



## ÇANAKKALE ÇAN BÖLGESİNDE BULUNAN BİR LİNYİT SAHASI REZERVİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK ÇALIŞMA

Mehmet ÖZDEMİR<sup>1,\*</sup>, Bayram KAHRAMAN<sup>2</sup>, Ercüment YALÇIN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya, [mehmet.ozdemir@dpu.edu.tr](mailto:mehmet.ozdemir@dpu.edu.tr),

<sup>2</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir, [bayram.kahraman@deu.edu.tr](mailto:bayram.kahraman@deu.edu.tr),

<sup>3</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir, [e.yalcin@deu.edu.tr](mailto:e.yalcin@deu.edu.tr),

*Geliş Tarihi: 28.03.2018*

*Kabul Tarihi: 16.04.2018*

### ÖZ

Bu çalışmada, özel bir şirket bünyesinde bulunan bir kömür sahasının üç boyutlu olarak rezerv ve saha jeolojisi çalışmaları yapılmıştır. Rezerv hesaplama çalışmalarında kriging yöntemi kullanılarak blok model oluşturulmuştur. Rezerv, çalışma sahasının faylı bir zon göstermesi sebebiyle panolara ayrılmıştır (Pano I, II, III ve IV). Şirketin kömür kalorifik değerini geniş bir aralıkta görmesi ve yüksek-alçak kalorifik değerlerle kömürü harmanlama yapabilecek olması nedeniyle sınır tenör (kalorifik değer) 500 kcal/kg seçilmiştir. Kömür sahasının rezervi 500 kcal/kg ve üstündeki kalorifik değerler için, yaklaşık 66.960.000 ton olarak bulunmuş ve bu değer bir kömür sahası için yeterli olarak görülmüştür. Ancak sahada faylanma zonları çok görüldüğünden açık işletmede yapılacak çalışmalarda bu durumun göz ardı edilmemesi gerekir. Ayrıca hesaplanan rezerv miktarının termik santral kurulumu için yeterli düzeyde olduğu düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** *Jeostatistik, Kömür, Rezerv*

### A CASE STUDY ON DETERMINING RESERVE OF A LIGNITE FIELD IN ÇANAKKALE ÇAN REGION

#### ABSTRACT

In this study, reserve and site geology studies of a coal site were performed using 3D under a private mining company supervision. Block model was created using kriging method in reserve estimations. Reserve was divided into different panels since site has different fault zones (Panel I, II, III and IV). As the company could see coal calorific value in a wide range and could mix coal with high-low calorific value, the cut of grade (calorific value) was selected as 500 kcal/kg. As a result, reserve of coal site was calculated approximately 66.960.000 million tons for calorific value 500 kcal/kg and over, this value was considered adequate. However, due to the fault zones in the site, that situation shouldn't be ignored for future studies of open pit. It is also considered that the calculated reserve amount is sufficient for the thermal power plant installation.

**Keywords:** *Coal, Geostatistic, Reserve*

## 1. GİRİŞ

Özel bir şirkete ait Çanakkale ili Çan ilçesi Çomaklı Köyü IV. grup kömür sahasının jeolojik çalışmalar ve sondaj verileri ile rezerv-kalite ilişkisinin tespiti bu çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır. Şirketin geçmiş yıllarda gerçekleştirmiş olduğu toplam 10 adet sondaja ait ilerleme derinliği 1578 metredir. 1578 metre karotlu sondajlardan elde edilen veriler oldukça sınırlı bilgi sağlamıştır. Bu sebeple sondaj çalışmalarının birinci bölümü Nisan-Aralık 2012 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. İkinci bölümü ise Nisan 2013 tarihinde başlamış olup Aralık 2013 tarihinde sonlandırılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen veriler ışığında sahada jeolojik ve jeoteknik açıdan incelemeler yapılmıştır. Proje terminolojisine uygun olarak açılan sondajlar proje araştırmacıları tarafından loglanmış, sandıklanmış, fotoğraflama çalışmaları yapılmış, laboratuvarında deneylere ve kimyasal analizlere tabi tutulmuştur. Geçmiş yıllarda ve günümüzde yapılan jeolojik etüt ve sondajlı aramalardan elde edilen verilerle saha değerlendirilerek kömür kalitesi ve rezervi hesaplanmıştır. Rezerv hesaplamalarında öncelikle günümüzde yapılan sondajlardan, ayrıca komşu sahalarda yapılan incelemeler neticesinde elde edilen bilgi ve verilerden yararlanılmıştır. Kömür kalite ve rezervi, sektörde kabul görmüş bilgisayar destekli madencilik tasarım yazılımı ile ayrıntılı bir şekilde belirlenmiştir. Rezerv hesaplama ölçütlerine göre belirlenmiş olan rezerv miktarı işletilebilir alt ısıl değere göre değişkenlik göstermektedir. Rezerv miktarındaki değişimi daha detaylı bir şekilde ortaya koymak amacıyla işletilebilir alt ısıl değeri (orijinal bazda alt ısıl değeri) 500 kcal/kg'dan başlatarak 250 kcal/kg'lık aralıklarla artması durumunda rezerv miktarı belirlenmiştir.

## 2. SAHA BİLGİLERİ

Ruhsat sahasının kuzeybatısından Çan Çayı geçmektedir. Çayın daha kuzeyinde Tokmak Tepe ve Maltepe Köyü yer alır. Bu sahanın güney doğusunda Yukarı Bağlar ve Çal Taşı mevkileri, kuzeydoğusunda Honey Tepe ve güneybatısında da Çomaklı Köyü yer alır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı Google Earth görüntüsü.

İnceleme alanındaki en önemli tepeler Kocataş Tepe ve Toy Tepe'dir. Bu tepelerin arasından Sayga Deresi KB-GD yönünde geçmektedir. Genel olarak derelerin uzanımları KB-GD yönünde olup, akış yönleri kuzeybatıyadır. İnceleme alanının Çan'a uzaklığı yaklaşık 9 km'dir. Ruhsat sahasına ulaşım Çomaklı Köyü'ne kadar karayoluyla, köyden ocak çukuruna kadar olan mesafe de patika yollarla sağlanmaktadır.

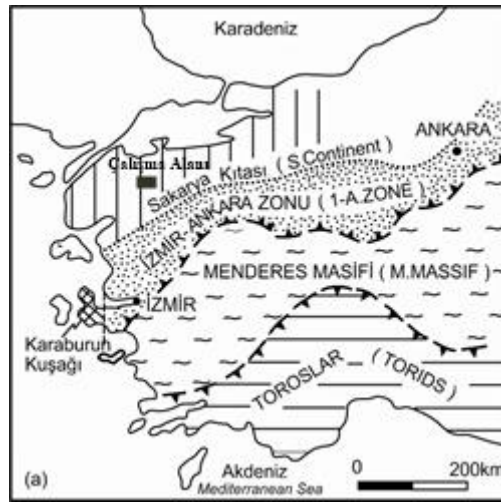
### 3. JEOLojİ

#### 3.1. Bölgesel Jeoloji

Ege bölgesinde güneyden kuzeye üç ana kaya grubu gözlenir. Bunlar;

1. Menderes Masifine ait gnays, şist ve mermerler,
2. İzmir-Ankara zonuna ait fliş fasiyesinde (derin deniz fasiyesi) gelişmiş, kaotik görümlü, içerisinde değişik yaş ve büyüklüklerde kireçtaşı (olistoloitleri) blokları bulunan ve matrisini kumtaşı-şeyl ardalanmasının oluşturduğu tortul kayaçlar,
3. İnceleme alanının da üzerinde yer aldığı, Sakarya Kıtası'na [1] ait değişik yaşlardaki kayalar.

Yukarıda verilen üç farklı tektonik kuşağa ait dokanak ilişkileri Şekil 2'de sunulmuştur.

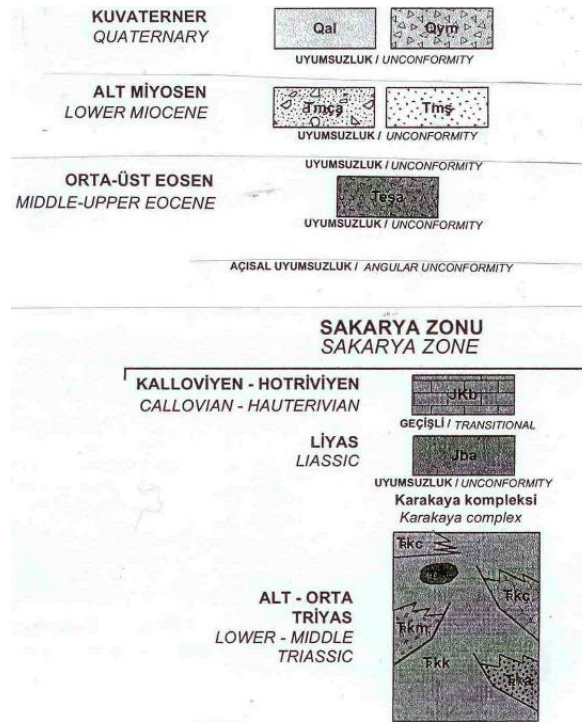


Şekil 2. KD-GB yönünde uzanan üç tektonik kuşak [2].

Çomaklı Köyü ve yakın yöresindeki Tersiyer öncesi kayaçlar, birbirleriyle tektonik ilişkili, KD-GB konumunda uzanan tektonik kuşaklar içerisinde yüzeylenmektedir. İnceleme alanının güneyinde "Sakarya Zonu"na ait kaya birimleri yer alır. Paleozoyik temel üzerine gelen bu birimler değişik yaş ve büyüklüklerde kaya blokları içermektedir (Şekil 3). Sakarya Zonu'na ait ana kaya birimi "Karakaya kompleksi" olarak bilinen karmaşıktır [3]. Bu karmaşığın içinde Çan Formasyonu'nu teşkil eden kayalar (spilitik bazaltlar, tuf, aglomera), rekristalize kireçtaşları [4], Mehmetalan Formasyonu'na ait kayalar (metadiyabaz, metatuf, rekristalize kireçtaşı) [5] ve Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları yer alır. Karmaşığın matrisini metaçakıltaşı, metakumtaşı, kumlu kireçtaşı, tuf ve metavolkanitler oluşturur. Jura yaşlı Bakırköy Formasyonu (kumtaşı, çakıltaşı, kiltası, killi kireçtaşı) Karakaya Formasyonu'nu

uyumsuzlukla örter. Çamlıca metamorfikleri üzerine gelen ve Sakarya Kıtasını teşkil eden formasyonların yaşları Mesozoyik'te Liyas-Triyas arasındadır.

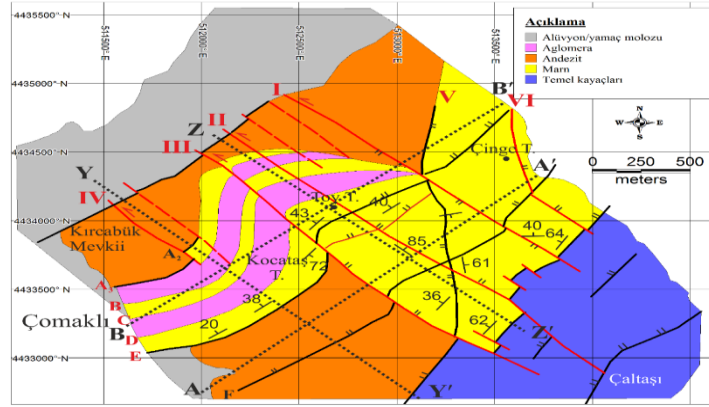
Üst Kretase-Paleosen yaşlı Çetmi Melanjı (İzmir-Ankara Zonuna ait) ile Sakarya Kıtası arasındaki dokanak ilişkisi tam olarak bilinmemektedir. Sakarya Kıtası üzerine Neojen yaşlı tortul kayalar uyumsuzlukla gelir. İnceleme alanında bu dokanak faylıdır. Sakarya zonunun diğer önemli kaya birimleri Çamlıca Metamorfikleri'dir. Bunların üzerine tektonikle (bindirme) Çetmi melanjı (ofiyolitik kayalar) gelmiştir. Melanj Kretase yaşlıdır. Maltepe güneyinde yer alan Serpantin bloğu melanja ait bir bloktur. İnceleme alanı ve yöresinin stratigrafik kolon kesiti Şekil 3'de sunulmuştur.



Şekil 3. İnceleme alanı ve yöresinin stratigrafik kolon kesiti [2].

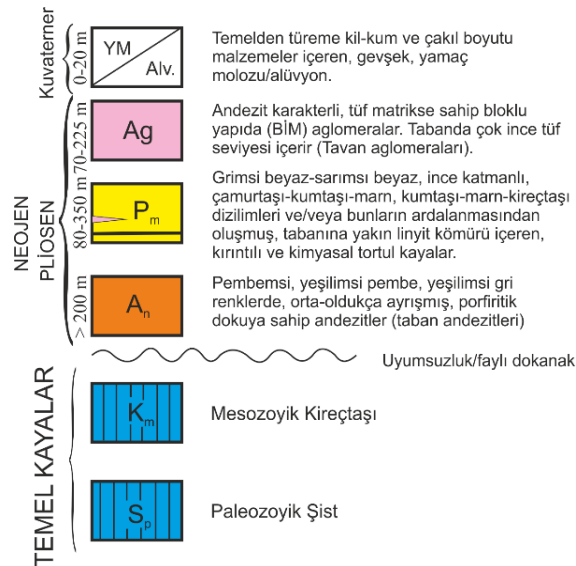
### 3.2. İnceleme alanı jeolojisi

İnceleme alanı Çan Çayı'nın güney doğusunda yer almaktadır. KB-GD yönünde yaklaşık 2 km<sup>2</sup>, KD-GB yönünde ise yaklaşık 2,5 km<sup>2</sup> uzunluğundadır. Arazi basamaklı bir morfolojide, GD'dan KB'ya doğru giderek alçalan yükseltiler sunar ve sonunda Çan Çayı'na ulaşır. İnceleme alanında şirketin işletme ruhsatına sahip alanı 548,19 hektardır. İşletme izni sahası ise 391,55 hektardır [2]. Çomaklı Köyü'nün kuzey ve doğusunu kapsayan saha için anlatım ve görme kolaylığı sağlama amacıyla hazırlanmış olan harita küçültülerek Şekil 4'de verilmiştir.

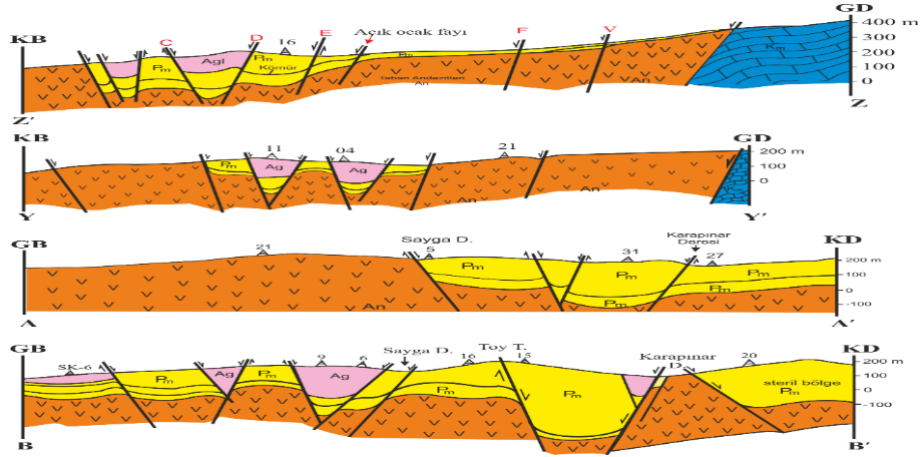


Şekil 4. Çomaklı (Çanakkale-Çan) yöresinin genel jeoloji haritası [6].

Temel kayalarıyla andezit lavı birimi arasındaki dokanak inceleme alanı içerisinde faylıdır. Andezit lav seviyesinin üzerine, KB'dan ve GD'dan yüksek açılı normal faylarla denetimli olarak gelişmiş bir havza içinde yer alan, kalınlığı 70-300 m. arasında, genellikle ince katmanlı kumtaşı, kiltası ve marn ardalanmasından oluşmuş tortul kayalar ayrımlı kaya uyumsuzluğuyla gelir (Şekil 4 ve 5). Pliosen yaşlı tortul kayalar genellikle sarımsı-beyaz renkte ve tabanına yakın kesimlerinde kömür seviyesi içerirler. Anlatım kolaylığı sağlaması bakımından, bu çalışmada söz konusu tortul kayalar "marnlı seriler" olarak adlandırılmıştır. Bu seriler önce tortul kayaların doğrultularına dik gelişmiş yüksek açılı normal faylarla kesilmiş daha sonra da kıvrılmıştır. Çan Çayı'nın gidişine uygun olarak inceleme alanının kuzeyi tamamen andezitlerle kaplıdır. Taban andezitlerini oluşturan volkanik fazın haricinde gelişmiş ikinci bir faz sonucunda aglomeralar, marnlı serilerin üzerine ayrımlı kaya uyumsuzluğuyla gelirler (Şekil 5).



Şekil 5. İnceleme alanına ait stratigrafik kolon kesit [2].



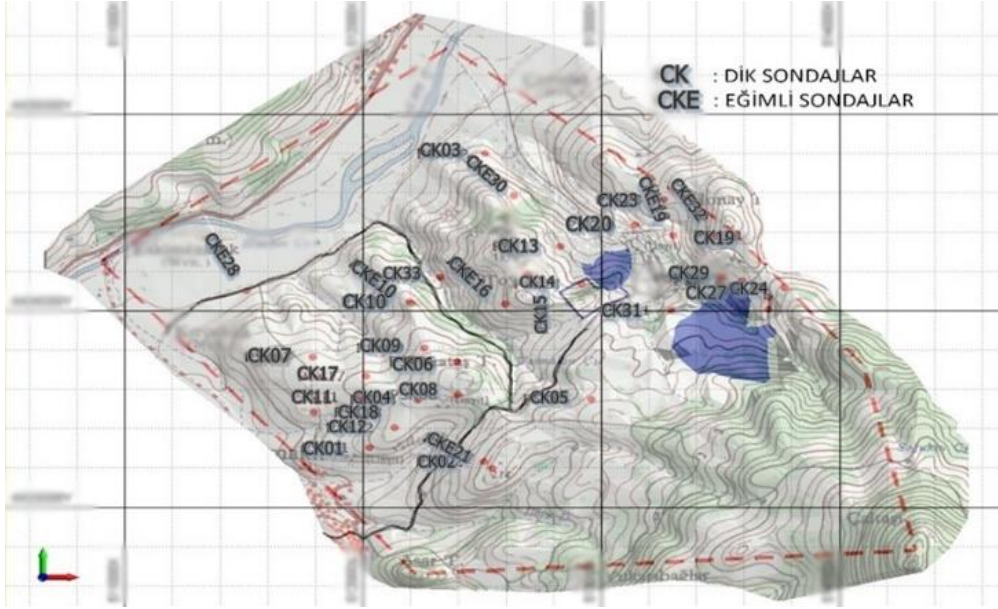
Şekil 6. Z-Z', Y-Y', A-A' ve B-B' kesitleri [2].

Taban andezitleri KB'dan iki adet fayla, GD'dan tek fayla kesilmiştir (Şekil 4). Yüksek açılı (70°) bu normal fayların eğim yönleri birbirine bakışlıdır (y-y' ve z-z' jeolojik kesitleri) (Şekil 6). Bakışlı bu faylar boyunca genişleme tektoniği etkisiyle havza oluşumu başlamış ve KB-GD yönünde yaklaşık 2 km. genişliğinde, KD-GB yönünde de uzunluğu çok daha fazla olan (6,5 km.) bir çökme oluşmuştur. Bu havza içinde Pliosen yaşlı kalın bir tortul seri (marnlı seriler) çökelmiştir [2].

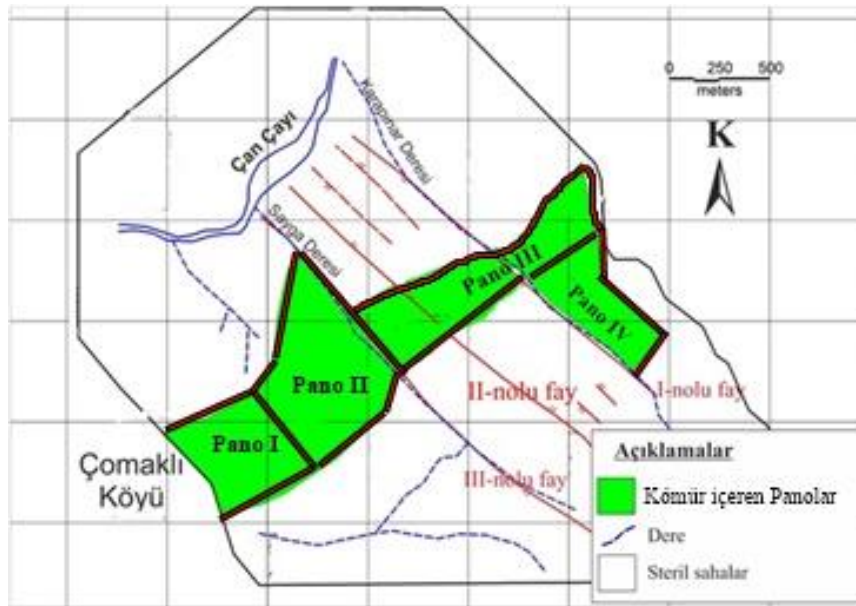
Yukarıda jeolojik tarihçesi ve kısaca stratigrafisi verilen istif başlangıçta doğrultusu K 40-50 D olan ve eğim yönleri hem KB hem de GD'ya bakan yüksek açılı normal faylarla kesilmiştir (Şekil 4). Bu faylar önceden de değinildiği gibi havza oluşumunu denetleyen, horst-graben yapılarının oluşmasına neden olan faylardır. Bu faylar arasında kalan tortul kayalar (marnlı seriler) havza tabanına doğru çökmüştür [2].

#### 4. SONDAJ ÇALIŞMALARI

Değerlendirmelerde dikkate alınan sondajlar; CK1, CK4, CK6, CK8, CK9, CK11, CK13, CK14, CK15, CK16, CK17, CK18, CK19, CK20, CK22, CK23, CK24, CK25, CK26, CK27, CK29, CK31, CK32 ve CK33 nolu sondajlardır. CK2, CK7, CK21 nolu sondajlar doğrudan andezitler üzerinde, CK28 A1-fayının, CK3 I-nolu fayın, CK10 ise B-fayına ait fay zonlarında hem de andezitler içinde kaldığından bu sondajlara ait sondaj profilleri değerlendirmede dikkate alınmamıştır (Şekil 7). Maden sahasındaki kömür ve fay bölgeleri Şekil 8'deki haritada belirtilmiş ve Çizelge 1'de ise kömürü kesen sondajlar ve kalınlıkları verilmiştir. Kömür kalınlıkları 0,5-36,09 m arasında değişmekte olup ortalama kalınlık 11,44 metredir. Pano 2 kalınlık açısından 15,92 ortalama değeriyle en fazla kömür kalınlığına sahiptir.



Şekil 7. İnceleme alanı sondaj lokasyonları [6].



Şekil 8. Kömür ve fay bölgeleri haritası [2].

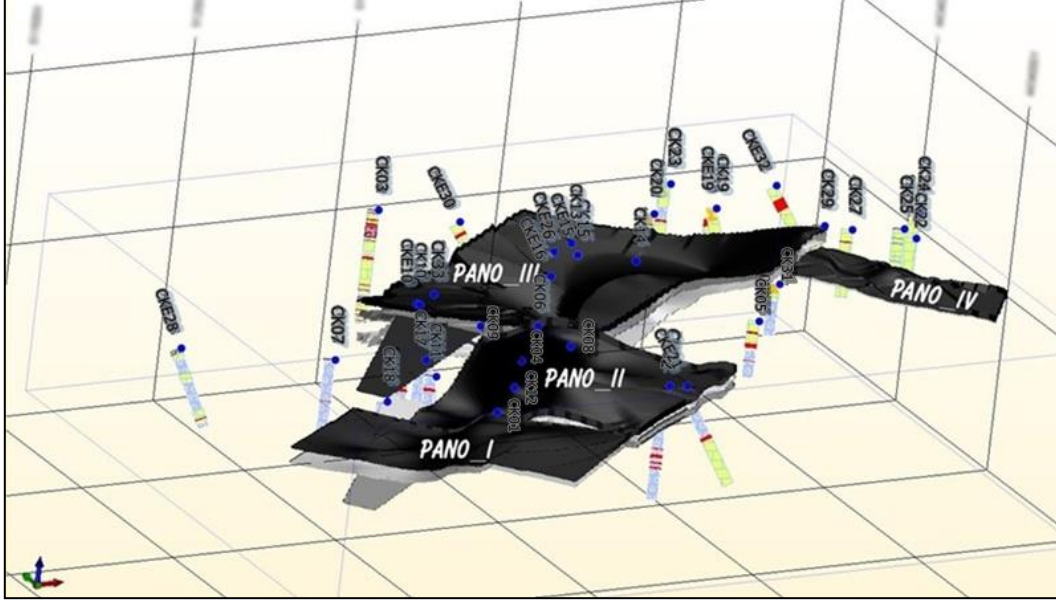
**Çizelge 1.** Kömür kesen sondajlara göre kalınlık bilgileri [2].

Pano No.	Sondaj no	Derinlik (m)		Toplam damar kalınlığı (m)
1	CK01	60,1	– 60,6	0,5
1	CK11	161,35	– 199,44	36,09
1	CK18	127,7	– 132	4,3
1	CK18	173	– 174	1
<b>Pano 1 ortalama kalınlık</b>				10,48
2	CK04	175	– 199,63	24,63
2	CK06	234	– 264,5	30,5
2	CK08	56,5	– 63	6,5
2	CK08	74	– 82,4	8,4
2	CK09	275	– 300,3	25,3
2	CK17	298,42	– 298,6	0,18
<b>Pano 2 ortalama kalınlık</b>				15,92
3	CK15	500	– 500,5	0,5
3	CK16	175,2	– 179,7	4,5
3	CK19	185,36	– 197	11,64
<b>Pano 3 ortalama kalınlık</b>				5,55
4	CK22	133,25	– 148,9	15,65
4	CK25	136,4	– 144,44	5,04
4	CK27	112,45	– 119,65	7,2
4	CK29	106	– 110	4
4	CK32	143,6	– 163,5	19,9
<b>Pano 4 ortalama kalınlık</b>				10,36
<b>Toplam ortalama kalınlık</b>				11,44

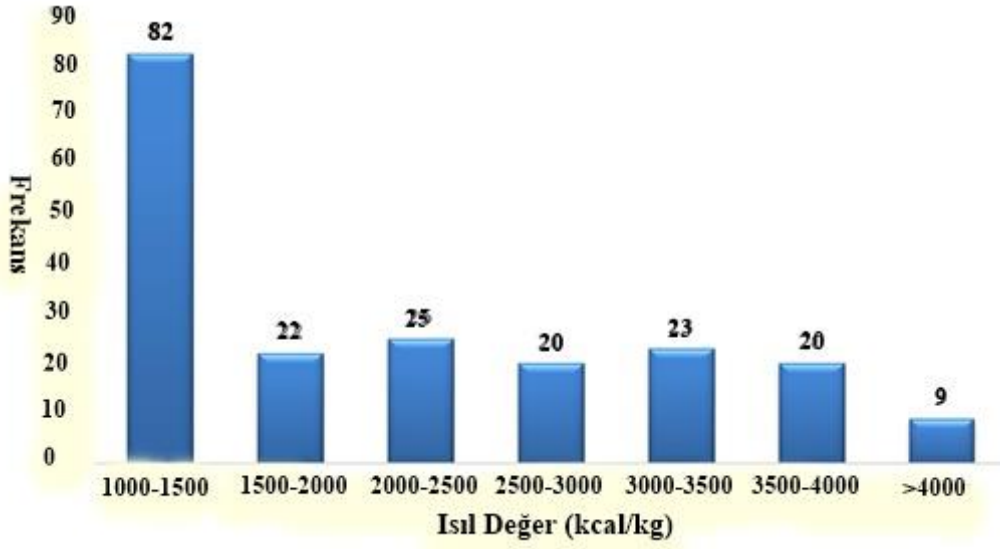
## 5. REZERV ÇALIŞMALARI

Ruhsat sahasındaki yoğun tektonizma sahanın kömür seviyeleri bakımından bölümlere ayrılmasına neden olmuştur. Bunun sonucunda kömür sahası, rezerv hesabını sağlayacak birbirinden bağımsız 4 panoya bölünmüştür. Panolar batıdan doğuya doğru sırasıyla Pano\_I, Pano\_II, Pano\_III ve Pano\_IV olarak adlandırılmıştır (Şekil 9). Kömür kalori olarak numunelerden yapılan analizlerde orijinal bazda alt ısı değeri 500 ile 5800 kcal/kg arasında değişiklik göstermektedir. Yapılan analizlerde, çoğunlukla 2000 kcal/kg (Düşük kaliteli linyit)'den düşük kömürlü seviyelerinin bulunduğu görülmektedir (Şekil 10). Ayrıca analizlerde ortalama kül değeri %50 (Şekil 11), ortalama toplam kükürt değeri % 3 (Şekil 12) olarak bulunmuştur.

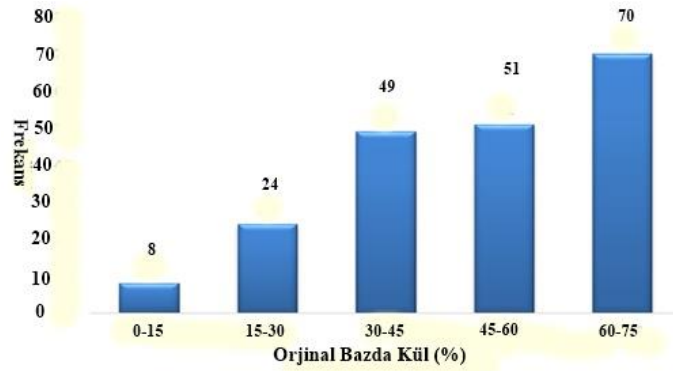




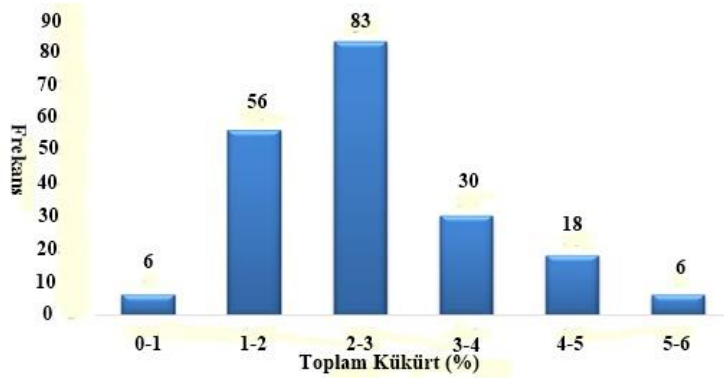
Şekil 9. Saha 3D modeli [6].



Şekil 10. Kömür ve kömür seviyeleri ısıl değerlerinin histogramı.



Şekil 11. Kömür ve kömür seviyeleri orijinal bazda kül değerlerinin histogramı.



Şekil 12. Kömür ve kömür seviyeleri toplam kükürt değerlerinin histogramı.

Bir maden yatağında rezerv hesaplanırken, yatakta yapılan sondaj, galeri ve yarma çalışmalarıyla elde edilen veriler kadar, rezerv hesaplama yöntemi de önem taşımaktadır. Günümüzde yaygın olarak birçok rezerv hesaplama yöntemi kullanılmaktadır. Bunlar genel olarak iki grupta toplanmaktadır. Birinci grupta üçgen, kesit, poligon, izopak vb. yöntemleri içeren geometrik yöntemler, ikinci grupta ise blok kriging, indikatör kriging, nokta kriging, koşulsuz ve koşullu simülasyon vb. yöntemleri içeren jeostatistiksel yöntemler verilebilir [7, 8].

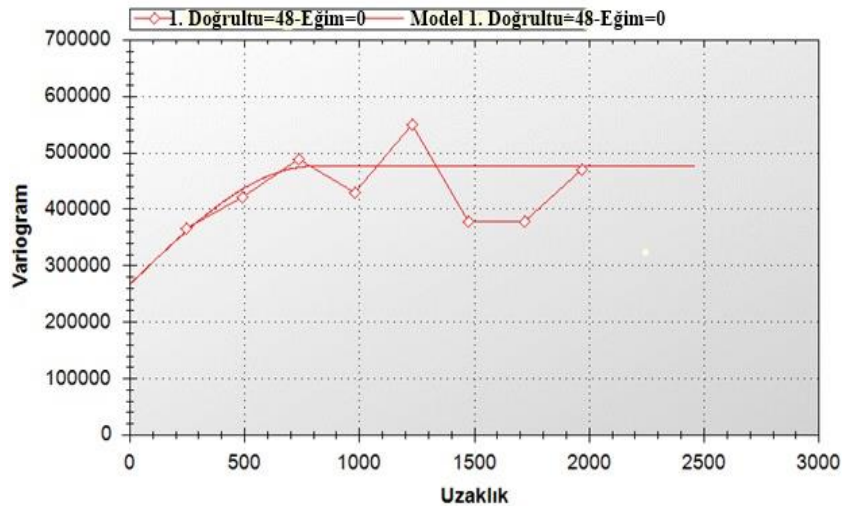
Klasik rezerv hesaplama yöntemlerinin dezavantajları, hesaplamaların uzun süreler alması, hata yapma olasılığının yüksek, elde edilen verilerin hassasiyetinin düşük olması ve hata oranının belirlenememesi olarak verilebilir. Bu durum, madencilik sektöründe, yatırım durumlarında hatayı ve maliyeti artırır [8]. Bu sebeple, çalışmada daha hassas ve güvenilir yöntem olan jeostatistiksel kriging analizi tercih edilmiştir.

Madencilik teknolojisindeki gelişmeler ve bilgisayar programları kullanımının artması sonucu, jeolojik bilgileri ve cevher kütlelerini sayısal olarak temsil etme fikri doğmuş ve bundan sebepten jeostatistiksel yöntemler daha çok kullanılmaya başlanmıştır. Jeostatistiksel rezerv hesaplama yöntemleri, bir maden yatağının jeolojik özelliklerini dikkate alarak rezerv hesabının güvenilirliğini

artıran yöntemlerdir [8]. Jeostatistik yöntemde uzaklığa bağlı tenör çiftleri ve bunların değişimleri ve yönelimleri incelenir. Nihai olarak blok model oluşturulup rezerv tahmini yapılır.

Variogramlar jeostatistiğin ana unsurlarıdır. Numune değerlerinin mesafe ve yönle değişimini açıklarlar. Variogramlar numunelerin üç boyutlu (3D) koordinat uzayındaki yerlerinin, değerlerle ilişkisini fonksiyonel olarak açıklaması yönüyle önemlidirler. Variogram numuneler arasındaki varyansın mesafeyle değişimini ifade ederler. Numune alınmamış noktalara değer taşınması ve atanması için kullanılacak olan tahminleme işlemi variogram modelinin temelini oluşturur [2]. Çalışma için bu yöntem kullanılmış olup, rezerv tahmini güvenilirliği artmıştır.

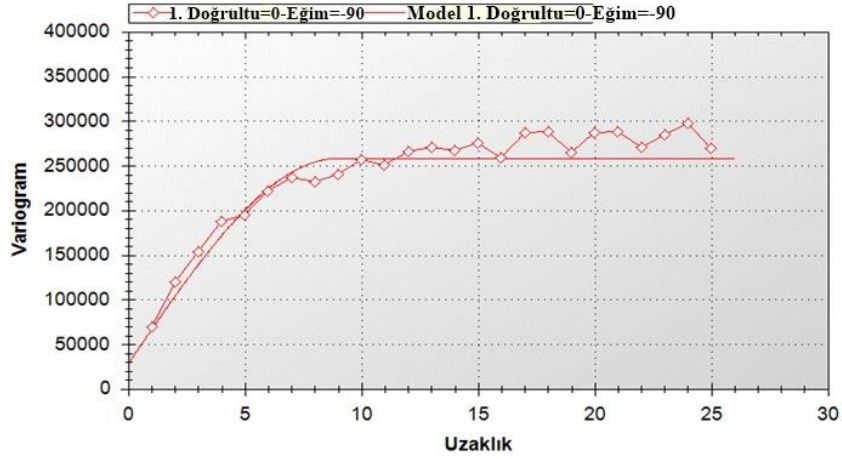
Sahanın kömür yatağının ısı değerindeki değişkenliğin grafiksel ve sayısal ifadesini elde etmek amacıyla yarıvariogram analizi (kriging) yapılmıştır. Saha için  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  ve  $135^\circ$ 'de variogramlar cevher yönelimlerini görme amaçlı incelenmiştir. Yatay ve düşey yönde belirlenen variogram modellerin (Şekil 13 ve 14) parametreleri sırasıyla Çizelge 2 ve 3'de verilmiştir. Çizelge 2'ye göre veri çiftleri yaklaşık etki uzaklığının (range) 800 metreye kadar anlamlı olduğu görülmektedir. Çizelge 3'de ise düşey uzaklıkta veriler arasında yaklaşık 9 metreye kadar anlamlı uzaklık olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 13. Isıl değer için deneysel ve teorik yatay (Yönlü) yarıvariogram modeli (Doğrultu  $48^\circ$ ) [6].

Çizelge 2. Yatay yöndeki ısı değer yarıvariogram modeli parametreleri [6].

Deneysel yarıvariogram				Teorik yarıvariogram			
Doğrultu	Eğim	Tolerans açısı	Bant genişliği	Model	Kontrolsüz etki ( $C_0$ )	Eşik değeri ( $C$ )	Etki uzaklığı ( $A$ )
$48^\circ$	$0^\circ$	$24^\circ$	500	Küresel	265000	480000	800



Şekil 14. Isıl değer için deneysel ve teorik düşey yarıvariogram modeli [6].

Çizelge 3. Düşey yöndeki ısıl değer yarıvariogram modeli parametreleri [6].

Deneysel yarıvariogram				Teorik yarıvariogram			
Doğrultu	Eğim	Tolerans açısı	Bant genişliği	Model	Kontrolsüz etki ( $C_0$ )	Eşik değer (C)	Etki uzaklığı (A)
0°	-90°	24°	500	Küresel	28000	260000	9

Isıl değer değişkeni teorik yarıvariogram parametrelerinin doğruluğunu test etmek amacıyla, çapraz doğrulama test tekniği uygulanmıştır. Çizelge 4'de model testi analiz sonuçlarından görüleceği üzere, tahminlerin indirgenmiş hatalarının ortalaması sıfıra ve korelasyon katsayısının da 1'e yakın olduğu görülmüştür. Bu da seçilen yarıvariogram model parametrelerinin kömür yatağında uzaklığa bağlı ısıl değer (kcal/kg) değişimini iyi bir şekilde temsil ettiğini göstermektedir [2]. Çizelge 5, 6, 7, 8 ve 9'da tüm panolar ve her bir pano için 250 kcal/kg aralıklarla hesaplanan rezerv değerleri belirtilmektedir. Çizelgelerde bulunan görünür rezerv üç boyutta hesaplanmış rezerv kütlelerini, muhtemel rezerv iki boyutta bilinen değerlerle hesaplanmış görünür rezerv kadar hassas olmayan rezerv miktarını, mümkün rezerv ise diğer iki rezerv türünden hesap hassasiyeti ve veri miktarı daha az olan rezerv türünü ifade etmektedir.

Çizelge 4. Çapraz doğrulama testi model performansı [6].

Değişken	Gerçek değerlerin tahmininde	Ortalama	Ortalama hata
	korelasyon katsayısı ( $r^2$ )	hata değeri	yüzdesi (%)
Isıl değer	0,86	0,88	0,22

**Çizelge 5.** Tüm panoların işletilebilir alt ısı değerine göre ısı değer-rezerv durumu [6].

İşletilebilir Alt Sınır Isıl Değer (kcal/kg)	GÖRÜNÜR REZERV		MUHTEMEL REZERV		MÜMKÜN REZERV		TOPLAM REZERV		
	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_A ID (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_A ID (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_A ID (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Yüzde %	Ort. Orj_A ID (kcal/kg)
500	41.428.515	1.214	9.114.887	1.285	16.416.315	866	66.959.717	100,00	1.139
750	29.539.624	1.454	6.763.363	1.514	7.323.242	1.184	43.626.229	65,15	1.418
1.000	20.188.590	1.726	4.153.918	1.936	3.694.026	1.511	28.036.534	41,87	1.729
1.250	13.297.459	2.038	3.109.309	2.210	1.891.168	1.899	18.297.936	27,33	2.053
1.500	9.843.730	2.274	2.396.619	2.455	877.485	2.481	13.117.834	19,59	2.321
1.750	7.564.900	2.469	1.799.420	2.731	634.045	2.825	9.998.365	14,93	2.539
2.000	5.306.004	2.725	1.330.581	3.037	515.156	3.054	7.151.741	10,68	2.806
2.250	3.852.052	2.962	1.160.057	3.179	402.481	3.329	5.414.590	8,09	3.035
2.500	3.033.842	3.120	1.129.604	3.201	367.061	3.422	4.530.507	6,77	3.165
2.750	2.466.858	3.241	1.100.965	3.216	349.652	3.463	3.917.475	5,85	3.254
3.000	1.244.874	3.592	439.890	3.701	330.958	3.493	2.015.723	3,01	3.599
3.250	849.556	3.799	326.735	3.904	139.855	4.053	1.316.146	1,97	3.852
3.500	581.073	3.995	245.585	4.081	125.532	4.134	952.190	0,14	4.035
3.750	348.188	4.244	144.948	4.390	95.946	4.283	589.081	0,88	4.286
4.000	176.639	4.591	68.204	4.905	32.808	5.039	277.650	0,04	4.721

**Çizelge 6.** Pano I işletilebilir alt ısı değerine göre ısı değer-rezerv durumu [6].

İşletilebilir Alt Sınır Isıl Değer (kcal/kg)	PANO I GÖRÜNÜR REZERV		PANO I MUHTEMEL REZERV		PANO I MÜMKÜN REZERV		PANO I TOPLAM REZERV		
	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_AID (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_AID (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_AID (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Yüzde %	Ort. Orj_AID (kcal/kg)
500	4.619.552	1.179	986.198	1.230	944.246	1.348	6.549.997	100,0	1.211
750	3.366.418	1.388	756.139	1.423	796.247	1.492	4.918.803	75,10	1.410
1.000	2.437.605	1.579	576.330	1.595	645.934	1.641	3.659.869	55,88	1.592
1.250	1.543.387	1.853	367.447	1.905	299.650	2.340	2.210.484	33,75	1.928
1.500	1.136.586	2.028	290.882	2.042	232.414	2.614	1.659.883	25,34	2.112
1.750	751.368	2.236	159.306	2.368	186.765	2.856	1.097.438	16,75	2.363
2.000	484.776	2.434	86.143	2.840	163.769	2.999	734.689	11,22	2.608
2.250	327.820	2.598	69.155	3.035	159.275	3.025	556.250	0,85	2.775
2.500	212.098	2.688	63.680	3.091	144.700	3.092	420.478	6,42	2.888
2.750	53.453	3.172	57.932	3.137	143.410	3.097	254.795	3,89	3.122
3.000	35.217	3.323	54.835	3.150	136.788	3.101	226.841	3,46	3.148
3.250	19.274	3.489	11.329	3.725	17.877	3.776	48.480	0,07	3.650
3.500	7.800	3.680	11.329	3.725	17.877	3.776	37.006	0,56	3.740
3.750	3.000	3.795	5.019	3.795	15.177	3.795	23.196	0,35	3.795

**Çizelge 7.** Pano II işletilebilir alt ısı değerine göre ısı değer-rezerv durumu [6].

İşletilebilir Alt Sınır Isıl Değer (kcal/kg)	PANO II GÖRÜNÜR REZERV		PANO II MUHTEMEL REZERV		PANO II MÜMKÜN REZERV		PANO II TOPLAM REZERV		
	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_AID (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_AID (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_AID (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Yüzde %	Ort. Orj_AID (kcal/kg)
500	17.971.116	1.345	4.622.672	1.416	1.190.242	952	23.784.030	100,00	1.339
750	14.130.245	1.544	3.941.335	1.551	781.740	1.154	18.853.320	79,27	1.529
1.000	10.361.392	1.790	2.312.709	2.057	394.503	1.403	13.068.603	54,95	1.826
1.250	7.536.524	2.035	1.992.676	2.200	365.057	1.423	9.894.257	41,60	2.045
1.500	5.733.348	2.247	1.601.535	2.398	65.996	1.588	7.400.879	31,12	2.274
1.750	4.468.068	2.423	1.249.593	2.621	2.201	2.893	5.719.862	24,05	2.466
2.000	3.007.791	2.690	918.350	2.889	2.201	2.893	3.928.342	16,52	2.737
2.250	2.183.785	2.911	805.420	3.002	2.201	2.893	2.991.405	12,58	2.936
2.500	1.705.688	3.064	791.826	3.014	2.201	2.893	2.499.714	10,51	3.048
2.750	1.478.443	3.134	791.043	3.014	2.201	2.893	2.271.687	9,55	3.092
3.000	490.329	3.625	147.787	3.542	-	-	638.116	2,68	3.606
3.250	361.798	3.802	108.931	3.669	-	-	470.728	1,98	3.771
3.500	242.026	4.011	71.910	3.783	-	-	313.936	1,32	3.959
3.750	147.901	4.256	34.318	3.984	-	-	182.219	0,77	4.205
4.000	88.963	4.499	-	-	-	-	88.963	0,37	4.499

**Çizelge 8.** Pano III işletilebilir alt ısı değerine göre ısı değer-rezerv durumu [6].

İşletilebilir Alt Sınır Isıl Değer (kcal/kg)	PANO III GÖRÜNÜR REZERV		PANO III MUHTEMEL REZERV		PANO III MÜMKÜN REZERV		PANO III TOPLAM REZERV		
	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_AID (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_AID (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_AID (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Yüzde %	Ort. Orj_AID (kcal/kg)
500	17.319.31	1,047	2.897.807	889	13.938.359	796	34.155.488	100,00	931
750	10.697.25	1.310	1.493.810	1.135	5.446.971	1.080	17.637.996	51,64	1.224
1.000	6.368.160	1.615	762.809	1.408	2.392.555	1.379	9.523.524	27,88	1.539
1.250	3.388.804	2.052	341.902	1.767	1.021.269	1.731	4.751.975	13,91	1.963
1.500	2.276.987	2.383	151.555	2.237	391.127	2.263	2.819.669	8,26	2.358
1.750	1.806.414	2.584	99.502	2.582	278.645	2.542	2.184.560	6,40	2.578
2.000	1.400.246	2.793	72.572	2.861	214.292	2.753	1.687.110	4,94	2.791
2.250	1.007.478	3.071	44.889	3.359	119.562	3.299	1.171.929	3,43	3.106
2.500	831.033	3.223	43.666	3.387	108.487	3.395	983.186	2,88	3.249
2.750	701.204	3.332	40.318	3.452	102.018	3.446	843.540	0,25	3.351
3.000	528.984	3.489	39.016	3.471	100.186	3.457	668.186	1,96	3.483
3.250	306.525	3.726	14.373	3.896	33.319	3.916	354.217	1,04	3.751
3.500	208.600	3.881	13.171	3.941	33.319	3.916	255.090	0,07	3.889
3.750	120.789	4.081	12.761	3.949	33.319	3.916	166.868	0,49	4.038
4.000	32.898	4.583	-	-	404	4.884	33.301	0,10	4.586

**Çizelge 9.** Pano IV işletilebilir alt ısıl değere göre ısıl değer-rezerv durumu [6].

İşletilebilir Alt Sınır Isıl Değer (kcal/kg)	PANO_IV GÖRÜNÜR REZERV		PANO_IV MUHTEMEL REZERV		PANO_IV MÜMKÜN REZERV		PANO_IV TOPLAM REZERV		
	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_AID (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_AID (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_AID (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Yüzde %	Ort. Orj_AID (kcal/kg)
500	1.518.525	1.688	608.209	2.260	343.468	2.102	2.470.203	100,0	1.866
750	1.345.746	1.823	572.078	2.366	298.285	2.341	2.216.110	89,71	2.033
1.000	1.021.433	2.122	502.070	2.573	261.036	2.555	1.784.539	72,24	2.312
1.250	828.744	2.352	407.285	2.906	205.191	2.937	1.441.220	58,34	2.592
1.500	696.809	2.535	352.648	3.145	187.947	3.087	1.237.404	50,09	2.793
1.750	539.051	2.798	291.020	3.450	166.434	3.264	996.505	40,34	3.066
2.000	413.191	3.082	253.516	3.691	134.894	3.600	801.601	32,45	3.362
2.250	332.969	3.319	240.593	3.777	121.442	3.764	695.005	28,14	3.555
2.500	285.023	3.476	230.433	3.839	111.674	3.886	627.130	2,54	3.682
2.750	233.757	3.661	211.673	3.947	102.023	4.007	547.452	22,16	3.836
3.000	190.343	3.842	198.252	4.018	93.984	4.101	482.579	19,54	3.965
3.250	161.959	3.969	192.102	4.047	88.659	4.160	442.720	1,79	4.041
3.500	122.647	4.175	149.175	4.265	74.336	4.318	346.157	14,01	4.244
3.750	76.499	4.498	92.850	4.633	47.450	4.697	216.798	8,78	4.697
4.000	54.778	4.744	67.800	4.905	32.808	5.039	155.386	6,29	4.877

Ülkemizde belirlenmiş linyit kömürü rezervinin ısıl değerleri açısından kalite durumu Çizelge 10’da verilmiştir. Buna göre toplam linyit kömür rezervinin % 94’ünün, 3000 kcal/kg ısıl değerinden düşük olduğu söylenebilir. Ülkemizdeki termik santrallerde kullanılan linyit kömürlerinin kalitesi 950-3325 kcal/kg arasında değişmektedir. Sahadaki kömür ısıl değerlerine bakıldığında 500 ile 5800 kcal/kg arası değiştiği, genel olarak 2000 kcal/kg’den düşük ve rezerv olarak ise makul seviyelerde olduğu düşünüldüğünden termik santral kurulumu açısından düşünülebilir düzeydedir.

**Çizelge 10.** Ülkemiz linyit kömürü ısıl aralıkları [2].

Isıl Değer Kcal/kg	Toplam Rezerv İçindeki Payı (%)
< 1000	% 3,18
1000 – 2000	% 66,32
2001 – 3000	% 24,5
3001 – 4000	% 5,16
> 4000	% 0,84

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışma, madencilik çalışmalarında klasik rezerv hesaplama yöntemlerinin yerine jeostatistik yöntemlerle yapılan rezerv hesaplamasının ne kadar değerli ve önemli olduğunu göstermektedir. Jeostatistiksel yöntemlerle bulunan rezerv, jeolojik yapı ve tenör çiftleri arasındaki ilişkiyi ele aldığı için daha net olduğu aşikârdır.

Jeostatistik yöntemlerle yapılan rezerv hesabında, 500 kcal/kg sınır kalori ve üstünde yaklaşık 66.960.000 ton rezerv bulunmuştur. 500 kcal/kg sınır kalorisi isteğe bağlı olarak artırılabilir. Bu durumda rezerv miktarı azalacaktır. 500 kcal/kg değeri ileriki dönemlerde maden sahasında harmanlama olabileceği göz önünde bulundurulduğundan seçilmiştir. Söz konusu rezerv değerinin linyit sahası için işletilebilir seviyelerde olduğu düşünülmektedir. Ayrıca üretimde fay zonlarının varlığı unutulmamalıdır.

Panolar bazında hesaplarda toplam rezervin yüzde olarak sırasıyla Pano\_I, Pano\_II, Pano\_III ve Pano\_IV için % 10, %36, %50 ve %4 olarak bulunmuştur. Rezervin yarısı Pano\_III'te bulunmaktadır. Toplam rezervin yüzde 89'u 2000 kcal/kg'ın altında olduğu Çizelge 5'te gösterilmiş olup, kömür düşük kaliteli linyit sınıfındadır. Panolar bazındaki çizelgelere bakıldığında 2000 kcal/kg üstünde kömür miktarı yüzde olarak en fazla Pano\_IV, en az Pano\_III'tedir. Aksine 2000 kcal/kg altında ise kömür tonaj miktarı olarak en fazla Pano\_III, en az Pano\_IV'tedir.

Kömür rezervlerinin kalite-rezerv ilişkisi, temiz kömür teknolojileri adı altında yapılan araştırmalardaki gelişmeler ve günümüz piyasa koşulları dikkate alındığında tüm panolar toplamında Çomaklı sahası tahmin edilen rezerv ile termik santral kurulabilecek nitelikte bir kömür havzası olduğu düşünülmektedir.

#### KAYNAKÇA

- [1] Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- [2] Kahraman, B. (2014). Er Madencilik Nak. ve Tic. A.Ş. Çan Çomaklı (Ruhsat No 427) Kömür Sahası Sondaj ve Rezerv Tespit Raporu. Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir, 11-13, 19, 37, 39-41, 42-47, 52-53, 56-57, 60-61, 64-68, 73-87.
- [3] Bingöl, E., Akyürek, B., Korkmazer, B. (1973). Biga Yarımadasının jeolojisi ve karakaya formasyonunun bazı özellikleri: Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğler Dergisi, MTA yayınları, 70-76.
- [4] Siyako, M., Bürkan, K. A., Okay, A. I. (1989). Biga ve Gelibolu yarımadalarının tersiyer jeolojisi ve karbon olanakları: TPJD Bült., C. 1/3, 183-199.
- [5] Okay, A. İ., Siyako, M., Bürkan, K. A. (1990). Biga Yarımadasının jeolojisi ve tektonik evrimi. TPJD Bülteni, 2/2, 83-121.
- [6] Özdemir, M. (2015). Bir Kömür Sahasının Bilgisayar Destekli Tasarım Programları İle Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Maden İşletme Anabilim Dalı, Kütahya, 17, 21, 35.
- [7] Saraç, C., Demirel, I.H., Sen, O. (2004). Geostatistical simulation of the total organic carbon values: An example from petroleum source rock on the coastal area of western Taurus region. *Turkey Petroleum Science and Technology*, 22 (3-4), 367-379.



- [8] Uyar, H. (2005). Geovar3: Computer Software of Geostatistical Variogram Analyses And Kriging Techniques, Master of Science Thesis, Hacettepe University Graduate School of Sciences Department of Geological Engineering, Ankara, 1-2, 5-8.