



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SULUOVA (AMASYA, TÜRKİYE)
ÇEVRESİNDE BULUNAN LİNYİT
KÖMÜRLERİNİN (ALT EÖSEN ÇELTEK
FORMASYONU) KÖKENSEL VE EKONOMİK
AÇIDAN İNCELENMESİ

Emrah HASANHANOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Emrah HASANHANOĞLU tarafından hazırlanan “Suluova (Amasya, Türkiye) Çevresinde Bulunan Linyit Kömürlerinin (Alt Eosen Çeltekk Formasyonu) Kökensel ve Ekonomik Açıdan İncelenmesi” adlı tez çalışması 22/05/2025 tarihinde aşğıdaki jüri tarafından oy birliğı ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliğı Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Ahmet KOÇAK
(Selçuk Üniversitesi)

.....

Danışman

Doç. Dr. Ali Müjdat ÖZKAN
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Üye

Doç. Dr. Alican ÖZTÜRK
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented by academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Emrah HASANHANOĞLU

Tarih: 22.05.2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SULUOVA (AMASYA, TÜRKİYE) ÇEVRESİNDE BULUNAN LİNYİT KÖMÜRLERİNİN (ALT EOSEN ÇELTEK FORMASYONU) KÖKENSEL VE EKONOMİK AÇIDAN İNCELENMESİ

Emrah HASANHANOĞLU

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Ali Müjdat ÖZKAN

2025, 64 Sayfa

Jüri

**Prof. Dr. Ahmet KOÇAK
Doç. Dr. Ali Müjdat ÖZKAN
Doç. Dr. Alican ÖZTÜRK**

Bu tez çalışmasında, Suluova (Amasya, Türkiye) çevresinde yüzlek veren Erken Eosen yaşlı Çeltek formasyonu bitümlü ve kömürlü litolojilerinin organik jeokimyasal özellikleri incelenerek, formasyon bünyesindeki kömürlerin kökeninin, organik madde miktarının, organik madde tipinin, olgunlaşma derecesinin ve ekonomiye ne tür bir katkı sağlayacağını ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Çeltek kilaşlarının mineral topluluğu kaolinit – klorit – illit – smektit - karışık kil (smektit-klorit)’den ibarettir. Çeltek kömürlerinin toplam organik karbon değerleri yüksek olup, mükemmel kaynak kayayı temsil eder. Çeltek kömürleri Tip II ve Tip III kerojeni işaret etmekte, daha çok gaz, az olarak da petrol eğilimli özellik göstermektedir. İncelenen kömürlerde gamaseranların varlığı Çeltek formasyonunun çökeliminde denizel ortam etkisini belirtmektedir. Çeltek kömür örneklerinde olunan gözlenmesi, deltaik bir ortamda biriken yüksek bitki materyalinin bir göstergesi ve olgunlaşma evresine ulaşılmadığını gösterir. Çeltek kömürlerinde hesaplanan mumsuluk indeksi değerleri, sedimantasyon sürecinde yüksek bitkilerden sağlanan karasal organik madde girdisini işaret etmektedir. Bu kömürlerdeki C_{23} trisiklik pikinin ana pik olması karbonat kaynak kayayı ve denizel ortam etkisini vurgulamaktadır. Çalışılan kömür örneklerindeki C_{24} tetrasiklik oranı, bir örnekte 0,69 olup şeyl kaynak kayayı; iki örnekte 2,19 ve 3,19 olup karbonat kaynak kayayı belirtmektedir. Çeltek kömürlerindeki C_{29} norhopan/ C_{30} hopan oranları, bir örnekte 4,74 olduğundan karbonat kaynak kayayı temsil ederken, iki örnekte 0,48 ve 0,58 olduğundan şeyl kaynak kayayı vurgulamaktadır. Analiz yapılan kömürlerde gözlenen C_{31}/C_{30} hopan oranları üç örnekte de düşük ($<0,25$) olduğundan (0,11; 0,12 ve 0,13) gölsel ortam kaynak kayasını işaret eder. Yine bu kömürlerdeki C_{35}/C_{30} hopan oranları, 0,013 ile 0,014 arasında değişen değerlere sahip olduğundan fluviyal/deltaik ve göl-fluviyal/deltaik çökeltme ortamlarını göstermektedir. Sahadan derlenen kömürlerdeki C_{23}/C_{30} hopan oranları, yüksek değerlerde (4,29; 4,34 ve 4,59) olduğundan çalışılan havzada denizel etkinin olduğunu belirtir. Çalışılan kömürlerde gözlenen $C_{35}/(C_{31} - C_{35})$ homohopan indeksi 0,023-0,025 gibi düşük değerlerde olduğundan suboksik ve/veya oksik bir ortamsal koşulları ve kırıntılı bir ortamda gelişen paleoçökelmeyi belirtmektedir. Yine, bu kömürlerdeki $C_{35} (R+S)/C_{34} (R+S)$ oranları, üç örnekte de <1 olduğundan (0,15; 0,16 ve 0,15) suboksik ortam koşullarını ifade etmektedir. Moretan/hopan oranları Çeltek kömür örneklerinde 0,53–0,61 arasında değiştiğinden, olgunlaşmamış-erken olgun safhadaki bir kaynak kayayı belirtmektedir. Çalıştığımız kömürlerdeki Ts/Tm oranları, <1 (0,0185–0,1810) olduğundan

paleoçökelme ortamının anoksik özellikte olduğunu işaret eder. Ayrıca $Ts/(Ts+Tm)$ oranları (0,0181-0,153) bu örneklerde düşük oranlarda olduğundan kömürlerin olgunlaşmadığını göstermektedir. C_{29}/C_{27} steran oranları, bütün örneklerde >1 (7,2; 10,7; 11,6) olup karasal bitki kaynağını temsil etmektedir. Kömürler yüksek oranlarda C_{29} (%71-74) ve C_{28} (%16-23) steranlar ile düşük oranlarda C_{27} (%6-10) steranlar kapsamaktadır. Yine bu kömürler, diasteran/steran oranlarının düşük konsantrasyonlarına sahiptir (0,349-0,415) ve karbonatça zengin bir kaynak kayanın varlığını yansıtır. Steran/hopan oranlarının düşük (<1) olduğu örneklerimiz karasal ve/veya mikrobiyal organik madde girdisini belirtmektedir. Örneklerimizdeki (C_{29}) $\beta\beta/(\beta\beta+\alpha\alpha)$ steran oranlarının C_{29} $\beta\beta$ steranlarının, C_{29} $\alpha\alpha$ steranlarından daha düşük olması sebebiyle, Çeltek kömürlerinin tuzlu ortamdaki ziyade tatlı su ortamındaki depolanmayı yansıttığını söyleyebiliriz. Sonuç olarak, incelenen formasyonunun sığ denizel-delta geçiş ve tatlı sulu gölsel ortamda çökelindiğini; organik madde kaynaklarının hem karbonat hem de şeyl kayaları olduğunu, organik maddenin olgunlaşmamış ve erken olgun evrede olduğunu; oksik-suboksik-anoksik ortamsal koşulların etkisinde kaldığını ve daha çok yüksek karasal bitki katkısı olmakla birlikte daha az olarak da otsu bitkiler, gölsel alg, bakteri ve mantarların da katkısının olduğunu önerebilmekteyiz. Çalışmanın materyalini oluşturan Eski Çeltek kömürlerinin rezervi 10 milyon ton olup ekonomik ve işletilebilir özelliğe sahip olduğunu önerebilmekteyiz.

Anahtar Kelimeler: Alt Eosen, Biyobelirteç, Çeltek, Köken, Linyit, Palinofasiyes, Piroliz, Suluova.

ABSTRACT

MS THESIS

ORIGINAL AND ECONOMIC INVESTIGATION OF LIGNITE COALS (LOWER EOCENE ÇELTEK FORMATION) FOUND IN SULUOVA (AMASYA, TÜRKİYE) SURROUNDINGS

Emrah HASANHANOĞLU

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geological Engineering**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ali Müjdat ÖZKAN

2025, 64 Pages

Jury

**Prof. Dr. Ahmet KOÇAK
Assoc. Prof. Dr. Ali Müjdat ÖZKAN
Assoc. Prof. Dr. Alican ÖZTÜRK**

This thesis study, is aimed to investigate the organic geochemical properties of the bituminous and coal-bearing lithologies of the Early Eocene Çeltek Formation cropping out around Suluova (Amasya, Turkey) and to reveal the origin of the coals in the formation, the amount of organic matter, the type of organic matter, the degree of maturation and what kind of contribution they will make to the economy. The mineral assemblage of the Çeltek claystone consists of kaolinite-chlorite-illite-smectite-mixed clay (smectite-chlorite). The total organic carbon values of the Çeltek coals are high and represent an excellent source rock. The Çeltek coals indicate Type II and Type III kerogen, and show more gas and less oil-prone

properties. The presence of gamaserans in the examined coals indicates the effect of the marine environment in the sedimentation of the Çeltek Formation. The observation of oleanane in the Çeltek coal samples is an indicator of high plant material accumulated in a deltaic environment and shows that the maturation stage has not been reached. The waxiness index values calculated in Çeltek coals indicate the terrestrial organic matter input provided by higher plants during the sedimentation process. The fact that the C_{23} tricyclic peak is the main peak in these coals emphasizes the carbonate source rock and the marine environment effect. The C_{24} tetracyclic ratio in the studied coal samples is 0,69 in one sample and indicates the shale source rock; it is 2,19 and 3,19 in two samples and indicates the carbonate source rock. The C_{29} norhopane/ C_{30} hopane ratios in the Çeltek coals are 4,74 in one sample and represent the carbonate source rock, while they are 0,48 and 0,58 in two samples and emphasize the shale source rock. The C_{31}/C_{30} hopane ratios observed in the analyzed coals are low ($<0,25$) in all three samples (0,11; 0,12 and 0,13) and indicate the lacustrine source rock. Again, since the C_{35}/C_{30} hopane ratios in these coals have values ranging between 0,013 and 0,014, they indicate fluvial/deltaic and lake-fluvial/deltaic depositional environments. Since the C_{23}/C_{30} hopane ratios in the coals collected from the field are at high values (4,29; 4,34 and 4,59), they indicate marine influence in the studied basin. Since the $C_{35}/(C_{31}-C_{35})$ homohopane index observed in the studied coals is at low values such as 0,023-0,025, it indicates suboxic and/or oxic environmental conditions and paleodeposition developed in a clastic environment. Again, since the $C_{35} (R+S)/C_{34} (R+S)$ ratios in these coals are <1 in all three samples (0,15; 0,16, and 0,15), they indicate suboxic environmental conditions. Since the moretan/hopane ratios vary between 0,53–0,61 in the Çeltek coal samples, they indicate a source rock in the immature-early mature stage. Since the Ts/Tm ratios in the coals we studied are <1 (0,0185–0,1810), they indicate that the paleodeposition environment was anoxic. In addition, since the $Ts/(Ts+Tm)$ ratios (0,0181–0,153) are low in these samples, they indicate that the coals are not mature. The C_{29}/C_{27} sterane ratios are >1 (7,2; 10,7; 11,6) in all samples, representing a terrestrial plant source. The coals contain high amounts of C_{29} (%71-74) and C_{28} (%16-23) steranes and low amounts of C_{27} (%6-10) steranes. Again, these coals have low concentrations of diasterane/sterane ratios (0,349-0,415) and reflect the presence of carbonate-rich source rock. Our samples with low sterane/hopane ratios (<1) indicate terrestrial and/or microbial organic matter input. Since the $(C_{29}) \beta\beta/(\beta\beta+\alpha\alpha)$ sterane ratios in our samples are lower than the $C_{29} \beta\beta$ steranes than the $C_{29} \alpha\alpha$ steranes, we can say that the Çeltek coals reflect deposition in a freshwater environment rather than a saltwater environment. As a result, it can be said that the studied formation was deposited in a shallow marine-delta transition and freshwater lacustrine environment; the organic matter sources are both carbonate and shale rocks, the organic matter is in the immature and early mature stages; We can suggest that it was under the influence of oxic-suboxic-anoxic environmental conditions and that there was a contribution of higher terrestrial plants and lesser contributions of herbaceous plants, lacustrine algae, bacteria and fungi. The reserve of the Eski Çeltek coals that constitute the material of the study is 10 million tons and we can suggest that it has economic and workable properties.

Keywords: Biomarker, Çeltek, Lignite, Lower Eocene, Origin, Palynofacies, Pyrolysis, Suluova.

ÖNSÖZ

Ülkemizin teknoloji ve sanayideki sergilediği gelişmeler, fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan gereksinimlerini ziyadesiyle arttırmıştır. Bu bağlamda yabancı ülkelerden yapılan enerji alım gereksinimizin de artmış olması, bizi ülkemiz sınırları içerisinde bulunan ve bulunma ihtimali olan enerji kaynaklarını araştırmaya yönlendirmiştir. Ülkemizin kendi kaynaklarının kullanılabilmesi, ekonomimize katkı sağlayacağı için biz yerbilimleri mühendislerinin yeni kaynak sahalarının tespiti ve eski kaynak sahalarında yeni yöntemlerin uygulanmasını zorunlu kılmış ve bizi böyle bir çalışmaya sevk etmiştir.

Bu tez çalışması sürecinde her türlü bilgisinden yararlandığım danışmanım Doç. Dr. Ali Müjdat ÖZKAN'a çok teşekkür ederim. Ayrıca, saha çalışmaları sürecinde bana destek olan kıymetli arkadaşım Celal BÜYÜKGÖZ'e ve tüm yaşamım boyunca her zaman yanımda olan ve destekleyen sevgili aileme de sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İmza:
Emrah HASANHANOĞLU
KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	1
ABSTRACT.....	2
ÖNSÖZ	4
İÇİNDEKİLER	5
1. GİRİŞ.....	9
1.1. Stratigrafi	12
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	22
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	27
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	28
4.1. XRD Sonuçları ve Değerlendirmesi	28
4.2. Kaya-Eval Piroliz Sonuçları ve Değerlendirmesi	33
4.3. Palinolojik Analiz Sonuçları ve Değerlendirmesi	39
4.4. Özütleme Analizi	42
4.5. Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi Analizi (GC-MS) İncelemeleri	42
4.6. Organik Fasiyes ve Çökelme Ortamını Belirleyici Biyobelirteç Parametreleri	56
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	61
5.1 Sonuçlar	63
5.2 Öneriler	64
KAYNAKLAR	66

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

C	: Karbon
°C	: Santigrad derece
Cm	: Santimetre
Cm ³	: Santimetreküp
CO ₂	: Karbondioksit
g	: Gram
H/C	: Hidrojen/Karbon
HC	: Hidrokarbon
HF	: Hidrojen florür
H ₂ S	: Hidrojen sülfür
HCl	: Hidrojen klorür
%	: Binde
%	: Yüzde
µm	: Mikrometre
Kcal	: Kilokalori
Kg	: Kilogram
km	: Kilometre
km ²	: Kilometrekare
m	: Metre
O	: Oksijen
Θ	: Teta
S	: Kükürt

Kısaltmalar

AR-GE	: Araştırma-Geliştirme
BI	: Bitüm indeksi/Göç indeksi (S1/TOC)
C _{org}	: Organik karbon
3D	: Üç boyut

EOM	: Ekstrakt edilebilen organik madde
F1	: Tabakalı konglomera
F2	: Kalın tabakalı kumtaşları
F3	: Paralel laminalı kumtaşları
F4	: Büyük ölçekli düzlemsel çapraz tabakalı kumtaşları
F5	: Dalgalı tabakalı kumtaşları
F6	: Gri-yeşil çamurtaşları
F7	: Kırmızı çamurtaşları
F8	: Organik maddeli gri-boz çamurtaşları
F9	: Kömürler
GC	: Gaz kromatografi
GC-MS	: Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi
GP	: Jenetik potansiyel (S1+S2; ppm veya mg HC/g kayaç)
HI	: Hidrojen indeksi (100xS2/TOC)
I	: İllit
I-Kl	: İllit-Klorit
K	: Kaolinit
Kd	: Doğdu formasyonu
Kl	: Klorit
MinC	: Mineral Karbon (% ağırlıkça)
MTA	: Maden Tetkik Arama
Ngy	: Yedikir formasyonu
OI	: Oksijen indeksi (100xS3/TOC)
ÖSK	: Ölçülü stratigrafi kesiti
PC	: Piroliz edilebilen karbon (% ağırlıkça)
Pga	: Armutlu formasyonu
Pgç	: Çeltek formasyonu
Pgça	: Çavundur formasyonu
Pgn	: Narlı volkanikleri
Pgo	: Osmanoğlu formasyonu
PI	: Üretim indeksi (S1/S1+S2)
ppm	: Parts per million
PY	: Potansiyel verim (S1+S2; ppm veya mg HC/g kayaç)
Qal	: Alüvyon

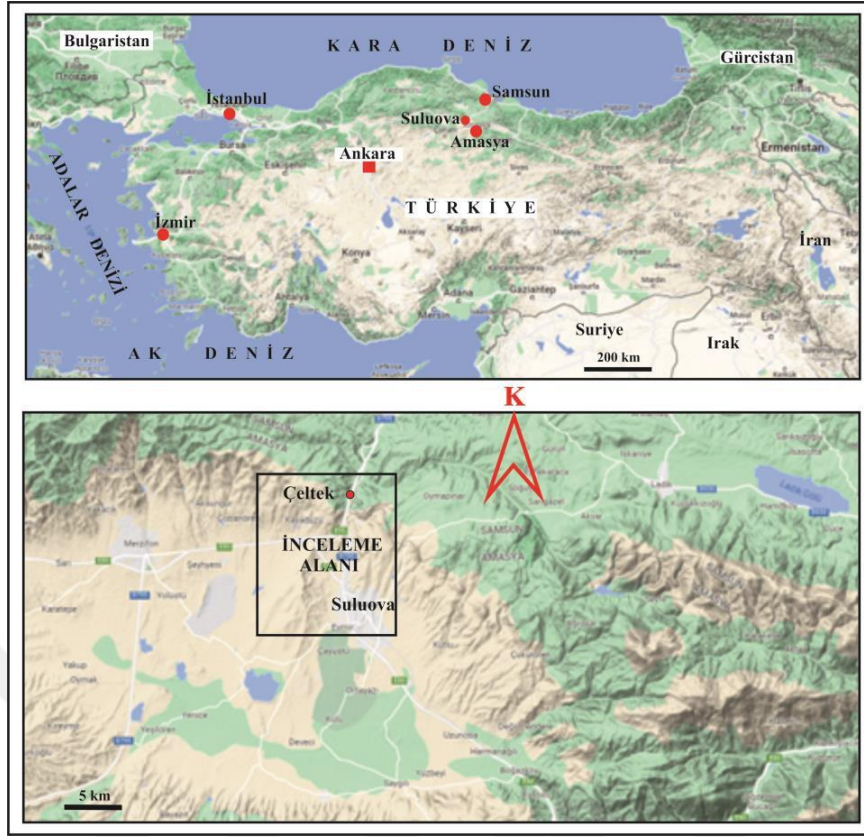
RC	: Rezidüel (kalıntı) karbon ($\text{TOC} - [0,83(\text{S1} + \text{S2})/10]$)
Ro	: Vitrinit yansıması
S1	: mg hidrokarbon / g kayaç
S2	: mg hidrokarbon / g kayaç
S3	: mg CO_2 / g kayaç
S2/S3	: Hidrokarbon indeksi
S1/TOC	: Bitümen indeks
SCI	: Spor renk indeksi
S	: Smektit
S-Kl	: Smektit-Klorit
TOC	: Toplam organik karbon (% ağırlıkça)
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
Tmax	: Maksimum sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
XRD	: X-Işınları Difraktogramı

1. GİRİŞ

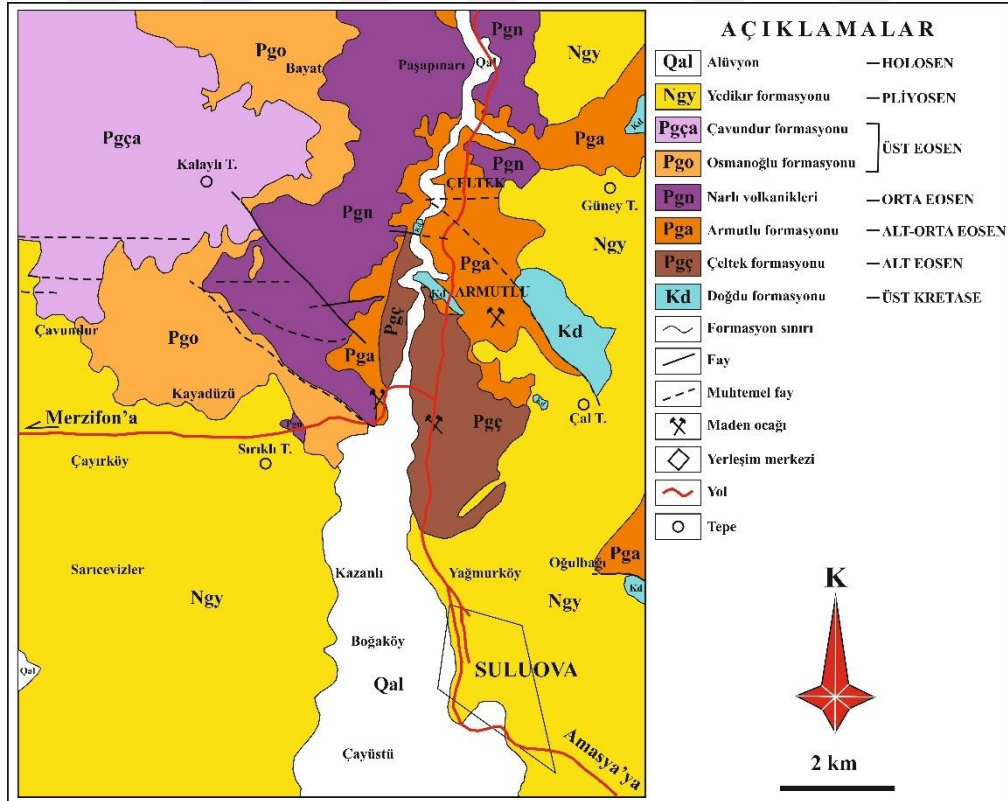
Tüm dünya ülkelerinde alternatif enerji kaynak aramaları (yenilenebilir veya fosil yakıt) yurdumuzda da önem kazanmış olup, bitümlü kayalardan ve kömürlerden sentetik petrol üretimi (şayet ekonomik olursa) konusu gündeme gelmiş ve bu tezin konusu olan Çeltekte formasyonu bitümlü kayalık ve kömürlerinin çalışılması amacımızı teşkil etmiştir.

Bu çalışmada Suluova (Amasya) çevresinde yer alan (Şekil 1.1) Eski Çeltekte kömür sahasındaki Erken Eosen yaşlı, organik maddece zengin Çeltekte formasyonunun litolojileri çalışmanın materyalini oluşturmaktadır (Şekil 1.2 ve 1.3). Kaynak kayalık ve kömürden derlenen numuneler üzerinde toplam organik karbon (TOC) pirolizi, vitrinit refleksiyon, GC-MS, XRD ve palinofasiyes analizleri yaptırılarak, organik madde miktarı, olgunlaşma derecesi ile kömür, gaz ya da petrol üretim nitelikleri ve paleoortamsal koşulları saptanmıştır. Çeltekte kömür sahasından yeni açılan bir yarmadan, bir adet ölçülü stratigrafi kesiti (ÖSK) hattı boyunca amaca uygun aralıklarla numuneler toplanmış ve ÖSK piroliz değerleri de işlenerek çizilmiştir (Şekil 1.4).

Yukarıda vurgulanan içerik bağlamında, Çeltekte bitümlü kayaların ve kömürlerin ekonomiye kazandırılarak, hidrokarbondaki dışa bağımlılığımızın bir nebze azaltılmasının hedeflenmesi, bu tezin önemini gözler önüne sermektedir.



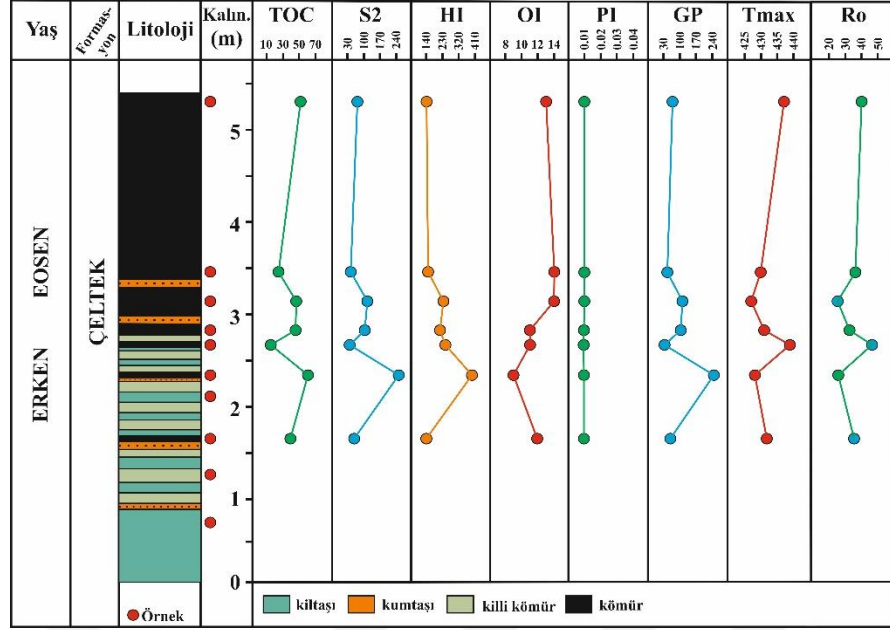
Şekil 1.1. Çalışma sahası lokasyon haritası (GoogleMaps)



Şekil 1.2. Çalışma sahası jeoloji haritası (Anonim, 2020'den değiştirilerek)

S E N O Z O Y İ K										ÜST SİSTEM				
MESOZOYİK	PALEOJEN						NEOJEN	Küya	SİSTEM					
	DOĞDU	ÇELTEK	ARMUTLU	NARLI	OSMANOĞLU	ÇAVUNDUR	YEDİKIR	Holo-	SERİ					
								Alt Eosen	Orta Eosen	Üst Eosen	Miyo-Pliyosen	FORMASYON		
													Alt-Orta Eosen	Alt Eosen
Kretase	Üst Kretase	Kd	··	Pgç	Pga	Pgn	Pgo	Pgça	Ngy	Qal	10-50	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
				300-450	50-200	50-350	50-450	50-350	400-1000	10-50				Tutturulmamış blok-kil boyu malzeme
														UYUMSUZ DOKANAK
														Kumtaşı, silttaşı, kiltası ardalanması ve marn
														Kömür
														UYUMSUZ DOKANAK
														Aglomera, tüf, tüfit ardalanmalı volkano-sedimanter istif
														Yeşil renkli kiltası araseviyeli, kırmızı renkli kiltası, yer yer volkanik çakıllı
														Volkano-sedimanter arakatlı, andezitik-bazaltik lav akıntısı
														Kumtaşı ve kiltası ardalanması, taban seviyeleri bitümlü ve kömürlü
														Kömür
														Kumtaşı-silttaşı-kiltası ardalanması, mercekli konglomera ara seviyeli, bitümlü kiltası ve alt seviyede kömürlü
														Kömür
														UYUMSUZ DOKANAK
														Beyaz, gri renkli, ince-kalın tabakalı kireçtaşı

Şekil 1.3. Çalışma sahası stratigrafik kolon kesiti (Anonim, 2020'den değiştirilerek)



Şekil 1.4. Çalışma sahası kömürlü Çeltekk formasyonu ÖSK ve kaya-eval piroliz sonuçları. Vitrinit yansım (Ro) değerlerindeki mavi renkli daireler analizde ölçülemeyip hesaplanan ($R=0.018 \times T_{max} - 7.16$) değerlerdir. TOC: toplam organik karbon, HI: hidrojen indeksi, OI: oksijen indeksi, PI: üretim indeksi, GP: jenetik potansiyel/petrol potansiyeli, Tmax: maksimum sıcaklık, Ro: vitrinit/hüminite refleksiyon

1.1. Stratigrafi

Çalışma sahasımızda temel kaya olarak Üst Kretase Doğdu formasyonu yer almakta, bunun üzerine uyumsuz şekilde Alt Eosen Çeltekk formasyonu gelmekte, Çeltekk formasyonu üzerinde uyumlu olarak Alt-Orta Eosen Armutlu formasyonu bulunmakta, bu birim üzerinde Orta Eosen Narlı volkanikleri uyumlu dokanakla yer almakta, bu volkanikler üzerinde uyumlu olarak Üst Eosen Osmanoğlu formasyonu gelmekte, bu birim üzerinde uyumlu dokanakla Üst Eosen Çavundur formasyonu bulunmakta, bu birim üzerinde Pliyosen Yedikır formasyonu uyumsuz dokanaklı olarak yer almakta ve kendisinden yaşlı tüm formasyonlar üzerine uyumsuz dokanaklı Holosen alüvyonları gelmektedir.

1.1.1. Doğdu formasyonu (Kd)

Krem, gri, boz renkli kireçtaşlarından oluşan birim ilk kez Öztürk (1968) tarafından Ladik (Samsun) ilçesi çevresinde tanımlanmış adlandırılmıştır. Gümüşsu (1984) inceleme alanı yakın çevresinde yaptığı çalışmada formasyondan bulduğu bazı cephalopod fosillerine göre birime Geç Kretase yaşını vermiştir. Birim, inceleme alanında Suluova ilçesinin kuzeyinde dar yayılımlı olarak yüzlek verir (Şekil 1.2).

Doğdu formasyonu beyaz, gri renkli, ince-kalın tabakalı, bol çatlaklı ve çözünme boşluklu kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bazı seviyelerde çört yumru ve damarları (Koç, 2002) kapsamaktadır.

Doğdu formasyonunun alt dokanağı inceleme alanında görülmemekte, üst dokanağı ise Alt Eosen Çeltektek formasyonu, Alt-Orta Eosen Armutlu ve Pliyosen Yedikır formasyonları tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir (Şekil 1.2 ve 1.5).

Öztürk (1968) Ladik ilçesi çevresinde yaptığı çalışmada birime Malm-Erken Kretase yaşını vermiştir. Gümüşsu (1984) formasyondan derlediği cephalopod fosillerine göre birime Geç Kretase yaşını vermiştir. Koç (2002) de yaptığı çalışmada formasyona Geç Kretase yaşını vermiştir. Bu çalışmada da birime, önceki araştırmacıların bulgularına göre Geç Kretase yaşlı olarak değerlendirilmiştir.

Doğdu formasyonu kapsadığı fosil içeriğine göre derin denizel ortamda çökelmiştir.



Şekil 1.5. Çalışma sahasındaki birimlerin genel görünümü (Armutlu Köyü)

1.1.2. Çeltektek Formasyonu (Pgç)

Çakıltaşı, kumtaşı, kilitaşı, bitümlü şeyl ve kömürden yapıli birim ilk kez Blumenthal (1937) tarafından Çeltektek formasyonu adı altında tanımlanmış ve adlandırılmıştır. Formasyon Koç (2002) tarafından da aynı isimle çalışılmıştır. Bu çalışmada da birim Çeltektek formasyonu adı altında incelenmiştir. Çeltektek formasyonu inceleme alanında Suluova ilçesinin kuzeyinde, Çeltektek ve Armutlu Köyleri güneyinde, Çal Tepe batısında dar yayılımlı olarak yüzlek verir (Şekil 1.2).

Formasyon, altta çakıltası ve kumtaşı ardalanmasıyla başlar, üste doğru paralel laminalı, tabanında ekonomik kömür düzeyleri kapsayan gri, kirli beyaz renkli marn ve kilttaşları ile devam eder (Şekil 1.6). Formasyonun litolojilerinde bitki kök izleri, yaprak, balık ile omurgalı fosil kalıntıları gözlenmekte (Koç, 2002), daha üste doğru gri-açık gri renkli, merceksi çapraz tabakalı kumtaşlarına geçmektedir. Daha üstte ince-orta tabakalı ve kireçtaşı ara katkıları içeren ve bitki kırıntısı ile tatlı su gastropod fosilleri kapsayan silttaşı, kilttaşı, kumtaşı ardalanması (Koç, 2002) yer alır (Şekil 1.7). Bu birimin üstünde ise merceksel geometrili, orta-kötü boylanmalı, sıkı tutturulmuş, karbonat çimentolu, çapraz tabakalı, çakılları temel kayalardan türemiş çakıltaşları, bitki kırıntısı, kaliş ve demir yumruları ile yer yer ince kömür düzeyleri (Şekil 1.8) kapsayan, omurgalı hayvan fosil parçaları bulunduran kırmızı ve alacalı renklerdeki kilttaşı, silttaşı ardalanması yer almaktadır (Koç, 2002).

Çeltek formasyonu alttan Geç Kretase yaşlı Doğdu formasyonu üzerine açılı uyumsuz olarak gelirken, üstten Erken-Orta Eosen yaşlı Armutlu formasyonu tarafından uyumlu ve Pliyosen yaşlı Yedikır formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür.

Genç ve diğ. (1991), Çeltek Formasyonu içinden derledikleri büyük omurgalı fosillerine göre birime Erken Eosen yaşı vermişlerdir. Bu çalışmada da Çeltek formasyonunun yaşı Erken Eosen olarak değerlendirilmiştir.

Çeltek formasyonu sığ denizel-delta geçiş ve tatlı sulu gölsel ortamda çökelmiştir.



Şekil 1.6. Çeltek Formasyonuna ait silttaşı-şeyl-çamurtaşı ardalanması (Eski Çeltek işletmesi)



Şekil 1.7. Çeltekk Formasyonuna ait kireçtaşı ve kumtaşı ara seviyeli, silttaşı-şeyl-çamurtaşı ardalanması (Eski Çeltekk işletmesi)



Şekil 1.8. Çeltekk Formasyonuna ait ince katmanlı kömürler (Eski Çeltekk işletmesi)

1.1.1. Armutlu formasyonu (Pga)

Kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı ardalanmasından ve volkaniklerden oluşan birim ilk kez Blumenthal (1937) tarafından Armutlu formasyonu adı altında tanımlanmış ve adlandırılmıştır. Bu çalışmada da birim Armutlu formasyonu adı

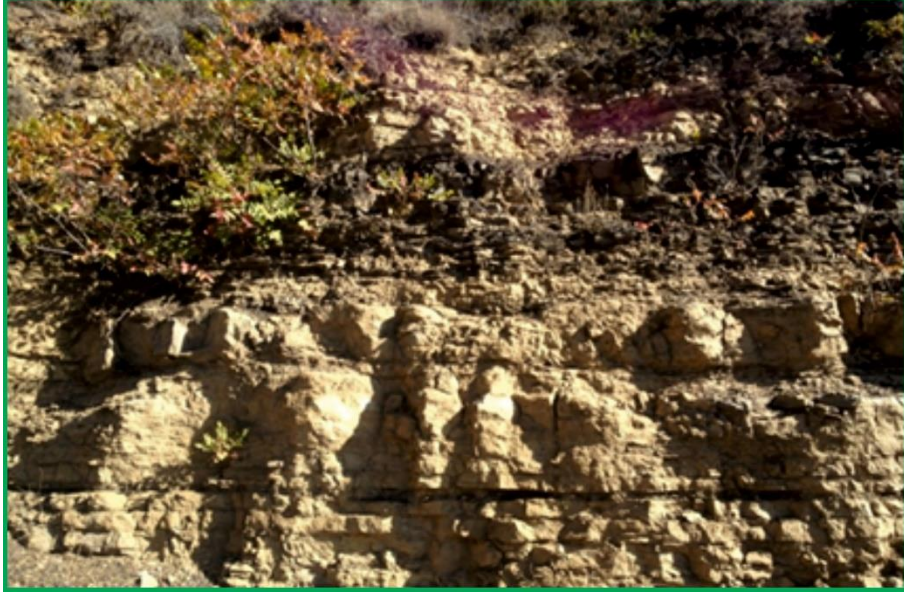
altında incelenmiştir. Formasyonu çalışma sahasında Armutlu Köyü ve çevresinde geniş yayılımı olarak yüzlek verir (Şekil 1.2).

Formasyonun tabanda gri, yeşil renkli kilitaşı ve marnlardan oluşmakta, bazı seviyelerde tabakalanma, bitki izi, nummulid, bivalv gibi fosiller (Koç, 2002) gözlenir. Birim üste doğru kirli sarı renkli silttaşı ve kumtaşılarına geçiş gösterir ve bazı seviyelerde de ardalanma sunarlar. Formasyonun egemen litolojilerinden kirli sarı, kirli kahve renkli kumtaşıları (Şekil 1.9), ince-kalın tabakalanmalı, normal derecelenmeli, paralel ve konvolüt laminalanmalı olup, tabanlarında büyük ve küçük ölçekli taban yapıları (Koç, 2002) kapsarlar. Bu kumtaşılarında bol miktarda nummulid, ekinoderm, bivalv, mercan fosilleri ve bitki izleri gözlenir ve kapsadığı bitki kırıntıları yönlenme sunar ve kumtaşılarının tabanları keskin dokanaklı, üst düzeyleri çoğunlukla geçişli olup, tabanlarında büyük ölçekli oygu-dolgu yapıları (Koç, 2002) görölmektedir. Bu kumtaşıları, bazı seviyelerde karbonat oranının artmasıyla kumlu kireçtaşılarına geçiş gösterirler ve bazı seviyelerde de marn, kilitaşı ve silttaşı ara katkıları (Koç, 2002) kapsarlar.

Armutlu formasyonu, alt dokanağında Geç Kretase yaşı Doğdu formasyonu ile açılı uyumsuz iken Erken Eosen yaşı Çelte formasyonu ile uyumlu dokanaklı olup, üstten Pliyosen yaşı Yedikır formasyonu ile uyumsuz dokanaklıdır.

Armutlu formasyonunun kapsadığı bentik ve planktik foraminifer fosillerine göre Genç ve diğ. (1991) tarafından birime Orta Eosen yaşı verilmiş; Koç (2002) tarafından ise birimden derlediği bentik foraminifer fosillerine göre Erken-Orta Eosen yaşı verilmiştir. Bu çalışmada da Armutlu formasyonu Erken-Orta Eosen yaşı olarak değerlendirilmiştir.

Armutlu formasyonu kapsadığı bentik foraminiferlere göre sığ denizel ortamda depolanmıştır.



Şekil 1.9. Armutlu formasyonuna ait kumtaşları ve ardalanmalı olduğu kilaşları (Armutlu Köyü)

1.1.2. Narlı volkanikleri (Pgn)

Andezit, dasit, bazalt, aglomera, tüf ve tüfitlerden oluşan birim, Taşçı ve diğ. (1983) tarafından ilk kez Narlı volkanikleri adı altında tanımlanmış ve adlandırılmıştır. Bu çalışmada da bu adlama benimsenmiştir. Birim inceleme alanında Armutlu ve Çeltekköylerinin kuzey ve batısında geniş yayılımlı olarak yüzlek verir (Şekil 1.2).

Andezit, dasit, bazalt, aglomera, tüf ve tüfitlerden oluşan birim (Şekil 1.10), bazı seviyelerde kırıntılar (çamurtaşı ve kumtaşı) içerir ve yer yer de bu kırıntılarla ardalanma sunarlar (Taşçı ve diğ.,1983). Narlı volkanikleri inceleme alanında gri, pembe, kırmızı ve mavi renkli olarak gözlenirler. Ayrıca Narlı volkanikleri ile ardalanmalı kırıntılar içinde kömürlü düzeylerde gözlenmektedir.

Narlı volkanikleri inceleme alanında, alt dokanağında Erken-Orta Eosen yaşlı Armutlu formasyonu ile uyumlu dokanaklı, üst dokanağında ise Geç Eosen yaşlı Osmanoğlu ve Çavundur formasyonlarıyla uyumlu, Yedikır formasyonu ile uyumsuz sınırlıdır.

Narlı volkanitleri içinde gözlenen kömürlü birimlerden saptanan palinoloji örneklerine göre birime Taşçı ve diğ. (1983) tarafından Orta Eosen yaşı verilmiştir. Bu çalışmada da Orta Eosen yaşı benimsenmiştir.

Eosen denizinin dolmasına ve gerilemesine sebep olan Narlı volkanikleri, kısmen karasal ortamda, kısmen de denizel ortamda çökelmiştir.



Şekil 1.10. Narlı volkaniklerine ait genel bir görünüm (Çeltek Köyü batısı)

1.1.3. Osmanoğlu Formasyonu (Pgo)

Kalker tüfü (tüfa) ve kırıntılı kayalardan (sedimanter breş, konglomera ve kumtaşı) oluşan birim ilk kez Gümüşi (1984) tarafından tanımlanmış ve adlandırılmıştır. Osmanoğlu formasyonu Yeniçeltek Köyü batısı, Bayat ve Kayadüzü beldeleri çevresinde geniş yayılımlı olarak yüzlek verir (Şekil 1.2).

Osmanoğlu formasyonun litolojilerini kalker tüfü ve kırıntılı kayalar oluşturur (Şekil 1.11). Bu kırıntılılar ise sedimanter breş, konglomera ve kumtaşıdır. Formasyonun egemen rengi kırmızı, kahve, sarı olup demir oksitle (hematit) ve demir oksihidroksit (limonit) tarafından oluşturulmuştur (Gümüşi, 1984). Formasyonun kırıntılı bileşenlerinde kaba tabakalanma görülmekte ve breşin taneleri kuvars, feldispat ve silisleşmiş kayaç parçalarından ibarettir (Gümüşi, 1984). Konglomeraların tanelerini kuvars, silisleşmiş-karbonatlaşmış kayaç parçaları, volkanik kayaç parçaları ve çörtler oluşturmaktadır (Gümüşi, 1984). Kalsit çimento ile tutturulmuş olan bu çakıllar genellikle kötü boylanmalıdır. “Kumtaşlarının bileşenlerini kuvars, feldispat ve silisleşmiş kayaç parçacıkları oluşturmakta ve kalsit çimento ile tutturulmuştur (Gümüşi, 1984).

Osmanoğlu formasyonu alt dokanağında Orta Eosen yaşlı Narlı volkanikleri ile uyumlu dokanaklı olup, üst dokanağında Geç Eosen yaşlı Çavundur formasyonu ile uyumlu, Pliyosen yaşlı Yedikır formasyonu ile uyumsuz sınırlıdır.

Osmanoğlu formasyonu içerisinde herhangi bir fosil bulunamamış ve GümüŖsu (1984) tarafından birimin yaşı stratigrafik konumuna göre Geç Eosen olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmada da Geç Eosen olarak benimsenmiştir.

Osmanoğlu formasyonu litolojik özelliklerine göre karasal (flüvyal) ortamda çökelmiştir.



Şekil 1.11. Osmanoğlu formasyonuna ait genel bir görünüm

1.1.4. Çavundur formasyonu (Pgça)

Aglomera ve tüften oluşan istif ilk kez Anonim (2020) tarafından tanımlanmış ve adlandırılmıştır. Birim inceleme alanında Kolaylı Tepe ve Çavundur Köyü kuzeyinde geniş yayılımlı olarak yer alır (Şekil 1.2).

Aglomera ve tuf şeklinde gözlenen volkano-sedimanter bir istif özelliği gösterir. Volkanik kayaların değişik boyutta tane ve çakılları, birbirine açık gri, bej, pembe renkli tüflerle tutturulmuş olup, lav akıntıları ile ardalanma sunarlar (Anonim, 2020). Bazı seviyelerde kumtaşı mercekleri içerir.

Çavundur formasyonu alt dokanağında Geç Eosen yaşlı Osmanoğlu formasyonu üzerine uyumlu dokanakla gelir, üstten ise Pliyosen yaşlı Yedikır formasyonu tarafından uyumsuz sınırla örtülür (Şekil 1.2 ve 1.3).

Çavundur formasyonunun yaşı stratigrafik konumuna göre değerlendirilmiş olup, Geç Eosen yaşlı Osmanoğlu formasyonu ile uyumlu sınırlı olması ve Pliyosen yaşlı Yedikır formasyonu ile uyumsuz sınırlı olmasından dolayı Geç Eosen yaşlı olarak nitelendirilmiştir.

Çavundur formasyonu litolojik özelliklerine göre yörede gelişen Geç Eosen volkanizmasına bağlı olarak karasal ortamda oluşmuştur (Anonim, 2020).

1.1.5. Yedikır Formasyonu (Ngy)

Kumtaşı, silttaşı ve marnlardan oluşan birim ilk kez Özdemir ve Pekmezci (1983) tarafından Yedikır formasyonu adı altında tanımlanmış ve adlandırılmıştır. Formasyon inceleme alanının en geniş yayılımlı birimi olup, Çeltek Köyü kuzeydoğusu, doğu ve güneydoğusunda, Armutlu Köyü doğu ve güneydoğusunda, Suluova ilçesi kuzey, doğu ve batısında, Sarıcevizler ve Çayırköy çevrelerinde mostra vermektedir (Şekil 1.2).

Kırmızı, sarı renkli kumtaşı, silttaşı (Şekil 1.12) ve marnlardan oluşan formasyonda yeşil, açık yeşil renkli kiltası ve marn düzeyleri, bazı seviyelerde kumlu, ince tabakalı, laminalı olarak (Özdemir ve Pekmezci, 1983) gözlenirler. Yedikır formasyonunu oluşturan litolojiler kısa mesafelerde değişiklikler sunmaktadırlar.

Yedikır formasyonu kendisinden yaşı tüm birimler üzerine uyumsuz sınırlı olarak gelmektedir. Formasyon üstten Holosen yaşı alüvyonlar tarafından uyumsuz olarak örtülmüştür.

Yedikır formasyonunun yaşı Gümüşi (1984) tarafından stratigrafik konumuna göre Pliyosen olarak verilmiştir. Bu çalışmada da Pliyosen yaşı benimsenmiştir.

Yedikır formasyonu litolojik özelliklerine göre karasal (flüvyal) ortamda çökelmiştir.



Şekil 1.12. Yedikır formasyonuna ait genel bir görünüm (Çayırköy kuzeyi).

1.1.6. Alüvyon (Qal)

Akarsu yatakları vasıtasıyla sel sularının getirdiği ve içinde biriktirdiği mevsimsel sedimentlerden oluşan; alüvyal kanal, taşkın ovası ve yelpaze çökelleriyle temsil edilirler. Tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kil boyutlu malzemeden oluşurlar. Holosen yaşlı bu kırıntılar, Holosen öncesi oluşan tüm kayaları uyumsuz olarak örterler (Şekil 1.2).



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Literatürde Türkiye genelindeki ve çalışma alanındaki formasyonlar ve kapsadıkları kömürleşmeler daha önce birçok araştırmacı tarafından çalışılmış olmasına rağmen hala çeşitli tutarsızlıklar bulunmaktadır.

Göynük-Bolu çevresindeki incelemelerinde Taka ve Şener (1988), çalıştıkları alanda yüzeyleyen en yaşlı birimin Maestrihtiyen yaşlı Seben formasyonu olduğunu, bunun üzerine uyumlu olarak sırasıyla Maestrihtiyen yaşlı Taraklı formasyonu, Paleosen yaşlı Selvipınar kireçtaşı ve Ağsaklar formasyonunun geldiğini, bitümlü şeyl ve linyit içeren Orta Miyosen yaşlı Himmetoğlu formasyonunun ise Ağsaklar formasyonu üzerine açısal uyumsuzlukla geldiğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, Himmetoğlu sahasında linyitin üzerine gelen bitümlü şeyl zonunu farketmişler ve karot numuneleri üzerinde yapılan analizlerde sahadaki bitümlü şeyllerin ısı değeri, yer yer 5456 kcal/kg kadar çıktığını belirlemekle birlikte ortalama 1390 kcal/kg ısı değeri olduğunu, ortalama kül oranının %63,08; su oranının %0,67-11,96; yoğunluğunun 2,12 gr/cm³ ve bitüm oranının %10 olduğunu saptamışlardır. Araştırmacılar, sahada görünür 23.375.661 ton bitümlü şeyl rezervi bulunduğunu ve sahanın açık işletmeye elverişli olup, halen linyit üretimi yapıldığını da vurgulamışlardır.

Sorgun (Yozgat) çevresindeki çalışmalarında Yalçın ve diğ. (1997), Eosen havzasının, kuzeyde ofiyolitik dizi, güneyde granitoidler ile sınırlandırıldığını, gölsel Çeltekk formasyonunun kumtaşı, ender olarak marn ve kireçtaşı bantları ile kıltaşı arakatkıları içeren kömür, kumtaşı arakatkılı bitümlü şeyl, mercekli kumtaşı-çamurtaşı ardalanmasından kurulu dört fasiyesten oluştuğunu, Çekerek formasyonunun altta marn, üstte kumlu marnlar/kıltaşları ve kumtaşı bantları ile ardalanmalı konglomera fasiyesinden oluştuğunu ve istifin en üst kesiminin trioktahedral smektit ve klinoptilolit içeren volkanojenik ürünlerden yapıldığını ifade etmiştir. Araştırmacılar, “Çeltekk formasyonunun bolluk sırasına göre fillosilikat (başlıca kaolinit; tali illit, klorit ve smektit), kuvars, feldispat, opal-CT, pirit, kalsit ve eser miktarda dolomit içerdiğini, opal-CT ve piritin kömürlü zonun karakteristik mineralleri iken, bu zonda feldispat ve smektitin bulunmadığını, Çekerek formasyonu ile karşılaştırıldığında, Çeltekk formasyonunda geçiş metallerinden Pb hariç Fe, Mn, Cr, Ni, Co ve Cu’nun, yüksek değerlikli elementlerden Ti, Nb ve Zr’un konsantrasyonlarının düşük, iri katyon yarıçaplı litofil elementlerden K, Rb, Ba, Sr ve Ga’un konsantrasyonlarının ise yüksek olduğunu ifade etmişlerdir”.

Erken-Orta Jura kömürlerinin, kömürlü şeyllerin bölgesel jeolojisi, çökelme ortamı ve organik maddesinin olgunluğu, Doğu Pontidler'den şeyl ve kıltaşı, KD Türkiye konulu çalışmalarında Mann ve diğ. (1998), Türkiye'nin kuzeydoğusundaki Doğu Pontidlerden Jura kömürleri, kömürlü şeyller, şeyller ve kıltaşları, katajenetik aşamalarını belirlemek, organik madde bileşimini ortaya çıkarmak ve çökelme ortamını tartışmak için mikroskobik, petrofiziksel ve ayrıntılı organik jeokimyasal yöntemler kullanılarak incelediklerini, Doğu Pontidler'deki Liyas-Dogger döneminin, çok değişken litoloji ve fasiyeslere sahip kaya birimleri ile sonuçlanan bir rift sisteminin varlığı ile karakterize edildiğini söylemişlerdir. Araştırmacılar, birkaç santimetreden birkaç desimetreye kadar değişen ve şeyl, kıltaşı, kumtaşları ile ara katkılı kömür damarlarının, rift çökeltilerinin taban kısmında (Aggi formasyonu) olduğu kadar en üst kısmında (Hamurkesen formasyonu) da bulunduğunu, araştırılan tüm kömür damarlarının, düşük uçucu bitümlü seviyelere kadar alt-bitümlü B'ye karşılık gelen katajenetik olgunlaşma aşamasında olduğunu, bunların, heterotrofik bakteriler tarafından yüksek bitki döküntüsünün yoğun aerobik yeniden işlenmesiyle, ancak daha derin seviyelerde olası anaerobik mikro ortamlarla kısa ömürlü bataklık alanlarının çökelme ortamını temsil ettiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, en azından bazı kömür damarlarının geçici olarak denizel girişlerden etkilendiğini, örneklerin çoğunun, hidrojen içeriklerinin geniş aralığı ile gösterildiği gibi, oldukça değişken kimyasal bileşimlere sahip saf olmayan hümik kömürler olduğunu, hidrojen içeriğindeki bu değişikliğin, kısmen algal materyalin değişken katkılarına atfedildiğini, diğer taraftan, birkaç analitik sonucun göz önüne alındığında, hidrojen varyasyonu, öncelikle, organik maddenin bileşimini değişken ölçüde etkileyen ve özellikle bakteriyel lipidlerin zenginleşmesiyle sonuçlanan bakteriyel yeniden işlemeden kaynaklandığını, turba bataklığının üst tabakasındaki aktif bir mikrobiyal topluluk tarafından bakteriyel yeniden işleme gerçekleştiğini vurgulamışlardır.

Suluova (Amasya) çevresindeki çalışmalarında Koç ve Türkmen (2002), Amasya ili Suluova ilçesinin kuzeyinde yer alan kömürlü Eosen çökellerinin sedimantolojik özellikleri inceleyerek Geç Kretase yaşlı Doğdu formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen Eosen yaşlı tortul istifin alttan üste doğru; Çelteç formasyonu, Armutlu formasyonu ve Osmanoğlu formasyonundan oluştuğunu, bu istifin Pliyosen çökelleri tarafından uyumsuz olarak örtüldüğünü, Çelteç ve Armutlu formasyonlarında 9 fasiyes ve 6 fasiyes topluluğu belirlendiğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, delta düzlüğü, delta önü, lagün, kıyı yüzü, kıyı ilerisi-geçiş, kıyı ilerisi ortam çökellerini belirlemiş, Çelteç

formasyonunda bulunan kömür damarlarının delta düzlüğündeki göl ve bataklıklarda, Armutlu formasyonuna ait kömürlerin ise lagünde oluştuğunu vurgulamışlardır.

Armutlu (Suluova-Amasya) çevresindeki çalışmasında Sarı (2008), Armutlu Linyit Kömürü sahasının rezervinin hesaplanması ve ekonomik öneminin ortaya konulması amacıyla sahadan numuneler topladığını, bölgenin tektonik jeolojik yapısını araştırıp kömür ve linyit kömürünün özelliklerini incelediğini söylemiştir. Araştırmacı, yörede yapılan sondaj verilerinden yararlanarak, Armutlu kömür sahasının linyit rezervini belirlediğini ve linyit kömürünün ekonomik önemini saptamak için sahanın belirli kesimlerinden 70 adet numune aldığını, bunlardan kimyasal yapıp ısı değerlerini belirlediğini vurgulamıştır. Araştırmacı, Armutlu kömür işletmesinin rezervinin 18.129.485 ton linyit kömürü olduğunu belirtmiştir.

Kangal kömürleri (Sivas) çevresindeki çalışmasında Yalçın-Erik (2010), Sivas Havzası'nın güneyinde bulunan Hamal, Etyemez ve Kalburçayırı kömür alanlarında, limnik çökeltme ortamında gelişen Kangal kömür alanındaki kömürlerde organik jeokimyasal bir çalışma yapmıştır. Araştırmacı, Kalburçayırı çevresinde kalınlıklarının yaklaşık 10 m olduğu iki kömür damarının açık işletme yöntemiyle işletildiğini ve yakınındaki Kangal Termik santralinde bu kömürlerin kullanıldığını ifade etmiş, Kangal Havzası'nda Jura-Kretase ile Eosen yaşlı kayaçların havzanın temel birimlerini oluşturduğunu belirtmiştir. Yalçın-Erik (2010), Kalburçayırı formasyonunun silttaşı, kiltası, tuf ve marnlarla aralanmalı iki kömür damarı içerdiğini, Bicir formasyonunun ise marn ve killi kireçtaşlarından yapıldığını ve Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanikler ile Kuvaterner yaşlı alüvyonların incelediği alanda yüzeyleyen en genç birimler olduğunu söylemiştir. Yalçın Erik (2010), Kangal Havzası kömürlerinden derlediği organik jeokimyasal verilere dayanarak, kömürlerin limnik ortamda çökeldiğini, biyomarker bileşenlerinin kömür oluşumunu sağlayan bitkilerin büyük oranda angiosperm, az oranda da gymnospermeleri temsil ettiğini vurgulamıştır.

Sinanpaşa (Afyon) Miyosen kömürlerinin petrografik ve palinolojik incelemeleri konulu çalışmasında Akıska (2018), Sinanpaşa (Afyon) Neojen havzasının iki bölgesinden (güneyde Kırka bölgesi ve kuzeyde Karacaören bölgesi) alınan kömür örneklerinin petrografik ve palinolojik analizlerinin yapıldığını, kömürlü Neojen çökellerinin paleosol, matriks destekli konglomera, kömürlü çamurtaşı, kumtaşı-kiltası ve laminallı çamurtaşları şeklinde beş fasiyesin varlığını gösterdiğini, kömür tabakalarının esas olarak kömür içeren çamurtaşı fasiyesleri içerisinde bulunduğunu, ayrıca, matriks destekli konglomera ve kumtaşı-kiltası fasiyeslerinde çeşitli tipte kömürleşmiş

materyallerin bulunduğunu ve kömür petrografisine dayalı olarak kömür oluşturan ortamın yorumunun yapıldığını ifade etmiştir. Araştırmacı ayrıca, incelenen kömürlerin ağırlıklı olarak hüminit maseral grubu içerdiğini, yansıma değerlerinden (R_{max}), bu kömürlerin sıralamada alt bitümlü ve limnik ortamlarla ilişkili bataklık bölgelerde çökelmiş olarak sınıflandırılabilceğini, palinolojik verilerin, incelenen tüm kömürlü birimlerin Orta Miyosen yaşlı olduğunu gösterdiğini belirtmiştir.

Kömürde turba çökelme ortamlarının tanınması: bir inceleme konulu çalışmalarında Dai ve diğ. (2020), turba depolanma ortamlarının, turbanın biriktiği ortamlar ve koşulların, ortaya çıkan kömürün fiziksel özelliklerinin, kimyasal bileşiminin ve kömür kullanım tarzının önemli ölçüde etkilediğini, kömür için turba çökelme ortamlarının tanınmasının zorlu bir çaba olduğunu, çünkü kömürün gözlemlenen bileşimsel özelliklerinin sadece turba birikimi sırasında işleyen çeşitli jeolojik süreçlerin bir sonucu olmadığını, aynı zamanda komşu veya dış depozisyonel sedimanter ortamların etkisini ve daha sonraki diyajenez ve/veya epigenez değişim sürecindeki etkiyi de yansıttığını söylemişlerdir. Dai ve diğ. (2020), herhangi bir turba tabakasının maseral veya mikrolitotip bileşimi, simbiyotige ek olarak köklerin, yıllarca veya on yıllarca bitki büyümesinin, ölümünün, çürümesinin ve gömülme sonrası filtrelenmesine ek olarak, eklembacaklılar, mantarlar ve bakteriler gibi bitki dışı biyota ile karşılıklı, parazitik ve saprofitik ilişkilerinin ürünü olabileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, ortaya çıkan kömür üzerinde zamanla artan termal olgunlaşma ve sıvı göçünün üst baskısıyla, bu ilişkilerin tanınmasını zorlaştırabileceğini, bu nedenle, yalnızca maseral bileşimi temel alan yayınlanmış modellerin büyük bir dikkatle kullanılması gerektiğini de vurgulamışlardır.

Kömürün kimyası ve jeolojisi: doğası, bileşimi, koklaşma, gazlaştırma, sıvılaştırma, kimyasal üretimi, oluşumu, turbalaşma, kömürleştirme, kömür türleri ve aşamaları konulu araştırmalarında Jovanovski ve diğ. (2023), en karmaşık doğal (jeolojik) malzeme, aynı zamanda sanayi devriminin atası ve dünyadaki en önemli ısı ve elektrik kaynağı olan kömürün, bilim insanlarının ve tüm dünya nüfusunun özel ilgisini çektiğini ve çekmeye de devam ettiğini belirtmiştir. Araştırmacılar, bu makalenin hem kimya ve jeoloji öğrencilerine hem de kömür kimyası ve jeolojisi çalışanlarına sağlam bir kömür kimyası ve jeolojisi altyapısını sağlayacağını vurgulamışlardır. Araştırmacılar çalışmalarında, kömürün doğasının, bileşiminin, koklaştırılmasının, gazlaştırılmasının, sıvılaştırılmasının ve kimyasalların üretimi dahil olmak üzere kömür kimyasının çeşitli yönlerini ele aldıklarını ifade etmişlerdir. Araştırmacılar kömür jeolojisinin, kömür

oluşumunun ana dönemlerinin yanı sıra, turbalaşma, kömürleşme ve kömürleşmenin kimyasal süreçleri, kömür türleri ve özellikleri, kömür litotipleri ve kömürleşme aşamaları ile ilgili olduğunu; bu konuların her birinin kendi başına önemli bir konu olduğunu ve yaptıkları bu çalışmanın kömürün jeolojisi ve kimyası arasındaki ilişkiyi vurgulayarak, her birine kısa bir genel bakış yaptıklarını ifade etmişlerdir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

İnceleme alanındaki Çeltek formasyonunun litolojileri (kilaşı ve alt seviyede rastlanılan kömür) çalışmanın materyalini oluşturmaktadır (Şekil 2 ve 3). Çeltek formasyonunun istifinin yüzlek verdiği lokasyondan bir adet ölçülü stratigrafi kesiti alınarak, kesit boyunca toplam 5.40 metre kalınlıktaki istiftten 10 adet örnek toplanmış, formasyonun litolojilerinden ve kömür ile bitümlü seviyelerden fotoğraflar çekilmiştir.

Tez kapsamında, Suluova Çeltek Köyü (Amasya) yöresinde yapılmış olan genel jeolojik ve hidrokarbon amaçlı çalışmalarla ilgili detaylı bir literatür taraması yapılarak, önceki araştırmalar toplanmıştır. Böylece bölgenin Jeolojisi hakkında bilgi edinilmiş ve arazi çalışması yapılmıştır.

İnceleme alanı ve çevresini kapsayan ayrıntılı jeolojik harita ve stratigrafi çalışmaları Anonim (2020)'den değiştirilerek alınmıştır. Dolayısıyla, Çeltek formasyonunun jeokimyasal incelemesine yönelik tez çalışması, mevcut jeolojik çalışmalar üzerine kombine edilmiştir. Arazi çalışması sırasında yapılan en önemli faaliyet tezin amacına uygun olarak Çeltek formasyonuna ait birimleri tabandan tavana kat edecek birkaç adet ölçülü kesit hattının seçilmesi ve uygun seviyelerden örneklerin alınmasıdır. Bu bağlamda, seçilen bir kesit hattı boyunca tabandan tavana doğru sistematik olarak 10 adet numune toplanmıştır.

Sahadan toplanan üç adet kilaşı örneğinin mineralojik parajenezlerinin belirlenmesi için XRD standart kil patern çekimleri Türkiye Petrolleri Anonim ortaklığı Ar-Ge Merkezi laboratuvarında yaptırılmıştır. Numuneler Retsch RS-200 halkalı öğütücüde öğütülmüş ve hidroklorik asit yardımıyla karbonatlardan arındırılmış ve örneklerdeki hidroklorik asit konsantrasyonu, saf su ile yıkanarak minimize edilmiş, steril örneklerden kil plaketi hazırlanmıştır. Hazırlanan kil plaketi; oda sıcaklığında kurutulmuş, etilen glikol buharı ile doyurulmuş (60 °C'de iki buçuk saat) ve fırınlanmış (550 °C'de iki buçuk saat) olarak üç farklı XRD kil mineral analizine tabi tutulmuştur.

Üç adet kömür örneğinden palinolojik olarak analiz (TPAO) yaptırılmış ve her üç örneğin de hem palinomorf içerikleri hem de organik madde içeriği belirlenmiştir.

Yedi örnekten kaya-eval piroliz analizi ve vitrinit refleksiyon analizi, seçilen üç adet örnek üzerinde özütleme analizi ve GC-MS analizi biyobelirteçlerin (biomarker) belirlenmesi, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı laboratuvarında yaptırılmıştır.

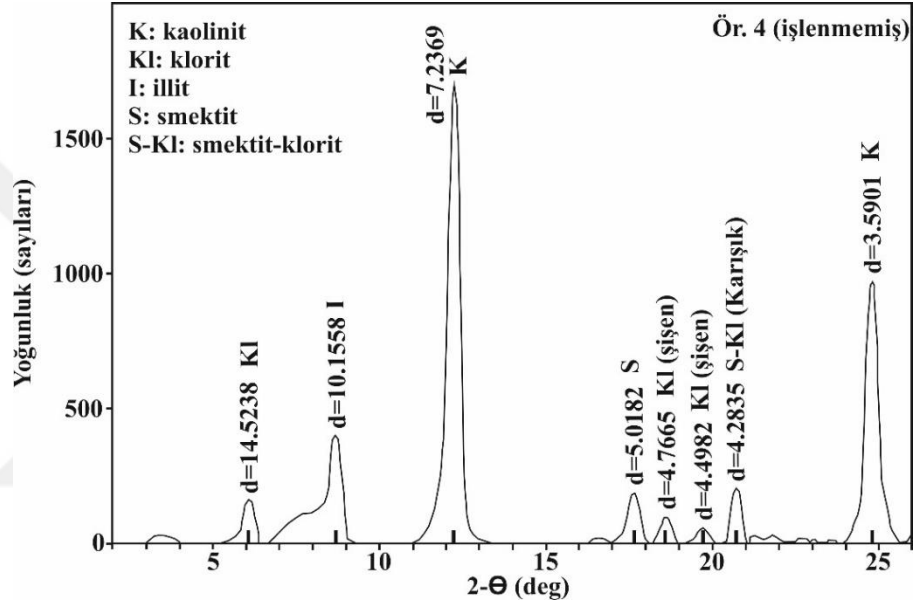
Çeltek formasyonuna ait saha, laboratuvar ve büro çalışmaları ile belirlenen tüm veriler, yüksek lisans tezi formatında yazılarak rapor haline getirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

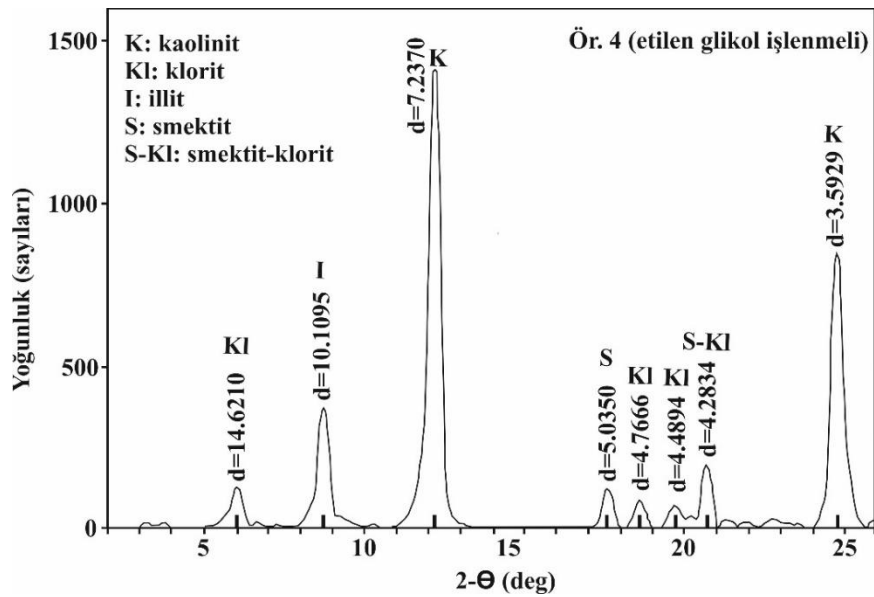
Çalışmamızın temelini oluşturan kömür ve kıltaşı ve kömürlü killerden toplanan numunelerden X-ışınları difraktograf (XRD), kaya-eval piroliz, vitrinit refleksiyon, palinolojik ve GC-MS (gaz kromatografisi kütle spektrometresi) analizleri yaptırılmış ve elde edilen veriler değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır (Şekil 4.1-9).

4.1. XRD Sonuçları ve Değerlendirmesi

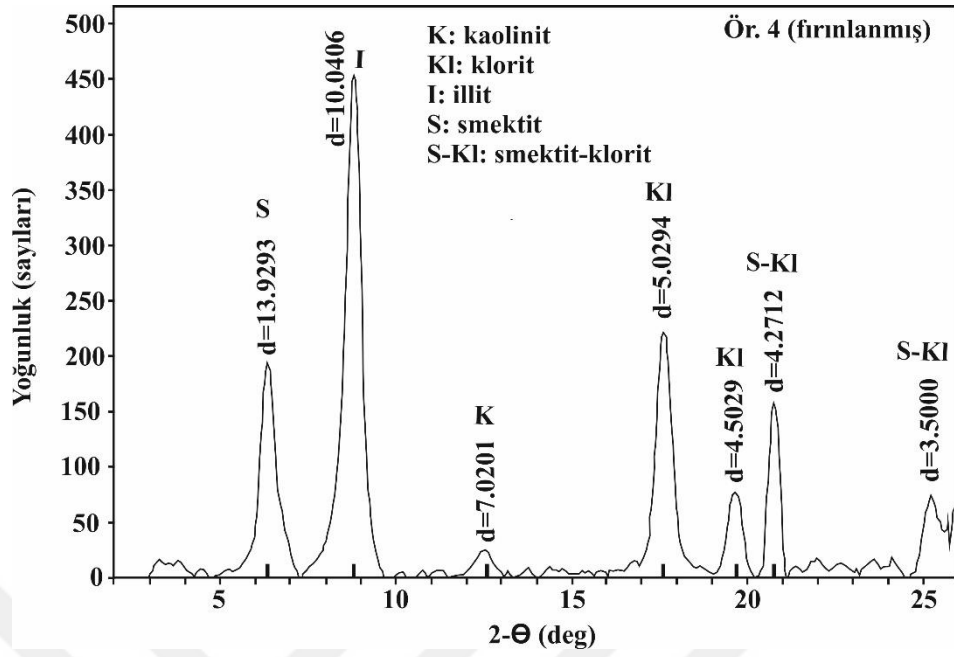
Çeltek formasyonuna ait 3 adet (nu: 1, 2 ve 4) kıltaşı örneğinin XRD çekimleri Şekil 4.1-9'da verilmiştir.



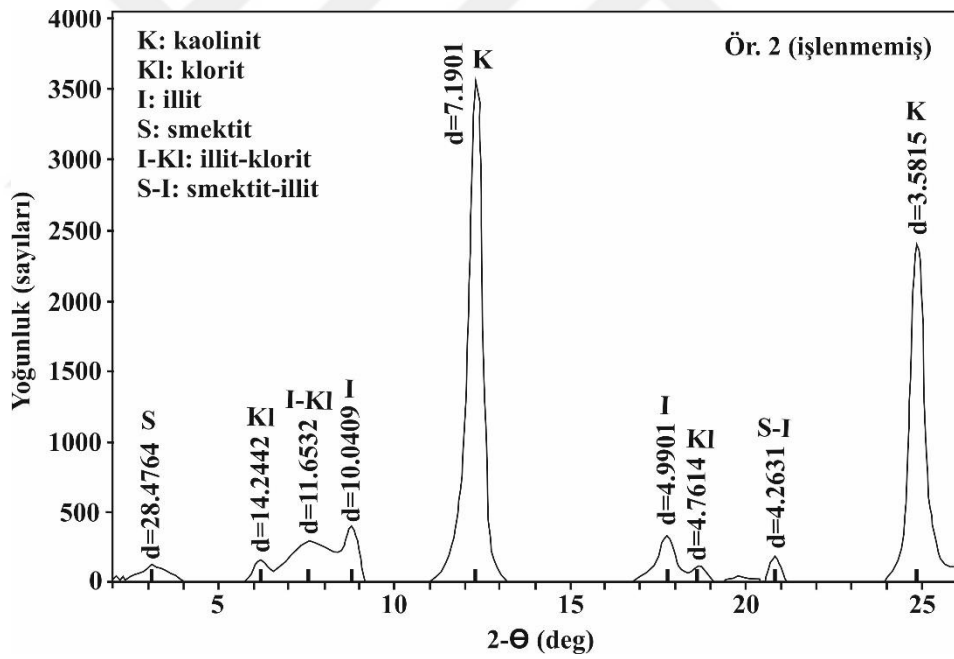
Şekil 4.1. Numune 4 kıltaşı örneğinin normal XRD-grafigi



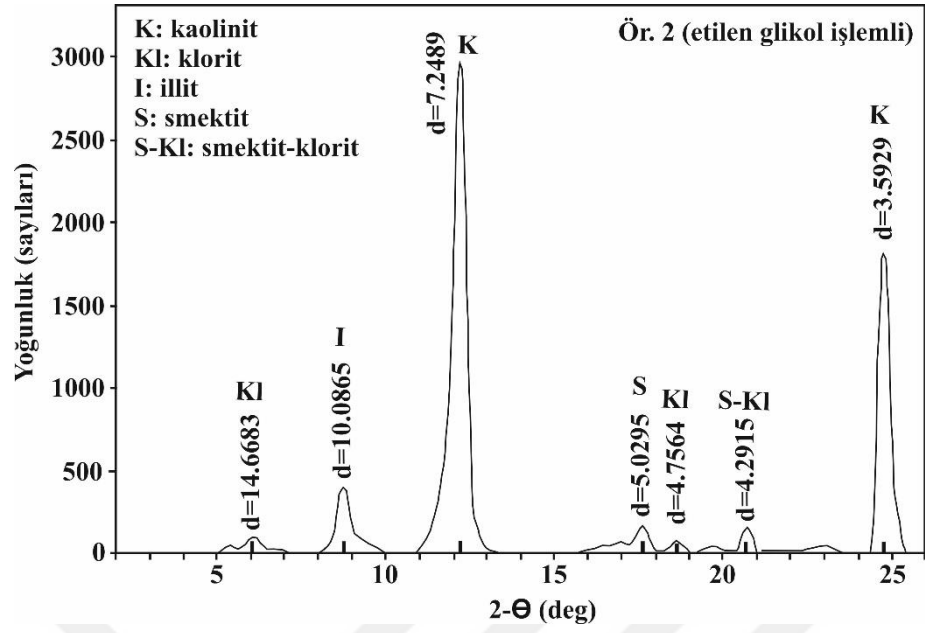
Şekil 4.2. Numune 4 kıltaşı örneğinin doyurulmuş XRD-grafigi



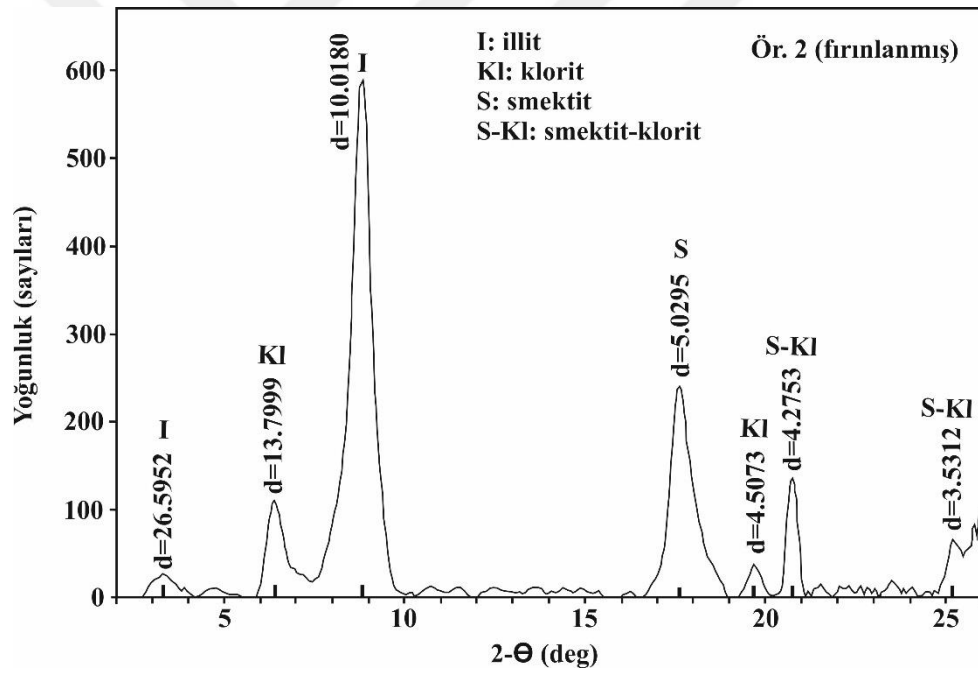
Şekil 4.3. Numune 4 kilaşı örneğinin fırınlanmış XRD-grafigi



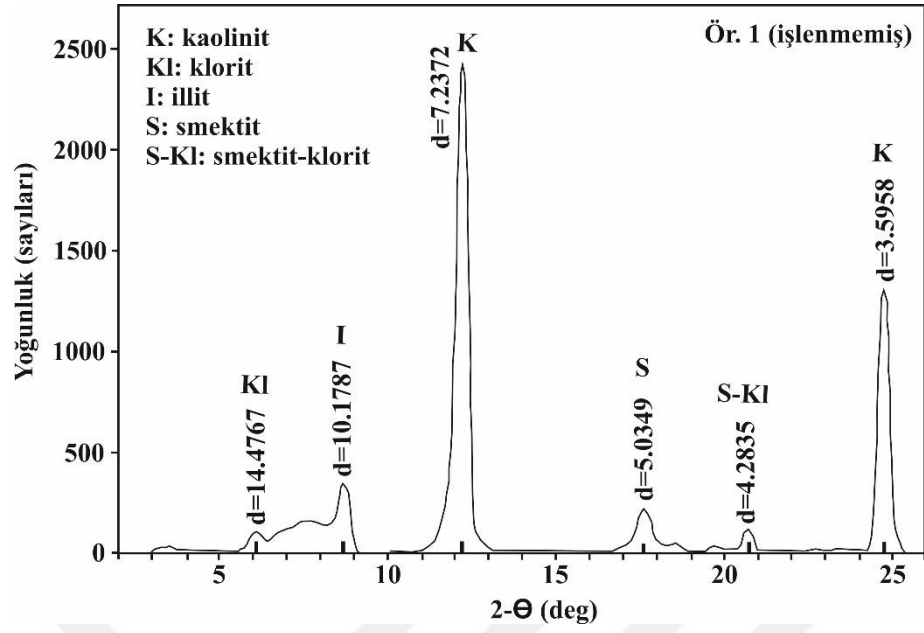
Şekil 4.4. Numune 2 killikömür örneğinin normal XRD-grafigi



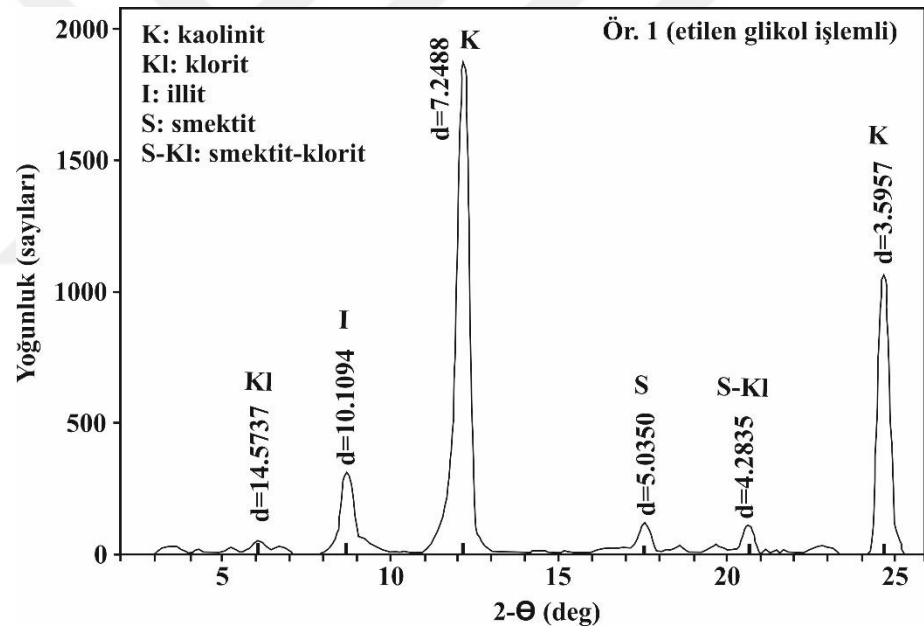
Şekil 4.5. Numune 2 killikömür örneğinin doyurulmuş XRD-grafiği



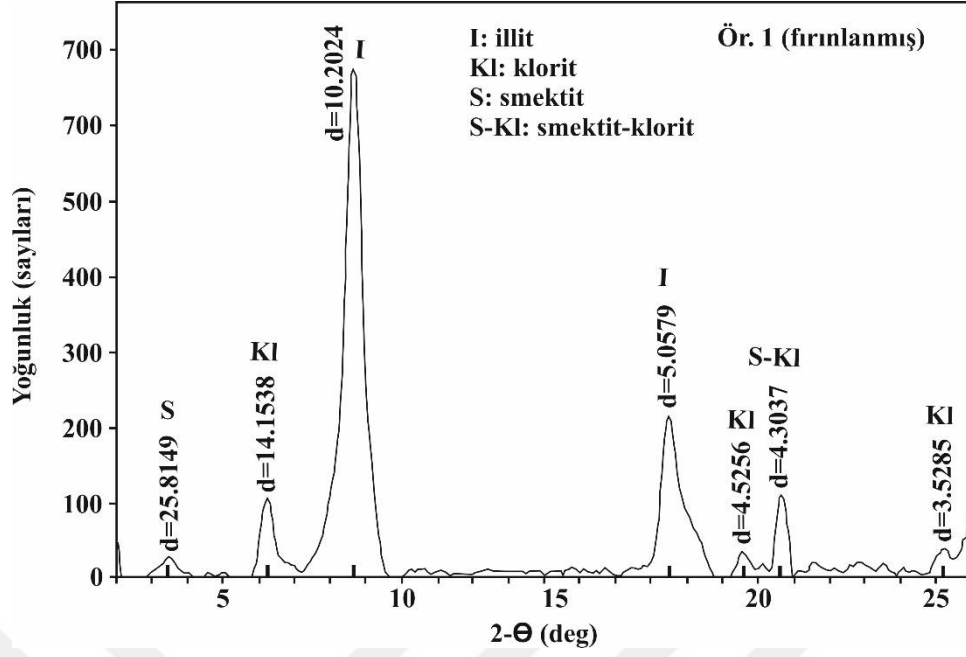
Şekil 4.6. Numune 2 killikömür örneğinin fırınlanmış XRD-grafiği



Şekil 4.7. Numune 1 kilaşı örneğinin normal XRD-grafigi



Şekil 4.8. Numune 1 kilaşı örneğinin doyurulmuş XRD-grafigi



Şekil 4.9. Numune 1 kilaşı örneğinin fırınlanmış XRD-grafigi

Bu analiz verilerine göre, numune 4 kilaşı örneğinin mineral topluluğu, kaolinit, klorit, illit, smektit, karışık kil (smektit-klorit) şeklinde (normal çekim); kaolinit, klorit, illit, smektit, karışık kil (smektit-klorit) şeklinde (doğurulmuş: etilen glikol); kaolinit, klorit, illit, smektit, karışık kil (smektit-klorit) şeklinde (fırınlanmış) oldukları gözlenmiştir (Şekil 4.1-3).

Numune 2 kilaşı örneğinin mineral topluluğu, kaolinit, klorit, illit, smektit, karışık kil (smektit-illit) ve (illit-klorit) şeklinde (normal çekim); kaolinit, klorit, illit, smektit, karışık kil (smektit-klorit) şeklinde (doğurulmuş: etilen glikol); klorit, illit, smektit, karışık kil (smektit-klorit) şeklinde (fırınlanmış) oldukları görülmüştür (Şekil 4.4-6).

Numune 1 kilaşı örneğinin mineral topluluğu, kaolinit, klorit, illit, smektit, karışık kil (smektit-klorit) şeklinde (normal çekim); kaolinit, klorit, illit, smektit, karışık kil (smektit-klorit) şeklinde (doğurulmuş: etilen glikol); klorit, illit, smektit, karışık kil (smektit-klorit) şeklinde (fırınlanmış) oldukları saptanmıştır (Şekil 4. 7-9).

Çeltek formasyonu kilaşı örneklerimizin XRD çekimlerine göre, her üç örnekte de normal ve etilen glikol grafiklerinde kaolinit egemen mineral olarak gözlenirken; fırınlanmış çekimlerde illit minerali egemen mineral olarak gözlenmektedir. Biz burada fırınlanmış çekimlerin yanıltıcı sonuçlar sergilediğini düşündüğümüzden, normal ve etilen glikol çekimlerinin yorumlamasının daha doğru olduğunu benimsedik. Dolayısıyla Çeltek formasyonu kilaşı örneklerinin mineral topluluğunun kaolinit, klorit, illit, smektit, karışık

kil (smektit-klorit)’den oluştuğunu ifade edebilmekteyiz. Çelték kiltaşlarında kaolinitin egemen olması, bu killerin muhtemelen felsik kayalardan sağlandığını işaret ederken, diğér kil minerallerinin (klorit, illit, smektit ve karışık kil) volkanik kayaların bozunmasından sağlanmış olabileceğini düşünmekteyiz.

4.2. Kaya-Eval Piroliz Sonuçları ve Değerlendirmesi

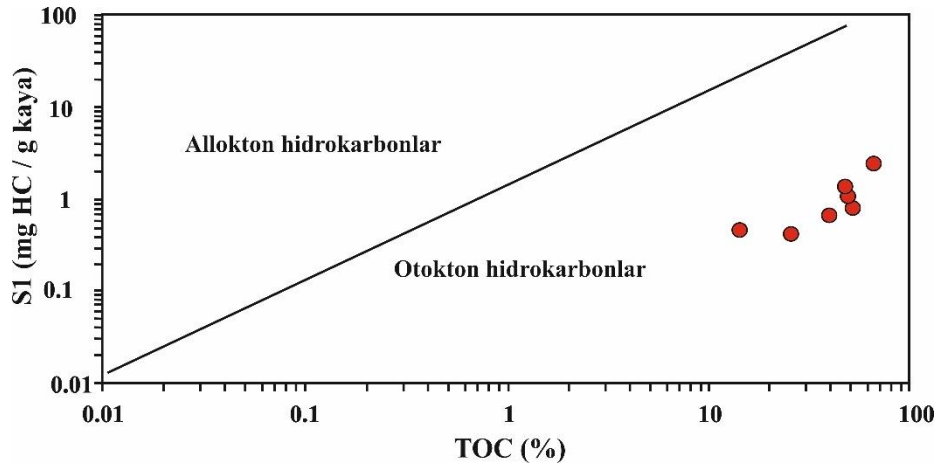
Çelték kömürlerinin piroliz sonuçları Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Çelték formasyonu kömürlerinin piroliz (kaya-eval) sonuçları (* hesaplanan değerler)

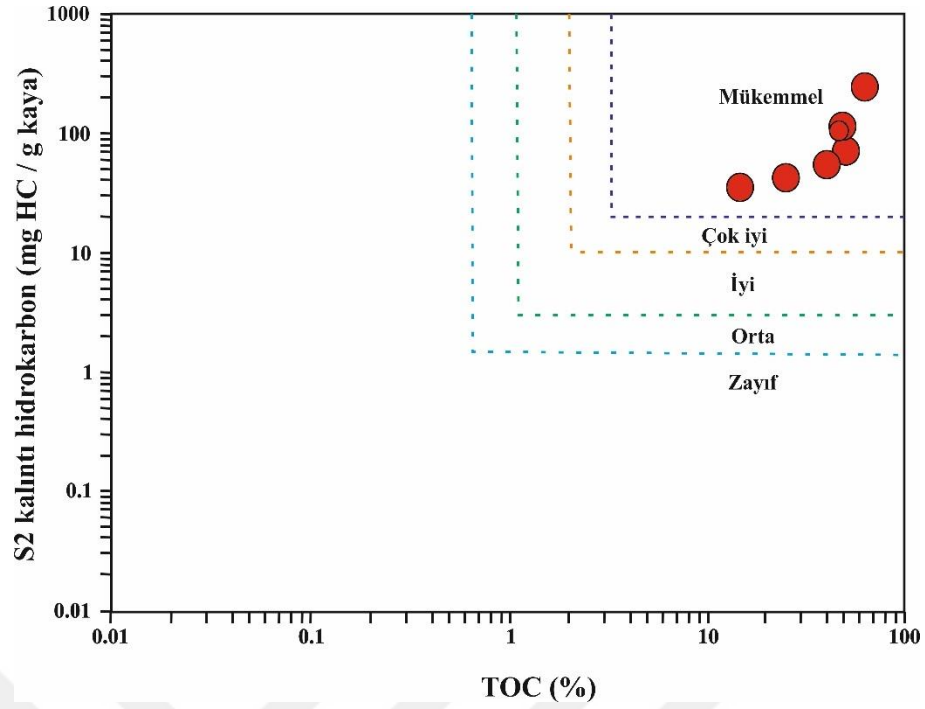
Örnek	TOC	S1	S2	S3	Tmax	HI	OI	PI	GP	%RC	%PC	%MINC	%Ro	BI
1	51,00	0,81	72,3	6,76	437	142	13	0,01	73,1	44,2	6,78	13,1	0,40	1,6
3	26,20	0,43	41,0	3,79	430	156	14	0,01	41,4	22,5	3,75	0,44	0,37	1,6
4	48,90	1,19	116	7,05	427	238	14	0,01	118	38,5	10,4	14,9	0,25*	2,4
5	47,00	1,37	103	4,95	431	220	11	0,01	1045	37,9	9,17	4,50	0,31	2,9
6	15,17	0,49	36,9	1,67	439	243	11	0,01	37,4	11,9	3,25	0,34	0,47*	3,2
7	63,01	2,41	248	5,40	428	394	9,0	0,01	250	41,7	21,3	8,65	0,26	3,8
8	39,10	0,68	56,8	4,79	432	145	12	0,01	57,4	33,9	5,20	2,14	0,35*	1,7

Bazı araştırmacılar (ör., Peters ve Cassa, 1994; Fowler ve diğ., 2005) kaynak kaya miktar, kalite, olgunlaşma ve birçok çalışmada kullanılan TOC, S1, S2 parametrelerini yorumlamada kullanılan bir çizelge oluşturmuşlardır. Çelték kömürlerinin S1-TOC grafiğı, bütün örneklerin otokton hidrokarbon alanına düştüğünü göstermektedir (Şekil 4.10).

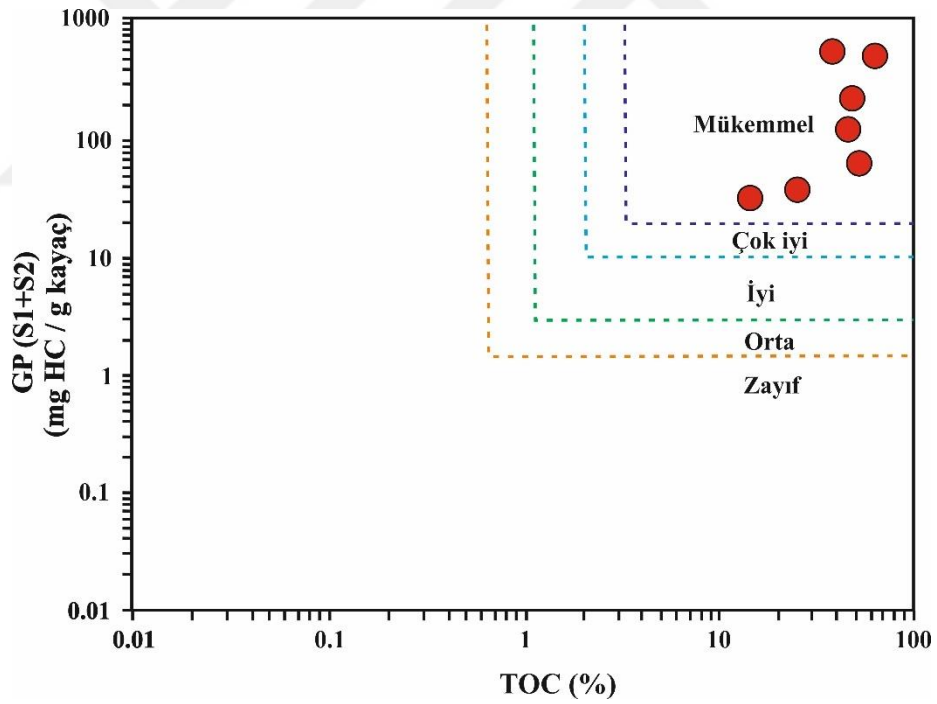
Çelték formasyonu kömürlerinden alınan 7 örnekte TOC miktarları 15,17 ile 63,01 arasında olup (Şekil 1.4), Peters ve Cassa (1994) sınıflamasına göre “mükemmel kaynak kaya” özelliğı taşımaktadır (Şekil 4.11 ve 4.12).



Şekil 4.10. Çelték formasyonu kömür örneklerinin S1’e karşı TOC grafiğı

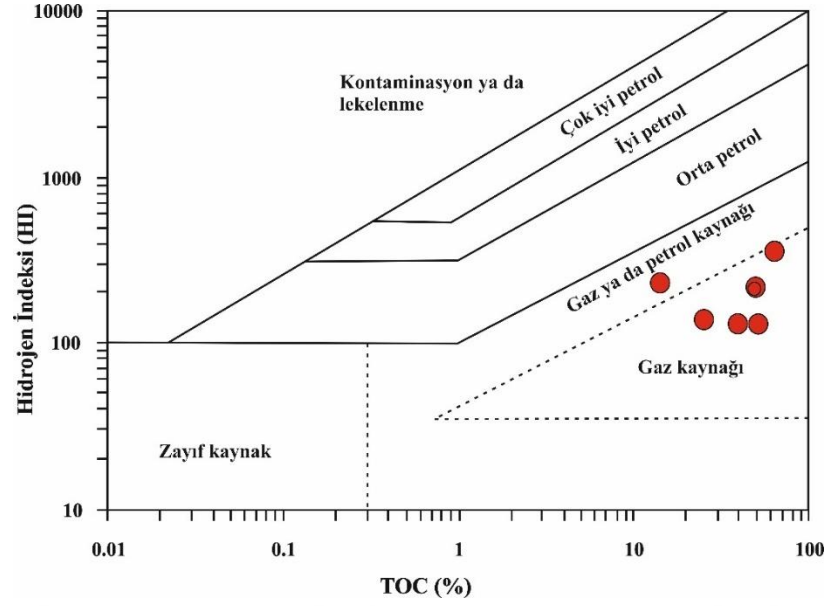


Şekil 4.11. Çelték formasyonu kömür örneklerinin S2'ye karşı TOC grafiği



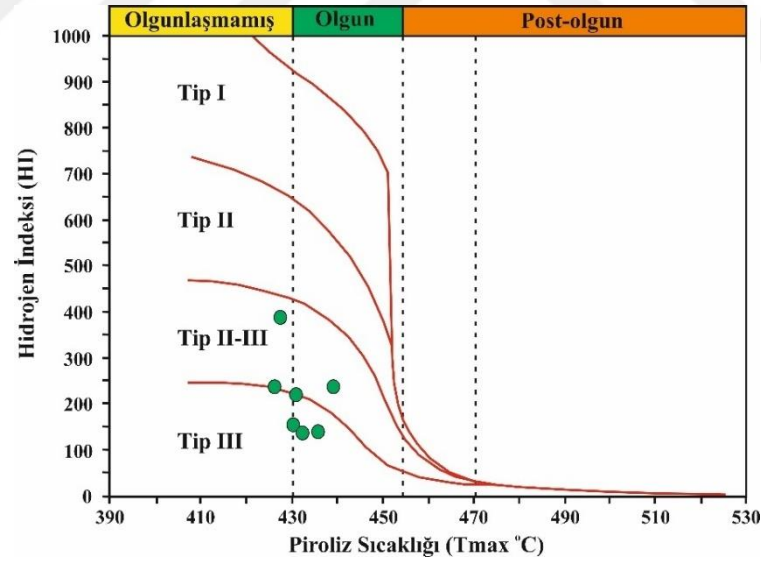
Şekil 4.12. Çelték formasyonu kömür örneklerinin GP'ye karşı TOC grafiği

Çelték kömür numuneleri HI-TOC grafiğinde incelendiğinde altı numune gaz kaynağını ve bir numune gaz/petrol kaynağını vurgulamaktadır (Şekil 4.13). Dolayısıyla incelenen kömürlerden gaz elde edilme olanağı bulunmaktadır.



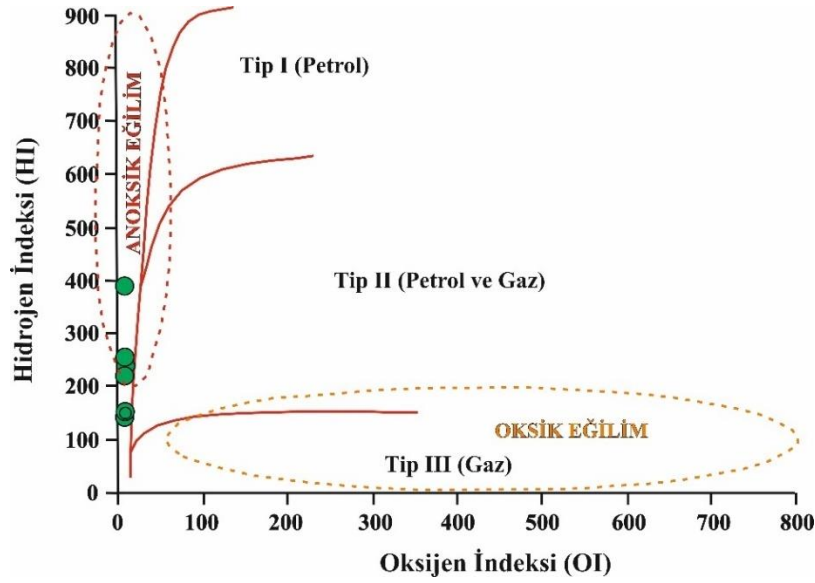
Şekil 4.13. Çelték formasyonu kömür örneklerinin HI-TOC grafiği

Çelték kömür örnekleri HI-Tmax grafiğine yerleştirildiğinde üç numune Tip II-III, dört numune Tip III kerojeni temsil etmektedir (Şekil 4.14). Buradan, incelenen örneklerden petrol ve/veya gaz üretilme olanağı olduğunu söyleyebiliriz.



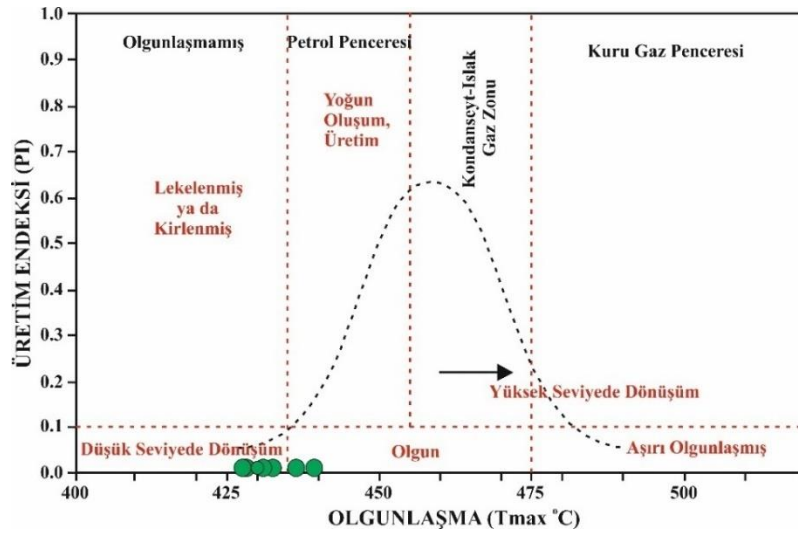
Şekil 4.14. Çelték formasyonu kömür örneklerinin HI-Tmax grafiği

Çelték kömürleri, HI-OI grafiğinde Tip II kerojen alanına düşmekte, petrol ve gaz üretim olasılığını temsil etmektedir (Şekil 4.15). Yine, tüm örnekler çoğunlukla anoksik koşulları belirtmektedir.



Şekil 4.15. Çelték formasyonu kömür örneklerinin HI-OI grafiği

Çelték formasyonu kömürlerinin PI değérlerinin hepsinin 0,01 olması Peters ve Cassa (1994)'nın PI standartlarına göre çoğunlukla olgunlaşmamış zonu işaret ettiği görölmüştür. Şekil 4.16'da Çelték kömür örneklerinin PI - Tmax diyagramında göröldüğü üzere, PI değérlerinin <0,1 olması olgunlaşmamış safha ve çok düşük dönüşüm süreci sergilemesi sebebiyle hidrokarbon türümünün gerçekteştirilemeyeceği sonucuna varılmıştır.

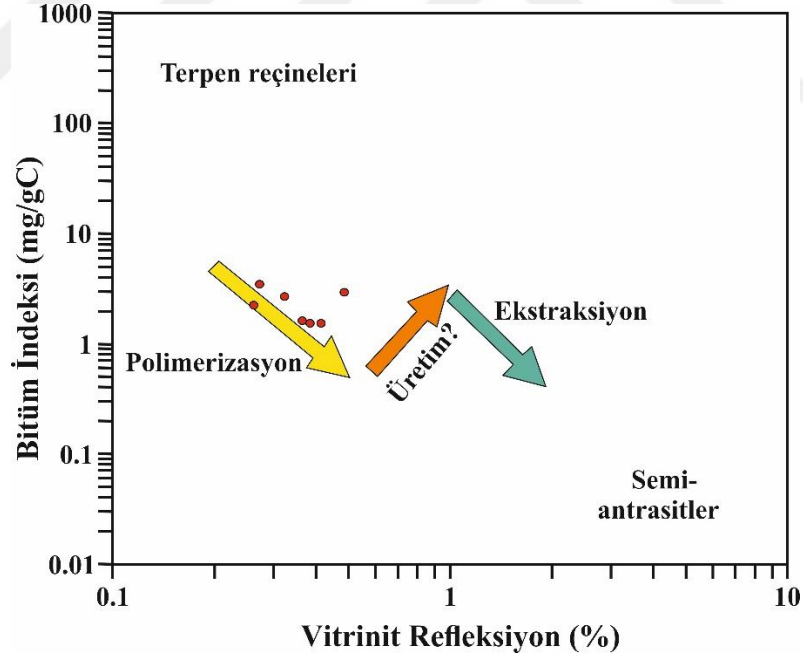


Şekil 4.16. Çelték formasyonu kömürlerinin PI - Tmax olgunlaşma ile kerojen dönüşüm diyagramı (Peters, 1986 ve Tissot ve Welte, 1984'den değiştirilerek)

Kerojenin hidrokarbon tip indeksi, S2/S3 oranından faydalanılarak organik maddenin olgunluğu hakkında (ör., Peters, 1986; Clementz ve diğ., 1979) bilgi sağlanabilmektedir. Çelték formasyonu kömürlerinin S2/S3 oranları 10,7 – 45,9 arasında değişmekte olup Peters (1986) ve Clementz ve diğ. (1979)'e göre değerlendirildiğinde,

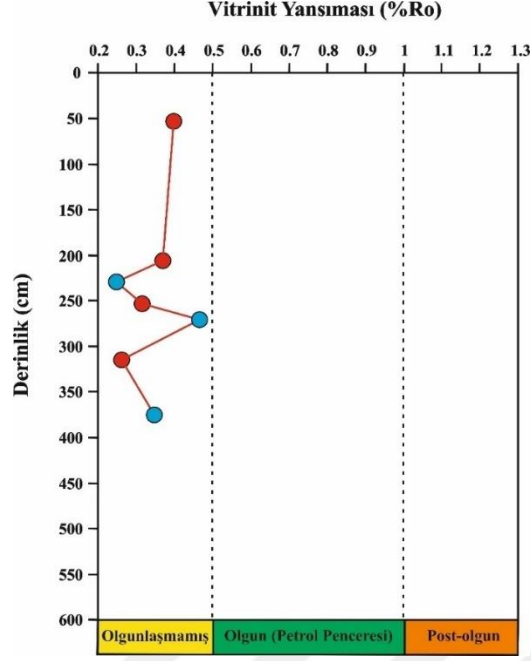
bütün örnekler >8 olduğundan “katajenezin olgun olmayan ve erken olgun evresi, petrol” olarak yorumlanmıştır.

BI (bitüm indeksi) ile kömürlerin olgunluğu arasında fark edilebilir bir ilişki vardır ve geleneksel kırıntılı kaynak kayaçlarından farklıdır (Tissot ve Welte, 1984; Davis ve diğ., 2007). Kırıntılılarda, BI düşük olgunlukta sabit kalır, daha sonra petrol oluşumu ve ekstraktına tepki olarak artış ve azalış sergiler. Çeltek kömürlerinde BI, linyitten yüksek uçucu bitümlü aşamaya doğru genel bir azalma sunmaktadır (Şekil 4.17). Bu durum, büyük olasılıkla, artan aşama (rank) ile kararsız maserallerin kömür matriksine adsorpsiyonunun veya polimerizasyonunun artmasından kaynaklanmaktadır (Davis ve diğ., 2007). S1 değeri yüksek ve TOC değeri düşük olursa, yerli olmayan hidrokarbonları işaret edebilir (Hunt, 1996). BI, kaynak kayaçtan petrolün ekstrakta başladığı derinliğin belirlenmesinde de etkindir (Smith, 1994; Hunt, 1996; Ismael, 2018). Kaynak kayaçtan petrol ekstraktının gerçekleşmesi için BI değerinin 0,1-0,2 arasında olması gerekir (Smith, 1994; Hunt, 1996). Çeltek formasyonu kömürlerinin BI değerleri 1,6-3,8 arasında değişmekte (Çizelge 4.1) olup, petrol atımının gerçekleşme seviyesine ulaştığını işaret etmektedir.



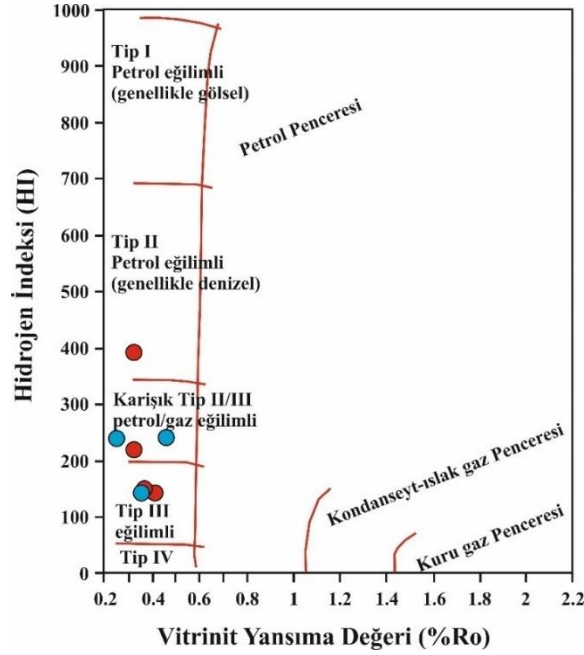
Şekil 4.17. Çeltek kömürlerinin bitüm indeksi-vitrinit refleksiyon grafiği (diagram Davis ve diğ., 2007’den alınmıştır)

Çeltek formasyonu kömür örneklerinin vitrinit yansıma değerleri, derinlik arttıkça düşüşler ve artışlar göstermektedir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Çeltek formasyonu kömür örneklerinin vitrinit yansımalarının derinlikle değişim grafiği. Grafikteki mavi renkli daireler vitrinit yansımaları analizde ölçülemeyip hesaplanan seviyelerdir

Hidrojen indeksi-vitrinit yansıma grafiğinde (Şekil 4.19) bir örnek Tip II kerojeni, üç örnek karışık Tip II/III petrol/gaz eğilimli kerojeni, üç örnek ise Tip III gaz eğilimli kerojeni temsil etmektedir. Sonuç olarak, çalışılan kömürlerin bir kısmı petrol üretim potansiyeli, bir kısmı da gaz ve/veya petrol/gaz için üretim potansiyeline sahiptir.

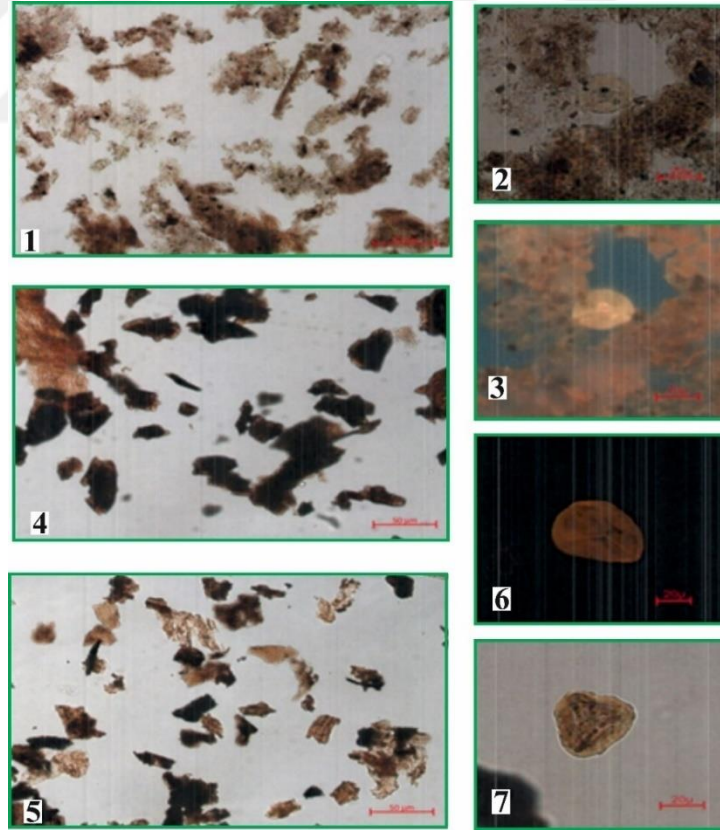


Şekil 4.19. Çeltek formasyonu kömür örneklerinin hidrojen indeksine karşı vitrinit yansıma grafiği. Grafikteki mavi renkli daireler vitrinit yansımaları analizde ölçülemeyip hesaplanan seviyelerdir

4.3. Palinolojik Analiz Sonuçları ve Değerlendirmesi

Tyson (1995) palinofasiyesleri, belirli bir ortam koşullarını yansıtan veya karakteristik bir hidrokarbon üretme potansiyeli olabilen, belirgin bir palinolojik organik madde topluluğu içeren bir sedimanter kütle olarak tanımlamıştır. Tyson'ın (1995) palinofasiyes analizi tanımı, partikül organik maddeye izafeten depolanma ortamlarının ve tortulların hidrokarbon potansiyelinin palinolojik çalışılması şeklinde ifade edebiliriz.

Üç adet Çeltekö kömür numunelerinden palinolojik analiz yaptırılarak yorumlanması Uzman Mühendis Işıl Akyüz (TPAO) tarafından gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.20). Numune 3'ten fungal spor, *Triatriopollenites* sp., gözlenmiş olup, yaş konusunda değerlendirme yapılamamıştır. Bu numunede, çok az palinomorf gözlenmiş, ancak çok fazla miktarda (%90-95) kahverengi-sarı renkli, kökeni saptanamayan amorf ve çok az miktarda da (%5-10) karasal kökenli otsu-odunsu organik madde tespit edilmiştir (Şekil 4.20). Örnekte hem denizel hem de tatlı su palinomorflarının bulunması sebebiyle denizel-karasal geçiş ortamındaki sedimantasyonu işaret ettiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.20. Çalışılan kömürlerin mikro fasiyes fotoğrafları. 1) 3 nolu örneğin genel fasiyesi, 2) *Triatriopollenites* sp. (3 nolu örnek), 3) *Triatriopollenites* sp. (3 nolu örnek; florasana ışık), 4) 5 nolu örneğin fasiyesi, 5) 7 nolu örneğin fasiyesi, 6) *Leiotriletes* sp. (7 nolu örnek; florasana ışık), 7) *Polypodioidites lusaticus* (7 nolu örnek; florasana ışık)

Numune 5'te palinomorf gözlenmemiş ve çökele yaş verilememiştir. Bol miktarda organik maddenin (%65 kömürsü, %30 otsu/odunsu ve %5 amorf) yer aldığı numunede (Şekil 4.20) denizel ortam ya da tatlı su palinomorflarının bulunmaması sebebiyle paleoortam konusunda yorum yapılamamış fakat otsu-odunsu materyal gözlenmesi tatlı su paleoortamını işaret ettiği düşünülmüştür.

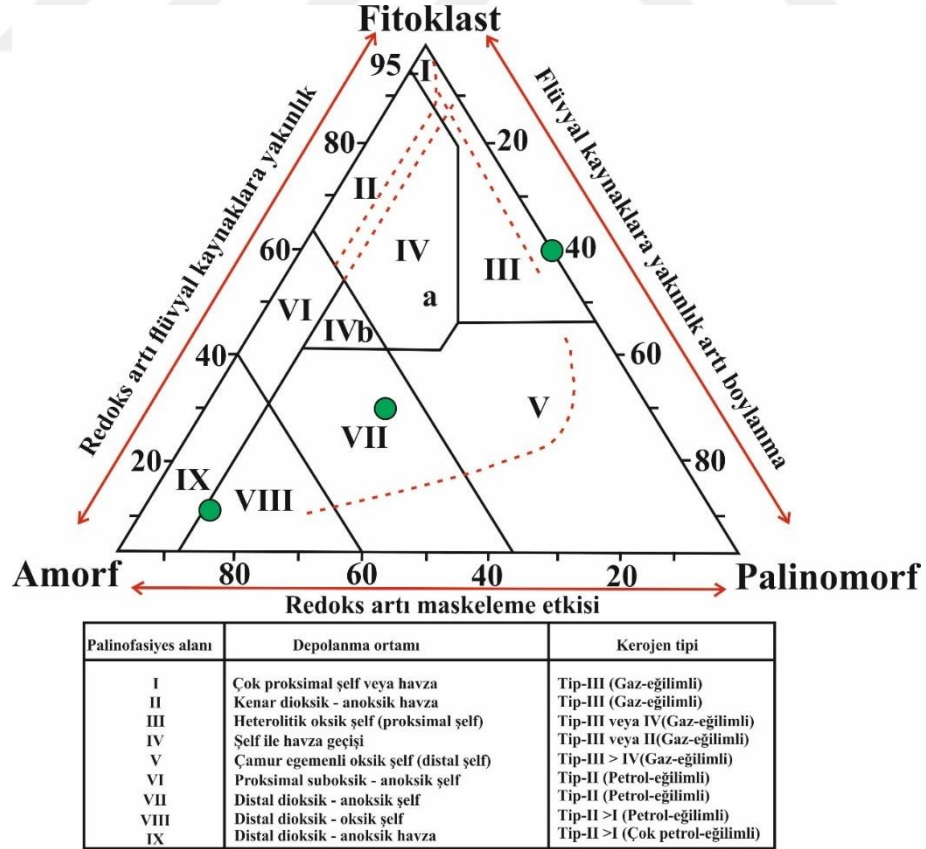
Numune 7'de *Polypodioides lusaticus* ve *Leiotriletes* sp. palinomorfları (çok az miktarda) gözlenmekle birlikte çökeltiye yaş verilememiştir. Bol miktarda organik maddenin (%30 kömürsü, %60 otsu/odunsu ve %10 amorf) gözlendiği (Şekil 4.20) numunede palinomorf çeşitliliğinin azlığı paleoortam yorumunu engellemiş, ancak Akkiraz ve diğ. (2008)'nin yörede yaptıkları çalışmada buldukları *Polypodioides lusaticus* türü sporun bataklık/tatlı su ortamında özgü olduğunu belirtmelerine dayanılarak paleoortamın bataklık ve/veya tatlı su göl ortamı olabileceğini düşündürmüştür.

Çizelge 4.2'de Çeltekin kömürlerinin derinliğe göre palinofasiyes organik madde yüzde bileşenleri sunulmuştur. İlâveten, üçgen grafikte (Tyson, 1995'ten) Çeltekin kömürlerinin paleoçökelme ortamları ile kerojen tipleri gösterilmiştir (Şekil 4.21). İncelenen örneklerden biri palinofasiyes III alanına, bir numune palinofasiyes VII alanına ve bir numune de palinofasiyes VIII alanına lokalize olmuştur (Şekil 4.21). Bu üç numuneden biri gaz eğilimli ve ikisinin petrol eğilimli oldukları gözlenmiştir (Şekil 4.21). Sonuç olarak, palinofasiyes değerlendirilmeleri Çeltekin kömürlerinin hem denizel hem de tatlı su ortamındaki çökelimini ve petrol ile gaz türetme kapasitesinin olduğunu söyleyebiliriz.

Çizelge 4.2. Çelték formasyonu kömürlerinin organik madde bileşenlerinin yüzdeleri

FORMASYON	DERİNLİK (m)	FİTOKLAST (%)	PALİNOMORF (%)	AMORF ORGANİK MADDE (%)
Ç E L T E K	0			
	2.6	60	+	40
	2.9	30	-	70
	3.8	10	+	90
	5.4			

+: çok az ve oran verilemedi. -: rastlanılmadı.



Şekil 4.21. Palinofasiyes gruplarının üçgen diyagramı, paleoortamsal analizler ve kerojen tiplerinin belirlenmesinde kullanılmıştır (diyagram Tyson, 1995'ten alınmıştır).

4.4. Özütleme Analizi

Çeltek formasyonu kömürlerinin özütleme analiz sonuçları (g), (ppm) ve (%) cinsinden Çizelge 4.3'te verilmiştir. Çeltek kömür örneklerinden özütlenen bitüm değerleri, toplam organik karbon değerlerine bölünmüş ve oldukça düşük oran değerleri saptanmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Çeltek kömürlerinden elde edilen özütleme analiz sonuçları

Numune Adı	Örnek No	Toplam Özüt Miktarı (g)	Toplam Özüt Miktarı (ppm)	Toplam Özüt Miktarı (%)	TOC (%)	Bitüm /TOC
9	8016-2	0,12298	15944	1,5944	51,0	0,031
7	8016-5	0,03162	3400	0,3400	48,9	0,007
3	8016-9	0,12319	12267	1,2267	39,1	0,031

Organik maddece zengin kayaçlardaki bitümü ekstrakt etmek için özütleme analizine başvurulmakta ve kaya-eval analizi ile saptanan S1 parametresinin örnek miktarını ortaya çıkarmada, rehberlik etmektedir. Özütleme analizlerinde kullanılacak örnek miktarları, çalışılan kayacın TOC oranına göre değişkenlik göstermektedir. S1 parametresinin miktarı, ekstrakt edilebilecek muhtemel hidrokarbon miktarını işaret eder.

S1, sübsidans ve termal olgunlukla kayadan dışarıya atılması gerçekleşmeyen, yerli organik bileşikler temsil ettiği Noble ve diğ. (1991) tarafından vurgulanmıştır.

TOC değerleri %1-2'den yüksek olan bitümlü kayaçların S1 analizine başvurulması, daha doğru sonuçlara ulaştırmakta ve TOC değeri çok düşük olan kayaçların ekonomik değerinde petrol kapsamaması sebebiyle, bu tür kayaçlarda özütleme analizleri yapılmasına gerek olmadıktan, kaya-eval piroliz analizlerinden tespiti edilmesi önerilmektedir (Tissot ve Welte 1984, Noble ve diğ., 1991; Değer, 2019).

İnceleme sahasından alınan 3 adet kömür örneğinin özütleme analizleri ile numune 9'dan elde edilen toplam özüt miktarı 0,12298 g / 15944 ppm, numune 7'den elde edilen toplam özüt miktarı 0,03162 g / 3400 ppm ve numune 3'ten elde edilen toplam özüt miktarı 0,12319 g / 12267 ppm şeklindedir (Çizelge 4.3).

4.5. Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi Analizi (GC-MS) İncelemeleri

GC-MS analizi sonucu elde edilen biyobelirteçler (biomarkerler), organik maddenin bileşenleri olan fitoplankton, zooplankton ve bakteriler gibi denizel; spor, polen ve mumsu (waxy) gibi karasal organik maddelerde var olan molekülleri temsil ederler. Biyobelirteç oranları kaynak kayanın tipiyle ilgili olan karasal-denizel köken ve gölsel materyaller ile kaynak kayanın depolanma ortamı (oksik/anoksik, tatlı su/denizel/aşırı tuzlu), kaynak kayanın litolojisi (şeyl, karbonat), kaynak kayanın yaklaşık

jeolojik yaşı, olgunluğu ve petrolün biyobozunma derecesi belirlememize yararlar (Pratt ve diğ., 1992; Hunt, 1995; Lopez ve diğ., 1998; Peters ve diğ., 2005; Koralay, 2012). Biyobelirteçlerin, termal olgunlaşma, göç ve biyobozunma gibi alterasyonlara dayanıklılıkları ve organizmadaki birincil kimyasal özelliklerini hidrokarbon içerisinde de korumaları, onların en önemli karakteristiğidir. Organik jeokimyada kullanılan en önemli siklo-alkanların, dört halkalı steranlar ile beş halkalı triterpanlar oldukları Koralay (2012) tarafından belirtilmiştir. Bu moleküllerin jeolojik süreç içinde karbon iskelet yapılarının değişmemesinden dolayı bunlara “jeokimyasal fosil”, “biyomarker” veya “biyolojik izleyici” gibi isimler verilmiştir. Alisiklik hidrokarbonların özellikle terpan ve steran biyobelirteçlerinin, n-alkanlar ve izoprenoid hidrokarbonlara göre bozunmaya ve aşınmaya daha az duyarlı oldukları Volkman ve Maxwell (1986) tarafından vurgulanmıştır.

Çeltekte formasyonu kömürlerinden seçilen 3 adet örneğin GC-MS analizleri yaptırılmış ve m/z 191 kütleli iyonlar belirli triterpan bileşenlerinin özelliklerini belirlememize yardımcı olurken, m/z 217 kütleli iyonlar steranların özelliklerini saptamamıza katkı sağlamıştır (Çizelge 4.4, 4.5 ve 4.6).

Çizelge 4.4. Terpan moleküler grubu bileşikleri (m/z 191) 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
7R	C ₂₅ (22R) Trisiklik Terpan
7S	C ₂₅ (22S) Trisiklik Terpan
8	C ₂₄ Tetrasiklik Hopan (SECO)
9	C ₂₆ (22R) Trisiklik Terpan
10	C ₂₆ (22S) Trisiklik Terpan
11R	C ₂₈ (22R) Trisiklik Terpan
11S	C ₂₈ (22S) Trisiklik Terpan
12R	C ₂₉ (22R) Trisiklik Terpan
12S	C ₂₉ (22S) Trisiklik Terpan
13	C ₂₇ 18 α (H)-22,29,30-Trisnorhopan (Ts)
14	C ₂₇ 17 α (H)-22,29,30-Trisnorhopan (Tm)
15	17 α (H)-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 Normoretan
22	Olenan
23	C ₃₀ 17 α (H), 21 β (H)-Hopan
W	18 α (H), 21 β (H)-Neohopan (C ₃₀ Ts)
X	C ₃₀ 17 α (H), 21 β (H)-30-Nor-Homohopan
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 4.5. Steran moleküler grubu bileşikleri (m/z 217) tanımlaması

BİLEŞEN NO	BİLEŞEN ADI
A	C ₂₁ Diasteran
B	C ₂₁ αββ Steran
C	C ₂₂ Diasteran
D	C ₂₂ αββ Steran
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)
5A	C ₂₈ 13β (H), 17α (H)-Diasteran (20S) 24S-Metildiakolestan
5B	C ₂₈ 13β (H), 17α (H)-Diasteran (20S) 24R-Metildiakolestan
6A	C ₂₈ 13β (H), 17α (H)-Diasteran (20R) 24S-Metildiakolestan
6B	C ₂₈ 13β (H), 17α (H)-Diasteran (20R) 24R-Metildiakolestan
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 (20R)+C ₂₉ 13β (H), 17α (H)-Diasteran (20S)
10	C ₂₇ 5α (H), 14β (H), 17β (H)-Steran (20S)+C ₂₈ 13α (H), 17β (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)
15A	C ₂₉ 13α (H), 17β (H)-Diasteran (20R)
15B	C ₂₈ 5α (H), 14β (H), 17β (H)-Steran (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)

Çizelge 4.6. αββ Steran moleküler grubu bileşikleri (m/z 218) tanımlaması

BİLEŞEN NO	BİLEŞEN ADI
1	αββ C ₂₇ Steran (20R)
2	αββ C ₂₇ Steran (20S)
3	αββ C ₂₈ Steran (20R)
4	αββ C ₂₈ Steran (20S)
5	αββ C ₂₉ Steran (20R)
6	αββ C ₂₉ Steran (20S)
7	αββ C ₃₀ Steran (20R)
8	αββ C ₃₀ Steran (20S)

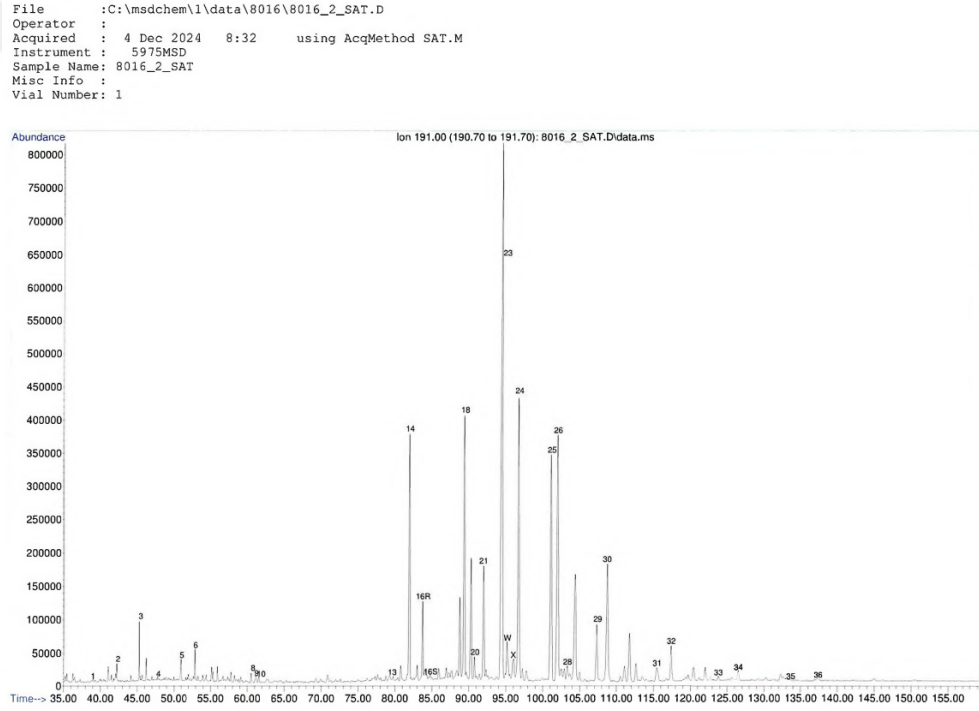
4.5.1. m/z 191 triterpan parametreleri ve değerlendirmesi

GC-MS çalışmalarında triterpanlar, doymuş hidrokarbonların m/z 191 kromatogramlarından pik yükseklikleri llerek belirlenmektedir. eltek kömürleri için yararlanılan kaynak ve çökelme ortamı belirteci terpanlar ile olgunlaşma belirteci terpanlar izelge 4.4 ve 4.7’de sunulmuştur.

Çizelge 4.7. eltek formasyonu kömürleri için doymuş biyobelirteç dağılımlarından (m/z 191 kütle kromatogramları) hesaplanan parametreler

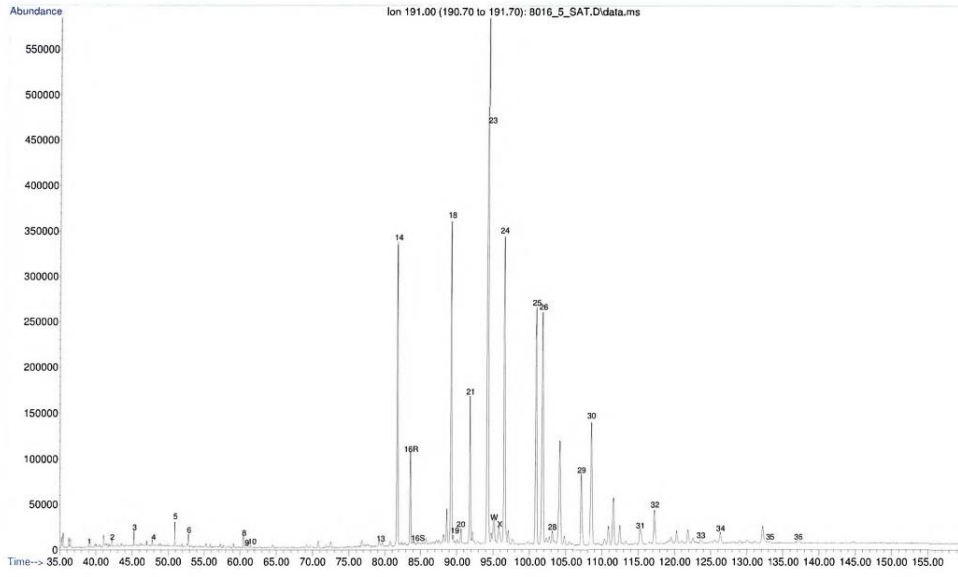
TERPANLAR	rnek: 1	örnek: 4	rnek: 8
C ₂₃ Trisiklik Pik	807256	577474	780366
C ₂₄ Tetrasiklik/[C ₂₆ Trisiklik (S+R)]	0,69	2,19	3,19
C ₂₉ Norhopan/C ₃₀ Hopan	0,47	0,58	0,48
C ₂₃ /(C ₂₃ +C ₃₀ Hopan)	0,82	0,810	0,812
C ₃₁ /C ₃₀ Hopan	0,11	0,13	0,12
C ₃₅ /C ₃₀ Hopan	0,013	0,014	0,014
C ₃₅ /(C ₃₁ – C ₃₅) Homohopan İndeksi	0,023	0,025	0,024
C ₃₅ /C ₃₄ Homohopan	0,15	0,160	0,148
Moretan/Hopan	0,53	0,58	0,61
Ts/Tm	0,0185	0,0237	0,181
Ts/(Ts+Tm)	0,0181	0,0232	0,153
22S/(22S+22R)	0,273	0,315	0,272
Olenan İndeksi [(olenan/C ₃₀ Hopan) x 100]	1,06	1,25	2,80
Gam/C ₃₀ H İndeksi	0,0084	0,0374	0,0736
Mumsuluk (wax)	2,81	3,58	2,91

C₂₃ trisiklik pik: trisiklik terpanlar denizel ve gölsel ortamlarda oluşan ham petrol ve kaynak kayaçlarda geniş yayılım sunarlar. Hunt (1995) bunların tek hücreli organizmaların hücre zarlarının diyajenez sürecinde gelişen ürünler olduğunu önermiştir (Koralay, 2012). Steranlar ve terpanlar arasında olgunluk ve biyobozunmadan en az etkilenenler olduklarından korelasyonda çok kullanışlıdır. Trisiklik terpanlar bölgede ana pik olmaları durumunda karbonat kaynak kayayı işaret ederler (Palacas ve diğ., 1984; Koralay, 2012). Bizim örneklerimizin analiz sonuçları bölgede ana piki temsil ettiği için karbonat kayaçlardan kaynaklanmayı gösterirler (Çizelge 4.7, Şekil 4.22-24). Ayrıca yüksek *C₂₃* terpan değeri, kaynağın denizel kökenli olduğunu vurguladığından (Moldowan ve diğ., 1985) Çeltik kömür örneklerinde en yüksek piki temsil eden *C₂₃* terpan da Çeltik formasyonu çökeliminde denizel etkiyi işaret eder (Şekil 4.22-24).



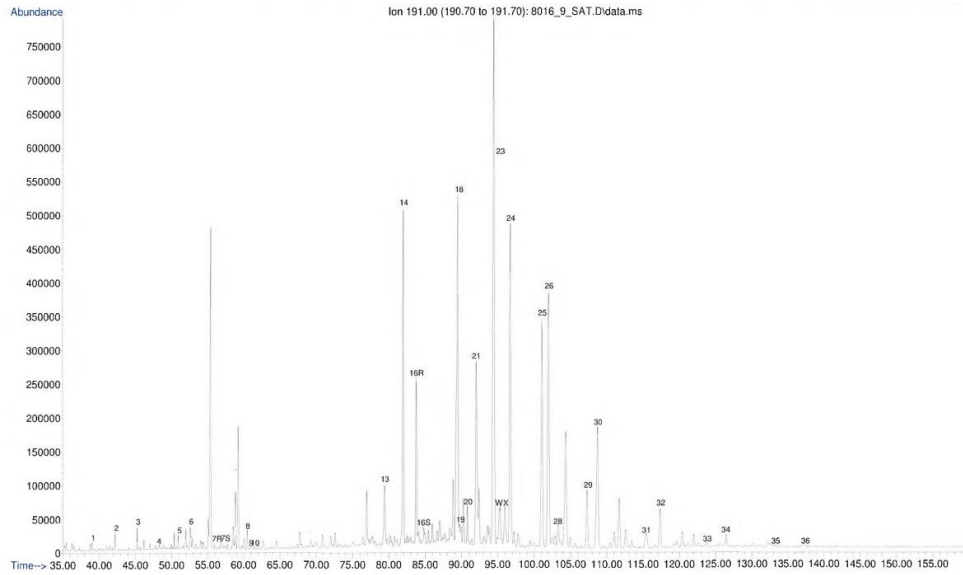
Şekil 4.22. m/z 191 triterpan fragmentogramı (numune: 1)

File :C:\msdchem\1\data\8016\8016_5_SAT.D
 Operator :
 Acquired : 3 Dec 2024 13:21 using AcqMethod SAT.M
 Instrument : 5975MSD
 Sample Name: 8016_5_SAT
 Misc Info :
 Vial Number: 1



Şekil 4.23. m/z 191 triterpan fragmentogramı (numune: 4)

File :C:\msdchem\1\data\8016\8016_9_SAT.D
 Operator :
 Acquired : 3 Dec 2024 16:42 using AcqMethod SAT.M
 Instrument : 5975MSD
 Sample Name: 8016_9_SAT
 Misc Info :
 Vial Number: 1



Şekil 4.24. m/z 191 triterpan fragmentogramı (numune: 8)

C₂₄ tetrasiklik oranı: trisiklik terpanların m/z 191 kütle fragmentogramları genelde C₂₄-C₂₇ zincirli tetrasiklik terpanları barındırır. Tetrasiklik ve trisiklik terpanlar biyobozunmaya karşı oldukça duraylıdır ve olgunlukla birlikte artış gösterirler. C₂₄ tetrasiklik/[C₂₆ trisiklik (S+R)] >1 ise karbonat kaynak kayayı işaret eder, bu oran şeyllerde düşük-orta, karbonatlarda orta-yüksek değerlerdedir (Palacas ve diğ., 1984; Koralay, 2012). Çeltekkömür örneklerinin bu değerleri, bir örnekte 0,69 olup şeyl kaynak kayayı; iki örnek 2,19 ve 3,19 olup karbonat kaynak kayayı belirtmektedir (Çizelge 4.7, Şekil 4.22-24).

C₂₉ norhopan/C₃₀ hopan oranı: Şeyllerde düşük, karbonatlarda yüksek olan C₂₉ norhopan/C₃₀ hopan oranı 1'den büyük ise karbonat kaynak kayayı işaret eder. Bu oran şeyllerde düşük, karbonatlarda yüksektir. Çeltekkömürlerinin bu oranları bir örnekte 4,74 olduğundan karbonat kaynak kayayı temsil ederken, iki örnekte 0,48 ve 0,58 olduğundan şeyl kaynak kayayı vurgulamaktadır (Çizelge 4.7, Şekil 4.22-24).

C₂₃/C₃₀ hopan: C₂₃/C₃₀ hopan oranı büyük olduğunda denizel etkiyi belirtir (Palacas ve diğ., 1984; Koralay, 2012). Çeltekkömürlerinin bu oranları analiz yapılan üç örnekte de yüksek olduğundan (4,29; 4,34 ve 4,59) çalışılan alanda denizel etkinin olduğunu belirtir (Çizelge 4.7, Şekil 4.22-24).

C₃₁/C₃₀ hopan oranı: “Depolanma ortamı parametresi olup, C₃₁/C₃₀ hopan oranı <0,25 ise gölsel kaynak kayayı, şayet >0,25 ise denizel (karbonat, şeyl ya da marn) kaynak kayayı işaret eder (Palacas ve diğ., 1984; Koralay, 2012)”. Çeltekkömürlerinin bu oranları analiz yapılan üç örnekte de düşük olduğundan (0,11; 0,12 ve 0,13) gölsel ortam kaynak kayasını işaret eder (Çizelge 4.7, Şekil 4.22-24).

C₃₅/C₃₀ hopan oranı: Çeltekkömürlerinde C₃₅/C₃₀ hopan oranı 0,013 ile 0,014 arasında değişen değerlere sahiptir. Bu kömür değerleri de fluviyal/deltaik ve göl-fluviyal/deltaik çökelme ortamlarını işaret etmektedir (Çizelge 4.7; Şekil 4.22-24).

C₃₅/(C₃₁ - C₃₅) homohopan İndeksi: “C₃₁-C₃₅ homohopanların dağılımı, redoks koşullarını yorumlamada kullanılmaktadır (Peters ve diğ., 2005; Karadirek, 2023)”. Çeltekkömürlerindeki C₃₁ ve C₃₂ homohopanların baskınlığı ve düşük C₃₅/(C₃₁-C₃₅) homohopan oranları (Çizelge 4.7; Şekil 4.22-24), suboksik ve/veya oksik bir ortamı işaret etmektedir. İlaveten, Çeltekkömür örneklerindeki C₃₁ homohopandan C₃₅ homohopana doğru piklerde azalış (Şekil 4.22-24) ve düşük C₂₉/C₃₀ hopan oranı (<1) (Çizelge 4.7)

Waples ve Machihara, (1991) ile Karadirek (2023) tarafından da vurgulandığı gibi kırıntılı bir ortamda gelişen paleoçökelmeyi belirtmektedir.

C₃₅ (R+S)/C₃₄ (R+S) oranı: C₃₅ (R+S)/C₃₄ (R+S) <1 olursa suboksik, >1 olursa anoksik ortam koşullarını işaret eder (Peters ve diğ., 2005; Koralay, 2012). Çelte kömürlerinin bu oranları analiz yapılan üç örnekte de düşük olduğundan (0,15; 0,16 ve 0,15) suboksik ortam koşullarını ifade etmektedir (Çizelge 4.7, Şekil 4.22-24).

Moretan/Hopan oranı: Moretanlar, düşük duraylılığa sahiptir (Waples ve Machihara, 1991; Özakar, 2012) ve termal olgunlaşma arttıkça bu oran azalma eğiliminde olacaktır. Olgunlaşmamış kaynak kayaçlarda bu oran 0,8 iken, olgunlaşmış kaynak kayaçlarda 0,15-0,05 arasında değişmektedir (Mackenzie ve diğ., 1980; Seifert ve Moldowan, 1981; Özakar, 2012). Çelte kömür örneklerinde bu oran 0,53 – 0,61 arasında değişmekte olup, olgunlaşmamış-erken olgun safhadaki bir kaynak kayayı belirtmektedir (Çizelge 4.7, Şekil 4.22-24).

Ts/Tm oranı: Bu oran, <1 ise anoksik ortamı belirtir (McKirdy ve diğ., 1983; Koralay, 2012). Çelte kömürlerindeki Ts/Tm oranları 0,0185 – 0,1810 arasında değişmekte olduğundan paleoçökelme ortamının anoksik olduğunu işaret eder (Çizelge 4.7). Çelte kömür örneklerinde Ts, Tm'den çok düşük değerdedir (Çizelge 4.7; Şekil 4.22-24). Ts/(Ts+Tm) oranı olgunlukla artmakta olup, Ts/(Ts/Tm) oranı Çelte kömürlerinde düşük olduğundan Çelte kömürlerinin olgunlaşmadığını göstermektedir (Çizelge 4.7; Şekil 4.22-24).

22S/(22S+22R) oranı: C₃₁ ve C₃₂ homohopanlar, 22S/(22S+22R) oranının belirlenmesinde kullanılırlar (Seifert ve Moldowan, 1981; Özakar, 2012). Olgunlaşma süresince bu oran 0,6 değerine kadar yükselir (denge değeri 0,57 ile 0,62 aralığındadır; Seifert ve Moldowan, 1981; Özakar, 2012). Çelte kömür örneklerinde hesaplanan bu oranlar 0,272 – 0,315 arasında olması örneklerin olgunlaşmamış-erken olgun aşamada olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.7; Şekil 22-24).

Olenan: Olenan hem yaş hem de kaynak parametresi olarak kullanılmaktadır. Olenan'ın varlığı, deltaik bir ortamda biriken daha yüksek bitki materyalinin bir göstergesi olarak kabul edilir (Ekweozor ve Telnaes, 1990) ve Üst Kretase-Tersiyer sedimentleriyle sınırlı olduğu gözlemlenmiştir (Barakat ve diğ., 2000). Olenan indeksi genellikle olgun olmayan kayalarda düşük değerlerde ve petrol penceresinin en üstünde maksimum değerdedir (Hunt, 1995; Koralay, 2012). Ayrıca, Olenan, kaynak kayalara yüksek bitki, özellikle de angiosperm girdisinin önemli bir göstergesi olarak ifade edilmiştir (örn., Whitehead, 1974; Grantham ve Wakefield, 1988). Çelte kömür

örneklerinde olan indeksleri oldukça düşük değerlerdedir fakat bazı önemli yorumlar yapmamıza engel değildir ve havzaya yüksek bitki girdisi ile yaş aralığı açısından Çeltekkömürleri (Erken Eosen) ile tutarlılık sergilemektedir (Çizelge 4.7; Şekil 4.22-24).

Gamaseran: Biyobozunmaya karşı dirençli olması sebebiyle birçok petrol ve kaynak kayaçta rastlanabilir ve Gamaseran varlığı denizel ve gölsel aşırı tuzlu ortamların belirteci (Hunt, 1995; Koralay, 2012; Karadirek, 2023). Çökelme ortamının tuzluluk düzeyi hakkında bilgi veren gamaseran indeksi (Gam/C₃₀H) Çeltekkömür örneklerinin ekstraktlarında bir örnekte düşük (0,36), iki örnekte (1,50 ve 3,07) nispeten yüksek değerlerde gözlenmiştir (Çizelge 4.7; Şekil 4.22-24). Dolayısıyla Çeltekkörmürlerinin çökeliminde denizel ortam etkisinin de olduğunu söyleyebiliriz.

Mumsuluk İndeksi (wax): $\sum(nC_{21}-nC_{31}) / \sum(nC_{15}-nC_{20})$ formülü ile hesaplanan mumsuluk oranı >1 olduğunda mumsuluk derecesi artar ve karasal organik madde girdisini vurgular (Hunt, 1996; Karadirek, 2023). Bu oran, Çeltekkömür örneklerinde 2,81 – 3,58 arasında değişmekte olup, >1 olmasından dolayı havzaya karasal organik madde girdisini vurgulamaktadır (Çizelge 4.7; Şekil 4.22-24). İlâveten karasal kökenli organik madde türünü belirlemek için kullanılan bir parametre olan mumsuluk indeksi, Çeltekkörmürlerinin çökelimi sürecinde yüksek bitkilerden oluşan karasal organik madde girdisini işaret etmektedir.

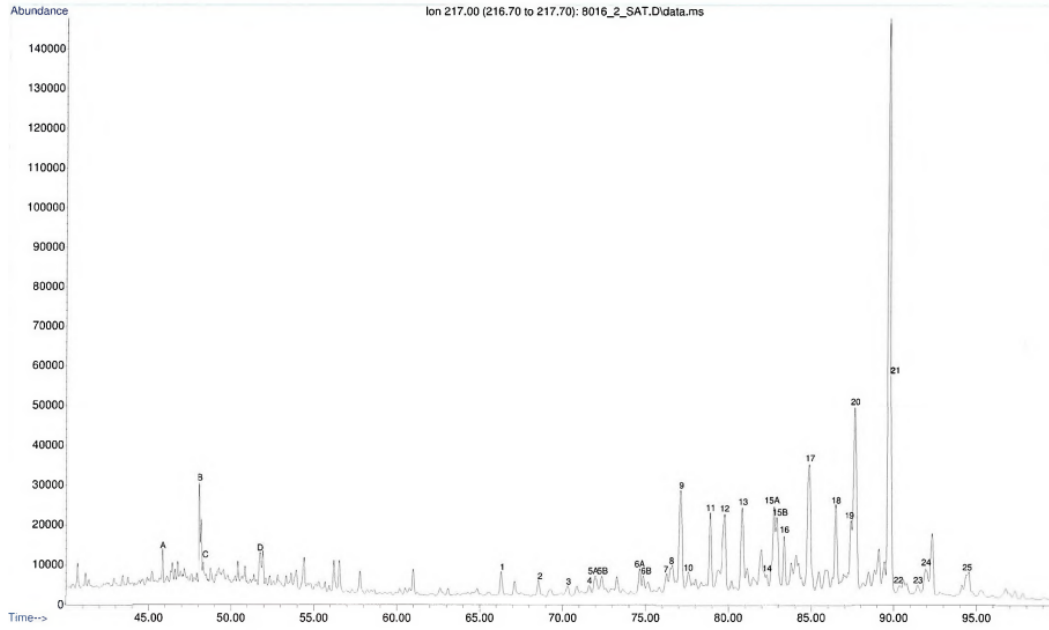
4.5.2. m/z 217 steran parametreleri ve değerlendirmesi

Steran, ökaryotik hücrelerde sterollerden üretilen tetrasiklik biyobelirteçtir ve hopan prokaryotik hücrelerde plazma zarlarından elde edilen pentasiklik bir doymuş biyobelirteç sınıfıdır (Peters ve diğ., 2005; Değer, 2019). GC-MS çalışmalarında steranlar, doymuş hidrokarbonların m/z 217 kromatogramlarından pik yükseklikleri ölçülerek elde edilmektedir. Çeltekkömürleri için yararlanılan kaynak ve çökelme ortamı belirteci steranlar ile olgunlaşma belirteci steranlar Çizelge 4.5 ve 4.8’de ve Şekil 4.25-27’de sunulmuştur.

Çizelge 4.8. Çelték formasyonu kömürleri için doymuş biyobelirteç dağılımlarından (m/z 217 kütle kromatogramları) hesaplanan parametreler

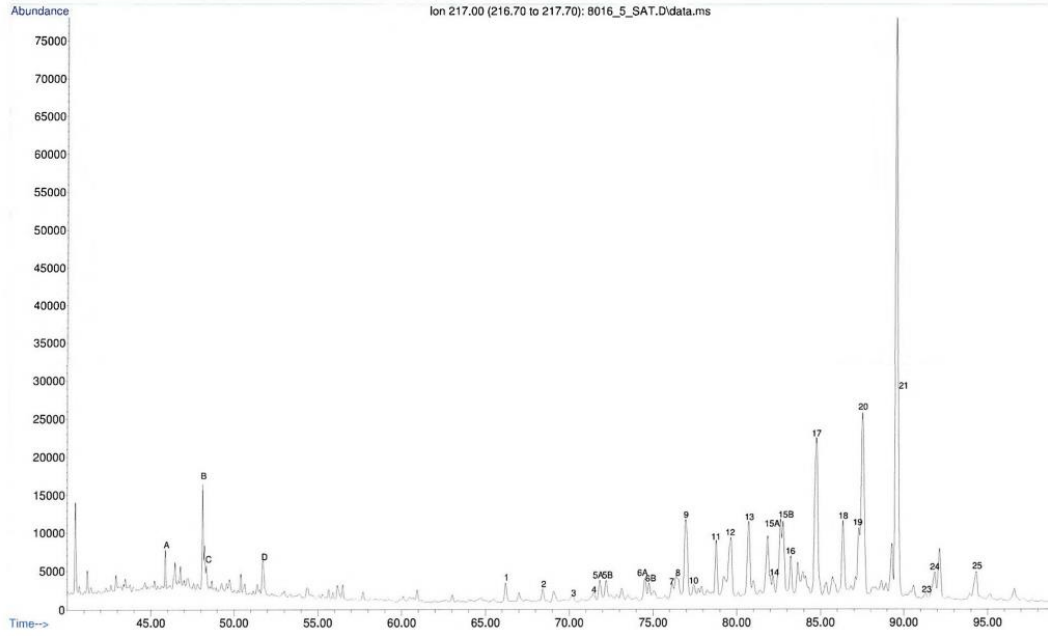
STERANLAR	Örnek: 1	Örnek: 4	Örnek: 8
C_{29}/C_{27} Steran Oranı	7,18	10,7	11,6
Diasteran/Steran Oranı	0,35	0,42	0,41
Steran/Hopan Oranı	0,16	0,10	0,21
C_{30} Steran	16837	13109	21520
C_{27} steran (%)	%10	%7	%6
C_{28} steran (%)	%16	%20	%23
C_{29} steran (%)	%74	%73	%71
$\beta\beta/(\beta\beta+\alpha\alpha)$ Steran Oranı (C_{29})	0,28	0,27	0,25

File :C:\msdchem\1\data\8016_2_SAT.D
 Operator :
 Acquired : 4 Dec 2024 8:32 using AcqMethod SAT.M
 Instrument : 5975MSD
 Sample Name: 8016_2_SAT
 Misc Info :
 Vial Number: 1



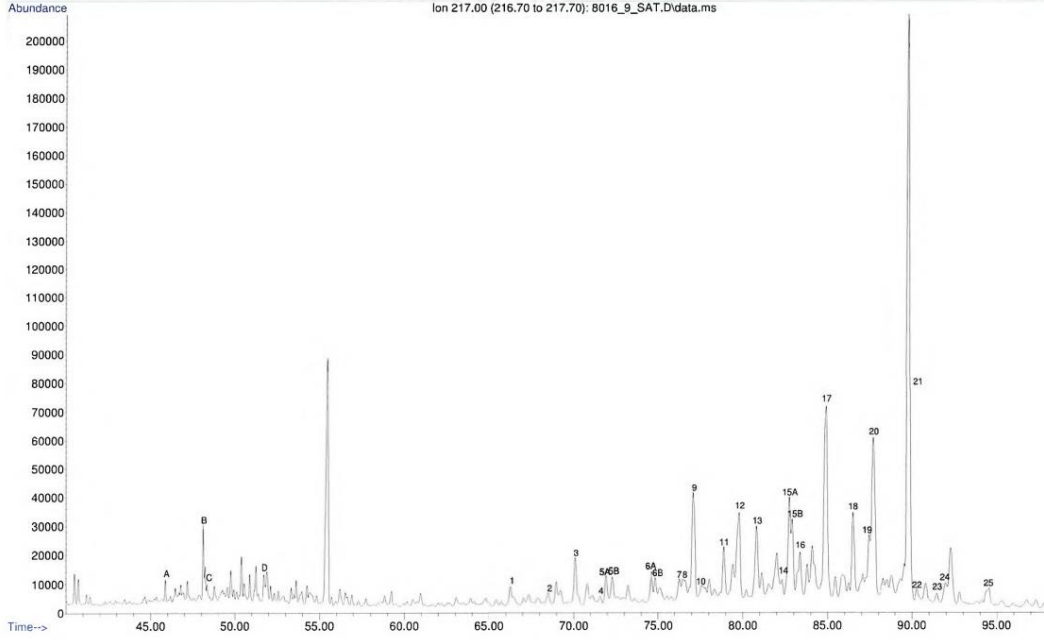
Şekil 4.25. m/z 217 steran fragmentogramı (numune: 1)

File :C:\msdchem\1\data\8016_5_SAT.D
 Operator :
 Acquired : 3 Dec 2024 13:21 using AcqMethod SAT.M
 Instrument : 5975MSD
 Sample Name: 8016_5_SAT
 Misc Info :
 Vial Number: 1



Şekil 4.26. m/z 217 steran fragmentogramı (numune: 4)

File :C:\msdchem\1\data\8016\8016_9_SAT.D
 Operator :
 Acquired : 3 Dec 2024 16:42 using AcqMethod SAT.M
 Instrument : 5975MSD
 Sample Name: 8016_9_SAT
 Misc Info :
 Vial Number: 1



Şekil 4.27. m/z 217 steran fragmentogramı (numune: 8)

C₂₉/C₂₇ steran oranı: C₂₇, C₂₈, C₂₉ 5 α (H), 14 α (H), 17 α (H)-Steran (20R)'dır (Çizelge 4.5 ve 4.8). C₂₉/C₂₇ steran oranı <1 olursa algal kaynakları belirtirken, >1 olursa karasal bitki kaynaklarını işaret eder (Peters ve diğ., 2005; Değer, 2019). Çeltik kömür örnekleri için bu değerler, bütün örneklerde >1 (7,18; 10,7 ve 11,6) olup karasal bitki kaynağını göstermektedir (Çizelge 4.8). Bu oranlar Şekil 4.28'deki durumla da tutarlılık göstermektedir. Çeltik formasyonu kömürleri yüksek oranlarda C₂₉ (%71-74) ve C₂₈ (%16-23) steranlar ile düşük oranlarda C₂₇ (%6-10) steranlar kapsamaktadır. Bu durum, turba oluşumunda önce yüksek karasal bitkilerin, daha sonra ise otsu bitkilerin baskın olduğunu ve bileşime az miktarda gölsel alg, bakteri ve mantarların da katıldığını göstermektedir (Silva ve Kalkreuth, 2005; Değer, 2019).

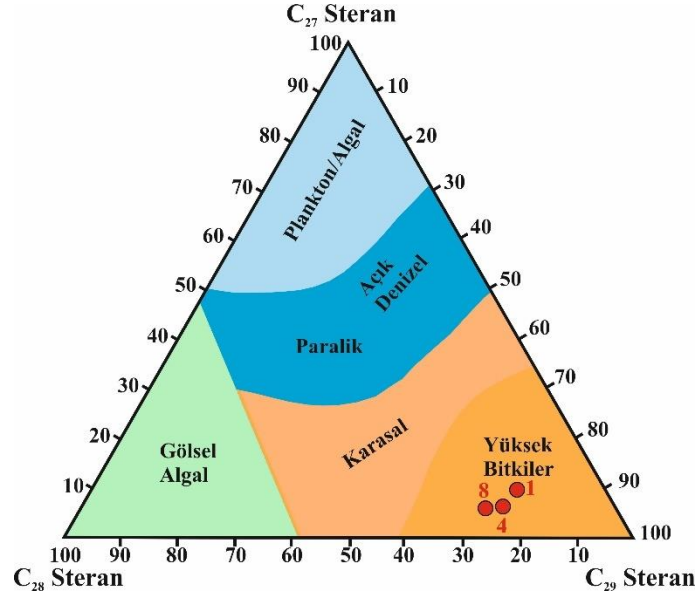
Diasteran/Steran oranı: “Yüksek diasteran konsantrasyonları düzenli steranlarla ilişkili olarak killi kaynak kayanın göstergesidir (Peters ve diğ., 1999)”. “Düşük diasteran oranları ise kilce fakir, karbonatça zengin bir kaynak kayanın ve anoksik bir depolanma ortamının işaretçisidir (McKirdy ve diğ., 1983)”. Diasteran/steran oranı böyle bir belirteç olarak kullanılmakta ve Çeltik kömür örneklerindeki diasteranların düşük oranda olması

(Çizelge 4.8) karbonatça zengin bir kaynak kayacı ve anoksik paleoortamı işaret etmektedir.

Steran/Hopan Oranı: Steran/hopan oranı ≥ 1 olduğu zaman planktonik ve/veya bentik alg içeren denizel organik maddeleri temsil ederken, steran/hopan oranı < 1 olduğunda karasal ve/veya mikrobiyal organik madde girdisini işaret eder (Peters, 1986). Şekil 4.22-24 ve 4.25-27'deki m/z 191 ve m/z 217 GC-MS kromatogramlarında ve Çizelge 4.4, 4.5 ve 4.8'de verilen Çeltekk kömür örneklerinin hesaplanan steran/hopan oranları 0,16 (nu: 1), 0,10 (nu: 4) ve 0,22 (nu: 8) olarak belirlenmiştir. Çeltekk kömür örneklerinin hepsinde düşük steran/hopan oranının (< 1) saptanması, karasal ve/veya mikrobiyal organik madde girdisini işaret etmektedir.

C₃₀ normal steranlar: Peters ve Moldowan (1993) C₃₀ steranların varlığının denizel ortamı temsil ettiğini, yokluğunun ise denizel olmayan bir çökelme ortamını temsil ettiğini önermişlerdir. Çeltekk kömür örneklerinin hepsinde C₃₀ steran varlığı gözlenmiş olup (Şekil 4.25-27) denizel bir kaynak kayanın varlığından bahsedebiliriz.

C₂₇–C₂₈–C₂₉ steran dağılımları: Yaygın olarak kullanılan ve organik madde türüne bağlı olarak değişen C₂₇–C₂₈–C₂₉ steran dağılımları paleoortam hakkında bilgi sağlamaktadır (Peters ve diğ., 2005; Karadirek, 2023)". Çeltekk kömür örneklerinde C₂₉ ve C₂₈ steranların göreceli değişken baskınlığında (Çizelge 4.8), C₂₉ steranların baskınlığı vasküler bitkilerden gelen baskın bir organik madde kaynağını gösterirken, C₂₈ steranların baskınlığı gölsel alglerin varlığını gösterir (Peters ve diğ., 2005; Waples ve Machihara, 1991; Karadirek, 2023). Ancak, Şekil 4.28'de Çeltekk formasyonu kömürlerinin organik maddesinin tümüyle karasal ortamda depolanan yüksek bitkiler kaynağından sağlandığını söyleyebilmekteyiz.



Şekil 4.28. Çeltik kömür örnekleri için C_{27} , C_{28} ve C_{29} düzenli steranların organik madde girdi kaynağı ve depolanma ortamı üçgen diyagramı (Huang ve Meinschew, 1979'dan uyarlanmıştır)

$\beta\beta/(\beta\beta+\alpha\alpha)$ Steran Oranı (C_{29}): Çökelme ortamı özelliğinin belirlenmesinde kullanılan $\beta\beta/(\beta\beta+\alpha\alpha)$ steran (C_{29}) oranı, Rullkötter ve Marzi (1988) tarafından vurgulandığı gibi, C_{29} $\beta\beta$ steranların, C_{29} $\alpha\alpha$ steranlarından baskın olduğunda çökelme ortamının tuzlu olduğunu ifade edilmiştir. Şekil 4.25-27'de ve Çizelge 4.8'de Çeltik kömür örneklerinin hepsinde C_{29} $\beta\beta$ steranlarının düşük olması sebebiyle Çeltik kömürlerinin tuzlu ortamdaki ziyade tatlı su ortamında çökelmiş olduğunu söyleyebiliriz.

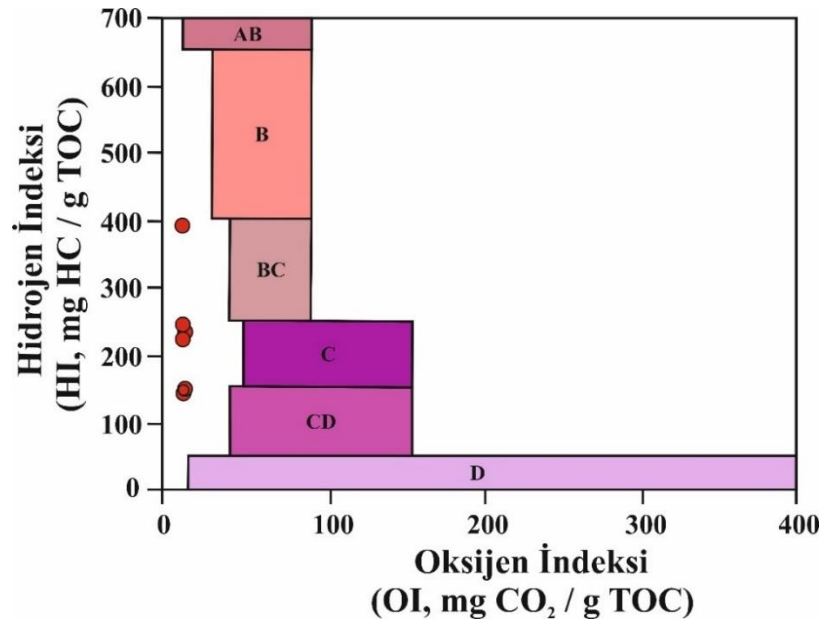
4.6. Organik Fasiyes ve Çökelme Ortamını Belirleyici Biyobelirteç Parametreleri

Combaz (1964), Palinofasiyes terimini “Organik Petroloji”nin oluşturulması için önemli bir dönemde tanıtmıştır, çünkü başlangıçta “Palinoloji ve Kömür Petrolojisi” terimleri ve çalışması kullanılmaktaydı. Combaz (1964), tortul kayalardan izole edilen organik kırıntılarda, minerallerinin elimine edilmesinden sonra farklı bileşenlerin oranlarındaki düzenlilikleri gözlemlemek için mikroskop tekniğini kullanarak sporlar, polenler, odun parçaları, bitki hücreleri, amorf organik maddeleri saptamıştır. Araştırmacı, palinofasiyes'i farklı bileşenlerin oranlarının diyagramı olarak isimlendirmiştir.

Daha sonra, Jones ve Demaison (1982) ve Tyson (1995) tarafından ortaya atılan organik fasiyes kavramı, bir sedimentteki organik maddenin türünün ve oluşumunun karakterini tanımlayan bir kavram olarak belirtilmiştir. Organik fasiyes, stratigrafik bir birimin haritalanabilir bir alt bölümüdür ve inorganik bileşenler göz ardı edilerek petrografik özelliklerindeki değişikliklerin ayırt edilmesidir. Organik fasiyes kavramı, bir

organizma ile çökelme ortamı arasındaki karşılıklı bağımlılığı, yani su derinliği, su kimyası, besin maddelerinin türü ve bulunabilirliği, sıcaklık, redoks potansiyeli ve karaya yakınlık gibi faktörleri tanımlar (Tyson, 1995). Bu sebeple, bu faktörlerden birinde veya hepsinde meydana gelen mekansal veya zamansal bir değişim, kavramsal olarak belirli bir organizmayı veya organizma topluluğunu destekleyecektir; bu da belirli bir kaynak kaya zonunun üretken potansiyelini etkileyecektir (Tyson, 1995). Belirli bir zon boyunca organik fasiyesleri haritalamak, daha önce yapılan çalışmalarda gösterildiği ve uygulandığı gibi, toplam organik karbon içeriği ya da kerojen tipinin basit bir değerlendirmesinin ötesinde daha büyük veya daha düşük hidrokarbon üretme potansiyelini belirlemeye yardımcı olacaktır (Stasiuk, 1996; Stasiuk ve Fowler, 2004).

Şekil 1.4'te sunulan ÖSK kaydında organik maddenin miktarı ve kalitesindeki zamansal değişimler jeokimyasal özelliklerdeki (TOC, S₂ ve HI) ve organik fasiyeslere göre değişimler olarak ifade edebiliriz. Şekilde Çeltekkömürleri, genel olarak yüksek ve değişken (15,17-63,01 %wt) TOC değerlerini, HI (142-394) değerlerini ve OI (9-14) değerlerini göstermektedir. Çeltekkömürlerinde baskın organik madde tipi Tip III kerojen olmakla birlikte, Tip II-III kerojen de bulunmaktadır (Şekil 4.14, 4.15 ve 4.19). Jones (1987) sınıflamasına göre; HI, OI ve TOC verileri birlikte değerlendirildiğinde, Çeltekkömürlü seviyelerinin BC, C ve CD organik fasiyesinde çökelmiş olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.29). Bu üç fasiyesin karakteristiği gaz türümüne uygun, sediment birikim oranının yüksek ila orta derecede olduğu oksik-dioksik ortamları işaret etmektedir.

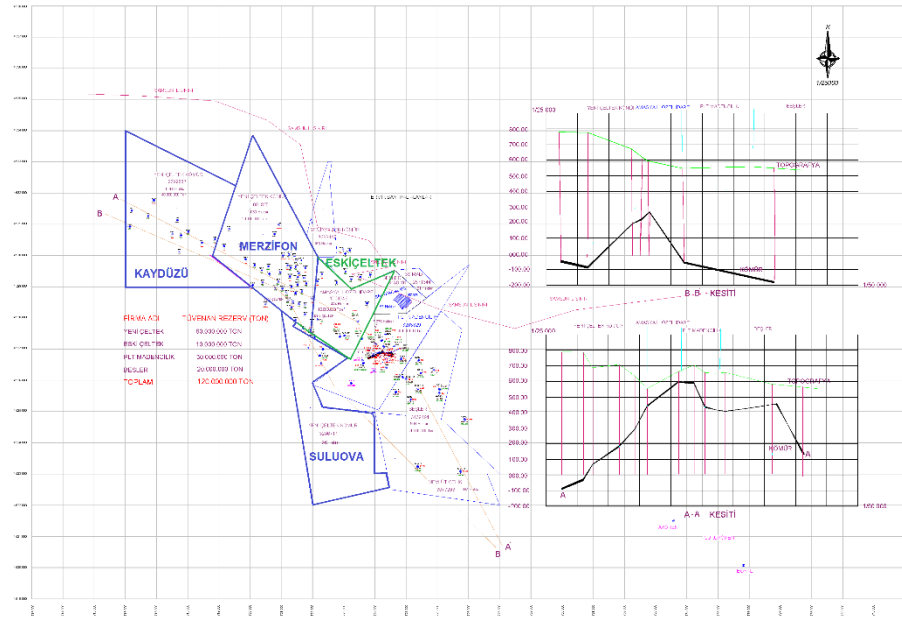


Şekil 4.29. Çeltekkömür formasyonu kömür örneklerinin HI ve OI analiz verileri kullanılarak organik fasiyeslerinin belirlenmesi (diyagram Jones, 1987'den değiştirilerek alınmıştır)

5. ESKİ ÇELTEK KÖMÜRLERİNİN EKONOMİK DEĞERLENDİRMESİ

Uluslararası Enerji Ajansının (IEA) tarafından belirtildiğine göre, 2020 yılı ilk çeyreğinde kovid salgını sebebiyle kömür üretiminde düşüş olmasına rağmen, elektrik kullanım talebindeki artma sebebiyle gelecek yıllarda kömür kullanımının artışı öngörülmüştür. Küresel ekonomide kömür, enerji kaynağı olarak daima yerini muhafaza edecektir. Kömür, enerji sağlama yararı yanı sıra çevre kirlenmesi ve insan sağlığı açısından birçok olumsuz etkilere sebep olmasına rağmen, rezerv potansiyelinin yüksekliği, üretim maliyetlerinin diğer fosil yakıtlara göre düşüklüğü ve kullanımının kolaylığı sebebiyle oldukça tevecch edilen bir enerji kaynağı durumundadır. Dolayısıyla, Uluslararası Enerji Ajansı'nın öngörülerine göre küresel kömür üretiminin 2040 yılına kadar %3 oranında artışı beklenilmektedir. Sözü edilen ajansın verilerine göre küresel çapta elektrik üretiminin üçte birinden fazlası kömür tarafından karşılanmaktadır. Ayrıca, Enerji Bakanlığı tarafından yayınlanan milli enerji ve maden politikaları kapsamında yeraltı zenginliklerimizin ekonomiye kazandırılmasının hedeflenmesi de kömür üretiminden kolay kolay vazgeçilemeyeceği gerçeğini işaret etmektedir.

Bölgede 1927 yılında Eski Çeltek sahasında üretime başlanmış, 1955 yılında Yeni Çeltek sahasında da kömür üretim faaliyetleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 31). Mevcut durumda, Eski Çeltek ve Yeni Çeltek sahaları aktif şekilde çalışmakla beraber mücavirindeki sahalarda da üretim devam etmektedir.



Şekil 31. Amasya bölgesi işletilen linyit kömür sahaları (Yeni Çeltek: 60 milyon ton, Eski Çeltek: 10 milyon ton, PLT Madencilik: 30 milyon ton ve Beşler Madencilik: 20 milyon ton olup toplam rezerv 120 milyon ton olarak belirlenmiştir) (Anonim, 2020)

Eski Çeltek (açık işletme) ve Yeni Çeltek (yeraltı işletmesi) Üretilen tüvenan (işlenmemiş/ham) kömür tesislerde zenginleştirilerek, evsel ısınma ve sanayi sektörünün ihtiyacına göre toz, fındık, ceviz ve parça olarak boyutlandırılıp ekonomiye kazandırılmaktadır. Bölgede yıllık ortalama 1-1.5 milyon ton tüvenan kömür üretimi gerçekleştirilmektedir (Şekil 32-35).



Şekil 32. Eski Çeltek kömür açık işletmesinin genel görünümü



Şekil 33. Eski Çeltek kömür ocağının görünümü



Şekil 34. Eski Çeltek kömür açık işletmesinin genel görünümü



Şekil 35. Eski Çeltek kömür açık işletmesinin genel görünümü

İnceleme sahamızdaki Eski Çeltek havzasının toplam rezervi 10 milyon tondur. Amasya bölgesinin kömür rezervi ise 120 milyon ton olup, bölgeye yapılacak bir termik santral bölge halkı ekonomisine ve üretim dışında kalan düşük kalorili kömürler ile bitümlü şeylerin de değerlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

Ülkemiz, toplam dünya kömür rezervinin yaklaşık %2,1'ini içermekte fakat linyitlerimizin %79'unun, 2500 kcal/kg ısı değeri altında olması daha çok termik santrallerde kullanımını ön plana çıkartmıştır. Son yıllarda gerçekleştirilen yaklaşık 70

milyon ton civarındaki üretimin %85'i termik santrallerde kullanılmaktadır. Linyite dayalı termik santrallerimizin kurulu gücü 8.515 MW olup bu güç toplam kurulu gücümüzün %23,6'sına karşılık gelmektedir. Rezervleri belirlenen ve termik santral kurulabilecek özellikte olan linyit sahalarımız hızla devreye sokulması ve bilinenlere yeni ünitelerin ilavesi ile kurulu gücümüzün 20.000 MW daha arttırılabileceği mümkün görülmektedir.



6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Çeltek kilitaşlarının mineral toplulukları kaolinit-klorit-illit-smektit-karışık kil (smektit-klorit)'den ibaret olup, baskın mineralini kaolinit temsil etmektedir.

Çeltek kömürlerinin TOC değerleri mükemmel kaynak kaya özelliğindedir.

Çeltek formasyonuna ait kömür örneklerinin altısı gaz kaynağını gösterirken, bir örnek gaz ya da petrol kaynağını işaret etmektedir.

Çeltek formasyonuna ait kömür örneklerinin vitrinit yansıma değerleri derinlik arttıkça artış ve azalış göstermektedir.

Çeltek formasyonunun palinofasiyesleri, BC, C ve CD organik fasiyeslerini temsil etmekte ve kömürleri baskın olarak petrol üretme eğilimindedir.

Gamaseranların varlığı Çeltek formasyonunun çökeliminde denizel ortam etkisini belirtmektedir.

Çeltek kömür örneklerinde olan gözlenmesi, deltaik bir ortamda biriken yüksek bitki materyalinin bir göstergesi ve olgunlaşma evresine ulaşılmadığını ifade eder.

Çeltek kömürlerinde hesaplanan mumsuluk indeksi değerleri, sedimantasyon sürecinde yüksek bitkilerden sağlanan karasal organik madde girdisini işaret etmektedir.

Çeltek kömürlerindeki C_{23} trisiklik pikinin ana pik olması karbonat kaynak kayayı ve denizel ortam etkisini vurgulamaktadır.

Çeltek kömür örneklerindeki C_{24} tetrasiklik oranı, bir örnekte 0,69 olup şeyl kaynak kayayı; iki örnekte 2,19 ve 3,19 olup karbonat kaynak kayayı belirtmektedir.

Çeltek kömürlerindeki C_{29} norhopan/ C_{30} hopan oranları, bir örnekte 4,74 olduğundan karbonat kaynak kayayı temsil ederken, iki örnekte 0,48 ve 0,58 olduğundan şeyl kaynak kayayı vurgulamaktadır.

Çeltek kömürlerindeki C_{23}/C_{30} hopan oranları, yüksek değerlerde (4,29, 4,34 ve 4,59) olduğundan çalışılan alanda denizel etkinin olduğunu belirtir.

Çeltek kömürlerindeki C_{31}/C_{30} hopan oranları analiz yapılan üç örnekte de düşük (<0,25) olduğundan (0,11, 0,12 ve 0,13) gölsel ortam kaynak kayasını işaret eder.

Çeltek kömürlerindeki C_{35}/C_{30} hopan oranları, 0,013 ile 0,014 arasında değişen değerlere sahip olduğundan fluviyal/deltaik ve göl-fluviyal/deltaik çökelme ortamlarını göstermektedir.

Çeltek kömürlerindeki $C_{35}/(C_{31} - C_{35})$ homohopan indeksi 0,023-0,025 gibi düşük değerlerde olduğundan suboksik ve/veya oksik bir ortamı ve kırıntılı bir ortamda gelişen paleoçökelmeyi belirtmektedir. Yine, Çeltek kömürlerindeki $C_{35} (R+S)/C_{34} (R+S)$

oranları, üç örnekte de <1 olduğundan (0,15, 0,16 ve 0,15) suboksik ortam koşullarını ifade etmektedir.

Moretan/hopan oranları Çeltek kömür örneklerinde 0,53–0,61 arasında değiştiğinden, olgunlaşmamış-erken olgun safhadaki bir kaynak kayayı belirtmektedir.

Çeltek kömürlerindeki Ts/Tm oranları, <1 (0,0185–0,1810) olduğundan paleoçökme ortamının anoksik olduğunu işaret eder. Ayrıca $Ts/(Ts+Tm)$ oranları (0,0181-0,153) Çeltek kömürlerinde düşük olduğundan bu kömürlerin olgunlaşmadığını göstermektedir.

Çeltek kömürlerinde C_{29}/C_{27} steran oranları, bütün örneklerde >1 (7,18; 10,7 ve 11,6) olup karasal bitki kaynağını göstermektedir.

Çeltek formasyonu kömürleri yüksek oranlarda C_{29} (%71-74) ve C_{28} (%16-23) steranlar ile düşük oranlarda C_{27} (%6-10) steranlar kapsamakta olduğundan, turba oluşumunda önce yüksek karasal bitkilerin, daha sonra otsu bitkilerin egemen olduğunu ve bileşime az miktarda gölsel alg, bakteri ve mantarların da katıldığını işaret etmektedir.

Çeltek kömürlerindeki diasteran/steran oranlarının düşük konsantrasyonlarda olması (0,35-0,42) karbonatça zengin bir kaynak kayanın varlığını yansıtmaktadır.

Steran/hopan oranlarının Çeltek kömürlerindeki değerlerinin düşük (<1) olması, karasal ve/veya mikrobiyal organik madde girdisini belirtmektedir.

Çeltek kömür örneklerindeki (C_{29}) $\beta\beta/(\beta\beta+\alpha\alpha)$ steran oranlarının C_{29} $\beta\beta$ steranlarının, C_{29} $\alpha\alpha$ steranlarından daha düşük olması sebebiyle, Çeltek kömürlerinin tuzlu ortamdaki ziyade tatlı su ortamında çökmeyi yansıttığını söyleyebiliriz.

Sonuç olarak, Çeltek formasyonunun sığ denizel-delta geçiş ve tatlı sulu gölsel ortamda çökeldiğini; organik madde kaynaklarının hem karbonat hem de şeyl kayaları olduğunu, organik maddenin olgunlaşmamış ve erken olgun evrede olduğunu; oksik-suboksik-anoksik ortamsal koşulların etkisinde kaldığını ve daha çok yüksek karasal bitki katkısı olmakla birlikte daha aza olarak da otsu bitkiler, gölsel alg, bakteri ve mantarların da katkısının olduğunu önerebilmekteyiz.

Çeltek kömürlerinin 70 milyon ton (Eski ve Yeni Çeltek) rezerviyle ekonomik düzeyde olduğu, işletilebilir özellikte ve halihazırda da işletilmekte olduğunu söyleyebiliriz.

6.2. Öneriler

Amasya ili Suluova ilçesi çevresinde kömür ve/veya petrol/gaz için potansiyel hidrokarbon yataklarının belirlenmiş olanları kadar, araştırılması gereken potansiyel

sahaların da bulunduğu tarafımızca düşünölmektedir. Dolayısıyla bu sahalarda diğler araştırmacıların da çalışmalar yapması ve mümkünse karotiyerli sondaj çalışması yapmaları önerilmektedir.

Amasya kömür havzasının toplam rezervi (araştırma çalışmalarıyla bu rezerv artabilir) 120 milyon ton olduğunu düşünöldüğünde, termik santral yatırımı için fizibilite çalışması yapılması uygun olacaktır. Bölgeye yapılacak bir termik santralin kömür üretimini nispeten artıracığı gibi, üretim dışında kalan düşük kalorili kömürler ile bitümlü şeyller de ekonomiye kazandırılabilir.



KAYNAKLAR

- Akıska, E., 2018, Petrographic and palynological investigations of Sinanpaşa (Afyon) Miocene coals, *Bull. Min. Res. Exp.*, 156, 151-166.
- Akkiraz, M. S., Kayseri, M. S. and Akgün, F., 2008, Palaeoecology of coal-bearing Eocene sediments in Central Anatolia (Turkey) based on quantitative palynological data, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 317-360.
- Anonim, 2020, Yeni Anadolu Madencilik ve Teknolojileri San. Tic. A.Ş. adına ücretli kömür aramaları projesi, Proje no: 2019-33-42.
- Barakat, O., El-Gayar, M. and Mostafa, A., 2000, Geochemical significance of fatty acids in crude oils and related source rocks from Egypt, *Petroleum Science and Technology*, 18, 635-655.
- Blumenthal, M. M., 1937, Amasya vilayetine tabi Çelték'teki linyitli arazinin jeolojik teşekkülü hakkında rapor, *MTA., Derg.* No: 157, Ankara.
- Clementz, D. M., Demaison, G. J. and Daly, A. R., 1979, Well site geochemistry by programmed pyrolysis; Proc. 11th Annual Offshore Technology Conf. Houston, OTC 3410, 1, 465-470.
- Combaz, A., 1964, Les palynofaciès. *Revue de Micropaléontologie*, 7, 205-218.
- Dai, S., Bechtel, A., Eble, C. F., Flores, F. M., et al., 2020, Recognition of peat depositional environments in coal: A review, *International Journal of Coal Geology*, 219, 1-67.
- Davis, R. C., Noon, S. W. and Harrington, J., 2007, The petroleum potential of Tertiary coals from Western Indonesia: relationship to mire type and sequence stratigraphic setting, *International Journal of Coal Geology*, 70, 35-52.
- Değer, A. C., 2019, Arslanlı (Seyitömer/Kütahya) kömürlerinin organik jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi, *Ankara Üni., Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi*, Ankara, 117 s.
- Ekweozor, C. M. and Telnaes, N., 1990, Oleanane parameter: verification by quantitative study of the biomarker occurrence in sediments of the Niger Delta, *Organic Geochemistry*, 16 (1-3), 401-413.
- Fowler, M., Stasiuk, L. and Avery, M., 2005, Potential petroleum systems in the Labrador and Baffin Shelf areas, offshore northeastern Canada. In *Organic Geochemistry: Challenges for the 21st Century*, Abstracts for 22nd International Meeting on Organic Geochemistry, Seville, Spain, September 2005, v. 1, p. 463.
- Genç, Ş., Kurt, Z., Küçükmen, Ö., Cevher, F., Saraç, G., Acar, Ş., Bilgi, C., Şenay, M., ve Poyraz, N., 1991, Merzifon (Amasya) dolayının jeolojisi, *MTA., Derleme Raporu*, No, 9527.
- G.Maps: <https://www.google.com/maps/@40.7501749,35.3637332,10.35z?entry=tту>
- Grantham, P. J. and Wakefield, L. L., 1988, Variations in the sterane carbon number distributions of marine source rock-derived crude oils through geological time, *Organic Geochemistry*, 12, 61-73.
- Gümüşsu, M., 1984, Amasya ili Çelték kömür havzasının jeolojisi ve kömür potansiyelinin değerlendirilmesi, *Ankara Üni. Fen Fakültesi, Doktora Tezi*, Ankara, 80 s.
- Huang, W. Y. and Meinschein, W. G., 1979, Sterols as ecological indicators, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 43 (5), 739-745.
- Hunt, J. M., 1995, Petroleum geochemistry and geology. New York: W. H. Freeman

- and Company, p. 743.
- Hunt, J. M., 1996. Petroleum geochemistry and geology (second edition), *Freeman and Company*, New York, p. 743.
- Ismael, Jan I. I., 2018, Duhok ve Süleymaniye bölgelerindeki Naokelekan Formasyonunun organik jeokimyasal özellikleri ve hidrokarbon potansiyeli. S. *Ü. Fen Bil. Enst.*, Doktora Tezi, Konya, 163 s. (Yayımlanmamış).
- Jones, R. W. and Demaison, G. J., 1982, In "proceedings of the second ASCOPE conference and exhibition, Manila": (Saldivar-Sali, A, ed.), 51-68.
- Jones, R. W., 1987, Organic facies, In: J. Brooks and D. Welte, (eds.), *Advances in Petroleum Geochemistry*, 2, 1-91.
- Jovanovski, G., Boev, B., Makreski, P., 2023, Chemistry and geology of coal: nature, composition, coking, gasification, liquefaction, production of chemicals, formation, peatification, coalification, coal types, and ranks, *ChemTexts*, 9 (2), 1-16.
- Karadirek, S., 2023, Paleoenvironmental settings of the Soma Coal Basin (Turkey): Insights from maceral data, biomarker, and carbon isotopic composition, *ACS Omega*, 8, 47974–47990.
- Koç, C., 2002, Suluova (Amasya) kuzeybatısındaki Eosen çökellerinde sedimantolojik incelemeler, *F.Ü. Fen Bil. Enst.*, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 52 s.
- Koç, C. ve Türkmen, İ., 2002, Suluova (Amasya) kuzeyindeki kömürlü Eosen çökellerinin sedimantolojik özellikleri, *Yerbilimleri*, 23, 101–118.
- Koralay, D. B., 2012, Acıgöl (Denizli/Türkiye) kuzeybatısındaki Oligosen yaşlı sedimanter birimlerin organik ve inorganik jeokimyasal özelliklerinin araştırılması. *TÜBİTAK Projesi*, Proje No: 110Y356, 107 s.
- Lopez, L., Lo Mónaco, S. and Richardson, M., 1998, Use of molecular parameters and trace elements in oil-oil correlation studies, Barinas sub-basin, Venezuela, *Org. Geochem.*, 29, (1-3), 613-629.
- Mann, U., Korkmaz, S., Boreham, C. J., Hertle, M., Radke, M. and Wilkes, H., 1998, Regional geology, depositional environment and maturity of organic matter of Early to Middle Jurassic coals, coaly shales, shales and claystone from the Eastern Pontides, NE Turkey, *International Journal of Coal Geology*, 37, 257-286.
- Mackenzie, A. S., Patience, R. L., Maxwell, J. R., Vandenbroucke, M. and Durand, B., 1980, Molecular parameters of maturation in the Toarcian shales, Paris basin, France-1 change in configuration of acyclic isoprenoid alkanes, steranes and triterpanes, *Geochim. et Cosmochim. Acta.*, 44, 1709-1721.
- McKirdy, D. M., Aldrige, A. K. and Ypma, P. J. M., 1983, A geochemical comparison of some crude oils from Pre-Ordovician carbonate rocks, In: *Advances in Organic Geochemistry 1981*. M. Bjorøy, C. Albrecht, C. Cornford, et al. (eds), *John Wiley & Sons*, New York, 99-107.
- Moldowan, J. M., Seifert, W. K. and Gallegos, E. J., 1985, Relationship between petroleum composition and depositional environment of petroleum source rocks, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 69, 1255-1268.
- Noble, R. A., Wu, C. H. and Atkinson, C. D., 1991, Petroleum generation and migration from Talang Akar coals and shales offshore NW Java, Indonesia, *Organic Geochemistry*, 17 (3), 363-374.
- Özakar, E., 2012, Organik maddece zengin kayaçların (Kürnüç-Göynük/Bolu) organik madde türü ve organik karbon miktarlarının hidrokarbon türüm potansiyeline etkisinin incelenmesi, *Ankara Üni., Fen Bil. Enst.* Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 108 s.

- Özdemir, İ. ve Pekmezci, F., 1983, Suluova (Amasya ili) Çeltek linyit sahalarının sondajlı kömür arama raporu, *MTA, Derleme Rapor No. 7396*.
- Öztürk, A., 1968, Çerkeş-Eskipazar-Gerede bölgesinin jeolojisi, *A. Ü. Fen Fakültesi, Jeoloji Kürsüsü*, Ankara.
- Palacas, J. G., Anders, D. E. and King, J.D., 1984, South Florida Basin-A prime example of carbonate source rocks of petroleum, In: petroleum geochemistry and source rock potential of carbonate rocks, J. G. Palacas (ed.), *AAPG Studies of Geology*, 18. Tulsa, pp. 71-96.
- Peters, K. E., 1986, Guidelines for evaluating petroleum source rocks using programmed pyrolysis, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 70, 318-329.
- Peters, K. E. and Moldowan, J. M., 1993, The biomarker guide. Interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments, *Prentice-Hall*, NJ, p 363.
- Peters K. E. and Cassa, M. R., 1994, Applied source rock geochemistry, In: L. B. Magoon, and W. G. Dow, (eds.), *The Petroleum system- from source to trap, AAPG Memoir 60*, Tulsa, Oklahoma, p.93-117.
- Peters, K. E., Fraser, T. H., Amris, W., Rustanto, B. and Hermanto, E., 1999, Geochemistry of crude oils from eastern Indonesia, *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 83, 1927-1942.
- Peters, K. E., Walters, C. C. and Moldowan, J. M., 2005, The biomarker guide. II. biomarkers and isotopes in petroleum systems and earth history; 2nd ed.; *Cambridge University Press*, Cambridge, p. 475-1155.
- Pratt, L. M., Comer, J. B. and Brassell, S. C., 1992, Geochemistry of organic matter in sediments and sedimentary rocks. *SEPM (Society for Sedimentary Geology)*, USA, p. 100.
- Rullkötter, J. and Marzi, R., 1998, Naturel and artificial maturation of biological markers in a Toarcian shale from Northern Germany, *Organic Geochemistry*, 13, 639- 645.
- Sarı, İ., 2008, Armutlu (Suluova-Amasya) linyitlerinin bazı özellikleri ve ekonomik önemi, *Selçuk Üni. Fen Bil. Enst.*, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 83 s.
- Seifert, W. K. and Moldowan, J. M., 1981, Paleoreconstruction by biological markers, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45, 783-794.
- Silva, M. and Kalkreuth, W., 2005, Petrological and geochemical characterization of Candiota coal seams, Brazil-Implication for coal facies interpretations and coal rank, *International Journal of Coal Geology*, 64 (3-4), 217-238.
- Smith, J. T., 1994, Petroleum system logic as an exploration tool in a frontier setting, chapter 2, in Magoon, L.B., and W.G. Dow, (eds.), *the petroleum system-from source to trap, AAPG Memoir*, 60, Tulsa, 25-49.
- Stasiuk, L. D., 1996, Organic facies in black shale of Devonian-Mississippian Bakken Formation, southeastern Saskatchewan. *Geological Survey of Canada. Current Research 1996-B*: 15-22.
- Stasiuk, L. D. and Fowler, M. G., 2004, Organic facies in Devonian and Mississippian strata of Western Canada Sedimentary Basin; Relation to kerogen type, paleoenvironment, and paleogeography. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 52 (3), 234-256.
- Taka, M. ve Şener, M., 1988, Himmetoğlu (Göynük-Bolu) sahasının bitümlü şeyl olanakları ve sondajları, *MTA Rapor No: 8533*, Ankara.
- Taşçı, E., Metli, F., Göçmen, D., Yağcı, A. ve Özten, A., 1983, Kargı-İncesu civarının

- jeolojik etüdü. MTA, Rapor No: 42, Ankara.
- Tissot, B. P. and Welte, D. H., 1984, Petroleum formation and occurrence, *Springer Verlag*, Berlin, p. 694.
- Tyson, R.V., 1995, Sedimentary organic matter: organic facies and palynofacies, *Chapman & Hall*, London, p. 615.
- Volkman, J. K. and Maxwell, J. R., 1986, Acyclic isoprenoids as biological markers. In biological markers in the sedimentary record, Johns, R. B., (ed.), *Elsevier*, Amsterdam, pp 1-42.
- Waples, D. and Machihara, T., 1991, Biomarkers for geologists: a practical guide to the application of steranes and triterpanes in petroleum exploration, *American Association of Petroleum Geologists*, Tulsa, p. 91.
- Whitehead, E. V., 1974, The structure of petroleum pentacyclanes. In B. P. Tissot & F. Bienner (eds.), *Advances in organic geochemistry*, Editions Technip, Paris, pp. 225–243.
- Yalçın-Erik, N., 2010, Kömürleşme süreci ve paleoortam özelliklerinin belirlenmesinde biyomarker verilerinin kullanımı-Kangal kömürleri (Sivas, Türkiye), *İstanbul Yerbilimleri Derg.*, 23 (1), 19-37.
- Yalçın, H., Karayığit, İ. A., Cicioğlu, E. ve Gümüşer, G., 1997, Eosen yaşlı Sorgun (Yozgat) kömür havzasının kil mineralojisi ve tüm kayaç jeokimyası arasındaki ilişkiler, VIII. Ulusal Kil Sempozyumu, 24-27 Eylül 1997, DPÜ, Kütahya.