



**İbrahim Alp**

**Ercan Şahinoğlu**

Karadeniz Teknik University, Trabzon-Turkey  
ialp@ktu.edu.tr; ercansahinoglu@gmail.com

**Şadiye Kantarcı**

Şırnak University, sadiyekantarci26@gmail.com, Şırnak-Turkey

DOI	<a href="http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2017.12.4.1A0389">http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2017.12.4.1A0389</a>		
ORCID ID	0000-002-6032-3528	0000-0001-8881-2553	0000-0002-1024-0812

### **TERSİYER (PLİYÖSEN) YAŞLI BİR KÖMÜR ARAMA SAHASINA AİT SONDAJ KAROT ÖRNEKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

#### **ÖZ**

Kömür kalite değerlendirmesi kimyasal (nem, uçucu madde, sabit karbon, kül) ve elementel analizler (C, H, N, O, S) yapılarak belirlenmiştir. Vitrinit yansımaya değerleri organik maddece zengin ve kömürlü düzeylerde %0.288-0.371 arasında değişmekte olup, düşük olgunluk düzeyine karşılık gelmektedir. Bu kalorifik değerlerle uyumludur. Organik petrografi, kömür kalite verileri ve düşük olgunlaşma nedeniyle kömürlerin alt-bitümlü-linyit kömür olarak sınıflandırılabilmesi kanaatine ulaşılmıştır. Kömürlerin organik bileşimleri daha çok hümik ve daha az oranlarda ise inertinit ve liptinitik gruplardan oluşmaktadır. Kömürler, yüksek oranda kül ve sülfidli mineral içerikleri ve egemen olarak gelinitin baskın olduğu yüksek hüminit özellikleri ile karakteristiktirler. Yapılan petrografik analizler bu kömürlerin gölsel bataklıklarda oluştuğunu göstermektedir. Kömürlerin yüksek oranlarda uçucu oranlarına sahip yaklaşık 5'er metrelik üç damar şeklinde 16m kalınlığında bulunması yatağın gazlaştırma tekniğiyle değerlendirilebileceğini göstermektedir. Kömürlerin; kuru külsüz olarak ise %20.51-66.70 Hümik+Fülvik asit içerdikleri görülmektedir. Bu durum kömürlerin doğal toprak destek malzemesi olarak kullanılabilmesi gibi hümik asit üretiminde de kullanılabileceğini önermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kömür, Linyit, Karot, Analiz, Değerlendirme

### **EVALUATION OF DRILLING CORE SAMPLES FROM THE TERTIARY (PLIOCENE) AGED COAL FORMATION**

#### **ABSTRACT**

Coal quality assessment was determined by chemical and elemental analyzes. Vitrinite reflectance values ranged from 0.288 to 0.371% corresponds to a low level of carbonization. These values are consistent with calorific value. Because of organic petrography and coal quality data, the coal samples can be as sub-bituminous lignite coal. The coal consists of more humic and to a lesser extent inertinite/liptinite group. Coal, are characterized by relatively high huminite features that high ash and sulfide mineral content and is dominated predominantly gelinite. Petrographic analyzes show that these coals are formed in lacustrine swamps. The fact that the coals are found at 16 m in thickness with three veins of about 5 meters with high volatility rates suggests that the bed can be evaluated by gasification technique. The coal samples were found to contain 20.51-66.70% total Humic and Fulvic acid in dry ash. This suggests that coal can be used both as natural soil support material and in humic acid production.

#### **How to Cite:**

Alp, İ., Şahinoğlu, E. ve Kantarcı, Ş., (2017). Tersiyer (Pliyosen) Yaşlı Bir Kömür Arama Sahasına Ait Sondaj Karot Örneklerinin Değerlendirilmesi, **Engineering Sciences (NWSAENS)**, 12 (4):224-235, DOI: 10.12739/NWSA.2017.12.4.1A0389.



**Keywords:** Coal, Lignite, Core, Analysis, Evaluation

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Uluslararası Enerji Ajansı dünya birincil enerji arzının 2030 yılında 17.014 milyon ton petrol eşdeğeri olacağını öngörmektedir. Bu arzda %30.1 ile en büyük paya sahip olan petrolü %28.8 ile kömür, %21.6 ile doğalgaz, %11.8 ile odun, çöp, jeotermal, güneş, rüzgâr vb. kaynakların, %5.3 ile nükleer ve %2.4 ile hidrolik kaynakların izleyeceği tahmin edilmektedir [1]. 70'den fazla ülkede bulunan toplam 826 milyar tonluk kömür rezervlerinin petrol ve doğalgaz gibi diğer enerji kaynaklarına göre dünya üzerinde daha geniş bir yayılım gösteriyor olması enerji kaynağı olarak önemini arttırmaktadır. Mevcut üretim seviyeleri ile dünya görünür kömür rezervlerinin 200 yılı aşkın bir sürede tüketileceği tahmin edilirken görünür petrol ve doğal gaz rezervlerinin tükenme ömürlerinin mevcut üretim seviyeleri ile 40-60 yıl süreceği tahmin edilmektedir. Enerji kaynaklarının kalan ömürleri dikkate alındığında, kömürün, özellikle 2030 yılından sonra çok daha büyük önem kazanacağı anlaşılmaktadır. Türkiye enerji kaynakları bakımından çok şanslı konumda değildir. Fosil yakıtlar arasında yer alan ve hali hazırda birincil enerji tüketiminin %60'ını oluşturan petrol ve doğalgazda yok denecek bir rezerve sahiptir. Kömür açısından ise toplam 1.3 milyar ton taşkömürü, 8 milyar ton linyit rezervinin yanında sınırlı rezervli asfaltit, bitümlü şist ve turba yatakları ile hiç de küçümsenmeyecek bir kömür rezervine sahiptir [2]. Linyit rezervi ülkenin geneline dağılmakla birlikte yoğun olarak Afşin-Elbistan (%40) bölgesinde bulunmaktadır [3]. Toplam rezervin %73'ü kamu (TKİ, EÜAŞ) ve %27'si özel sektöre ait sahalarda bulunmaktadır. Türkiye'nin linyitleri %90'ı >3000Kcal/Kg altında düşük kaliteli olarak bulunmaktadır. Düşük kaliteli linyitlerin en yoğun kullanılabilmesi için alan termik santrallerde elektrik üretimidir. Türkiye sahip olduğu büyük linyit potansiyeli ile tüketimin tamamını yerli üretimle karşılayabilmektedir [4]. 1980'li yıllarda tüketimin %39'u termik santrallerde gerçekleşirken 2000'li yıllarda bu oran %84 seviyesine yükselmiştir. 2000 yılından sonra elektrik üretiminde ağırlığın doğalgaza kaymasına bağlı olarak linyit üretimi 50 milyon ton seviyelerine altına gerilemiştir. Türkiye 65 milyon ton/yıl üretime göre 7 milyar ton görünür rezerve göre statik ömrü 107 yıl olmaktadır. Yeni bulunan yataklarla linyit yataklarının ömrünün artma ihtimali yüksektir.

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Türkiye birincil enerji tüketiminin yaklaşık %70 kadarını ithal enerji kaynakları ile karşılamaktadır. Türkiye'nin enerji'de artan oranda dışa bağlı hale gelmesi sürdürülebilir kalkınması açısından son derece büyük risk oluşturmaktadır [5]. Bunu önlemek için yerli kaynakların kullanımının arttırılması ve rezervlerinin geliştirilmesi bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır. Yerli enerji kaynaklarının geliştirilmesi üzerine yapılacak çalışmalar dışa bağımlılığı azaltmada çok önemli bir yere sahip olacaktır. Bu çalışmada; Bursa ili, Orhangazi ilçesi, Yeniköy bölgesinde bulunan yeni kömür arama sahasına ait sondaj karot örneklerinin inceleme, test ve analiz sonuçları özetlenerek verilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek arama yapılan sahada bulunan kömür oluşumunun özellikleri ve ekonomik olarak değerlendirilebilir seçenekleri ortaya koyulmuştur. Çalışma ile şu ana kadar keşfedilmemiş büyük rezervli bir kömür oluşumunun ortaya çıkartılacak olması nedeniyle yerli kaynaklarla enerji tedariki üzerine katkı yapılacaktır. Bu nedenle sahadaki kömürün teknolojik özelliklerinin ve kullanım yerine uygunluğunun araştırılması gerekli bir çalışmadır.



### 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL METHOD PROCESS)

Çalışmaya esas sondaja ait karot örneklerini içeren 6 adet sandık laboratuvarlarımıza getirilerek açılmış ve ön inceleme gerçekleştirilerek formasyonlar adlandırılmıştır. Farklı birimler işaretlenerek birbirinden ayrılmış ve sınırları ölçülerek işaretlenmiştir. Tavan ve taban taşı, ara kesme ve kömürlü formasyonlar ayrı ayrı tartılarak orijinal ağırlıkları tespit edilmiştir. Her bir formasyonun farklı noktalarından sağlam karot örnekleri alınarak ortalama birim hacim ağırlıkları hesaplanmıştır. Bulunan yoğunluk değerlerinden yerinde ağırlığın tahmin edilmiş ve tartım sonuçları ile karşılaştırılarak karot verimi hesaplanmıştır. Deneylerde kullanılacak miktarlarda örnekler örnek bölücüler yardımı ile alınarak geri kalan kısım poşetlenerek şahit örnek olarak saklanmıştır. Alınan yeter miktardaki örnekler üzerine ASTM ve TS ISO standart yöntemleri (Tablo 1) ile parametreleri analiz edilmiştir.

Tablo 1. İncelenen parametreler, kullanılan yöntem ve standartlar  
(Table 1. Examined parameters, used methods and standards)

Analiz Adı	Analiz Metodu
Sondaj Karotlarının Analizi	ASTM MNL10119
Sondaj Karotlarından Örnek Alma	ASTM D5192-09
Kömür Örneklerinin Hazırlanması	ASTM D2013D2013M-12
Kömür Analizlerinin Dönüşümleri	ASTM D3180-15
Toplam Nem	ASTM D7582
Kül	
Sabit Karbon	-
Alt Isıl Değer	ASTM D5865
Üst Isıl Değer	
Toplam S	ASTM D4239
Piritik S	TS 329 ISO
Sülfat S	
Organik S	
Külde Kükürt	ASTM D5016
Uçucu Madde	ASTM D7582
C	ASTM D5373
H	ASTM D5374
N	ASTM D5375
O	ASTM D5376
Serbest Kabarma İndeksi FSI	ASTM D720
Toplam Humik+Fulvik Asit	TS 5869 ISO 5073
Vitrinit Yansıması	TS ISO 7404-5
Kömür Sınıflandırılması	ASTM D388

Çalışma kapsamında öncelikle kömürlü formasyonların kalitesi ve özelliklerini ortaya koyan Kalori (ısısal), Nem, Uçucu Madde, Kül ve Sabit Karbon analizleri sonuçları değerlendirilmiştir. Elde edilen inceleme ve analiz sonuçlarına göre seçilen örnekler üzerine (K8) ek olarak kükürt türleme (piritik kükürt, sülfat kükürdü ve organik kükürt) ve külde kükürt analizi, uçucu bileşenlerinin elementel (türleme) analizi (H, C, N, O) ve serbest kabarma indeksi (FSI) analizleri gerçekleştirilmiştir. İncelenen kömür oluşumunun kömürleşme derecesinin belirlenmesi amacıyla üstten aydınlatmalı polarize ışık kaynaklı mikroskopta vitrinit yansıtma özellikleri belirlenmiştir. Rmax, Rmean ve Rmin yansıma değerleri ölçülerek kömürleşme derecesi belirlenmeye çalışılmıştır. Seçilen kömürlü bir formasyondan (K8) alınarak hazırlanan örnek içerisinde Petrografik Dağılım Analizi yapılarak Maseral ve Mikrolitotip bileşenlerinin örnek içindeki %



dağılımları kantitatif olarak belirlenmiştir. Bu çalışmalara ek olarak seçilen örnekler (K1-K5-K8) içerisindeki Toplam Humik+Fulvik asit miktarları analiz edilerek örneklerin içerdikleri organik madde miktarları belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen analiz değerlerinin Orijinal, Havada Kuru, Kuru ve Kuru-Külsüz bazda verilebilmesi için dönüşümleri ASTM D3180-15 standardına göre yapılmıştır. Elde edilen veriler ışığında sondaj yapılan sahadaki kömür oluşumunun özellikleri belirlenerek uygun değerlendirilebilme seçenekleri tartışılmıştır.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

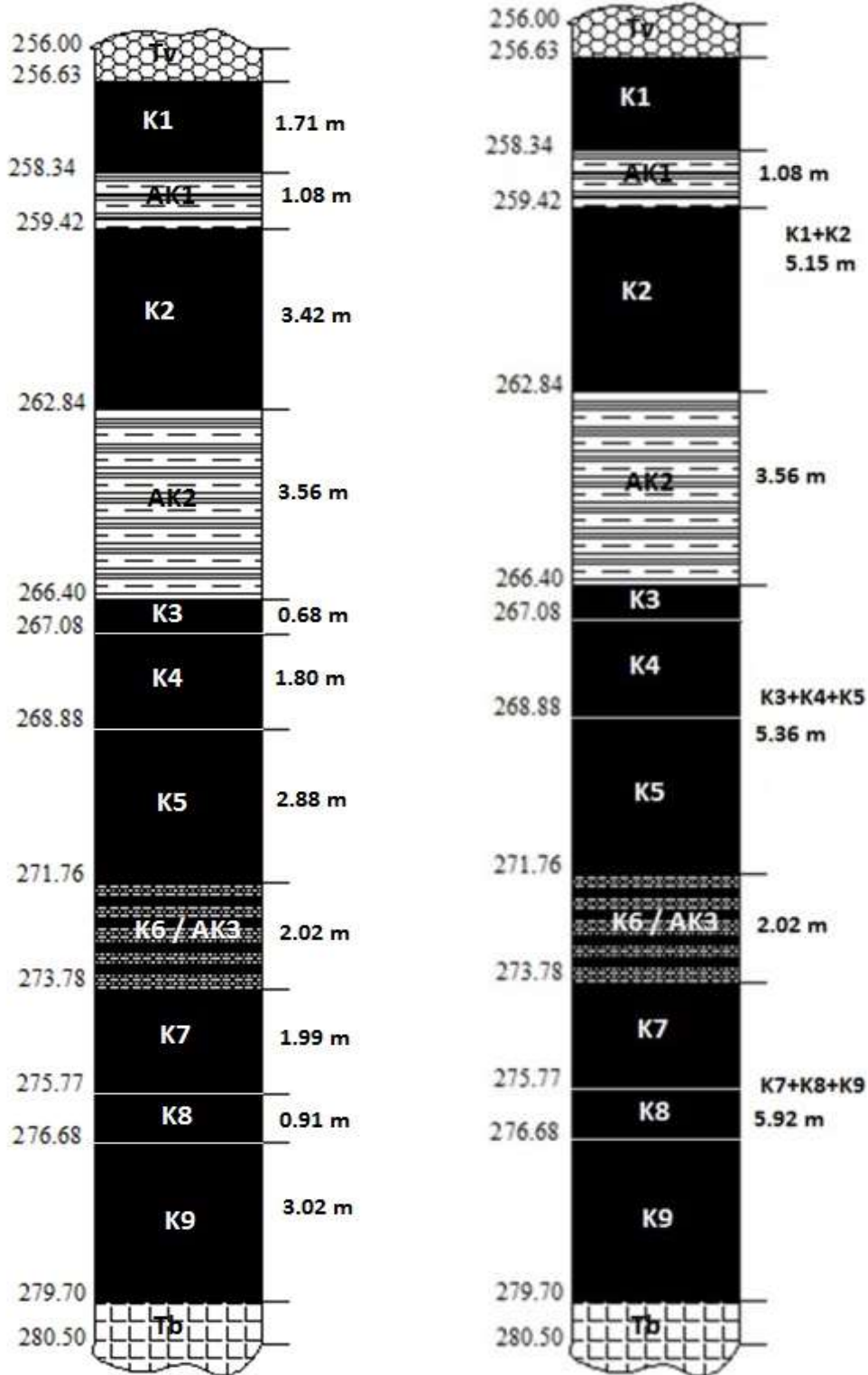
Sondaj karotu makroskopik olarak incelendiğinde farklı özelliklere sahip formasyonlardan geçtiği belirlenmiştir. Tablo 2’de bu formasyonların sondaj başlangıç kotuna göre başlangıç ve bitiş mesafeleri, görünüşlerine göre tanımlamaları özetlenmiştir. Ön inceleme ve değerlendirme sonrasında karot başlangıcında bulunan 0.63m uzunluğundaki birimin tavantaşı olduğu, karot sonunda 0.80m uzunluğundaki killi birimin taban taşı olduğu ve kömürlü birimler içermediği görülmüştür. Ayrıca sondaj karotunun 258.34-259.42. Metreleri arasında 1.08m kalınlığında, 262.84-266.40 metreleri arasında 3.56m kalınlığında ve 271.76-273.78 metreleri arasında 2.02m kalınlıklarında üç adet ara kesme tanımlanmıştır. Bu ara kesme içerisinde de çok ince boyutlarda kömürlü birimler bulunabilmektedir. Tavan taşı, taban taşı ve ara kesme üretim sırasında kömürlü birimlere karıştırılmadan ayrılabilir özelliklerde tanımlanabilmektedir. Yapılan incelemeler ve analiz sonuçları karot stampının üst, orta ve alt olmak üzere 3 bölüme ayrılabilirliğini göstermektedir. Üst bölüm; aralarında yaklaşık 1m kalınlığında ara kesme bulunan K1 ve K2 formasyonları oluşturmaktadır. Bu iki kömürlü zonun toplam kalınlığı (1.71m+3.42m) yaklaşık 5.13m civarındadır. Bu iki damarın birlikte değerlendirilmesi olasıdır. Orta bölüm; üst bölümle aralarında 3.5m’lik ara kesme ile ayrılan ve toplam kalınlığı 5.32m kadar olan K3, K4 ve K5 analizleri ile ifade edilen bölümdür. Alt bölüm ise yaklaşık 2m’lik bir ara kesme ile orta bölümden ayrılan ve yaklaşık 5.92m kalınlığında diğer iki bölüme göre daha iyi kömürleşme gösteren bölümdür (Şekil 1).

Tablo 2. Karot derinliğine göre tanımlanan farklı birimler  
(Table 2. Different units defined according to core depth)

Kesit Tanımlama			Başlangıç	Bitiş Kotu	Yoğunluk
Adı	Kodu	Açıklama	m	m	g/cm <sup>3</sup>
Tavan Taşı	Tv	Gri Kiltası, Marn	256.00	256.63	1.99
Kömür	K1	Kömür-Kil-Marn	256.63	258.34	1.39
Ara Kesme	AK1	Marn-Kil-Kömür	258.34	259.42	1.55
Kömür	K2	Kömür-Marn-Kil	259.42	262.84	1.39
Ara Kesme	AK2	Marn-Kil-Kömür	262.84	266.40	1.70
Kömür	K3	Kömür-Marn-Kil	266.40	267.08	1.45
Kömür	K4	Kömür-Marn-Kil	267.08	268.88	1.50
Kömür	K5	Kömür-Marn-Kil	268.88	271.76	1.46
Ara Kesme	AK3	Marn-Kil-Kömür	271.76	273.78	1.63
Kömür	K7	Kömür-Kil-Marn	273.78	275.77	1.36
Kömür	K8	Kömür-Kil	275.77	276.68	1.35
Kömür	K9	Kömür-Marn-Kil	276.68	279.70	1.32
Taban Taşı	Tb	Gri Kiltası	279.70	280.50	1.90

Kömürlü zonların havada kuru analiz sonuçları özet olarak Tablo 3’de verilmektedir. İki kömür damarının (K1 ve K2), orta kısımda bulunan üç kömür damarının (K3, K4 ve K5) ve alt bölümde yer alan üç

kömür analizinin (K7, K8 ve K9) ağırlık ortalamalarına göre birleştirilmiş havada kuru analiz sonuçları Tablo 4'de özetlenmiştir.



Şekil 2. Karot derinliğine göre tanımlanan birimler ve grupları  
(Figure 1. Units and groups defined by depth of core)

Kömür damarlarının kısa analiz sonuçları incelendiğinde kömür oluşumunun orijinal bazda yüksek nem (%33-38), yüksek kül (%34-60) ve



yüksek uçuculu (%29-35) olduğu dikkat çekmektedir. Sabit karbon miktarı çok düşüktür (%0.38-11). Üst ısıl değer olarak kalorisi ise 160-2245kcal/kg arasında değişmektedir. Ancak kömürlerin havada kuru haline getirilmelerinden sonra nem içeriklerinin %1-11 arasında düşürülmesine bağlı olarak değerlerde önemli yükselmeler görülmektedir. Böylece kömür oluşumunun %4-7 nem, %40-47 kül, %45-49 uçucu ve %2-8 arasında değişen sabit C içerikli 3 kömür damarı şeklinde toplanabileceği görülmektedir. Bu üç kömür damarının üst kalori değerleri de 1850-2700 arasında değişecektir. Kömür damarlarının toplam kükürt içerikleri havada kuruya göre %0.92-2.74 arasında değişim göstermektedir. Kömürlü birimler içerek K6 damarının kalori değeri vermemesi nedeniyle kömür zonları arasına alınmamış ve hesaplamalara dahil edilmemiştir.

Tablo 3. Kömürlü kesit örneklerinin havada kuru kısa analizleri  
(Table 3. Proximate analysis of coal section samples in air dry basis)

Kesit No	%Nem	%Kül	%Uçucu	%S	%C	Üst Kcal/kg
K1	10.67	34.44	46.29	1.93	8.6	2292
K2	4.72	43.47	49.87	1.69	1.95	1631
K3	3.01	48.31	47.67	1.30	1.01	1141
K4	2.00	52.67	44.75	0.95	0.58	612
K5	6.40	41.49	48.04	1.76	4.07	2009
K6	1.29	60.09	38.47	0.92	0.15	-
K7	6.06	39.64	46.20	2.74	8.10	2565
K8	8.89	36.75	40.05	2.53	14.31	3086
K9	5.79	42.02	46.78	2.00	5.42	2255

Tablo 4. Birleştirilmiş kömürlü kesit örneklerinin havada kuru analizi  
(Table 4. Proximate analysis of combined coal section in air dry basis)

Kesit No	%Nem	%Kül	%Uçucu	%S	%C	Üst Kcal/kg
K1-K2	6.70	40.47	48.68	1.77	4.16	1850
K3-K4-K5	4.46	46.19	46.86	1.42	2.48	1419
K7-K8-K9	6.36	40.39	45.54	2.34	7.71	2662

Yapılan kömür kalite analiz sonuçları değerlendirildiğinde; Orhangazi-Yeniköy kömürlerinin yüksek nem ve kül içeriklerinin yanında düşük kalorifik değerleri nedeniyle üretim sonrasında havada-kuru duruma getirildikten sonra enerji üretim amaçlı kullanılabileceği tespit edilmiştir. Kömürle çalışan termik santrallerde ana girdi kömür olduğundan, kazanda yakılacak olan kömürün fiziksel ve kimyasal özelliklerinin kazanın dizayn edildiği değerlere uygun olması yeterli olmaktadır. Böylece santralden daha yüksek verim elde edilebilmektedir. Termik santraller, özelliklerini sürekli koruyabilen kömürü temin edebilmek ve kömür akışında devamlılığı sağlayabilmek amacıyla kömür alımını sözleşmelerle/ protokollerle yapmaktadır.

Orhangazi-Yeniköy kömürlerinin yüksek oranlarda uçucu oranlarına sahip (orijinal %29.09-%34.90; kuru-külsüz %73.67-%98.72) yaklaşık 5'er metrelik üç damar (5.15, 5.35, 5.96m) şeklinde toplamda 16m'ye ulaşan kalınlığında bulunması mevcut yatağın yerinde gazlaştırma tekniğiyle değerlendirilebilecek özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Yüksek uçucu ve nem oranı, düşük kalorisi, kalınlığının yüksek ve kalorisinin düşük olması kömürün yerinde gazlaştırılarak değerlendirilmesini önermektedir. Yerinde gazlaştırmada kömür üretilmeden su buharı, hava, oksijen ve hidrojen ile tepkimeye sokularak gaz ürünler elde edilmektedir [6]. Kömür-8 damarının kısa analiz sonuçlarının orijinal, havada kuru, kuru ve kuru külsüz baza çevrilmiş sonuçları Tablo 5'de verilmiştir. İncelenen kömür-8 örneği



ortalama %1.84 orijinal, %2.78 kuru numune de kükürt ve yüksek kül değerleri ile yükselmiş karasal ortamı belirtir.

Tablo 5. Kömür-8 birimi kısa analiz sonuçları  
(Table 5. Proximate analysis of K-8 coal sample)

Analiz Adı	Birim	Orijinal	Havada Kuru	Kuru	Kuru-Külsüz
Toplam Nem	%	33.73	8.89	-	-
Kül		26.73	36.75	40.33	-
Uçucu madde		29.13	40.05	43.96	73.67
Toplam S		1.84	2.53	2.77	4.64
Sabit Karbon		10.41	14.31	15.71	26.33
Alt Isıl Değer	cal/kg	1954	2905	3245	5438.24
Üst Isıl Değer		2245	3086	3387	5676.22

Kömürdeki (kuru) kükürt miktarının çoğunluğunu organik kükürt (%1.37) ve piritik kükürt (%1.06) oluşturmaktadır (Tablo 6). Kuru bazda kömür içerisindeki kükürdün yaklaşık %49.3'ü organik, %38.2'si ise piritik kükürt olarak bulunmaktadır. Sülfat kükürt oranı oldukça düşüktür (%12.6). İncelenen kömürlerdeki yüksek kükürt içeriği kömür ortamını etkileyen göl veya acı su şartları ile veya yüksek su tablasının yüksek pH ve düşük Eh koşullarını geliştirmesi ve turba oluşumu sırasında göl sularındaki sülfat iyonlarının etkisi ile bol miktarda kükürdün gelişmiş olabileceği şeklinde açıklanabilir. Bunun birincil organik maddeye, çevre kayalara da bağlı olarak artabileceği belirlenmiştir.

Tablo 6. Kömür-8 biriminin kükürt türleme analiz sonuçları  
(Table 6. Sulfur speciation analysis results of the coal-8 unit)

Analiz Adı	Birim	Orijinal	Havada Kuru	Kuru	Kuru-Külsüz
Piritik S	%	0.70	0.96	1.06	1.77
Sülfat S		0.23	0.32	0.35	0.58
Organik S		0.91	1.25	1.37	2.30
Toplam		1.84	2.53	2.78	4.65
Toplam S (analiz)		1.84	2.53	2.77	4.64
Külde Kükürt		1.32	1.82	2.00	

Kömür-8 örneklerinin elementel analiz değerleri C, H, N, O ve S den oluşmaktadır. İncelenen havada kuru örnekteki C değeri %36.38 arasındadır. H değeri %2.49, N değeri %1.25 ve O değeri %13.55 'tir. Kuru-külsüz bazda ise C değeri, %66.91, H değeri %4.57, N değeri %2.29 ve O değeri %24.92 değerlerine ulaşmaktadır (Tablo 7). Elde edilen elementel analiz sonuçları kısa analizle bulunan uçucu ve sabit karbon analiz sonuçlarıyla uyumludur.

Tablo 7. Kömür-8 birimi örneğinin elementel analiz sonuçları  
(Table 7. Elemental analysis results of Coal-8 unit sample)

Analiz Adı	Birim	Orijinal	Havada Kuru	Kuru	Kuru-Külsüz
C	%	26.46	36.38	39.93	66.91
H	%	1.81	2.49	3.93	4.57
N	%	0.91	1.25	2.08	2.29
O	%	9.88	13.55	13.80	24.92
Toplam	%	39.06	53.67	59.74	98.69
Uçucu Madde	%	29.13	40.05	43.96	73.67
Sabit Karbon	%	10.41	14.31	15.71	26.33
Toplam	%	39.54	54.36	59.67	100.00

Kömürler el ile incelendiğinde onların parlak nitelikte, zayıf tabakalanma gösteren küp şeklinde kısmen konkoidal kırılma gösteren ve



tabaka yönüne dik çatlakları bulunduğu tespit edilmektedir. Bu özellikleri ile kömürleşmede Vitren (Vitrin) litotipinin ağırlıklı olarak bulunduğu söylenebilir. Yapının monomaseralli olarak ve baskın olarak Hüminit mikrolitotipini içerdiği gözlemlenmektedir. Kömürleşmenin kil mineralleri ile birlikte tabakalanma gösterdikleri de (karbagilit) belirlenmiştir. Mikroskobik incelemelerde kömürün genelde linyit oluşumlarında baskın olarak bulunan hüminit, inertinit ve liptinit maseral gruplarını içerdiği ve yapıda en fazla (%66) hüminit grubu maseraller bulunduğu görülmektedir. En fazla bulunan maseral %27 ile Gelinit'tir. Yapıda daha az oranlarda İnertinit (%15) ve Liptinit (%3) grubu maseraller bulunmakta olup inorganik mineral içeriği %16'lara ulaşmaktadır (Tablo 8). Vitrinit/hüminit grubu, çoğu kömürün en önemli bileşenidir. Bitkilerin kök, gövde ve yapraklarından oluşur ve bunlar; odun, periderm, yaprak mesofil dokularını ve bazı hücre dolgularını içermektedir. Vitrinit, aynı zamanda kolloidal hüminik jellerden de oluşabilmektedir. Linyit ve altbitümlü kömürlerde, hüminit grubu, bitümlü kömürlerdeki vitrinitlerden daha komplekstir ve daha büyük değişiklikler gösterir. Hüminit grubu, jelleşme derecelerine göre maseral altgrubuna, maserallere ve maseral tiplerine ayrılmaktadır. Tekstinit, jelleşmemiş hücre duvarı maddelerinden; ülminit, hala hücre yapılarının görülebildiği jelleşmiş bitki dokularından; atrinit ve densinit, hüminik parçalardan; jelinit, şekilsiz hüminik jellerden; korpohüminit, birincil hücre içi dolgulardan ve ikincil kolloidal hücre salgılarından oluşur.

Tablo 8. Kömür-8 örneğinin petrografik dağılım analizi sonuçları  
(Table 8. Petrographic distribution analysis of Coal-8 samples)

Grup	Maseral	%	%
Hüminit	Tekstinit	2	66
	Ülminit	9	
	Korpohüminit	8	
	Gelinit	27	
	Attrinit	5	
	Densinit	15	
İnertinit	Füzinit	3	15
	Semifüzinit	1	
	Makrinit	8	
	Funginit	1	
	İnertodetrinit	2	
Liptinit	Sporinit	2	3
	Kütinit	1	
İnorganik	Pirit	7	16
	Kil ve diğerleri	9	
Toplam		100	100

K-8 kömür örneklerinin R<sub>max</sub> yansıma değeri %0.371 bulunmuştur. Bu değer <0.380 değerinden küçük olması kömürümüzün düşük kömürleşme rankına sahip linyit olarak adlandırılabilir özelliklerde olduğunu göstermektedir (Tablo 9). Kömürlerde R<sub>max</sub>, R<sub>mean</sub>, R<sub>random</sub> ve R<sub>min</sub> yansıma değerleri bir havza kömürlerinin gerçek kömürleşme derecelerini bize vermekte, geçmişte maruz kaldıkları ısıl değerleri (diyajenetik) bize göstermektedir. Yansıma değerleri kömürün doğal halde, yerin altında bulunma derinliğine göre değişebilmektedir. Daha derinde bulunan kömürlerin daha fazla "jeotermal gradyan"dan etkilenmesi yüzünden, daha yüksek kömürleşme değerleri göstermesi doğaldır. Elde edilen yansıma sonuçları (<%0.371) sahamızdaki Paleo-Sıcaklık değerinin alt bitümlü kömürlerin oluşum şartları olan <100°C olduğunu da göstermektedir.



Tablo 9. Kömürleşme Derecelerine göre %Rmax Değerleri.  
(Table 9. %Rmax Values by Coalification Rating)

Kömürleşme Derecesi	Rmax
Linyit	<0.380
Alt bitümlü Kömür	0.38-0.47
Yüksek Uçucu Maddeli Taşkömürü C	0.47-0.57
Yüksek Uçucu Maddeli Taşkömürü B	0.57-0.71
Yüksek Uçucu Maddeli Taşkömürü A	0.71-1.10
Orta Uçucu Maddeli Taşkömürü	1.10-1.50
Az Uçucu Maddeli Taşkömürü	1.50-2.05
Semi Antrasit	2.05-3,0
Antrasit	>3.0

Üst ısıl değerler orijinal örnekte 2245Kcal/kg, kuru örnekte 3387Kcal/kg olup, ASTM-D388'e göre kömürleşme derecesinin belirlenebilmesi için kalori değerleri BTU/lb'ye dönüştürülmüş, kuru mineral maddesiz bazda değerlendirilmiştir. Buna göre kuru-külsüz bazda üst ısıl değer 5676.22Kcal/kg, 10217.19Btu/lb veya 23.77MJ/kg olduğu hesaplanmıştır. Serbest kabarma indeksi değeri (FSI) sıfır yani kekleşmeyen özellikte çıkmıştır (Tablo 10). Uçucu madde içeriği ve Element analiz sonuçları da kömürleşme dereceleri ile uyumluluk içindedir. Bu sonuçlar kömürlerin alt bitümlü kömür tipinde olduğunu işaret etmektedir [7]. Kömürlerin yansıma değerleri de bu bulguları doğrulamaktadır. Sondaj karotunun diğer kömürlü formasyonlardan alınan örneklerin analizlerine göre ise linyit tanımlamasına uyan değerlendirmeler elde edilmektedir.

Tablo 10. K8 kömürlü Örneğin Kalori Değerlerine ve Dönüşümleri  
(Table 10. Calorie Values and Conversions of K8 Sample)

Analiz Adı	Değer	Orijinal	Havada Kuru	Kuru	Kuru-Külsüz
Alt Isıl Değer	kcal/kg	1954	2905	3245	5438.24
	Btu/lb	3517.2	5229	5841	9788.84
	MJ/kg	8.18	12.16	13.59	22.77
Üst Isıl Değer	kcal/kg	2245	3086	3387	5676.22
	Btu/lb	4041	5554.8	6096.6	10217.19
	MJ/kg	9.40	12.92	14.18	23.77
Serbest Kabarma İndeksi			FSI	0.00	

Farklı seviyelerden (üst, orta ve alt) alınan kömür örneklerinin (K1, K5 ve K8) toplam hümik+fulvik asit içerikleri belirlenerek Tablo 11'de verilmektedir. Doğadaki bazı kaynaklar çeşitli oranlarda hümik ve fulvik asit içermektedir (Tablo 12). Havada kuru olarak sonuçlar karşılaştırıldığında üst bölümden alınan kömür örneğinin %10.9, orta bölgeden alınan K5 örneğinin %15.2 ve alt bölümden alınan K8 örneğinin %35.7 oranında hümik+fulvik asit içerdikleri belirlenmiştir. Örnek alınan derinliğin artışı ile hümik+fulvik asit oranının arttığı görülmektedir. Her durum için elde edilen verilerin Kahverengi kömür aralığına girdiği söylenebilir (Tablo 12) [8].

Tablo 11. Farklı kömürlü birimlerin toplam Humik+Fulvik asit oranları  
(Table 11. Total humic + fulvic acid ratios of different coal units)

Örnek Adı	Birim	Orijinal	Havada Kuru	Kuru	Kuru-Külsüz
K1	%	8.21	10.91	12.60	20.51
K5	%	12.23	15.21	18.80	33.77
K8	%	26.38	35.70	39.80	66.70

Tablo 12. Çeşitli doğal kaynakların humik+fulvik asit içerikleri[9]  
(Table 12. Humic + fulvic acid contents of various natural sources)

Doğal Kaynak	Toplam Hümik+Fulvik Asit (%)
Leonardit/Humat	40-85
Siyah Peat	10-40
Sapropel Peat	10-20
Kahverengi Kömür	10-30
Hayvan Gübresi	5-15
Kompost	2-5
Toprak	1-5
Atık Çamur	1-5
Sert Kömür	1-5

Hümik maddeler: Topraklarda, göllerde, nehirlerde ve sularda oluşan ve doğada en yaygın dağılım gösteren kolloidal özelliklere sahip doğal organik maddelerdir. Bu maddeler başlıca dekompoze amino asit artıkları içeren azotlu bileşikler ile aromatik komplekslerden oluşmaktadır. Hümik asitler, molekül ağırlıkları 50.000 ile 100.000 arasında değişen, çok koyu renkli bir materyaldir. Hümik asit, ayrılmış organik maddede, peat, kömür yatakları ve toprakta bulunur. Hümik asitin yüksek miktarda karboksil, hidroksil, metoksil ve karbonil grupları halinde oksijen içerdiği saptanmıştır. Hümik asitlerin; C, H, N, O ve S içerikleri Tablo 13'de gösterilerek K8 kömür örneği elementel analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırmada kullanılan analiz sonuçları kuru-külsüz bazda verilmiş olup C analizinden (%66.91) organik C miktarı (%26.3) çıkarılarak verilmiştir. S içeriği de organik S %'si olarak alınmıştır.

Tablo 13. Hümik asit ve kömür analizleri karşılaştırılması  
(Table 13. Comparison of humic acids and with K-8 sample analyzes)

Element	Hümik Asit (%) (Özkan 2008)	K8 Kuru-külsüz (%)
C	50-60	40.61 (66.91)
H	4-6	4.57
N	2-4	2.29
O	30-35	24.92
S	0-2	2.30

Linyitin üst tabakalarında bulunan okside olmuş hali Leonardit olarak tanımlanmaktadır. Ülkemizdeki tüm linyit yatakları aynı zamanda potansiyel bir leonardit kaynağıdır. Niğde, Uşak, Meriç, Soma, Muğla, Denizli, Çanakkale ve Adıyaman bölgelerinden alınmış numunelerle yapılan hümik asit analizlerinde elde edilen sonuçlar Tablo 14'te verilmiştir [10].

Tablo 14. Farklı bölgelerdeki leonarditlerin hümik asit içerikleri  
(Table 14. The humic acid contents of leonardites in different regions)

Bölge Adı	Toplam Hümik Asit (%)
Uşak/İlyaslı	26.72
Soma	24.16
Denizli/Kale	38.42
Muğla/Milas	31.94
Niğde/Ulukışla	20.65
Meriç	48.39



Çanakkale/Çan	34.36
Adıyaman	59.55

Hümik asit şeklindeki organik maddeleri kazanmada ekstraksiyonu yapılacak hammaddenin özelliklerine göre birçok değişik yöntem kullanılmaktadır. Ülkemizdeki farklı linyit kömürleri üzerinde yürütülen araştırmalarda Elbistan (%50.1), Seyitömer (%26.2), Muğla Yatağan (%25.4), Hasan Çelebi (%17.5), Beypazarı (%10.8), Dodurga (%9.2), Soma (%6.6), Tunçbilek (%5.7) ve Çayırılı-Çilhoroz (%4.9) kömür havzalarından hümik asit elde edilmiştir [8].

##### 5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışmada Bursa ili, Orhangazi ilçesi, Yeniköy mevkinde bulunan kömür arama sahasına ait muhtemelen Tersiyer (Pliyosen) yaşlı kömür oluşumunun kalite, petrografi ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Kömür kalite değerlendirmesi nem, uçucu madde, sabit karbon, kül ve elementel analiz (C, H, N, O, S) yapılarak belirlenmiştir.

Vitrinit (Hüminit) yansıma değerleri organik maddece zengin ve kömürlü düzeylerde %0.288 ve 0.371 arasında değişmekte olup, düşük olgunluk düzeyine karşılık gelmektedir. Bu değerler, kalorifik değerlerle (orijinal 2245; kuru 3387Kcal/kg) uyumludur. Organik petrografi, kömür kalite verileri ve düşük olgunlaşma nedeniyle Orhangazi-Yeniköy kömürleri alt-bitümlü-linyit kömür olarak sınıflandırılabilirdiği kanaatine ulaşılmıştır. Kömürlerin organik bileşimleri daha çok hümik ve daha az oranlarda ise inertinit ve liptinitik gruplardan oluşmaktadır. Orhangazi-Yeniköy kömürleri yüksek oranda kül ve sülfidli mineral içerikleri ve egemen olarak gelinitin baskın olduğu yüksek hüminit özellikleri ile karakteristiktirler. Yapılan petrografik analizler bu kömürlerin gölgesel bataklıklarda oluştuğunu göstermektedir.

Yapılan kömür kalite analiz sonuçları değerlendirildiğinde; Orhangazi-Yeniköy kömürlerinin havada orijinal olarak yüksek nem (%33.33-37.54) ve kül (%25.12-34.23) içeriklerinin yanında düşük kalorifik değerleri (alt ısı 160-1954kcal/kg) nedeniyle üretim sonrasında havada-kuru duruma getirildikten sonra enerji üretim amaçlı kullanılabilirdiği görülmektedir. Uygulanacak bir yıkama işlemi sonrasında daha yüksek kalorili ve düşük küllü lave elde edilebileceği de öngörülmektedir. Kömür yapısında bulunan killi formasyonların yüzdürme çalışmaları üzerine olumsuz etkileri ayrıca araştırılmalıdır.

Orhangazi-Yeniköy kömürlerinin yüksek oranlarda uçucu oranlarına sahip (orijinal %29.09-%34.90; kuru-külsüz %73.67-%98.72) yaklaşık 5'er metrelik üç damar (5.15, 5.35, 5.96m) şeklinde toplamda 16m'ye ulaşan kalınlığında bulunması mevcut yatağın gazlaştırma tekniğiyle değerlendirilebilecek özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Elde edilen bulgular mevcut yatağın yerinde gazlaştırma tekniğiyle değerlendirilmesinin araştırılması gerektiği göstermektedir.

Sahadan alınan örneklerin; havada kuru olarak %12.60-%39.80; kuru külsüz olarak ise %20.51-%66.70 oranlarında toplam Hümik+Fülvik asit içerdikleri görülmektedir. Bu yönü ile üretim sonrası doğal toprak destek malzemesi olarak kullanılabilirdiği gibi hümik asit üretiminde de kullanılabilirdiği öngörülmektedir. Bu amaçla hümik asit üretimi testlerine yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Çalışmanın sığ olarak yapılmış tek bir sondaj örneğinden yapılmış olması göz önüne alındığında sahadaki yatay devamlılığın ve rezervin belirlenmesi için uygun sondaj programının yapılması gerekliliği açıktır. Mevcut sondajın taban taşı olarak tanımlanabilecek formasyonlara ulaşamadığı ve derinlik artışı ile kömür kalite özelliklerinde iyileşme meydana geldiği dikkate



alındığında mevcut sahada daha derin sondaj planlamasının yapılması da gerekli olduğu söylenebilir.

#### **TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)**

Çalışma konusuna ait projeyi destekleyen Grup İdeal Madencilik Enerji Ltd. Şirketi yetkililerine teşekkür ederiz.

#### **NOT (NOTICE)**

Bu çalışma, 5-8 Eylül 2017 tarihleri arasında Tiflis (Gürcistan)'da düzenlenen 2<sup>nd</sup> International Science Symposium'da sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

#### **KAYNAKLAR (REFERENCES)**

1. TKİ, (2010). Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü, Kömür (Linyit) Sektör Raporu-2009, Ankara, 1-19.
2. Capik, M., Kolaylı, H., and Yılmaz, A.O., (2013). Comparative Study on the Energy Demand of Turkey: Coal or Natural Gas, Energy Exploration & Exploitation, 31, 1, pp:119-138.
3. Yörükoğlu, M., (2003). Türkiye'nin Enerji Sektörüne Bakış, Enerji Üretiminde Kömürün Önemi, Türkiye IV Enerji Sempozyumu, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Ankara.
4. Yılmaz, A.O., (2003). Ülkemiz Enerji Sektörüne Genel Bakış, Enerji Üretiminde Kömürün Yeri ve Önemi, Türkiye IV Enerji Sempozyumu, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Ankara.
5. Hepbaslı, A., (2004). Coal as an Energy Source in Turkey. Energy Sources 26, 55-63.
6. Yıldırım, A. ve Hoşhan, P., (2012). Türkiye'nin Hidrokarbon Kökenli Alternatif Enerji Kaynakları, Türkiye 12. Enerji Kongresi, 14-16 Kasım, Ankara, ss:1-13.  
([http://www.dektmk.org.tr/upresimler/enerjiekongresi12/AyeYILDIRI\\_M\\_PelinHOSHAN.pdf](http://www.dektmk.org.tr/upresimler/enerjiekongresi12/AyeYILDIRI_M_PelinHOSHAN.pdf)).
7. Kural, O., (1988). Kömür Kimyası, İTÜ Maden Fak. Yayınları, 48-56.
8. Ay, F., (2015). Hümik Asit ve Hümik Asit Kaynaklarının Jeolojik ve Ekonomik Önemi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fen Bilimleri Dergisi, 36, 1, 28-51.
9. Özkan, A., (2008). Humik Asit İçeren Toprak Düzenleyicilerinin Humik Asit Kapsamlarının Uygun Yöntemlerle Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Entitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 11-12.
10. Engin, T. ve Cöcen, İ., (2013). Leonardit ve Hümik Maddeler, Madencilik Türkiye, Ocak, 86-92.