İnert)	Bazen Gaz	< 0.70	< 50	20-200



Şekil 6.1. Organik fasiyeslerin şematik gösterimi (Altunsoy ve Özçelik 1993)

6.1. Pamucakyayla Formasyonu'nun Organik Fasiyesleri

Çalışma alanından alınan örneklerin analizleri sonucu HI (Hidrojen İndeksi) 100-350 mgHC/gTOC arasında değişmekte olup, ortalama 189 mgHC/TOC olduğu, OI (Oksijen İndeksi) değerinin ise 7-3100 değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir.

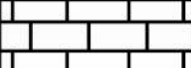
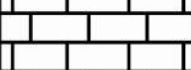
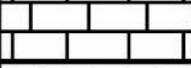
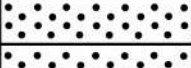
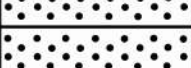
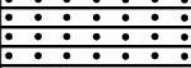
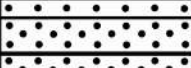
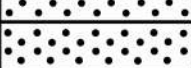
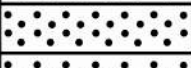
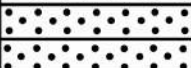
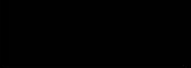
İnceleme alanındaki organik fasiyeslerin belirlemede Jones (1987) sınıflaması kullanılmış olup Baskin (1997) ile karşılaştırması yapılmıştır. Jones (1997) sınıflamasına göre değerlendirildiğinde yaygın olarak C ve CD organik fasiyesinin, bazı birimlerde de BC organik fasiyesinin bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 6.2).

Kömür C organik fasiyesinde oluşabilir. Bu fasiyesin oluşması için uygun ortamlar bataklıklardır. C organik fasiyesi hem denizel hem de denizel olmayan sedimanları içermektedir. Bataklıklar bu yüzden bu fasiyesten oluşmaktadır. Deniz seviyesinin yükselmesi ve basenin derinleşmesi ile bozunma ve taşınma gerçekleşir. Bu da daha önce belirtildiği üzere Pamucakyayla Formasyonu'ndaki birimlerin taşınmış olma olasılığını kuvvetlendirmektedir. C organik fasiyesi genellikle sınırlı yayılım gösteren, ince tabakalar şeklinde dağılım göstermektedir.

Diğer yaygın olarak görülen CD organik fasiyesinde, karasal bitki kalıntıları ve taşınmış-oksitlenmiş organik maddeler egemendir. Bu fasiyeste ince taneli organik

maddeler gözlenmektedir. Derin denizler ve yüksek dağ dizilerinin önlerinde çökelim gösterirler.

Bu iki fasiyeste nazaran daha az rastlanan BC organik fasiyesi ise, organik maddenin karışık olması ve bazen de oksidasyona uğraması ile karakteristiktir. Genellikle lagün kenarlarında çökelim göstermektedirler.

Örnek No	Litoloji	Jones (1987)	Baskin (1997)
P 1		CD	C
P 2			
P 3		C	C
P 4			
P 5		BC	B-C
P 6		C	C
P 7		C	C
P 8		C	C
P 9		C	C
P 10			
P 11		C	C
P 12			
P 13			
P 14		BC	B-C
P 15		CD	C
P 16		C	C
P 17		CD	C
P 18			
P 19		BC	B-C
P 20			Ölçek yok

Şekil 6.2. Analizi yapılan örneklerin organik fasiyes bulgularının Jones (1987) ve Baskin (1997)'ye göre karşılaştırması

7. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Antalya'nın güney batısında bulunan Pamucakyayla Formasyonu'nda olası kömür oluşumları ve bölgenin organofasiyes özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu bölgede daha önce yapılan çalışmalar ışığında, arazi ve laboratuvar çalışmaları ile bölgenin stratigrafik özellikleri yeniden gözden geçirilmiştir.

Pamucakdere boyunca devam eden Pamucakyayla Formasyon'u; altta bulunan Hocasinsuyu Formasyonu ile uyumluluk gösterirken, üstünde bulunan Dinek Formasyonu ile uyumsuzdur. Pamucakyayla Formasyonu kalın katmanlı kumtaşlarından oluşmaktadır ve kömür damarlar halinde bulunmaktadır. İçerdiği yapıların yorumlanması sonucu ortamın denizel olduğu sanılmaktadır.

İnceleme alanından alınan örneklerle uygulanan XRD Tüm Kaya analizleri sonucunda genellikle kalsit ve kuvarslardan, az miktarda da feldspat, dolomit ve kil minerallerinden oluştuğu gözlenmektedir. Kil mineralleri genellikle kaolinit, illit ve smektit şeklinde bulunmaktadır.

Ana ve eser elementlerin incelenmesi sonucunda Dünya sınır değerleri üzerinde kalan elementler; Ni, Cs, Rb, Sr, Ta, Th, U, Zr, La, Ce olduğu, Sc, Ba, Be, Co, Ga, W, Mo, Cu, Pb, Zn, As, Cd, Sb, Bi, Hg, Se gibi elementlerin ise dünya sınır değerlerinin altında değer verdiği belirlenmiştir.

Pamucakyayla Formasyonundan elde edilen verilerin sonuçlarına göre toplam organik karbon değerleri % 0.01-5.81 arasında değişmekte olup ortalama % 1.02'dir ve ana kaya olma potansiyeli "iyi" olarak nitelendirilebilir.

Toplam Organik Karbon (TOC) ve Rock-Eval Piroliz sonuçlarına göre HI (Hidrojen İndeksi) 100-350 mgHC/gTOC arasında değişmekte olup, yaklaşık ortalama 189 mgHC/TOC'dur. OI değeri ise 7-3100 değerleri arasında değişmektedir. TOC değerinin düşük olduğu örneklerde, yüksek OI değerlerine rastlanmıştır. Bu nedenle diyagramlardaki değerlendirmeler yüksek TOC değerlerine göre yapılmıştır. HI/OI diyagramından Tip II ve Tip III kerojenin varlığı tespit edilmiştir. HI/Tmax diyagramı incelendiğinde örneklerin çoğunun Olgunlaşmamış Zon'da ya da Olgun Zon'da yer aldığı görülmektedir. Bunun nedeninin örneklerin yüzeyden ya da yüzeye yakın

yerlerden alındığı için olduğu düşünülmektedir. Tmax/PI diyagramında noktaların genellikle Kalıntı ya da Göçetmiş Karbon alanlarında olduğu görülmektedir. Bunu çizilen S1-TOC ve S2-TOC diyagramları da desteklemektedir. Bu diyagramlara göre organik maddeyi oluşturan hidrokarbonların göçetmiş hidrokarbon oldukları görülmektedir. Bunların yanı sıra PI ve Tmax değerlerinin birbiriyle örtüştüğü görülmektedir. Buna göre örneklerin organik olgunluğa eriştikleri gözlenmektedir. HI/TOC örneklerin zayıf petrol ve gaz köken alanlarını gösteren bölümlerde bulundukları belirlenmiştir.

Yapılan organik petrografik analiz sonuçlarına göre 6 örnekte vitrinit yansıması ölçümü yapılabilmektedir. Ölçülen değerler 0.35-1.12 arasında değişmekte olup, organik olgunlaşma açısından olgun zonda olduğu gözlenmiştir. Kerojen tip tayini için yapılan analizler sonucunda otsu organik madde hemen hemen hiç bulunmamakta olup, % 5 tek örnekte sonuç vermiştir. Odunsu organik madde % 15-70 arasında değişmektedir. Kömürsü organik madde 4 örnekte sonuç vermiş olup değerler % 10-15 arasında değişmektedir. Algal-amorf organik madde türü % 20-80 aralığında değişmektedir. Veri elde edilememesi nedeniyle Spor Renk İndeks değerlendirmesi yapılamamıştır.

Pamucakyayla Formasyonu kömürleşme süreci ve depolanma özellikleri organik jeokimyasal yöntemlerle incelenmiştir. İncelenen örneklerde C_{27} , C_{28} - C_{29} steranların dağılımı birbirine benzemektedir ($C_{29} > C_{27} > C_{28}$). C_{29} steranların C_{27} ve C_{28} lere göre daha bol olduğu gözlenmektedir. C_{27} ve steranların C_{27} $\alpha\alpha\alpha R$ izomerlerinin bolluğu yüksek karasal malzeme ile algal, gölsel malzemelerden türeyen organik maddelerin daha bol bulunduğuna işaret eder.

Bu çalışma kapsamında Jones (1987) tarafından tanımlanan organik fasiyes sınıflaması kullanılmış ve Baskin (1997)'ye göre yapılan sınıflama ile karşılaştırılmıştır. İnceleme alanından alınan örneklere yapılan analizler sonucunda C ve CD organik fasiyesinin egemen olduğu gözlenmektedir. Bu iki fasiyese göre daha az olarak da BC organik fasiyesine rastlanmaktadır. C organik fasiyesi kömür oluşturma potansiyeli diğer fasiyeslere göre daha fazla olduğu bilinmektedir.

8. KAYNAKLAR

- ALTUNSOY, M. 1999. Organic geochemical characteristics of the Miocene Yazır Limestones in the southern Isparta: Geol. Bull. Turkey, 42(2):51-62.
- ALTUNSOY, M. ve ÖZÇELİK O. 1993. Organik fasiyesler. Jeoloji Mühendisliği Derg., 43: s. 34-39.
- ALTUNSOY, M., ÖZÇELİK, O., HÖKEREK, S. ve TAKA, M. 2011. Karapınar (Konya) Güneyindeki Kömürlü Pliosen Birimlerinin Organik Fasiyes Özellikleri: Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi, Proje No: 2010.01.0102.003, 94s.
- ALTUNSOY, M., GÜLLÜDAĞ, C.B. and ÖZÇELİK, O. 2012. Organic Geochemical Characteristics of Carboniferous Coaly Units in the Pamucakyayla Region (Kemer, Antalya – Turkey). SGEM 2012, V.1, p. 189-196.
- ARFAOUNİ, A., MONTACER, M., KAMOUN, F., and RİGANE, A. 2007. Comparative study between Rock-Eval pyrolysis and biomarker parameters: a case study of Ypresian source rocks in central-northern Tunisia, Marine and Petroleum Geology, 24, p. 566-578.
- ASTM, 1991. “Annual Book of ASTM Standards”, Philadelphia.
- BEND, S.L. 1992. “The Origin, Formation and Petrographic Composition of Coal”, Fuel, Vol. 71, p. 851-870.
- BASKIN, D.K. 1997. Atomic H/C ratio of kerogen as an estimate of thermal maturity and organic matter conversion. AAPG Bulletin, 81,9, p. 1453-1450.
- BECHTEL, A., SASCHSENHOFER, R.F., ZDRAVKOV, A., KOSTOVA, I., and GRATZER, R. 2005. Influence of floral assemblage, facies and diagenesis on petrography and organic geochemistry of the Eocene Bourgas coal and the Miocene Maritza-East lignite (Bulgaria), Org. Geochemistry, 36, p. 1498-1522.

BOZKAYA, Ö., YALÇIN, H. 2009. Antalya Birliği - Alakırçay Napı Triyas yaşlı volkanik kayaçlarının alterasyon mineralojisi Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas, Türkiye.

BOZKAYA, Ö., YALÇIN, H. 2010. Geochemistry of mixed-layer Illite-Smectites from an extensional basin, antalya unit, Southwestern Turkey Department of Geological Engineering, Cumhuriyet University, TR-58140 Sivas, Turkey.

BURWOOD R., LEPLAT, P., MYCKE, B., and PAULET, J. 1992. Rifted margin source rock deposition: a carbon isotope and biomarker study of a West African Lower Cretaceous "Lacustrine" Section, Org. Geochemistry, 19, 41-52.

CLIFTON, C.G., WALTERS, C.C. and SIMONEIT, B.R.T. 1990. Hydrothermal petroleum from Yellowstone National Park, Wyoming, U.S.A. Applied Geochemistry, 5: p. 169-191.

CONNAN, J. 1993. Molecular geochemistry in oil exploration. In: Applied Petroleum Geochemistry, M.L. Bordenave (ed.), Editions Technip, Paris, p. 175-204.

CORREIA, M. 1971. Diagenesis of sporopollenin and other comparable organic substances, application to hydrocarbon research. In: j. Brooks P.R. Grant, H. Muir P. Van Gijzel G. Shaw (Editors). Academic Press, London.

DEMAISON, G.J. and MOORE, G.T. 1980. Anoxic environments and oil source bed genesis, A.A.P.G. 64 (8): 1179-1209.

DEMİREL, İH., GÜNAY, Y., YURTSEVER, TS. 2001. Evaluation of petroleum source rocks on the coastal area of the western Taurus Region, Turkey: Energy Sour., 23(6): p. 47-58.

DEMİREL, İH., GÜNAY, Y., YURTSEVER, TS. 2002. Evaluation of hydrocarbon source rock potential from well data on the Elmalı nappes, western Taurus region, Turkey. Energy Sour., 24: p. 461-470.

DIESSEL, C.F.K. 1980. Coal Geology. Australian Mineral Foundation, Adelaide, South Australia, Australia.

DURAND, B., ESPITALIE, J., NICASLE, G. 1972. Etude de la matiere organique des Argiles du toarcien de Basin de Paris Etude par les procedes optiques analyse elementaire, Etude microskopre et diffraction electroniques. Rev. Ist. Fr.

DURAND, B. 1980. Kerogen insoluble organic matter from sedimentary rocks. Editions Technip, Paris.

FLAIG, W. 1968. "Biochemical Factors in Coal Formation", In: Murchison, D.; Westoll, T.S., Eds., Coal and Coal-Bearing Strata, Oliver and Boyd, Edinburgh, p.197-232.

GÖKMEN, V. MEMİKOĞLU, O. DAĞLI, M. ÖZ, D.ve TUNCALI, E. 1993. Türkiye linyit envanteri, MTA Yayınları, Ankara, s. 45-46.

HANSON, A.D., ZHANG, C., MOLDOWAN, J.M., LIANG, D.G. and ZHANG, B.M. 2000. Molecular organic geochemistry of the Tarim Basin, Northwest China. AAPG Bulletin, 84, p. 1109-1128.

HOŞGÖRMEZ, H. 2007. Origin of the natural gas seep of C, irali (Chimera), Turkey: Site of the first Olympic fire: Journal of Asian Earth Sciences 30: p. 131-141.

HÖKEREK, S. and ÖZÇELİK, O. 2012. Organic Facies of the Beydağları Carbonate Platform (Mesozoic), Western Taurus, Antalya, Turkey, Scientific Research and Essays, 7(3), p. 327-337.

HÖKEREK, S. 2009. Korkuteli- Bozova- Garipçe (Antalya) yöresi otokton mesozoyik çökellerinin organofasiyes özellikleri, Yüksek lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Antalya.

HUANG, W.Y. and MEİNSCHEİN, W.G. 1979. Sterols as ecological indicators, Geochimica Cosmochimica Acta 43, p. 739-745.

HUNT, J.M. 1993. Organic Geochemistry and Geology: 743 p.

HUNT, J.M., 1995. Petroleum Geochemistry and Geology, W.H. Freeman and Company, New York.

JARVIE, D.M. 1991. Total organic carbon (TOC) analysis, in Merrill, R.K., ed., *Treatise of Petroleum Geology: Handbook of Petroleum Geology, Source and Migration Processes and Evaluation Techniques*: Tulsa, American Association of Petroleum Geologists, p. 113–118.

JONATHAN, D., LETRAN, K., OUDIN, S.L. and VANDER WEIDE, B.M. 1976. Les methodes d'physical-chnigue dela maticre organigue Bull. Centre Reach. Pau SNPA. 10(1): p. 39-108.

JONES, R.W. 1987. Organic facies. In: Brooks, J., Welte, D. (Eds.), *Advances in Petroleum Geochemistry*. Academic Press, London.

KALAFATÇIOĞLU, A. 1973. Antalya Körfezi Batı Kısmının Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara.

KARAYİĞİT, A.İ., KÖKSOY, M. 1997. “Kömürün Oluşumu ve Sınıflandırılması”, Kural, O., Ed., “Kömür: Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri”.

KARAYİĞİT, A.İ., GAYER, R.A., ORTAC, F.E. and GOLDSMİTH, S. 2001. Trace elements in the Lower Pliocene fossiliferous Kangal lignites, Sivas, Turkey, *Int. Journal of Coal Geology*, 47, p.73-89.

KERSHAW, S., CRASQUİN, S., FOREL, M.B., RANDON, C., COLLİN, P.Y., KOSUN, E., RİCHOZ, S., and BAUD, A. 2011. Earliest Triassic microbialites in Çürük Dağ, southern Turkey: composition, sequences and controls on formation. *Sedimentology*, 58, 3, p. 739-755.

KORKMAZ, S., 2008. “Yakıtlar Jeolojisi Ders Notları” Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon.

KÖMÜR SEKTÖR RAPORU, 2011. “Linyit”, TKİ, Ankara.

KRAUS, G.P. and PARKER, K.A. 1979. Geochemical evalution of petroleum source rock in Bonaparte Guf-Timor Sea region, Northwest Australia. p. 2021-2041.

KVENVOLDEN, K.A. and SİMONEİT, B.R.T. 1990. Hydrothermal derived petroleum examples from Guaymas Basin, Gulf of California, and Escabana Trough, northeast Pacific Ocean, AAPG, 74, p. 223- 237.

MACKOWSKY, M. TH. 1971. “The Petrographic Composition of Coal and its Practical Importance”, In: Karrenberg, H., Ed., The Carboniferous Deposits in the Federal Republic of Germany, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen Krefeld, p. 189-194.

MANN, U. and STEİN, R. 1997. Organic facies variations, source rock potential, and sea level changes in Cretaceous black shales of the Quebrada Ocal, upper Magdalena Valley, Colombia. AAPG Bulletin, v.81,n.4, p. 556-576.

MİCHAELİS, W., JENİSCH, A. and RİCHNOW, H.H. 1990. Hydrothermal petroleum generation in Red Sea sediments from the Kebrit and Shaban Deeps. Applied Geochemistry, 5: p. 10-114.

MOLDOWAN, J.M., SUNDARARAMAN, P., SALVATORİ, T., ALAGEG, A., GJUKİC, B., LEE, C.Y., DEMAİSON, G.J. 1992. Source correlation and maturity assessment of select oils and rocks from the Central Adriatic Basin (Italy and Yugoslavia). In: J.M. Moldowan, P. Albrecht and R.P. Philp, Editors, Biological Markers in Sediments and Petroleum. Engelwood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, p. 370-401.

MTA, 2009. Türkiye Yer altı Kaynakları (İllere göre). Yerbilimleri Kültür Serisi, Ankara.

MULLER, J.F., ABOU AKAR, A., KOHUT, J.P. 1990.“ Maceral Separation and Characterization”, In: Charcosset, H., Ed., Advanced Methodologies in Coal Characterization. Coal Science and Tecnology 15, Elsevier, Amsterdam, p. 359-398.

NAKOMAN E. 1971. Kömür, M.T.A Eğitim serisi No:8 Ankara.

ÖZÇELİK, O., ACAR, F., ALTUNSOY, M., YALÇIN ERİK, N. 2009. Organicgeochemical characteristic of the Miocene Lycian Basin, western Taurides, Turkey, Int. Geol. Rev., 51(1): p. 77-93.

ÖZGÜL, N. 1976. Some geological features of the Taurus, Bull. Geol. Soc. Turkey, 14: p. 75-87.

PETERS, K.E. 1986. *Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis*. AAPG Bull., 70(3), p. 318–329.

PETERS, K.E. and CASSA, M.R. 1994. Applied source rock geochemistry, *in* Magoon, L.B. and Dow, W.G. eds., The petroleum system—From source to trap: Tulsa, Okla., American Association of Petroleum Geologists Bull., v.70, p. 329.

PETERS, K.E. and J.M. MOLDOWAN. 1993. The Biomarker Guide: Interpreting Molecular Fossils in Petroleum and Ancient Sediments. Prentice-Hall. Englewood Cliffs. NJ.

PETERS, K.E., WALTERS, C.C. and MOLDOWAN, J.M. 2004. The Biomarker Guide, Biomarkers and Isotopes in Petroleum Exploration and Earth History (second ed.), v.2, Cambridge, p. 475-1155.

ROBERTSON, A.H.F. 2000. Mesozoic-Tertiary tectonic-sedimentary evolution of a south Tethyan oceanic basin and its margins in southern Turkey, In: Bozkurt, E., Winchester, J.A. & Piper, J.D.A. (eds) Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geological Society, London, Special Publications 173, p. 353-384.

RUHRKOHLEN H. 1987. Verlag Glückauf GmbH, Essen.

SARI, A. and ALİYEV, S.A. 2006. Organic Geochemical Characteristics of the Paleocene-Eocene Oil Shales in the Nallıhan Region, Ankara, Turkey. Petroleum Science and Engineering. v.53. p. 123-134.

SEIFERT, W.K., MOLDOWAN, J.M. 1981. Paleoreconstruction by biological markers: Geochimica et Cosmochimica Acta, 45, p. 783-794.

STACH, E., MACKOWSKY, M. TH., TEICHMÜLLER, M., TAYLOR, G.H., CHANDRA, D., TEICHMÜLLER, R., 1982. “Stach’s Textbook of Coal Petrology”, Third, Ed., Gebrüder Borntraeger, Berlin.

- SİNNINGHE DAMSTÉ, J. S., KENİG, F., KOOPMANS, M. P., KÖSTER, J., SCHOUTEN, S., HAYES, J. M., and DE LEEUW, J.W. 1995. Evidence for gammacerane as an indicator of water column stratification. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 59, p. 1895-1900.
- SİMONEİT, B.R.T. 1990. Petroleum generation, an easy and widespread process in hydrothermal systems: an overview. *Applied Geochemistry*, 5: p. 3-15.
- SİMONEİT, B.R.T., LONSDALE, P.F., EDMOND, J.M. and SHANKS, W.C. 1990. Deep-water hydrocarbon seeps in Guaymas Basin, Gulf of California. *Applied Geochemistry*, 5: p. 41-49.
- STAPLİN, F.L. 1977. Interpretation of thermal history from colour particulate organic matter. *Palynology*, 1, p. 9-18.
- SWAİNE, D.J., 1990. Trace elements in coal, Butterwarh, London.
- ŞENEL, M., SERDAROĞLU, M., KENGİL, R., ÜNVERDİ, M. ve GÖZLER, M.Z. 1981. Teke Torosları Güneydoğusunun Jeolojisi: *Maden MTA Derg.*, 95-96, 13-43, Ankara.
- ŞENEL, M. 1985. Alakırçay grubu, Kumluca zonunun litostratigrafi özellikleri ve yaşı: *Güneybatı Antalya –Türkiye 103-104*, s. 151-153.
- ŞENEL, M. 1986. Geology of Tahtalıdağ and surroundings (Antalya - Kemer), Uni. Istanbul, Ph. D. Thesis (in Turkish), 218 pp (unpublished).
- ŞENEL, M. 1997a. 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Fethiye-L7 paftası. No: 1. MTA, Ankara.
- ŞENEL, M. 1997b. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Fethiye-L8 paftası. No:2, MTA, Ankara.
- ŞENEL, M. 1997c. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Fethiye-L9 paftası. No:3. MTA. Ankara.

ŞENEL, M. 2004. Batı Toroslar'daki Yeşilbarak Napının Stratigrafik ve Yapısal Özellikleri, GD Anadolu'daki ve Kuzey Kıbrıs'taki Benzer Birimlerle Karşılaştırılması Maden Tetkik Ve Arama Dergisi.

THOMAS, B.H. 1979. Geochemical analysis of hydrocarbon occurrences in northern, Perth Basin, Australia. p. 1092-1107.

THOMAS, L. 1992. "Handbook of Practical Coal Geology", John Wiley & Sons, New York.

TISSOT, B. 1979. Nature. 277: p. 377-380.

TISSOT, B.P. and WELTE, D.H. 1984. Petroleum Formation and Occurrence: SpringerVerlag. Berlin.

VAROL, B., KOŞUN, E., ÜNAL-PINAR N., AYRANCI, K. 2011. Pyritized mudstone and associated facies in the Permian –Triassic boundary of the Çürük Dağ section, Southern Turkey, Journal of Asian Earth Sciences 40/5: p. 1068-1078.

WAPLES, D.W. and MACHIHARA, T. 1991. Biomarkers for geologists-a practical guide to the application of steranes and triterpanes in petroleum geology, AAPG.

WARD, C.R. 1984. "Coal Geology and Coal Technology", Blackwell Scientific Publications, London.

WARD, C.R. 1992. "Coal Geology", Encyclopedia of Physical Science and Technology, Academic Press, Inc., p. 371-407.

VOLKMAN, J.K. 1986. A review of sterol markers for marine and terrigenous organic matter, Org. Geochem., 9, p. 83-99.

YERİN, Ü.O. 2006. Orhaneli kömürlerinin mineralojisi, petrografisi ve element içeriği, Bursa – Türkiye: H.Ü. Fen Bilimleri Ens. Yük.Lis.Tezi, 180s.

YILMAZ, P.O. 1981. Geology of the Antalya Complex, SW Turkey, (Ph. D. Dissertation): Austin, The University of Texas, University Mikrofims inter., 268 s.

ÖZGEÇMİŞ

Cevdet Bertan GÜLLÜDAĞ, 1987 yılında Erzurum’da doğdu. İlkokul 4. Sınıfı kadar Erzurum’da okuduktan sonra eğitim hayatına Antalya’da devam etti. Ortaöğretim ve liseyi de Antalya’da okuyarak tamamladı. 2005 yılında başladığı Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nden 2009 yılında mezun oldu ve Jeoloji Mühendisi ünvanını kazandı. 2010 yılı Ocak ayında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2011 yılı Ocak ayında özel bir şirkette Jeoloji Mühendisi olarak çalışmaya başladı.