

BİR KÖMÜR SAHASININ BİLGİSAYAR
DESTEKLİ TASARIM PROGRAMLARI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Mehmet ÖZDEMİR

Yüksek Lisans Tezi

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos-2015

BİR KÖMÜR SAHASININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM PROGRAMLARI İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ

Mehmet ÖZDEMİR

Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca
Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Prof. Dr. Ercüment YALÇIN

Ağustos-2015

KABUL VE ONAY SAYFASI

Mehmet ÖZDEMİR'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı BİR KÖMÜR SAHASININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM PROGRAMLARI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ başlıklı bu çalışma, jürimizce Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

03/08/2015

Üye : Prof. Dr. Ercüment YALÇIN

Üye : Doç. Dr. Bayram KAHRAMAN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Cihan DOĞRUÖZ

Fen Bilimleri Enstitüsün Yönetim Kurulu'nun/...../2015 gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hasan GÖÇMEZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BİR KÖMÜR SAHASININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM PROGRAMLARI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Mehmet ÖZDEMİR

Maden Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2015

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ercüment YALÇIN

ÖZET

Sunulan tez çalışmasında özel bir şirket bünyesinde bulunan bir kömür sahasının üç boyutlu olarak rezerv-açık ocak çalışması, saha jeolojisi, kaya mekaniği ve zemin mekaniği çalışmaları yapılmıştır. Üç boyutlu olarak dizayn çalışmalarında Micromine programı kullanılmıştır.

Rezerv hesaplama çalışmalarında kriging ve uzaklığın tersi yöntemleri kullanılarak blok model oluşturulmuştur. Rezerv, çalışma sahasının faylı bir zon göstermesi sebebiyle panolara ayrılmıştır.(Pano I, II, III ve IV). Nihai rezerv tespitinden sonra açık ocak dizaynı yapılarak çalışma tamamlanmıştır.

Kaya mekaniği ve zemin mekaniği deneyleri Dokuz Eylül Üniversitesi Kaya Mekaniği Laboratuvarı yapılmıştır. Her bir litoloji için deneyler yapılmış ve elde edilen sonuçlar tezdeki bazı yapılan laboratuvar deneyleri kısmında verilmiştir.

Sonuç olarak kömür sahasının rezervi sınır kalori değeri 500 kcal/kg üstünde, 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 gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Jeostatistik, Kaya Mekaniği, Rezerv.

EVALUATION OF A COAL SITE USING COMPUTER AIDED DESIGN SOFTWARE PROGRAMS

Mehmet ÖZDEMİR

Mining Engineer Department, M. S. Thesis, 2015

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Ercüment YALÇIN

SUMMARY

In this thesis, reserve-open pit, site geology, rock mechanic and soil mechanic studies of a coal site were performed using 3D under a private mining company supervision. Micromine software program was used with using 3D specifications in designs.

Block model was created using kriging and inverse distance methods in reserve estimations. Reserve was divided into different panels since site has different fault zones. (Panel I, II, III and IV) Study was completed after determination of final reserve estimation applying open pit design.

Rock mechanic and soil mechanic tests were performed in Dokuz Eylül University Rock Mechanics Laboratory. Tests were carried out for each lithology and the results were presented in the laboratory experiments chapter of the thesis.

As a result, reserve of coal site was found approximately 66.960.000 million tons above 500 kcal/kg as cut off calorie value and this value was considered adequate. However, due to the fault zones in the site, the situation of the operations in open pit should be considered for future studies.

Key Words: Geostatistic, Reserve, Rock Mechanic.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamda bana yardımcı olan ve desteğini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Ercüment YALÇIN' a, madencilik üç boyutlu dizayn programları çalışmalarımda ufkumu açan, her çalışmamızda bana yeni bilgiler öğreten ve beni teşvik eden Doç. Dr. Bayram KAHRAMAN' a sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim ve sunarım.

Kaya mekaniği deneyleri ve diğer çalışmalarımda bilgilerine başvurduğum ve bana her zaman yardımcı olan Arş Gör. M. Volkan ÖZDOĞAN ve Arş. Gör. M. Emre YETKİN' e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez çalışmalarımda bana yardımcı olan ve hoşgörülerini eksik etmeyen Dumlupınar Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Yönetimi'ne saygı ve sevgilerimi bir borç bilirim.

Son olarak annem Niksar ÖZDEMİR, babam Adnan ÖZDEMİR ve canım kardeşim Hakan ÖZDEMİR, bu hayatı bana anlamlı kıldıkları için onlara minnettarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Dünya Birincil Enerji Arzının Kaynaklara Göre Gelişimi	3
1.2. Dünya Elektrik Üretiminde Kömürün Önemi.....	4
1.3. Bazı Ülkelerin Elektrik Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı	5
1.4. Enerji Yatırımlarında Kömürün Oranı.....	7
1.5. Dünya Kömür Rezervleri	8
1.6. Türkiye'nin Dünya Enerji Sektöründe Görünümü.....	9
1.7. Ülkemiz Kömür Rezervleri Ve Kömür Özellikleri.....	11
2. MADEN PLANLAMA VE ÖNEMİ.....	15
3. SAHA JEOLJİSİ	17
3.1. Açık Ocak Kömür Üretim Sahası Ve Jeolojisi	18
3.2. Sondajlı Arama Çalışmaları	22
4. JEOİSTATİSTİK	24
4.1. Uzaklığa Bağlı İlişki Fonksiyonu (Variogram)	24
4.2. Sahanın Kömür Kalitesi Ve Jeoistatistiği	26
5. REZERV	32
6. YAPILAN BAZI LABORATUVAR DENEYLERİ	42
6.1. Birim Hacim Kütle Deneyi	43
6.2. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi.....	46
6.3. Nokta Yük Dayanımı Deneyi.....	49
6.4. Dolaylı Çekme (Brazilian) Dayanımı Deneyleri.....	52

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
6.5. Kohezyon Ve İçsel Sürtünme Açısının Bulunması.....	53
6.6. Tek Eksenli Deformasyon Deneyleri	54
6.7. Zemin Malzemesine Uygulanan Deneyler	55
6.7.1. Kesme kutusu deneyleri	55
6.7.2. Zemin Sınıflaması	56
7. SONUÇLAR	57
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması.....	2
1.2. Dünya birincil enerji arzının kaynaklara göre gelişimi, 2000-2030.....	3
1.3. Dünya elektrik üretiminde kullanılan kaynakların dağılımı.....	4
1.4. Çeşitli ülkelerde elektrik üretiminde kömürün payı.....	5
1.5. Bazı ülkelerin elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı	6
1.6. 2012-2035 yılları arasında kaynaklara göre enerji arzı altyapısı için yatırımlar.	7
1.7. Dünya kömür rezervlerinin kömür kategorilerine göre dağılımı.	9
1.8. Dünya kömür rezervlerinde ülkelerin payları.	9
1.9. 2035 yılı birincil Enerji talebi projeksiyonu.	10
1.10. 2023 yılında birincil enerji talebi.	11
1.11. Kömür üretimi yapılan başlıca iller.	12
2.1. Maden dizaynı örneği.....	15
3.1. Saha jeolojik haritası.	17
3.2. Sarımsı kahve renkli, çekirdek taşı ve çevresi ayrıışmış (sferoidal ayrıışma) volkanik kaya, andezit (taban andezitleri).	18
3.3. Kömür damarının altında, konumu K 50 D/70 KB olan 5-nolu eğim atımlı normal fay.	19
3.4. Araştırma kapsamında düşey ve eğik açılmış sondajların lokasyonları.	21
3.5. Kuyulara ait karot sandıkları.	23
4.1. Tepe değeri ve yapısal uzaklık	25
4.2. Kömür ve kömür seviyeleri ısıl değerlerinin (Orj_AID) histogramı.	27
4.3. Kömür ve kömür seviyeleri orijinal bazda kül değerlerinin histogramı.	28
4.4. Kömür ve kömür seviyeleri toplam kükürt değerlerinin histogramı.	28
4.5. Isıl değer için deneysel ve teorik yatay (yönlü) yarivariogram modeli (Doğrultu 48°).....	30
4.6. Isıl değer için deneysel ve teorik düşey yarivariogram modeli.....	30
5.1. Pano I kömür damarı yapısı 3D modeli.	32
5.2. Pano II kömür damarı yapısı 3D modeli.	33
5.3. Pano III kömür damarı yapısı 3D modeli.....	33
5.4. Pano IV kömür damarı yapısı 3D modeli.....	34
5.5. Sahanın kömür damarı yapısı 3D modeli.....	35
5.6. Planlanan açık ocak.....	41
6.1. Birim hacim kütle değerlerine ait frekans histogramı.	44
6.2. Tavan malzemesine ait birim hacim kütle histogramı.	45
6.3. Taban malzemesine ait birim hacim kütle histogramı.	45

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.4. 300 ton kapasiteli hidrolik pres	46
6.5. Tüm litolojiler için tek eksenli basınç dayanım değerlerine ait histogramı	48
6.6. Tavan malzemesine ait tek eksenli basınç dayanımlarının histogramı.....	48
6.7. Taban malzemesine ait tek eksenli basınç dayanımlarının histogramı.....	49
6.8. Nokta yük dayanım cihazı.....	49
6.9. Tüm litolojiler için nokta yük dayanım değerlerine ait histogramı.....	51
6.10. Tavan malzemesine ait nokta yük dağılım histogramı.....	51
6.11. Taban malzemesine ait nokta yük dağılım histogramı.....	52
6.12. Sahadaki tüm litolojiler için brazilian çekme dayanımına ait histogramı.....	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Dünya birincil enerji arzında kaynakların artış oranları, 2000-2030 (%)	4
1.2. Uluslararası kömür sınıflaması	8
1.3. Türkiye taşkömürü kurumu ruhsatlı kömür sahalarına ait rezervler (ton)	13
4.1. Yatay yöndeki ısı değer yarıvariogram modeli parametreleri	31
4.2. Düşey yöndeki ısı değer yarıvariogram modeli parametreleri	31
4.3. Çapraz doğrulama testi model performansı	31
5.1. Pano I işletilebilir alt ısı değerine göre ısı değer-rezerv durumu	36
5.2. Pano II işletilebilir alt ısı değerine göre ısı değer-rezerv durumu	37
5.3. Pano III işletilebilir alt ısı değerine göre ısı değer-rezerv durumu	38
5.4. Pano IV işletilebilir alt ısı değerine göre ısı değer-rezerv durumu	39
5.5. Tüm panoların işletilebilir alt ısı değerine göre ısı değer-rezerv durumu	40
6.1. Litolojilere göre birim hacim kütle deneyleri sonuç tablosu.....	43
6.2. Litolojilere göre kayaçların basınç dayanımları.....	47
6.3. Litolojilere göre kayaçların nokta yük dayanımları	50
6.4. Litolojilere göre kayaçların çekme dayanımları.....	52
6.5. Litolojiler bazında kayaçlara ait kohezyon ve içsel sürtünme açıları	54
6.6. Litolojilere göre kayaçların ortalama elastisite modülleri ve poisson oranları	54
6.7. Kesme deneyi zemin numunelerine ait kohezyon ve içsel sürtünme açısı.....	55
6.8. Sahadan alınan zemin numunelerinin USCS'ye göre sınıflandırılması	56

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
a	Yapısal uzaklık(range)
C ₀	Külçe etkisi
C	Tepe değeri(sill)
MPa	Mega paskal
Orj_AID	Orijinal alt ısı değeri
<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
EİGM	Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
EÜAŞ	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
ISO	Uluslararası Standart Örgütü
ISRM	Uluslararası Kaya Mekaniği Topluluğu
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
MİGEM	Maden İşleri Genel Müdürlüğü
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
MTEP	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
CK	Dik Sondajlar
CKE	Eğimli Sondajlar
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TTK	Türkiye Taşkömürü Kurumu
USCS	Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi
WEC	Dünya Enerji Konseyi

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun varlığının başlangıcındaki dünyayı kendi geleceği için değiştirmeye başlamak istemesiyle ortaya çıkan birçok konu içinde, bu değişimin kalıcı ve geleceğe bırakılması için gereken enerjiye olan ihtiyacı bugün bilinen yenilenebilir (güneş, su, rüzgar vb. gibi), fosil (petrol, kömür, doğal gaz), nükleer veya bir başka türdeki enerji kaynağının bulunmasını ve/veya üretilmesini sağlamıştır. İşte bu enerjiyle birlikte insan sadece yaşam ortamı ve biçiminin değişmesini değil, kendi yaşamının da uzamasını sağlamıştır (www.tki.gov.tr).

Özellikle insanoğlunun enerjiye ihtiyaç duyduğu ilk yıllardan beri kömürün insan yaşamında ayrı bir yeri olmuş ve insanların çağ atlamasına yardımcı olmuştur. Eğer bugün yaşamımızda pek çok şeyi kolaylıkla yapabiliyorsak bunda kömürün oldukça fazla katkısı vardır (www.tki.gov.tr).

Kömür; homojen olmayan, kompakt, çoğunlukla lignoselülozik bitki parçalarından meydana gelen, tabakalaşma gösteren, içerisinde çoğunlukla karbon (C), az miktarda hidrojen (H), oksijen (O), kükürt (S) ve azot (N) elementlerinin bulunduğu, inorganik maddeleri de içeren, bataklıklarda oluşan, kahverengi ve siyah renk tonlarında, yanabilen, katı fosil organik kütledir (TKİ, 2011).

Kömürün ülkemizdeki durumunu ortaya koymadan önce kısaca Dünya'daki durumuna bakmakta fayda vardır. Öyle ki diğer ülkelerdeki gelişmeler, doğrudan veya dolaylı olarak ülkemizi de etkilemektedir (Koç ve Kaplan, 2008).

Gelişmekte olan ülkelerdeki hızlı nüfus artışı ve sanayileşme enerjiye olan talebin hızla artmasına sebep olmaktadır. Enerji, üretimde zorunlu bir üretim faktörü olup bir ülkenin ekonomik ve sosyal kalkınma potansiyelini yansıtmakta olan temel göstergelerden biridir. Enerji tüketimiyle sosyal kalkınma arasında doğrusal bir ilişki olup, ekonomik gelişme ve refah artışıyla enerji tüketiminin de arttığı görülmektedir (Koç ve Kaplan, 2008).

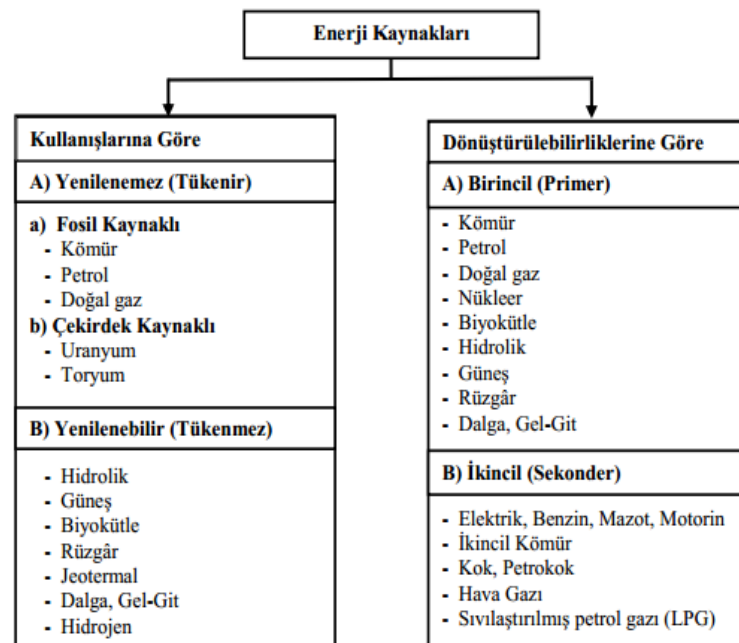
Günlük yaşamda her aşamada kullanım alanı bulan enerji; kimyasal, nükleer, mekanik (potansiyel ve kinetik), termal (ısı), jeotermal, hidrolik, güneş, rüzgar, elektrik enerjisi gibi değişik şekillerde bulunabilmekte ve uygun yöntemlerle birbirine dönüştürülebilmektedir. Kullanışlarına göre enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ikiye ayrılırken; dönüştürülebilirliklerine göre enerji kaynakları birincil ve ikincil enerji kaynakları şeklinde incelenmektedir (Şekil 1.1) (Şenel, 2012).

Yenilenemez enerji kaynakları, kısa bir gelecekte tükenebileceği öngörülen enerji kaynakları olup fosil kaynaklılar ve çekirdek kaynaklılar olmak üzere iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise; oldukça uzun sayılabilecek bir gelecekte tükenmeden kalabilecek, kendisini yenileyebilen kaynakları ifade etmektedir (Şenel, 2012).

Enerjinin herhangi bir değişim ya da dönüşüme uğramamış şekline birincil (primer) enerji denilmektedir. Birincil enerji kaynakları; petrol, kömür, doğal gaz, nükleer, hidrolik, biyokütle, dalga-gelgit, güneş ve rüzgardır. Birincil enerjinin dönüştürülmesi sonucu elde edilen enerji de ikincil (sekonder) enerji şeklinde tanımlanmaktadır. Elektrik, benzin, mazot, motorin, kok kömürü, ikincil kömür, petrokok, hava gazı, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) bu tip enerji kaynaklarıdır (Şenel, 2012).

Tükenme tehlikesiyle karşı karşıya olan enerji kaynaklarının kullanımını düzenleyebilmek amacıyla dünyadaki ve ülkemizdeki enerji kaynakları için bir durum tespitinin yapılması gerekmektedir (Koç ve Şenel 2013).

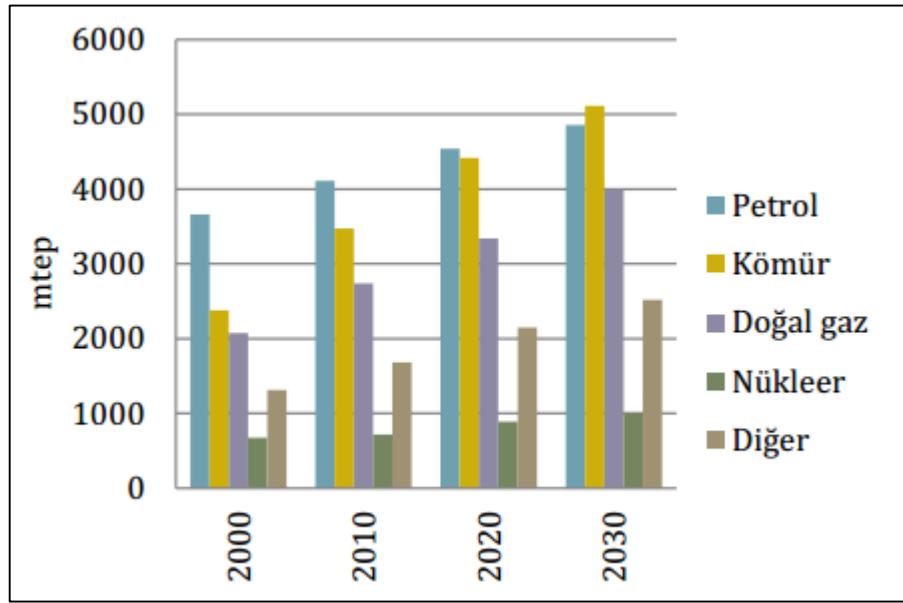
Bu sebeplerle çalışmamızın amacı, özel bir şirket bünyesinde bulunan kömür sahasının üç boyutlu halini çıkarmak ve günümüz madencilik programlarını kullanarak en verimli şekilde rezervini tespit etmek ve açık ocak halinde planlamasını yapmaktır.



Şekil 1.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (Koç ve Şenel, 2013).

1.1. Dünya Birincil Enerji Arzının Kaynaklara Göre Gelişimi

Uluslararası Enerji Ajansı tarafından, günümüzde mevcut politikaların sürdürüleceği varsayımına göre yapılan tahminlerde; dünya birincil enerji arzının 2010 yılına göre yaklaşık %38 oranında artış göstererek 2030 yılında 17.499 mtep seviyesine yükseleceği, bu miktarın kaynaklara dağılımında önemli farklılıkların olmayacağı, bununla beraber petrolün birinciliği kaybedeceği öngörülmektedir (IEA, 2012b; TKİ, 2013).



Şekil 1.2. Dünya birincil enerji arzının kaynaklara göre gelişimi, 2000-2030 (IEA, 2012b; TKİ, 2013).

Şekil 1.2'ye göre; 2030 yılında en büyük pay %29,2 ile kömürün olacaktır. Kömürü %27,7 ile petrol ve %22,9 ile doğal gaz izleyecektir. Söz konusu yılda; nükleer enerjinin payı %5,8 ve diğer kaynakların payı ise %14,4 olacaktır (IEA, 2012b; TKİ, 2013).

Dolayısıyla, Uluslararası Enerji Ajansı, mevcut enerji politikalarının gelecekte de fazla değişmeden sürdürüleceği varsayıldığında, kömürün, dünya enerji bileşimi içerisindeki belirleyici konumunu en azından önümüzdeki 25-30 yıl içerisinde de arttırarak sürdüreceğini öngörmektedir. Çizelge 1.1'e göre, 2000-2030 döneminde enerji kaynakları için artış oranları; kömürde %115,1, doğal gazda % 92,9, petrolde %32,7, nükleerde %49,9 ve diğerlerinde ise %91,8 olacaktır (TKİ, 2013).

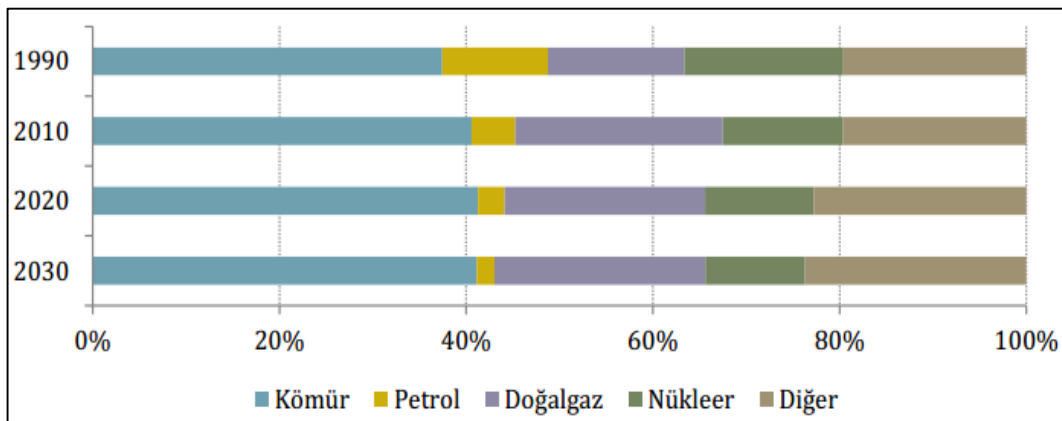
Çizelge 1.1. Dünya birincil enerji arzında kaynakların artış oranları, 2000-2030 (%) (TKİ, 2013).

Dönem	Petrol	Kömür	Doğal gaz	Nükleer	Diğer
2000-2010	12,4	46,1	32,2	6,4	28,3
2010-2020	10,4	27,1	21,9	23,2	27,4
2020-2030	6,9	15,8	19,7	14,3	17,3
2000-2030	32,7	115,1	92,9	49,9	91,8

1.2. Dünya Elektrik Üretiminde Kömürün Önemi

Günümüzde, Dünya kömür üretiminin yaklaşık %64,7'si elektrik üretimi amacıyla kullanılmakta, %26,6'sı demir-çelik endüstrisi dahil sanayi sektörlerinde ve %3,6'sı ise ısınma amaçlı olarak tüketilmektedir. Ulaştırma ve diğer alanlarda kullanılan kısmı %4,6 ve sıvı yakıtla dönüştürülen kısmı ise binde 5 düzeyindedir (IEA, 2012b; TKİ, 2013).

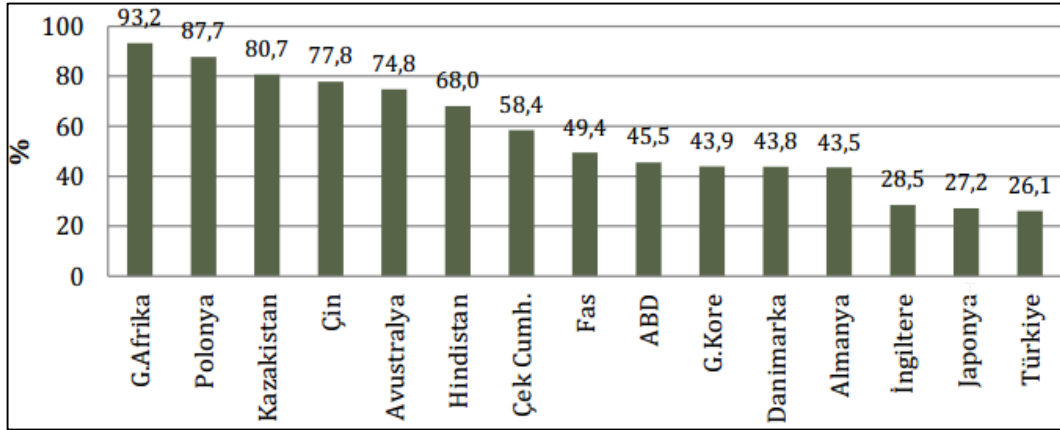
Kömür, elektrik üretimi amacıyla kullanılan yakıtlar arasında en yaygın olanıdır. Kömürün elektrik üretiminde en yüksek oranda kullanılan yakıt olma niteliğinin öngörülebilir bir gelecekte de değişmeyeceği tahmin edilmektedir (TKİ, 2013).



Şekil 1.3. Dünya elektrik üretiminde kullanılan kaynakların dağılımı (IEA, 2012b; TKİ, 2013).

Şekil 1.3'e göre 1990 yılında dünya toplam elektrik üretiminde %37,4 oranında kullanılan kömür 2010 yılı itibariyle %40,6 oranında kullanılmıştır. Uluslararası Enerji Ajansı

tarafından, mevcut politikaların gelecekte de değişmeden devam edeceği varsayımıyla yapılan tahminlere göre kömürün elektrik üretiminde kullanım payı 2030 yılında %41,1 düzeyine yükseleceği görülmektedir (IEA, 2012b; TKİ, 2013). Söz konusu tahminlere göre, bu alanda ne doğağ gazın ne de nükleer enerjinin kömürün yanına yaklaşabilmesi mümkün görünmemektedir (TKİ, 2013).



Şekil 1.4. Çeşitli ülkelerde elektrik üretiminde kömürün payı (IEA, 2012e; TKİ 2013).

Şekil 1.4'de ise elektrik üretiminde kömürü yüksek oranda kullanan çok sayıda ülke bulunmaktadır, bunlar arasında; Güney Afrika Cumhuriyeti (%93,2), Polonya (%87,7), Kazakistan (%80,7), Çin (%77,8), Avustralya (%74,8) ve Hindistan (%68) en yüksek oranda kullanan ülkeler olduğu görülmektedir (IEA, 2012e; TKİ 2013).

1.3. Bazı Ülkelerin Elektrik Üretiminde Kaynaklara Göre Dağılımı

Dünyada elektrik üretiminde kullanılan kaynakların dağılımları incelendiğinde elektrik üretimi için en yaygın olarak kullanılan kaynağın kömür olduğu görülmektedir. Kömürden sonra en fazla kullanılan kaynak ise doğağ gazdır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2013).

ABD, Çin, Hindistan ve Almanya'da kömür, Rusya'da doğalgaz, Fransa'da nükleer enerji ve Kanada'da yenilenebilir enerji elektrik enerjisi üretiminde en fazla paya sahip olan kaynaklardır. Fransa, Almanya, ABD, Kanada ve Rusya, elektrik üretiminde nükleer enerjiyi önemli oranda kullanan ülkelerdir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2013).

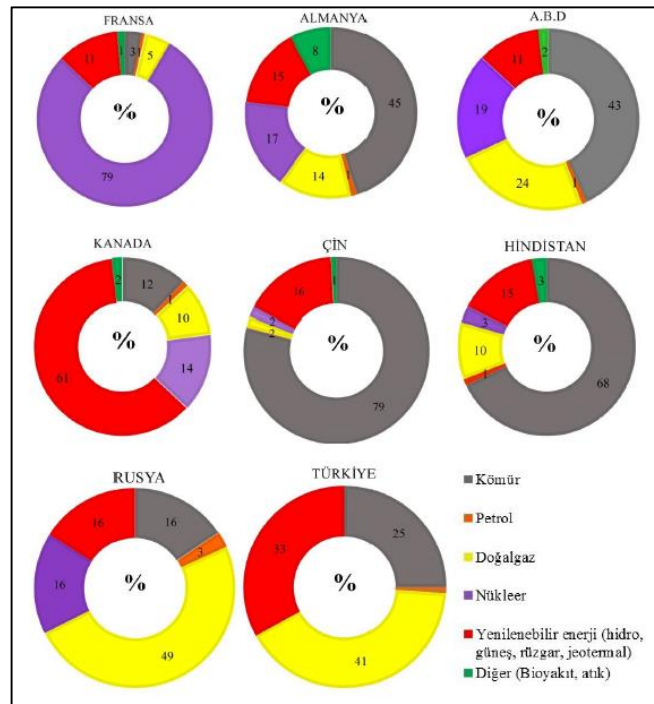
Fransa'da nükleer enerji elektrik üretiminde yüzde 79 gibi yüksek bir oranla kullanılmaktadır. Hidrolik, güneş enerjisi, rüzgar ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları ise yüzde 11'lik bir oranla ikinci sırada gelmektedir. Almanya'da elektrik üretimi için

kullanılan en önemli kaynak kömür olup, elektrik üretiminin yüzde 45'i kömürdür. (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2013).

ABD'de, başta kömür olmak üzere (yüzde 43), doğalgaz (yüzde 24) ve nükleer enerji (yüzde 19) elektrik üretiminde kullanılan ana kaynaklardır. ABD'de bunların yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynakları da elektrik üretiminde yüzde 11'lik bir oranla kullanılmaktadır. Kanada'da; yenilenebilir enerji, elektrik üretiminde yüzde 61 oranı ile önemli bir paya sahip olup elektrik enerjisinin elde edilmesinde yüzde 14 nükleer enerji, yüzde 12 kömür ve yüzde 10 doğalgaz kullanılmaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2013).

Çin ve Hindistan, sırasıyla yüzde 79 ve yüzde 68 olmak üzere yüksek oranlarda kömür kaynakları ile elektrik enerjisi üreten iki ülkedir. Yine her iki ülkede elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin kullanımı yüzde 15 oranlarında ikinci sırada yer almaktadır. Hindistan'da doğalgazın payı yüzde 10 iken Çin'de doğalgaz ile elektrik üretimi yüzde 2 gibi düşük bir orana sahiptir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2013).

Rusya'nın elektrik üretiminde en fazla kullandığı kaynak yüzde 49 oranı ile doğalgaz olup diğer kaynaklar; nükleer enerji, yenilenebilir enerji ve kömürdür (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2013).



Şekil 1.5. Bazı ülkelerin elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2013).

Şekil 1.5’de görüldüğü gibi ülkemizde elektrik üretimi için kullanılan temel kaynaklar doğalgaz, kömür ve yenilenebilir enerjidir. Ülkemizde elektrik enerjisinin yüzde 41’i doğalgazdan, yüzde 33’i yenilenebilir enerjiden ve yüzde 25’i kömürden elde edilmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2013).

1.4. Enerji Yatırımlarında Kömürün Oranı

Dünya enerji talebi her ülkede farklı oranlarda olmakla birlikte küresel ölçekte sürekli artmaktadır. Bu talebi karşılamak için küresel enerji yatırımları her yıl artış göstermektedir. IEA verilerine göre enerji sektörüne 2012 ile 2035 yılları arasında küresel ölçekte üçte ikisi OECD dışı ülkelerde olmak üzere toplam 37,4 trilyon dolar yatırım yapılacağı tahmin edilmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2013). Yatırımların;

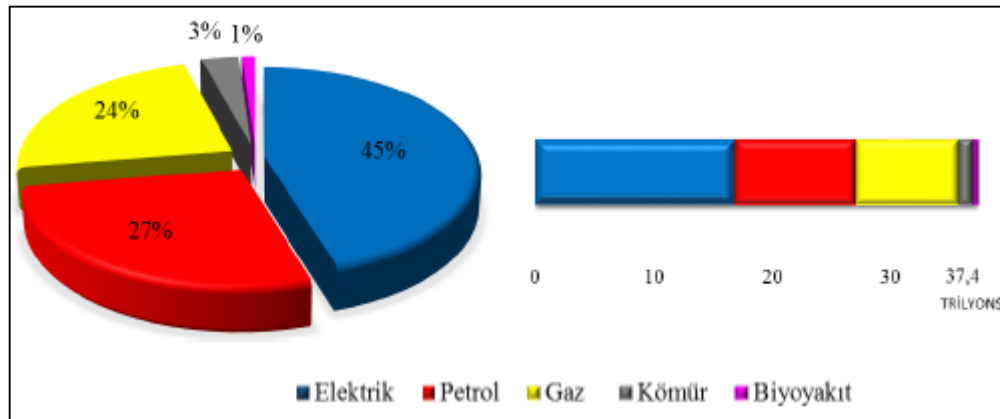
16,9 trilyon dolarının elektrik sektörü,

10,2 trilyon dolarının petrol,

8,7 trilyon dolarının gaz sektörü,

1,2 trilyon dolarının kömür sektörü,

0,4 trilyon dolarının biyoyakıt sektörüne yapılması planlanmaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2013).



Şekil 1.6. 2012-2035 yılları arasında kaynaklara göre enerji arzı altyapısı için yatırımlar (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2013).

Şekil 1.6’ya göre 2012-2035 yılları arasında 1,2 trilyon doların kömür sektörüne yatırım yapılacağı kömürün enerji piyasası açısından Dünya’daki yerinin önemli ölçüde olduğunu göstermektedir.

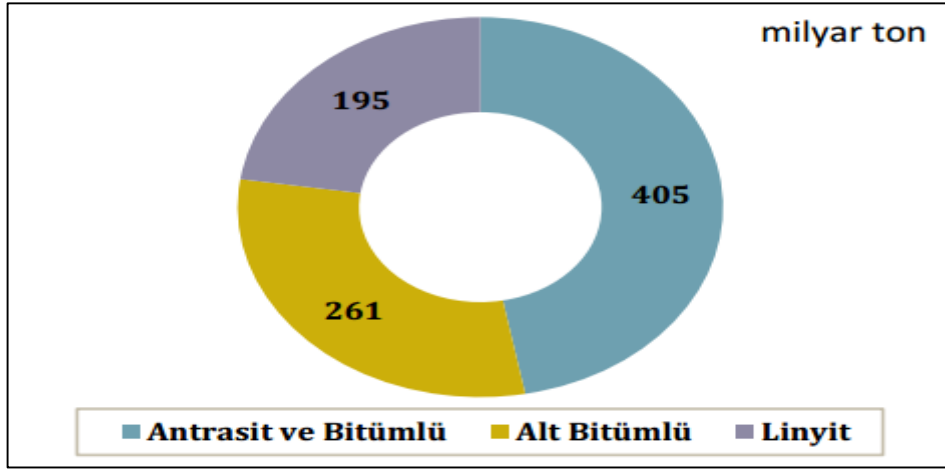
1.5. Dünya Kömür Rezervleri

Değişik tipte kömürlerin kullanım amaçlarına göre uluslararası sınıflandırılmasında; ilk olarak 1957 yılında çeşitli ülkelerden üyelerin oluşturduğu Uluslararası Kömür Kurulu'nca birçok ülkeden temin edilen numuneler üzerinde yapılan çalışmalar, Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) tarafından da desteklenerek genel bir sınıflama yapılmıştır. Bu sınıflamada; kalorifik değer, uçucu madde içeriği, sabit karbon miktarı, koklaşma ve kekleşme özellikleri temel alınarak, kömürler sert (taşkömürü) ve kahverengi (alt-bitümlü ve linyit) kömürler olarak Çizelge 1.2'de görüldüğü gibi iki ayrı sınıfa ayrılmıştır. Kömür üretimi ve ticaretinde OECD-Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından bu iki kategori kullanılmaktadır. IEA kömür istatistiklerinde 1978 yılından itibaren kömür pazar analizleri ve tahminlerinde bu iki kategori alt sınıflara bölünmektedir. Bu şekilde, kömür madeni fosil yakıtlar arasında dünyada en yüksek miktarda ve en yaygın bulunan ve kullanılan enerji kaynağı niteliği taşımaktadır (Mevlana Kalkınma Ajansı, 2014; TKİ, 2011).

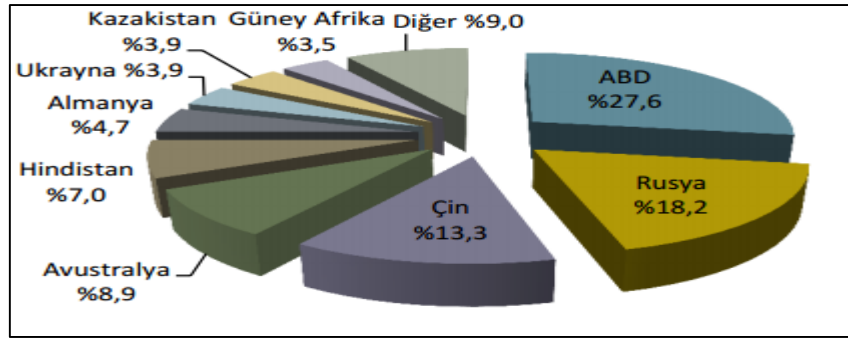
Çizelge 1.2. Uluslararası kömür sınıflaması (IEA/OECD, 1983).

A. Taşkömürü (Hard Coal)	B. Kahverengi Kömür (Brown Coal)
1. Koklaşabilir kömür (Yüksek fırınlarda kullanıma uygun kok üretimine izin veren kalitede)	1. Alt bitümlü kömür (4.165-5.700 Kcal/kg arasında kalorifik değerde olup topaklaşma özelliği göstermez)
2. Koklaşmayan kömür a- Bitümlü kömürler b- Antrasit	2. Linyit (4.165 Kcal/kg'ın altında ısıl değerde olup topaklaşma özelliği göstermez)

Şekil 1.7'e göre Dünya Enerji Konseyi'nin araştırmalarına göre; dünya kanıtlanmış işletilebilir kömür rezervi toplam 861 milyar ton büyüklüğündedir. Söz konusu rezervin; 405 milyar tonu antrasit ve bitümlü kömür, 261 milyar tonu alt bitümlü kömür ve 195 milyar tonu ise linyit kategorisinde olduğu görülmektedir (WEC, 2010; TKİ, 2013).



Şekil 1.7. Dünya kömür rezervlerinin kömür kategorilerine göre dağılımı (WEC, 2010; TKİ, 2013).



Şekil 1.8. Dünya kömür rezervlerinde ülkelerin payları (WEC, 2010; TKİ, 2013).

Şekil 1.8'de görüldüğü gibi Dünya Enerji Konseyi tarafından 75 civarında ülkede bulunduğu raporlanan dünya kömür rezervlerinin en büyük kısmı (237,3 milyar ton) ABD'de yer aldığı görülmektedir. ABD'yi 157 milyar ton ile Rusya Federasyonu ve 114,5 milyar ton ile Çin izlemektedir. Diğer kömür zengini ülkeler arasında; Avustralya (76,4 milyar ton), Hindistan (60,6 milyar ton), Almanya (40,7 milyar ton), Ukrayna (33,9 milyar ton), Kazakistan (33,6 milyar ton) ve Güney Afrika Cumhuriyeti (30,2 milyar ton) bulunmaktadır. Dolayısıyla, dünya kömür rezervlerinin %90'dan fazlası bu 9 ülkenin elindedir (WEC, 2010; TKİ, 2013).

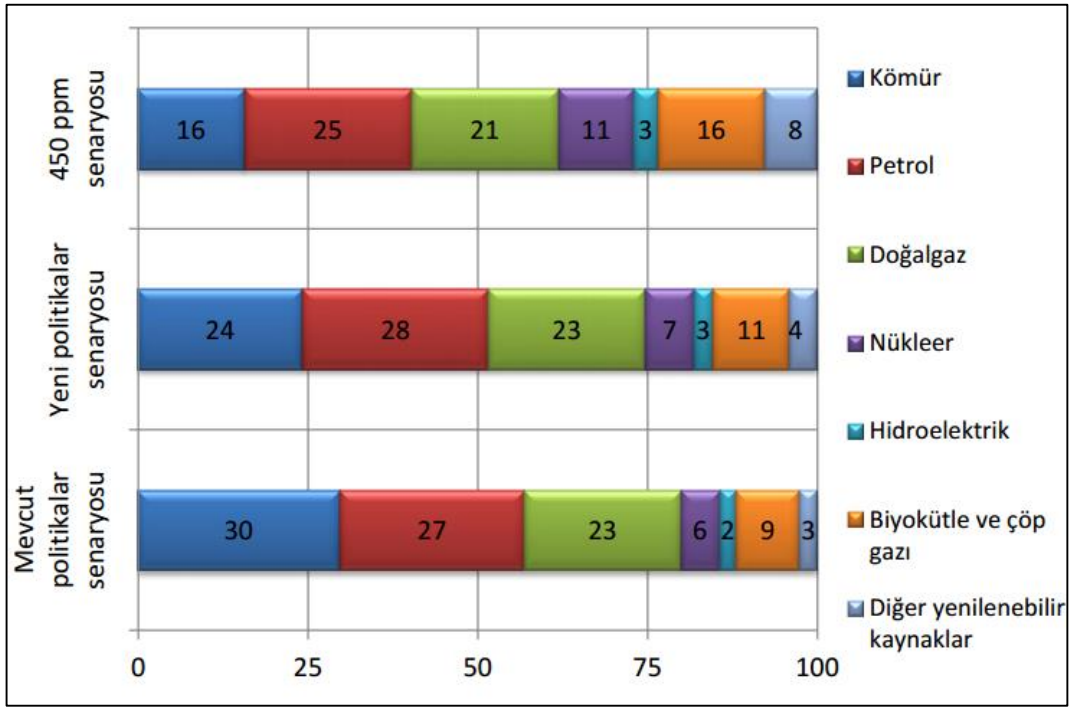
1.6. Türkiye'nin Dünya Enerji Sektöründe Görünümü

Türkiye, dünya ülkeleri arasında;

- birincil enerji tüketiminde 21.
- petrol tüketiminde 26.

- doğal gaz tüketiminde 20.
- kömür tüketiminde 14.
- elektrik tüketiminde 20.
- en fazla kömür rezervine sahip 17.
- en fazla kömür üreten 13.
- elektrik üretiminde 20.
- jeotermal enerji kapasitesinde 12.
- güneş enerjisi kapasitesinde 27.
- rüzgar enerjisi kapasitesinde 16.

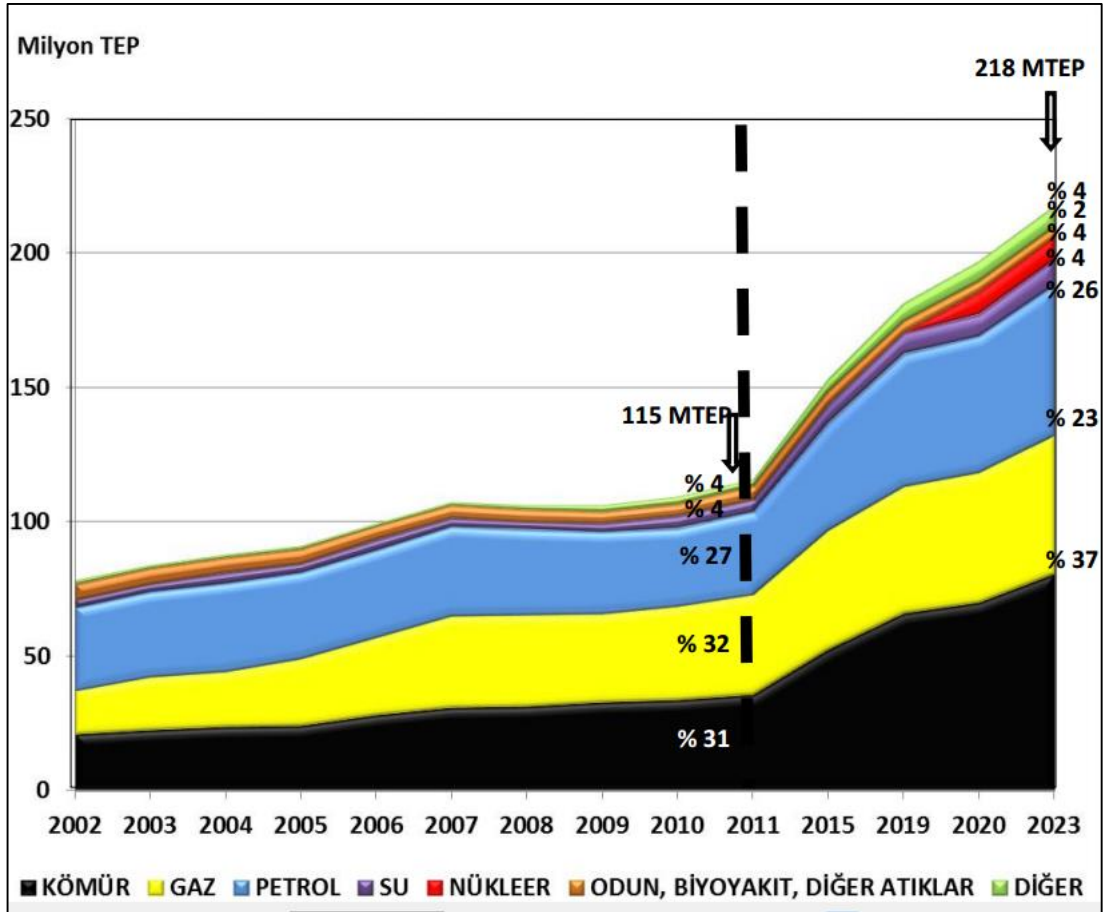
ülke konumundadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2012).



Şekil 1.9. 2035 yılı birincil Enerji talebi projeksiyonu (Uluslararası Enerji Ajansı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2012).

Şekil 1.9'a göre 2035 yılı enerji talebi öngörüsü görülmektedir. OECD (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü) ülkelerinde 2010 yılında 5,6 milyar TEP (ton eşdeğeri petrol) olan dünya birincil enerji talebinin yüzde 3,5 oranında artarak 2030 yılında 5,8 milyar TEP'e ulaşması beklenmektedir. OECD üyesi olmayan ülkelerde ise 2010 yılında 6,4 milyar TEP olan dünya birincil enerji talebinin yüzde 69 oranında artarak 2030 yılında 10,9 milyar TEP'e

ulaşması öngörülmektedir. Türkiye, OECD ülkeleri içerisinde geçtiğimiz 10 yıllık dönemde enerji talep artışının en hızlı gerçekleştiği ülke durumundadır. Aynı şekilde ülkemiz, dünyada 2002 yılından bu yana elektrik ve doğal gazda Çin'den sonra en fazla talep artış hızına sahip ikinci büyük ekonomi olmuştur (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2012).



Şekil 1.10. 2023 yılında birincil enerji talebi (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2012).

Şekil 1.10'da görüldüğü gibi 2023 yılında birincil enerji talebimizin yüzde 90 oranında artarak 218 milyon TEP'e ulaşması beklenmektedir. Kömürün payının yüzde 37, doğal gazın yüzde 23, petrolün yüzde 26, hidrolik enerjinin payı yüzde 4, nükleer enerjinin yüzde 4 ve yenilenebilir ve diğer enerji kaynaklarının yüzde 6 olması öngörülmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2012).

1.7. Ülkemiz Kömür Rezervleri Ve Kömür Özellikleri

Sektörde kömür, açık işletmecilik ve yeraltı işletmeciliği olmak üzere iki temel yöntemle üretilmektedir. Yüze yakın kömür oluşumları ekonomik nedenlerle açık işletmecilik

Son yıllarda yürütülen arama ve rezerv geliştirme çalışmaları sonucunda ciddi bir rezerv artışı sağlanmıştır. Yeni sahaların bulunmasına ve rezerv artışına yönelik çalışmalar MTA tarafından sürdürülmektedir (TKİ, 2013).

Taşkömürü rezervlerimizin tamamı Türkiye Taşkömürü Kurumu'nun (TTK) ruhsatında bulunmaktadır (Çizelge 1.3). Havza'da bulunan rezervin alt ısı değeri, genel olarak, 5.450 kcal/kg-7.050 kcal/kg arasında değişmektedir. Havzada koklaşabilir kömürler; Kozlu, Üzülmöz ve Karadon bölgelerinde bulunmakta olup toplam rezervin yaklaşık %67'sini oluşturmaktadır. Armutçuk bölgesindeki rezervler ise, yarı-koklaşma özelliği, yüksek ısı değeri ve düşük bünye külü içeriği ile hem koklaşabilir kömürlerle harmanlanarak hem de pülverize kömür enjeksiyonu (PCI) olarak demir-çelik fabrikalarında kullanıma uygun niteliktedir. Amasra bölgesi kömürlerinin koklaşma özelliği bulunmamakla birlikte, belirli oranlarda metalurjik kömürler ile harmanlandığında koklaşma özelliğini bozmamaktadır (TTK, 2013; TKİ, 2013).

Çizelge 1.3. Türkiye taşkömürü kurumu ruhsatlı kömür sahalarına ait rezervler (ton) (TTK, 2013; TKİ 2013).

Müessese	Hazır	Görünür	Muhtemel	Mümkün	Toplam
Armutçuk	1.701.960	7.595.321	15.859.636	7.883.164	33.040.081
Kozlu	2.393.439	66.221.761	40.539.000	47.975.000	157.129.200
Üzülmöz	789.077	135.533.636	94.342.000	74.020.000	304.684.713
Karadon	2.593.340	132.863.006	159.162.000	117.034.000	411.652.346
Amasra	385.750	170.036.777	115.052.000	121.535.000	407.009.527
TOPLAM	7.863.566	512.250.501	424.954.636	368.447.164	1.313.515.867

2005 yılına kadar 8,3 milyar ton olarak hesaplanan linyit rezervlerimizin çoğunluğu 1976–1990 yılları arasında bulunmuş, bu dönemden sonra kapsamlı rezerv geliştirme etüt ve sondajları yapılamamıştır. 2005 yılında, TKİ koordinatörlüğünde, MTA'nın sorumluluğunda ve ETİ Maden, TPAO, EÜAŞ, TTK ve DSİ'nin de katılımıyla başlatılan “Linyit Rezervlerimizin Geliştirilmesi ve Yeni Sahalarda Linyit Aranması Projesi” kapsamında yapılan çalışmalar neticesinde; 2005-2012 yıllarını kapsayan dönem içinde önemli rezerv artışları sağlanmıştır (TKİ, 2013).

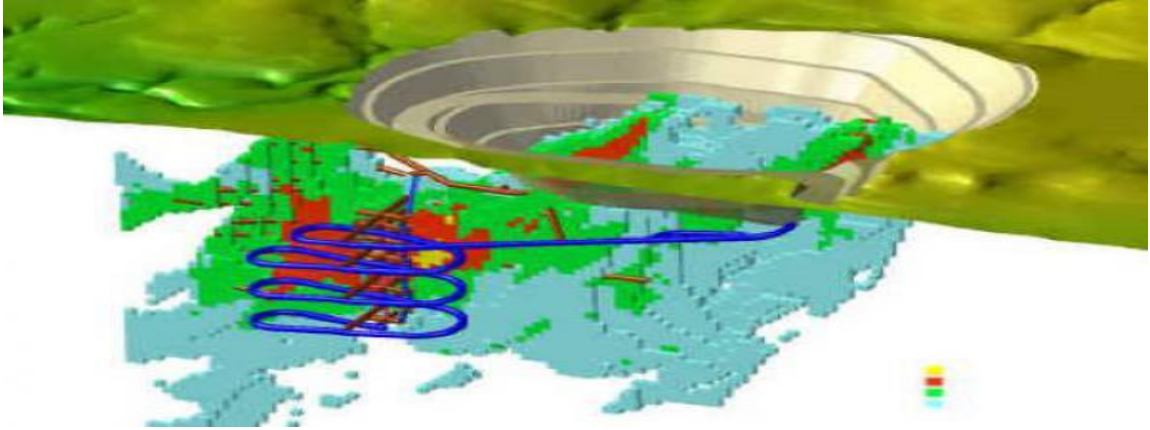
Daha sonra kapsamı genişletilen ve MTA Genel Müdürlüğü koordinatörlüğüne verilerek başlığı “Türkiye Maden ve Jeotermal Kaynak Rezervlerinin Geliştirilmesi ve Yeni Sahaların Bulunması Projesi” olarak değiştirilen çalışma kapsamında; Trakya, Manisa-Soma-Eynez,

Eskişehir-Alpu, Afşin-Elbistan ve Konya-Karapınar'da ilave linyit rezervleri tespit edilmiştir. Böylelikle; uzun yıllardır 8,3 milyar ton olarak bilinen linyit rezervlerimiz 2013 yılı itibariyle toplam 13,9 milyar tona ulaşmıştır (TKİ, 2013).

Bununla beraber, ülkemiz linyit rezervlerinin ısı değerleri oldukça düşüktür. Genel olarak 1.000 kcal/kg ile 4.200 kcal/kg arasında değişiklik göstermekle birlikte yaklaşık %90'ının alt ısı değeri 3.000 kcal/kg'ın altındadır (TKİ, 2013).

2. MADEN PLANLAMA VE ÖNEMİ

Günümüzde birçok ocak işletmesi tarafından tercih edilen planlama paket programları yerüstü ve yeraltı ocakları ile arama projelerinde maden yataklarının gerçek rezervinin ve fizibilitesinin ortaya konulması, değerlendirilmesi ve madenin en etkin şekilde çıkarılması için planlama yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu programlar; sondaj verilerini işlenmesi, hacim, tonaj ve tenör hesaplaması ve kontrolü, jeostatistiksel yöntem ile model oluşturma, ölçekli haritalar çıkartma, yol, yeraltı/yerüstü ocak tasarımı gibi işlemleri de gerçekleştirmektedir. (Surpac, 2010; Ercins, 2011). Şekil 2.1’de de bu tarz üç boyutlu dizayn programlardan biriyle yapılmış bir çalışma örneği verilmiştir.



Şekil 2.1. Maden dizaynı örneği.

Madencilik genel olarak yerkabuğunda bulunan ve insanlığa gerekli olan minerallerin aranması, bulunarak çıkarılması gibi işlemleri kapsar. Gerek yeraltı gerekse açık maden işletmeciliğinde mineral üretimine geçmeden önce maden yatağında bazı aramalar yapılarak maden yatağının varlığı ve yaygınlığı saptandıktan sonra miktar, kalite yani rezerv ve tenör ile mineralin özelliği hakkında bilgi toplanır. Yatağın rezervi ve tenörü yeterli şekilde bilindikten sonra minerale olabilecek talep göz önünde bulundurularak senelik üretim, maden yatağının ömrü ve işletme için gerekli olacak yatırım miktarı saptanır. Madencilik yapmak için gereken yatırım miktarı çalışma şekline göre değişiklik gösterir (Öngen, 2008).

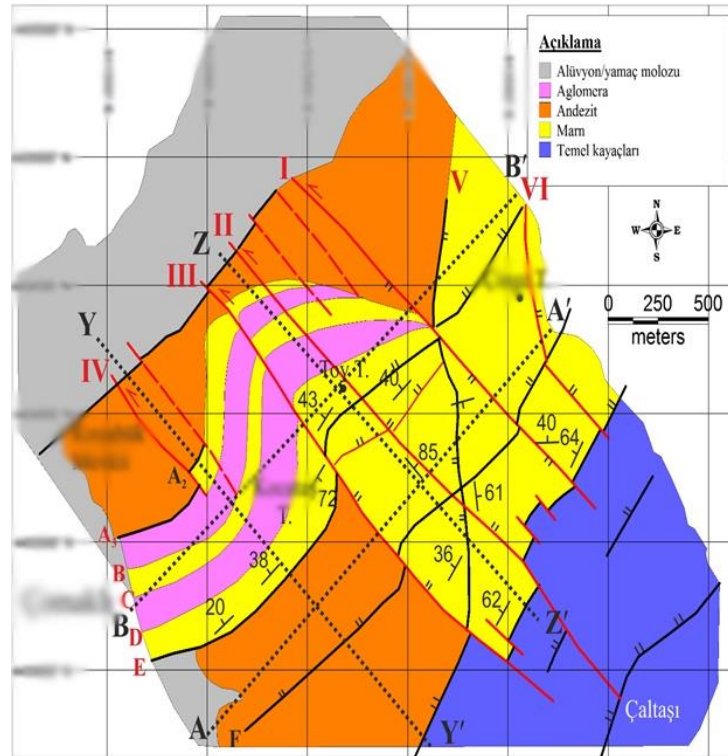
Mineralin yeraltından çıkarıldığı gibi hiçbir işleme tabi tutulmadan satıldığı küçük boyutlu bir maden yatağı için yatırım; maden yatağının bulunduğu sahanın alınması, yol ve bina inşası ve donanımlardan ibaret iken, büyük boyutlu bir maden yatağı için bunlara ek olarak mineral zenginleştirme, izabe, işçi siteleri, demiryolu hatta liman inşası gibi yatırımlara gerek

duyulabilir. Madencilikte yatırım büyük ve risk diğer sanayi dallarına kıyasla daha fazladır. Bu nedenlerle üretime geçebilmek için yapılacak arama faaliyetleri ve buna bağlı olarak yapılan planlama ve hazırlıkların önemi büyüktür (Öngen, 2008).

3. SAHA JEOLJİSİ

İnceleme alanı Çan Çayı'nın güney doğusunda yer almaktadır. KB-GD yönünde yaklaşık 2 km², KD-GB yönünde ise yaklaşık 2,5 km² 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 izinli sahası ise 391,55 hektardır.

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, kıltaşı ve marn aralanmasından oluşmuş tortul kayalar ayrımlı kaya uyumsuzluğuyla gelir. Pliosen yaşlı tortul kayalar genellikle sarımsı-beyaz renkte ve tabanına yakın kesimlerinde kömür seviyesi içerirler. Taban andezitlerini oluşturan volkanik fazın haricinde gelişmiş ikinci bir faz sonucunda aglomeralar, marnlı serilerin üzerine ayrımlı kaya uyumsuzluğuyla gelirler. Şekil 3.1'de saha jeoloji haritası verilmiştir. Haritadan anlaşılacağı üzere sahada fay yapıları ile aglomera, alüvyon, andezit, marn ve temel kayaları görülmektedir (Kahraman, 2014).



Şekil 3.1. Saha jeolojik haritası (Kahraman, 2014).

Andezit lav seviyesi üzerine KB'dan ve GD'dan birbirlerine bakışimli, yüksek açılı normal faylarla denetimli olarak KD-GB yönünde gelişmiş bir havza içine marnlı seriler çökelmiştir. Bu seriler önce tortul kayaların doğrultularına dik gelişmiş yüksek açılı normal faylarla kesilmiş daha sonra da kıvrımlanmıştır. Bu süreç sonunda havzada horst-graben yapıları gelişmiştir. Bu yapılar KB'dan GD'ya doğru inceleme alanında basamaklı bir morfolojinin oluşmasını sağlamışlardır (Eski çöküntü alanları) (Kahraman, 2014).

3.1. Açık Ocak Kömür Üretim Sahası Ve Jeolojisi

Kömür üretim sahasında kömürlü seri KD - GB yönünde uzanan normal bir fayla eğim kazanmış olarak yer alır. Bu fay inceleme alanını enine, uzun eksen boyunca kat etmektedir. Fayın konumu K50/70KB'dır. Marn-tüfit-kumtaşı ardalı tortul seri (kömürün tavan taşı) başlangıçta fayın etkisi ile 70° eğimle yer alırken, faydan 30–40 m. mesafede eğimi 35°- 40°'ye kadar (KB'ya doğru) düşmektedir. Kömürün altında Pliosen yaşlı tortul kayalar belli bir derinliğe kadar (andezit tabanına yakın derinlikte) devam eder ve sonra, aşırı derecede alterasyona uğramış, kırmızımsı-kahve renkli andezit ayrışma ürünü killere girilir. Ayrışma ürünü bu killere içerisinde andezitlere ait çekirdek taşları gözlenir (Şekil 3.2). Çekirdek taşları dıştan içe doğru ayrışmanın etkisiyle gelişmiş eksfloasyon yapısı (yapraklanma) gösterirler (Şekil 3.2). Kömürün tavan taşı ile taban taşı bu noktada faylıdır (Şekil 3.3) (Kahraman, 2014).



Şekil 3.2. Sarımsı kahve renkli, çekirdek taşı ve çevresi ayrışmış (sferoidal ayrışma) volkanik kaya, andezit (taban andezitleri) (Kahraman, 2014).



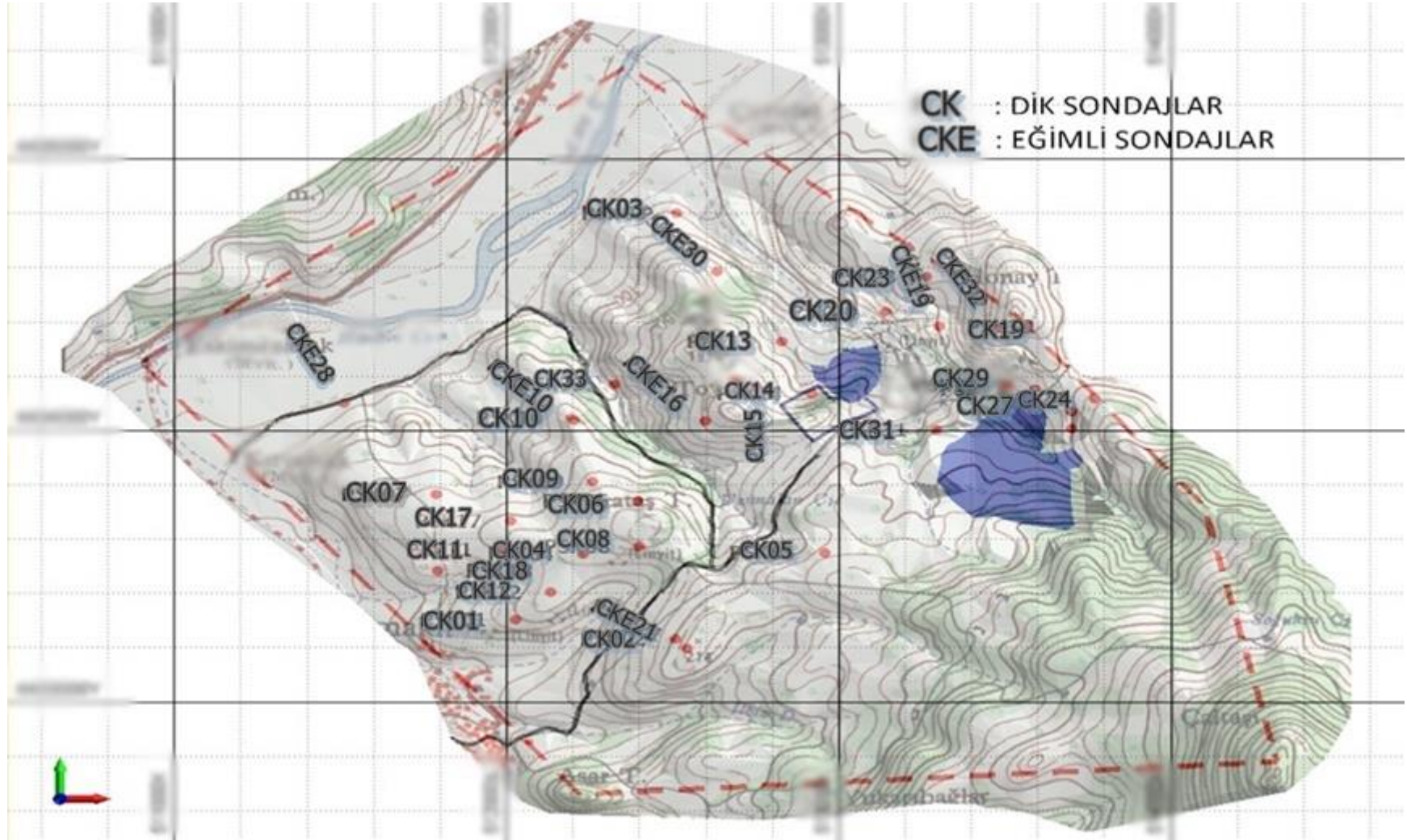
Şekil 3.3. Kömür damarının altında, konumu K 50 D/70 KB olan 5-nolu eğim atımlı normal fay (Kahraman, 2014).

Marn-tüfit-kumtaşı-çakıllı kumtaşı ardalı tavan taşı arazi genelinde 20° - 45° KB'ya eğimli olarak yer almaktadır. Altta, taban andezitleri olarak tanımlanmış olan volkanik kayalar ve/veya piroklastikleri, üstte ise Çan Formasyonu olarak da bilinen kumtaşı, kiltası, marn ve tüfit ardalı yer yer kömürlü (gösel) seviyeler içeren Miyosen-Pliosen yaşlı tortul kayalar yer almaktadır. İnceleme alanında yaygın olarak bu formasyon marnlarla temsil edilmektedir. Alttan üstte doğru; marn-tüfit-kumtaşı-kiltası ardalımasından oluşan istif günümüzde kömür üretim sahası olarak kullanılan alanda (ocak çukuru civarında) yüzeylenmektedir (Kahraman, 2014).

Yumrulu andezit çekirdek taşları, içeren sarımsı-kahve renkli alterasyon ürünü killere temsil edilen geçiş vardır. Sarımsı-kahve renkli killere, kömürün altında yer alan yeşil kiltaları arasında konumu K50D/70KB olan normal bir fay geçmektedir. Linyit damarının tabanında yeşil kiltaları, tavan taşında ise; kiltası, kumtaşı, marn ve tüfitlerden oluşan (ardalı bir istif sunan) tortul kayalar yer alır (Kahraman, 2014).

Sahanın yapılan dik ve eğimli sondajlar Şekil 3.4'de verilmiştir. Değerlendirmede 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 değerlendirmeye alınmamıştır (Kahraman, 2014).



Şekil 3.4. Araştırma kapsamında düşey ve eğik açılmış sondajların lokasyonları.

3.2. Sondajlı Arama Çalışmaları

Şirket, jeofizik çalışmalardan elde edilen bilgiler ışığında sondajlı arama faaliyetlerinin devam ettirilmesi kararı almıştır. Bu arama faaliyetlerinin birinci bölümü Şubat-Aralık 2012 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. İkinci bölümü ise Nisan 2013 tarihinde başlamış olup Aralık 2013 tarihinde tamamlanmıştır.

Bu sondaj çalışmalarında, işverenin bilgisi ve kontrolü dâhilinde toplam derinliği 8.464,70 m olan 36 adet (9 adet eğimli ve 27 adet dik) sondaj kuyusu karotlu olarak tamamlanmıştır. Pratikteki uygulamalar sondaj kuyularının az ya da çok saptığını göstermektedir. Rezerv hesaplamalarında kuyunun damarı tam olarak nerede kestiğini bilmek büyük bir önem taşımaktadır. Bu kapsamda kömür kesen sondajların takip ettiği gerçek güzergâhı tespit etmek amacıyla 6 adet kuyuda ölçümler yaptırılmıştır.

Ruhsat sahasının neredeyse tamamı özel mülkiyetteki tarım arazilerinden oluştuğundan sondaj lokasyonları için düzenli bir arama planı uygulanamamıştır. Yine de sondaj lokasyonlarının, oluşturulan kömür damarı modelini teyit edecek ve çalışma panolarına uygun homojen bir şekilde dağılmasına özen gösterilmiştir. Sondaj lokasyonları arazi sahiplerinden alınabilen izin, arazinin ekilip biçilme durumu, hava şartları gibi parametrelere bağlı olarak günün koşullarına göre belirlenmiştir.

Çalışma sahasında yoğun bir tektonizma izleri görülmektedir. Sahanın bu jeolojik yapısı nedeniyle sondaj kuyularının açılması ve duraylılığının sağlanması konusunda sorunlar yaşanmıştır. Eski üretim boşluklarına rastlanması sonucunda CK01 ve CK12 sondajlarında planlanan derinliğe inilememiştir. İlerleme sırasında kuyu göçmesi nedeniyle CK06 ve CK07 nolu sondajlar sonlandırılıp tekrar açılmışlardır. Kırıklı zonların geçilememesi nedeniyle CKE16 ve CKE26 sondajları planlanan derinliğe ulaşmadan sonlandırılmıştır. Ayrıca CK15 nolu sondajda takımın çekilmesi sırasında takım sıkışması sonucunda yaklaşık 400 metrelik HQ tij takımını kuyuda terk edilmiştir (Kahraman, 2014).



Şekil 3.5. Kuyulara ait karot sandıkları (Kahraman, 2014).

Sondajlardan her 3 m’de bir karot numunesi alınmıştır. Alınan numuneler, karot sandıklarında muhafaza edilmiştir. 1.748 adet karot sandığı Üniversite Kaya Mekaniği Laboratuvarına nakledilmiştir. Her bir sondaj kuyusu uzman ekip tarafından loglanmış, farklı birimler için kaya mekaniği testleri yapılmıştır. Kimyasal analiz için numuneler alınmıştır. Ayrıca her bir karot sandığının fotoğrafı çekilerek arşivlenmiştir (Şekil 3.5). Söz konusu işlemler tamamlandıktan sonra sandıklar şirkete teslim edilmiştir.

4. JEOİSTATİSTİK

Bir maden yatağında rezerv hesaplanırken, yatakta yapılan sondaj, galeri ve yarma çalışmalarlarıyla 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 jeoistatistiksel yöntemler verilebilir (Saraç vd., 2004; Uyar, 2005).

Klasik rezerv hesaplama yöntemlerinin dezavantajları, hesaplamaların uzun sürmesi, hata yapma riskinin yüksek, elde edilen sonuçların hassasiyetinin düşük olması ve hata oranının belirlenememesi olarak verilebilir. Bu durum, madencilik sektöründe, yatırım riskini arttırmakta, yatırımların yüksek tenörlü yüzey mostrası olan ve derin olmayan maden yataklarına yönelmesine neden olmaktadır (Uyar, 2005).

Bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler ve bilgisayar kullanımının artması sonucu, jeolojik bilgileri ve cevher kütlelerini sayısal olarak temsil etme fikri doğmuş ve bundan dolayı da jeoistatistiksel yöntemler daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Jeoistatistiksel rezerv hesaplama yöntemleri, bir maden yatağının jeolojik özelliklerini dikkate alarak rezerv hesabının güvenilirliğine ilişkin ayrıca ölçü veren yöntemlerdir (Uyar, 2005). Jeoistatistik yöntemde uzaklığa bağlı tenör çiftleri ve bunların değişimleri ve yönelimleri incelenir. Nihai olarak blok model oluşturulup rezerv tahmini yapılır.

4.1. Uzaklığa Bağlı İlişki Fonksiyonu (Variogram)

Bölgesel değişkenlerin (tenörler) değerleri arasındaki fark, bu değişkenler arasındaki uzaklığın bir fonksiyonudur (Matheron ve Journel 1970,1986; Uyar, 2005). Jeoistatistikte bölgesel değişkenlerin uzaklığa bağlı değişimleri variogram fonksiyonu ile belirtilir ve bu fonksiyon birbirinden h kadar uzaktaki iki değişken arasındaki farkın varyansı olarak ifade edilir. Bir başka deyişle, iki nokta arasındaki farkın varyansının büyüklüğü noktalar arasındaki mesafenin büyüklüğüne bağlıdır (Tercan ve Saraç, 1998; Uyar, 2005).

$$2\gamma(h)=\text{Var} [Z(a)-Z(a+h)]$$

$2\gamma(h)$: variogram fonksiyonu

$Z(a)$: a noktasındaki rastlantı değişkeninin değeri

$Z(a+h)$: a noktasından h kadar uzaklıktaki rastlantı değişkeninin değeri

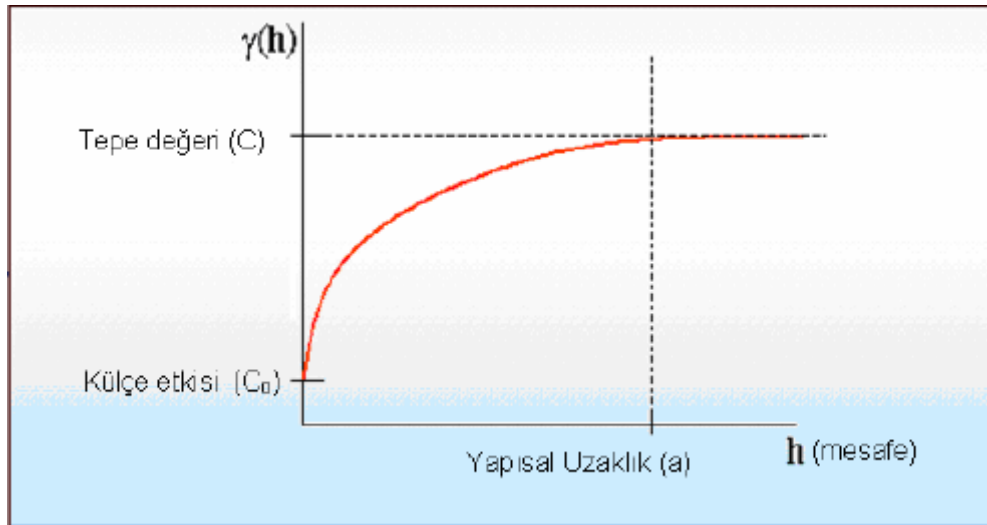
Buna göre variogramı aşağıdaki şekilde ifade etmekte mümkündür.

$$2\gamma(h)=E [Z(x)-Z(x+h)]^2$$

h: noktalar arası uzaklık (lag mesafesi)

Variogram fonksiyonu(γ) bilindiğinde incelenen değişkenin homojenlik ve izotropluk dereceleri, düzenliliği ve bir örneğin etki mesafesi, sayısal olarak belirlenebilir (Tercan ve Saraç, 1998; Uyar, 2005).

Bölgesel değişken, cevher içeriği açısından zengin ve yoksul bölgeler şeklinde geçişli bir yapı sergiliyorsa, variogram belirli bir uzaklıktan sonra artışını durdurur ve belirli bir değerde sabit kalır. Bu değere tepe değeri (C), variogramın bu değeri aldığı uzaklığa da yapısal uzaklık (a) denir. Bu uzaklık kovaryansın sıfır olduğu ve fiziksel olarak bir örneğin etki zonu anlamına gelir. Etki zonu dışında örneklerin birbiriyle korelasyonu yoktur ve birbirlerinden bağımsızdırlar (Uyar, 2005) (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Tepe değeri ve yapısal uzaklık (Uyar, 2005).

Uzaklığın sıfıra eşit olduğu ($h=0$) durumlarda variogramın değeri de teorik olarak sıfıra eşittir. Ayrıca, uzaklığa bağlı değişimin verilerden belirlenebileceği sınır bir uzaklık bulunmaktadır. Bu da bütün örnekler içinde, birbirine en yakın iki örnek arasındaki uzaklığa eşittir (Tercan ve Saraç, 1998; Uyar, 2005). Veri bulunmadığı için bu uzaklıktan daha küçük mesafelerde bu değer belirlenemez ve bu durum variogramın orijininde bir süreksizliğe neden

olur. Orijindeki süreksizliğin bir başka nedeni de, örnekleme ve analiz hatalarıdır. Sıfırdan farklı bir değer örnek alınımındaki hataları gösterir veya örnek aralığından daha küçük bir yapısal uzaklığa sahip çok küçük ölçekte yapılanmış bir bileşenin tepe değerini gösterir. Süreksizliğe yol açan bu kaynakları birbirinden ayırmak mümkün değildir ve bu durum variogramda külçe etkisi (nugget effect) şeklinde belirtilir ve C_0 simgesi ile gösterilir. İdeal olarak aynı noktadan alınmış iki örneğin değerleri aynı olacağından külçe etkisinin sıfır olması gerekir (Tercan ve Saraç, 1998; Uyar, 2005). Ancak variogram analizlerinde bu durum genel olarak söz konusu değildir. Ayrıca Şekil 4.1'deki düzgün bir artış mineralleşmedeki sürekliliğin bir belirtisidir (Yüksek, 1993).

Yüksek değerdeki nugget değerleri (C_0) mineralleşmenin çok zayıf bir şekilde geniş bir sahaya yayıldığını (cevherin, cepler veya adeseler halinde yoğunlaştığını) veya kötü numune değerlendirilmesi yapıldığını belirtir. Teorik olarak sıfır olması gerekir (Yüksek, 1993).

Genel olarak variogramlar dört ana yönde hesaplanır. Bu yönler genellikle N/S, E/W, NW/SE, ve NE/SW'dir. Eğer bu dört yönde variogramlar aynıysa bölgesel değişken izotropik; değilse yani yön ile değişirse anizotropik olarak adlandırılır (Uyar, 2005). Bu tür anizotropiler farklı doğrultulardaki cevher yönelimlerini gösterir (Nasuf, 1987). Anizotropinin olduğu durumlarda aynı tepe değerlerine karşılık farklı yapısal uzaklık değerleri varsa anizotropi "geometrik anizotropi" olarak adlandırılır (Journel, 1979; Uyar, 2005). Bu anizotropi değişken dağılım mesafelerinin yönlere göre farkından kaynaklanır (Ersoy ve Yünsel, 2008). Diğer bir anizotropi türü ise zonal anizotropidir. Bu tarz yönlü variogramlar tepe değerleri yön ile değişiyorsa etki mesafeleri aynı ise oluşur. Bu durum mineralleşmenin (maden yatağının içinde farklı dağılımı) farkından kaynaklanır (Ersoy ve Yünsel, 2008). Yönlü variogram analizlerinde geometrik ve zonal anizotropi görülmediği takdirde yönsüz yatay variogram (omnidirectional) oluşturulur (Ersoy ve Yünsel, 2008).

Jeoistatistiksel analizlerde genelde numunelerin normal dağılıma uyması gerekmektedir (Kırmanla ve Nasuf, 1998). Çarpıklık katsayısı sıfır (0), basıklık katsayısı üç (3) olmalıdır (Uyguçgil, 2007). Ancak normal dağılımın söz konusu olmadığı durumlarda lognormal dağılım almak gerekebilir (Noble, 2011).

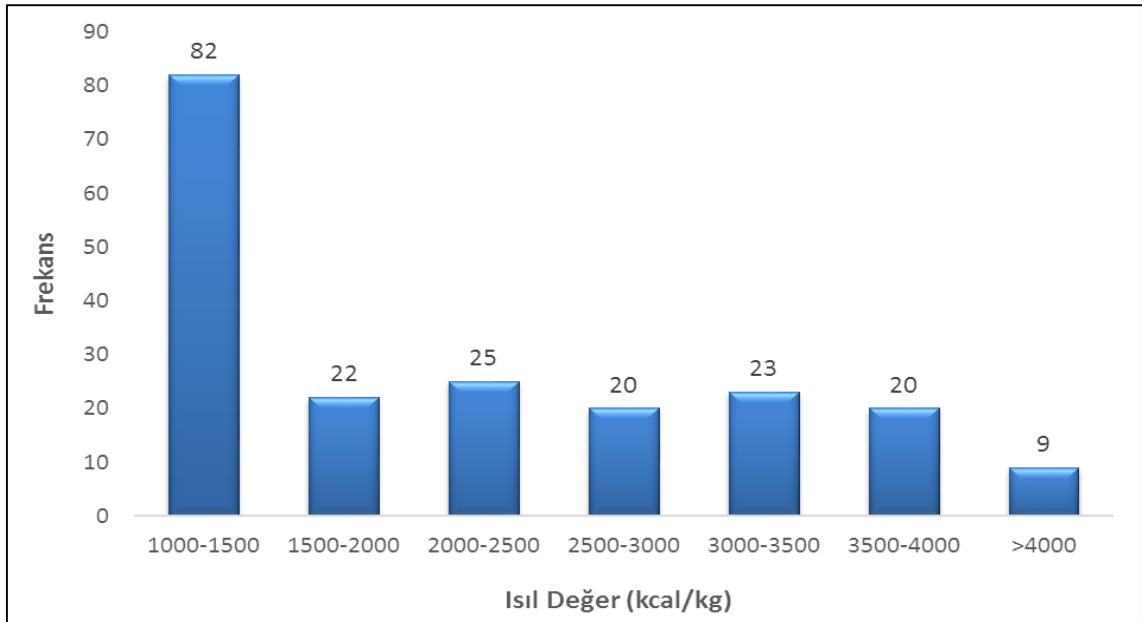
4.2. Sahanın Kömür Kalitesi Ve Jeostatistiği

Rezerv hesaplamalarında öncelikle günümüzde yapılan sondajlardan, ayrıca komşu sahalarda yapılan incelemeler neticesinde elde edilen bilgi ve verilerden yararlanılmıştır. Kömür

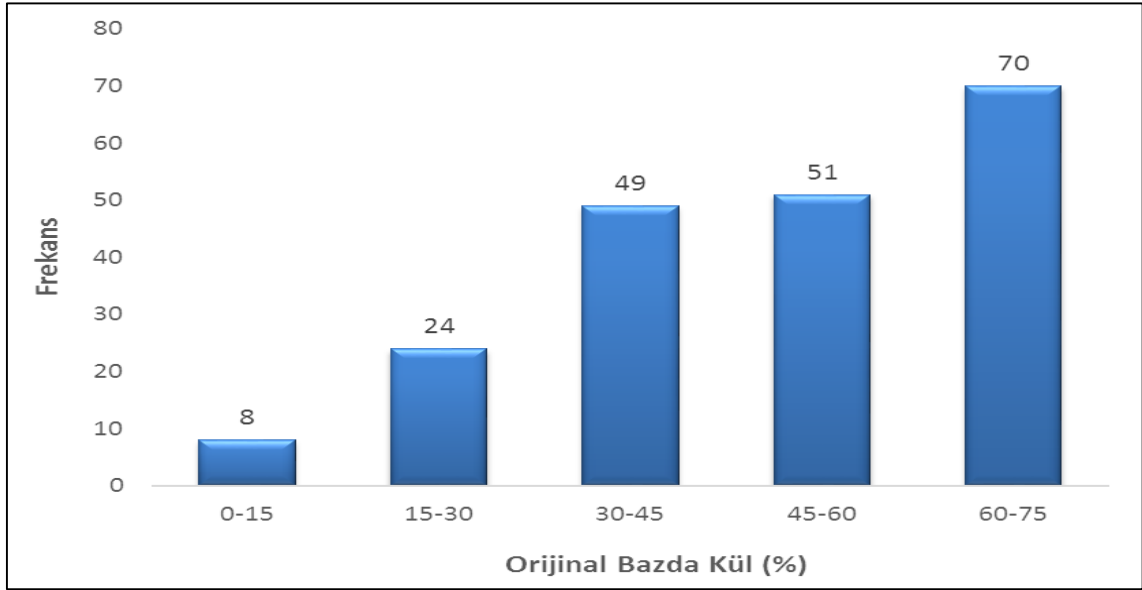
kalite ve rezervi, sektörde kabul görmüş bilgisayar destekli madencilik tasarım yazılımı olan Micromine ile ayrıntılı bir şekilde belirlenmiştir.

Endüstriyel analiz için gerekli numuneler, kömürde 1 m, kömürlü seviyelerde 1 m ve/veya 2 m aralıklarla damarı temsil edecek şekilde alınmıştır. Analizler, orijinal kömürde, havada kuru kömürde ve kuru kömürde yapılmış, su, kül, kükürt yüzde olarak alt ve üst ısı değerleri de kcal/kg olarak belirlenmiştir. Kömür kalori olarak 3.000 ile 5.800 Kcal/kg arasında bir değişim göstermektedir. Yapılan analizlerde, büyük miktarda <2.000 Kcal/kg (Düşük kaliteli linyit) kömürlü seviyelerinin bulunduğu görülmektedir. Sahada tamamlanan toplam 36 adet sondajdan, 10 adet sondaj kömür kesmezken 26 adet sondaj kömür ve/veya kömürlü seviye kesmiştir. Geçmiş yıllarda yapılan 10 adet sondajdan kömür kesen 7 adet sondajın kömür kalitesine dair bilgi elde edilememiştir.

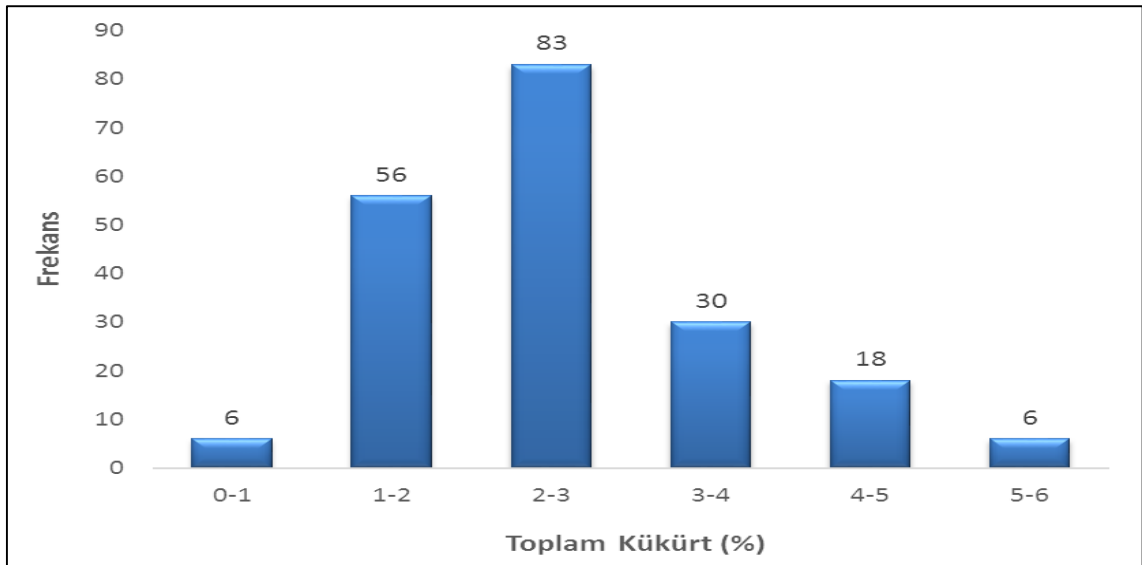
Toplam 1705 adet örnek üzerinde yapılan endüstriyel analizlerde kömür ve kömürlü seviyelerin ısı değerlerinin geniş bir aralıkta değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Isıl değer > 1.000 Kcal/kg olan kömürlerin orijinal bazda AID, orijinal bazda kül ve toplam kükürtleri programlardan yararlanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Sonuçların istatistiksel değerlendirmesi Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4’de sunulmuştur.



Şekil 4.2. Kömür ve kömür seviyeleri ısı değerlerinin (Orj_AID) histogramı (Kahraman, 2014).



Şekil 4.3. Kömür ve kömür seviyeleri orijinal bazda kül değerlerinin histogramı (Kahraman, 2014).



Şekil 4.4. Kömür ve kömür seviyeleri toplam kükürt değerlerinin histogramı (Kahraman, 2014).

Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4'de görüldüğü gibi sahada kömür kesen sondajların kaloriye göre histogramı 1.000 kalori ve üzeri alınarak yapılmıştır. Buna göre; ortalama kalori değeri 2.379 kcal/kg'dır. Standart sapma değeri ise 1.246'dır. Küle göre istatistiksel analiz, alt ısı değerleri 1.000 kcal/kg'dan büyük olan kömürlü seviyelerin kül değerleri dikkate alınarak yapılmıştır. Buna göre; ortalama kül değeri %50'dir. Standart sapma değeri ise % 18,23'dür. Aynı şekilde

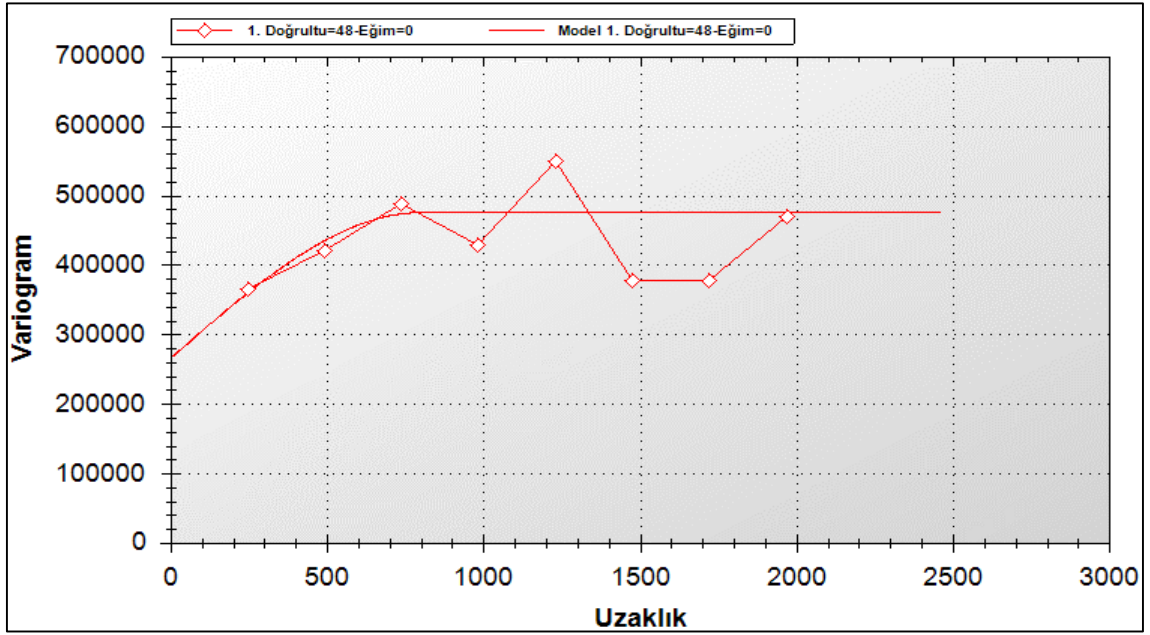
toplam kükürtte göre de istatistiksel analiz yapılmıştır. Buna göre; ortalama toplam kükürt değeri % 3'dür. Standart sapma değeri ise % 2'dür (Kahraman, 2014).

Proje kapsamında kömür sahasında sondajlı arama faaliyetleri Şubat 2012-Aralık 2013 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Rezerv hesabında sahada geçmiş yıllarda ve günümüzde yapılmış 46 adet sondajdan elde edilen verilerden yararlanılmıştır. Ruhsat sahasındaki yoğun tektonizma sahayı kömür seviyeleri bakımından bölümlere ayırmıştır. Buna bağlı olarak saha, rezerv hesabına temel teşkil edecek birbirinden bağımsız 4 panoya bölünmüştür. Panolar batıdan doğuya doğru sırasıyla Pano_I, Pano_II, Pano_III ve Pano_IV olarak adlandırılmıştır.

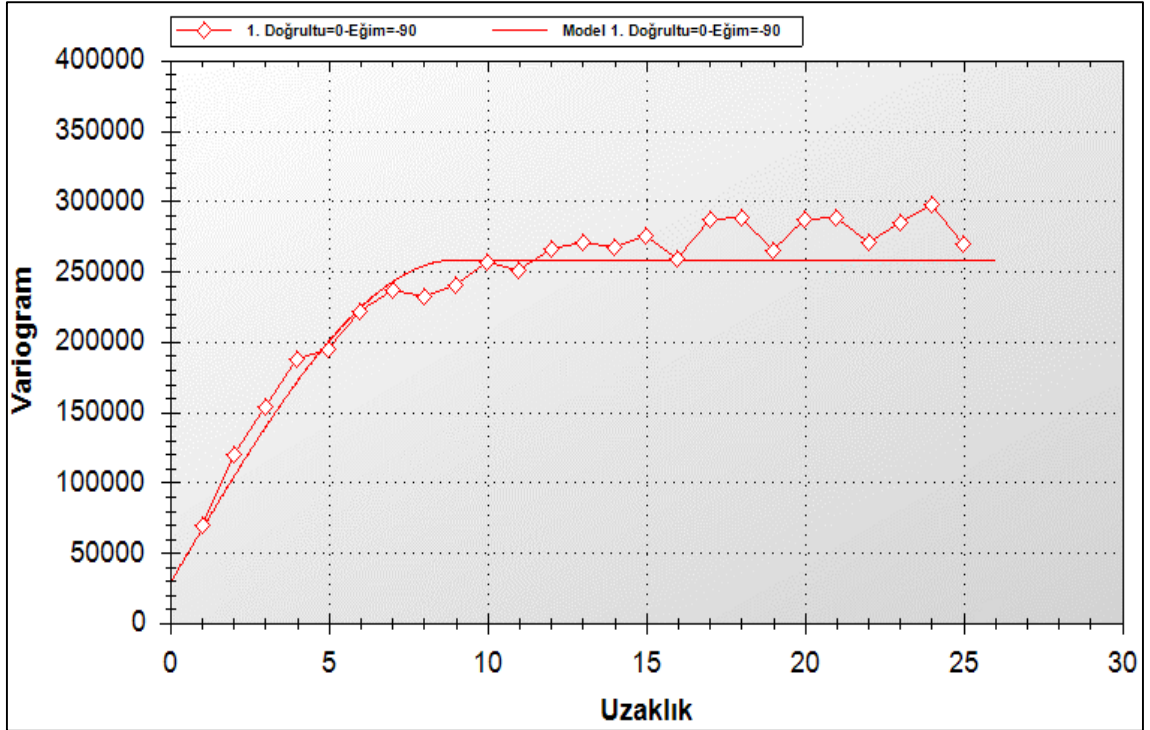
Tanımlayıcı istatistiksel analiz ile verilerin histogramları incelenerek dağılım yapısı belirlenmiştir. Dağılım yapısı belirlenen verilerin kapsamlı variogram analizleri yapılarak, deneysel ve teorik variogram modelleri ve parametreleri belirlenmiştir. Elde edilen teorik variogram modellerine çapraz doğrulama testleri uygulanarak modellerin geçerliliğine karar verilmiştir. Rezerv-Kalori tahmininde, uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma veya ordinary kriging, olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmıştır.

Variogramlar jeostatistiğin temel araçlarıdır. 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 gösteren bir grafikdir. Oluşturulan variogram modeli numuneler arası korelasyonun hangi mesafede sıfır olacağını gösteren bir grafik eğridir. Numune alınmamış noktalara değer taşınması ve atanması için kullanılacak olan tahminleme işlemi tamamen variogram modeline dayanmaktadır. Variogram, hemen hemen tüm jeostatistiksel haritalama ve modelleme algoritmalarında kullanılmaktadır (Kahraman, 2014).

Sahanın kömür yatağının ısı değerindeki değişkenliğin grafiksel ve sayısal ifadesini elde etmek amacıyla yarıvariogram analizi yapılmıştır. Yatay yöndeki ilişki için seçilen en uygun model Şekil 4.5'de verilmektedir. Düşey yöndeki ilişkilerde ise Şekil 4.6'daki modelin çiftler arasındaki ilişkiyi en iyi şekilde temsil ettiği kabul edilmiştir. Şekillerden de görüldüğü gibi veriler iyi bir uzaysal bağımlılık yapısı ile karakterize edilmiştir. Yatay ve düşey yönde belirlenen variogram modellerin parametreleri sırasıyla Çizelge 4.1 ve 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.5. Isıl değer için deneysel ve teorik yatay (yönlü) yarıvariogram modeli (Doğrultu 48°) (Kahraman, 2014).



Şekil 4.6. Isıl değer için deneysel ve teorik düşey yarıvariogram modeli (Kahraman, 2014).

Şekil 4.5’de yaklaşık etki uzaklığının (range) yani çiftlerin 800 metreye kadar anlamlı olduğu görülmektedir. Şekil 4.6’da ise düşey uzaklıkta yaklaşık 9 metreye kadar anlamlı uzaklık olduğu anlaşılmaktadır. Diğer jeostatistiksel parametreler ise Çizelge 4.1 ve 4.2’de verilmiştir. Saha için 0°, 45°, 90° ve 135°’de variogramlar incelenmiştir. Nihai olarak Şekil 4.5 ve 4.6’daki değerler saha için anlamlı olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Yatay yöndeki ısı değer yarıvariogram modeli parametreleri (Kahraman, 2014).

Deneysel Yarıvariogram				Teorik Yarıvariogram			
Doğrultu	Eğim	Tolerans Açısı	Bant Genişliği	Model	Kontrolsüz Etki (C ₀)	Eşik Değer (C)	Etki Uzaklığı (A)
48°	0°	24°	500	Küresel	265000	480000	800

Çizelge 4.2. Düşey yöndeki ısı değer yarıvariogram modeli parametreleri (Kahraman, 2014).

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

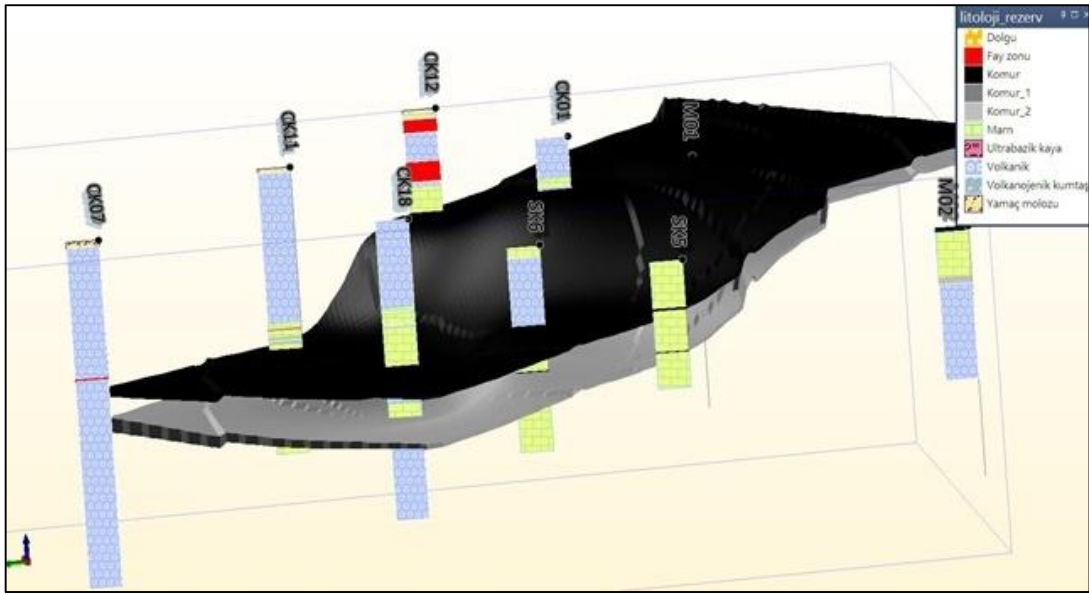
Isıl değer değişkeni teorik yarıvariogram parametrelerinin doğruluğunu test etmek amacıyla, çapraz doğrulama test tekniği uygulanmıştır. Çizelge 4.3’de model testi analiz sonuçlarından görüleceği üzere, tahminlerin indirgenmiş hatalarının ortalaması sifira ve korelasyon katsayısının da 1’e yakın olduğu görülmüştür. Bu da seçilen yarıvariogram model parametrelerimiz kömür yatağında uzaklığa bağlı ısı değer (kcal/kg) değişimini iyi bir şekilde temsil ettiğini göstermektedir (Kahraman, 2014).

Çizelge 4.3. Çapraz doğrulama testi model performansı (Kahraman, 2014).

Değişken	Gerçek Değerlerin Tahmininde Korelasyon Katsayısı (r)	Ortalama Hata Değeri	Ortalama Hata Yüzdesi (%)
Isıl değer	0,86	0,88	0,22

5. REZERV

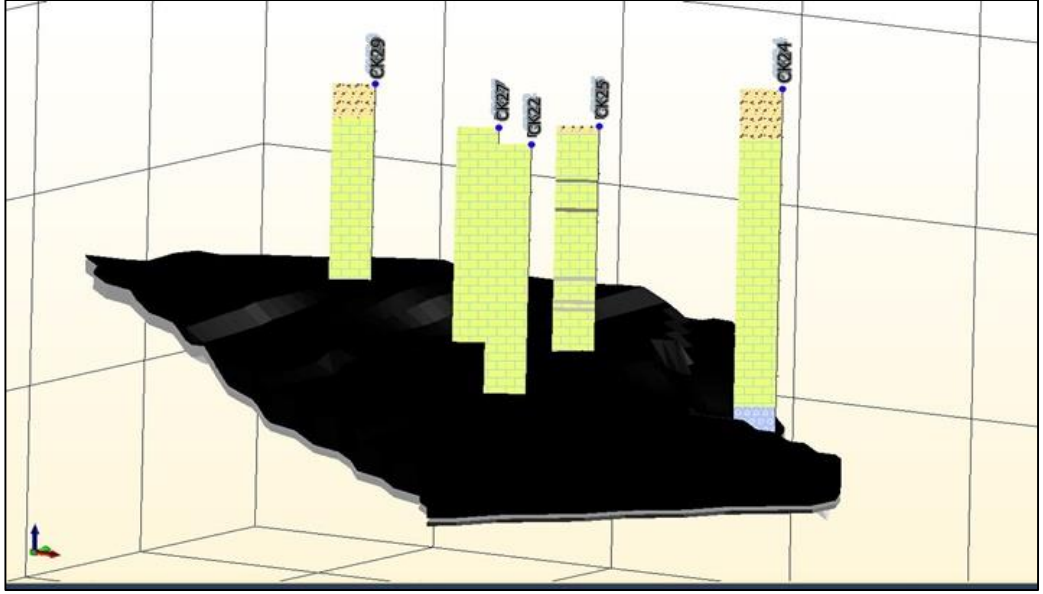
Tüm sondaj kuyularında her bir aralık için sondaj logları ve linyit kalitesiyle ilgili bilgiler madencilik yazılımı ile değerlendirilerek dört pano (Pano1, 2, 3 ve 4) için kömür damarı katı modeli oluşturulmuştur. Kömür kalitesi alt ısı değeri (cut off) 500 kcal/kg olarak alınmıştır. Minimum üretilebilir kalınlık 0,4 metredir. Pano 1 için 8, Pano 2 için 9, Pano 3 için 13 ve Pano 4 için ise 5 adet sondaj lokasyonundan yararlanılmıştır.



Şekil 5.1. Pano I kömür damarı yapısı 3D modeli.

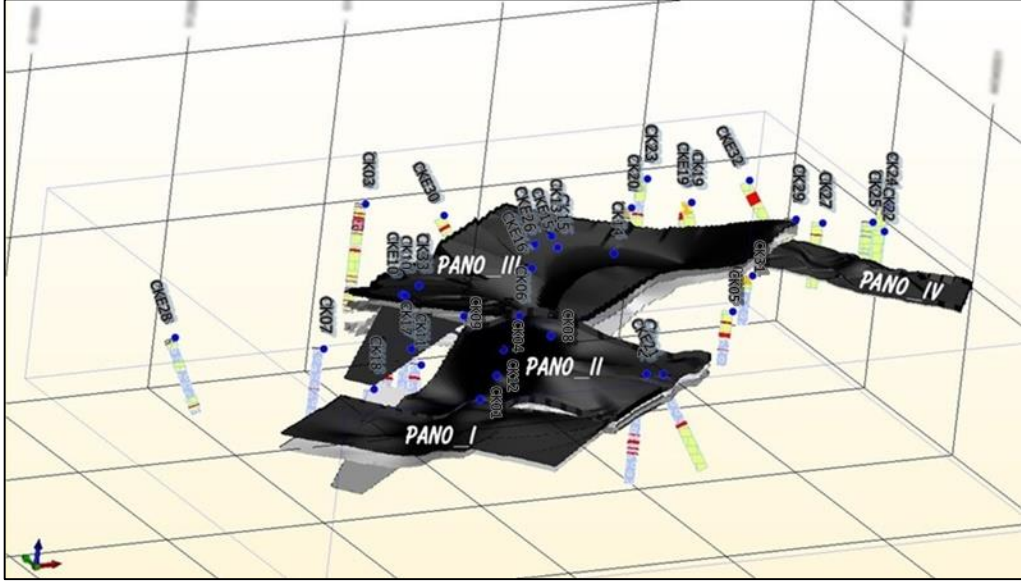
Belirlenen yarıvარიogram fonksiyonları ve parametreleri kullanılarak 4 ayrı zonda oluşturulan katı model içerisindeki blokların ısı değerleri uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma veya ordinary kriging yöntemi ile tahmin edilmiştir. Pano 1 için yapılan katı model Şekil 5.1’de gösterilmiştir. Çizelge 5.1’de Pano I işletilebilir alt ısı değere göre ısı değer-rezerv durumu verilmiştir. Diğer panolar için ise her bir katı model ve rezerv durumu sırasıyla verilmiştir.

Şekil 5.3’de Pano 2’de görüldüğü gibi faylanmadan dolayı damar yönelimleri görülmektedir. Sondaj lokasyonlarına göre damar yapısı değişiklik göstermektedir. Çizelge 5.3’de ise Pano III için işletilebilir alt ısı değerine göre ısı değer-rezerv durumu, tonajlar ve ısı değerleri verilmiştir.



Şekil 5.4. Pano IV kömür damarı yapısı 3D modeli.

Şekil 5.4’e göre Pano 2 ve 3’e nazaran daha az faylanma söz konusu olduğu için damar yapısı daha düzgün ve dalımlı olduğu görülüyor. Çizelge 5.4’de ise Pano IV için işletilebilir alt ısı değerine göre ısı değer-rezerv durumu, tonajlar ve ısı değerleri verilmiştir. Şekil 5.5’te ise tüm panolar, damar yapısı ve sondaj lokasyonları görülmektedir.



Şekil 5.5. Sahanın kömür damarı yapısı 3D modeli.

Şekil 5.5'te tüm panolardaki damar yapısı, yönelimleri, sondaj lokasyonları ve kömür tabakalanmaları görülmektedir. Çizelge 5.5'de ise tüm panolardaki toplam rezerv durumu ve ısıl değerler belirlenmiştir. Şekil 5.6'da ise planlan açık ocak tasarımı, arazi durumu ve blok model gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Pano I işletilebilir alt ısı değerine göre ısı değer-rezerv durumu (Kahraman, 2014).

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)	Ort. Orj_AID (kcal/kg)
500	4.619.552	1.179	986.198	1.230	944.246	1.348	6.549.997	1.211
750	3.366.418	1.388	756.139	1.423	796.247	1.492	4.918.803	1.410
1.000	2.437.605	1.579	576.330	1.595	645.934	1.641	3.659.869	1.592
1.250	1.543.387	1.853	367.447	1.905	299.650	2.340	2.210.484	1.928
1.500	1.136.586	2.028	290.882	2.042	232.414	2.614	1.659.883	2.112
1.750	751.368	2.236	159.306	2.368	186.765	2.856	1.097.438	2.363
2.000	484.776	2.434	86.143	2.840	163.769	2.999	734.689	2.608
2.250	327.820	2.598	69.155	3.035	159.275	3.025	556.250	2.775
2.500	212.098	2.688	63.680	3.091	144.700	3.092	420.478	2.888
2.750	53.453	3.172	57.932	3.137	143.410	3.097	254.795	3.122
3.000	35.217	3.323	54.835	3.150	136.788	3.101	226.841	3.148
3.250	19.274	3.489	11.329	3.725	17.877	3.776	48.480	3.650
3.500	7.800	3.680	11.329	3.725	17.877	3.776	37.006	3.740
3.750	3.000	3.795	5.019	3.795	15.177	3.795	23.196	3.795

Çizelge 5.2. Pano II işletilebilir alt ısı değerine göre ısı değer-rezerv durumu (Kahraman, 2014).

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)	Ort. Orj_AID (kcal/kg)
500	17.971.116	1.345	4.622.672	1.416	1.190.242	952	23.784.030	1.339
750	14.130.245	1.544	3.941.335	1.551	781.740	1.154	18.853.320	1.529
1.000	10.361.392	1.790	2.312.709	2.057	394.503	1.403	13.068.603	1.826
1.250	7.536.524	2.035	1.992.676	2.200	365.057	1.423	9.894.257	2.045
1.500	5.733.348	2.247	1.601.535	2.398	65.996	1.588	7.400.879	2.274
1.750	4.468.068	2.423	1.249.593	2.621	2.201	2.893	5.719.862	2.466
2.000	3.007.791	2.690	918.350	2.889	2.201	2.893	3.928.342	2.737
2.250	2.183.785	2.911	805.420	3.002	2.201	2.893	2.991.405	2.936
2.500	1.705.688	3.064	791.826	3.014	2.201	2.893	2.499.714	3.048
2.750	1.478.443	3.134	791.043	3.014	2.201	2.893	2.271.687	3.092
3.000	490.329	3.625	147.787	3.542	-	-	638.116	3.606
3.250	361.798	3.802	108.931	3.669	-	-	470.728	3.771
3.500	242.026	4.011	71.910	3.783	-	-	313.936	3.959
3.750	147.901	4.256	34.318	3.984	-	-	182.219	4.205
4.000	88.963	4.499	-	-	-	-	88.963	4.499

Çizelge 5.3. Pano III işletilebilir alt ısı değerine göre ısı değer-rezerv durumu (Kahraman, 2014).

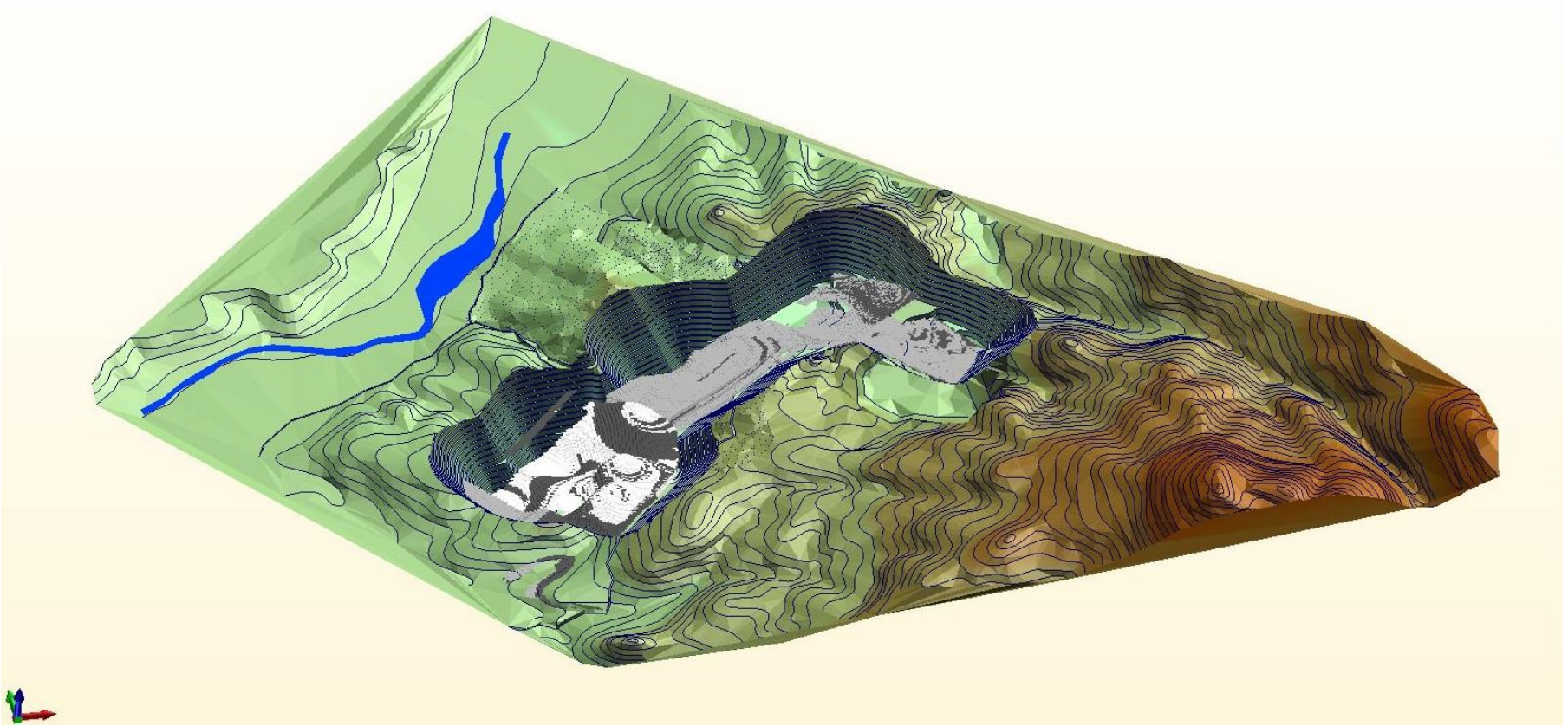
PANO III GÖRÜNÜR REZERV			PANO III MUHTEMEL REZERV		PANO III MÜMKÜN REZERV		PANO III TOPLAM REZERV	
İşletilebilir Alt Sınır Isıl Değer (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_AID (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_AID (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_AID (kcal/kg)	Sınır Isıl Değer Üzerindeki Miktar (Ton)	Ort. Orj_AID (kcal/kg)
500	17.319.321	1,047	2.897.807	889	13.938.359	796	34.155.488	931
750	10.697.215	1.310	1.493.810	1.135	5.446.971	1.080	17.637.996	1.224
1.000	6.368.160	1.615	762.809	1.408	2.392.555	1.379	9.523.524	1.539
1.250	3.388.804	2.052	341.902	1.767	1.021.269	1.731	4.751.975	1.963
1.500	2.276.987	2.383	151.555	2.237	391.127	2.263	2.819.669	2.358
1.750	1.806.414	2.584	99.502	2.582	278.645	2.542	2.184.560	2.578
2.000	1.400.246	2.793	72.572	2.861	214.292	2.753	1.687.110	2.791
2.250	1.007.478	3.071	44.889	3.359	119.562	3.299	1.171.929	3.106
2.500	831.033	3.223	43.666	3.387	108.487	3.395	983.186	3.249
2.750	701.204	3.332	40.318	3.452	102.018	3.446	843.540	3.351
3.000	528.984	3.489	39.016	3.471	100.186	3.457	668.186	3.483
3.250	306.525	3.726	14.373	3.896	33.319	3.916	354.217	3.751
3.500	208.600	3.881	13.171	3.941	33.319	3.916	255.090	3.889
3.750	120.789	4.081	12.761	3.949	33.319	3.916	166.868	4.038
4.000	32.898	4.583	-	-	404	4.884	33.301	4.586

Çizelge 5.4. Pano IV işletilebilir alt ısıl değere göre ısıl değer-rezerv durumu (Kahraman, 2014).

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

Çizelge 5.5. Tüm panoların işletilebilir alt ısı değerine göre ısı değer-rezerv durumu (Kahraman, 2014).

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



Şekil 5.6. Planlanan açık ocak .

6. YAPILAN BAZI LABORATUVAR DENEYLERİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümüne getirilen sondaj karotları üzerinde sahanın jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Kaya ve Zemin Mekaniği Laboratuvarında fiziksel ve mekanik testler yapılmıştır.

Bu bölümde sondajlardan alınan karot numunelerine yapılan fiziksel ve mekanik testler değerlendirilmiş ve raporlanmıştır. Sahadan gelen sondajlar incelendiğinde karotların bir kısmının zemin bir kısmının ise kaya sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Laboratuvar çalışmaları kapsamında sondaj işleminden alınan kaya numuneleri üzerinde ISRM (1981) standartlarına uygun olarak, zemin numunelerine ise TSE 1900-1 VE TSE 1900-2 standardına uygun olarak aşağıda verilen testler yapılmıştır.

Kaya numunelerine uygulanan deneyler;

- Birim hacim kütle tayini
- Tek eksenli basınç dayanımı
- Nokta yük dayanımı
- Brazilian dolaylı çekme dayanımı
- Üç eksenli basınç dayanımı
- Tek eksenli deformasyon

Zemin Numunelerine uygulanan deneyler;

- Kesme Deneyi
- Yıkamalı Elek Analizi
- Kıvam Limitleri (Likit limit ve plastik limit)

Yapılan laboratuvar çalışmalarında dikkat edilen nokta, litolojiyi tarifleyen ve laboratuvar tekniği açısından uygun görülen karotların seçimli olarak alınmış olmasıdır. Bu nedenle bazı sondajlarda deney yapılan karot sayısı fazla iken, bazı sondajlarda daha azdır (Kahraman, 2014).

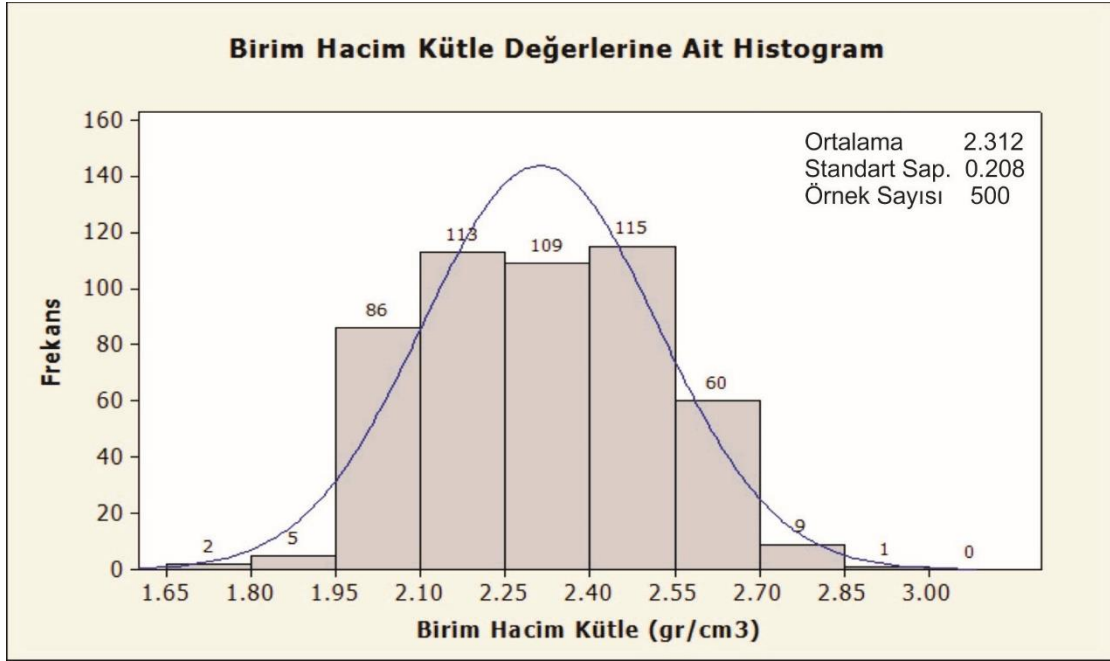
6.1. Birim Hacim Kütle Deneyi

Çomaklı sahasından alınan karot numunelerinden 500 numunede birim hacim kütle deneyi yapılmıştır. Karot numunelerinin baş kısımları düzeltildikten sonra 0,01 mm hassasiyetli dijital kumpas ile karotların boy ve çapları ölçülerek hacimleri bulunmuştur. Karot kütleleri ise 0,01 gr hassasiyetli terazi ile ölçülmüş ve ardından karot numunelerinin birim hacim kütleleri hesaplanmıştır. Yapılan deneylerinin sonuçları litolojilerine göre Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Litolojilere göre birim hacim kütle deneyleri sonuç tablosu (Kahraman, 2014).

Litoloji	Örnek Sayısı	Ortalama Birim Hacim Kütle (gr/cm ³)
Aglomera	56	2,28
Andezit	107	2,37
Çakıllı Kilitaşı	2	2,68
Çakıllı Kumtaşı	1	2,18
Çakıltası	3	2,28
Çakıltası-Kumtaşı ar dalanması	10	2,25
Çamurtaşı	16	2,18
Fay Zonu	33	2,29
Kil	30	2,46
Kilitaşı	3	2,22
Kireçtaşı	29	2,43
Kireçtaşı-Kumtaşı ar dalanması	1	2,23
Kömürlü Kil	4	2,44
Kömürlü Marn	1	2,23
Kumtaşı	44	2,40
Kumtaşı-Marn ar dalanması	19	2,21
Kumtaşı-Silttaşı ar dalanması	13	2,47
Marn	76	2,21
Marn-Çakıltası ar dalanması	1	2,00
Serpantinit	2	2,34
Silttaşı	2	2,27
Tüf	3	2,05
Volkanojenik Kumtaşı	42	2,19

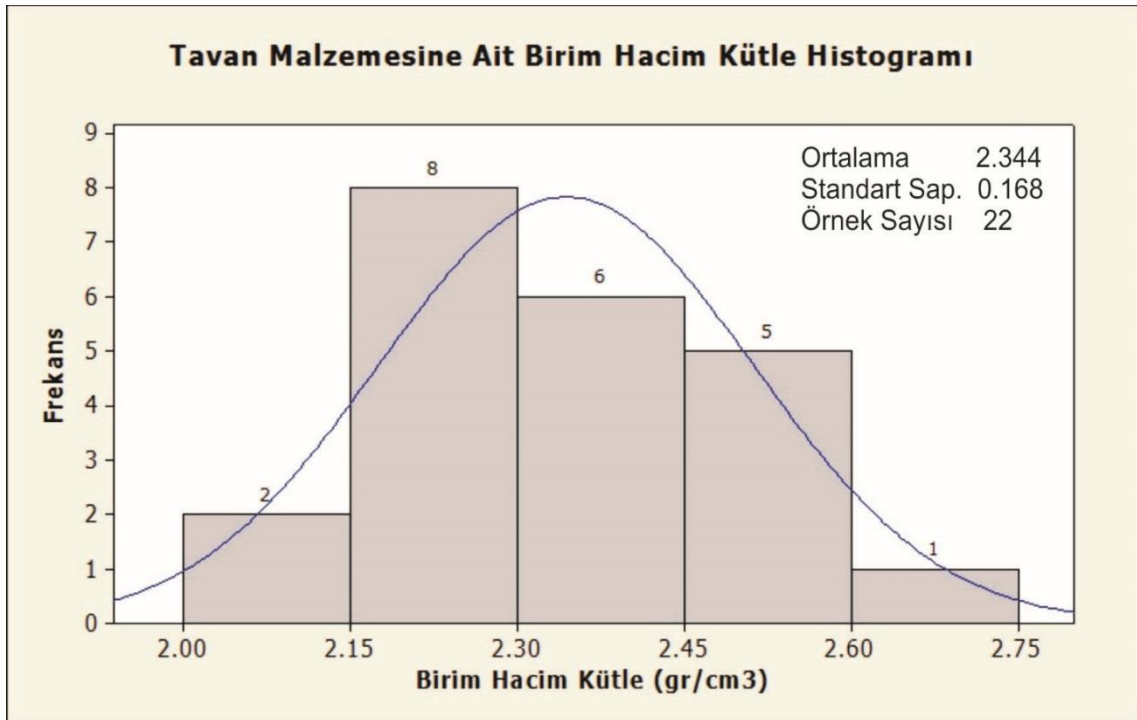
Yapılan testler sonucunda tüm litolojiler için bulunan birim hacim ağırlık değerlerinin dağılımı şekil 6.1’deki histogramlarda gösterilmiştir.



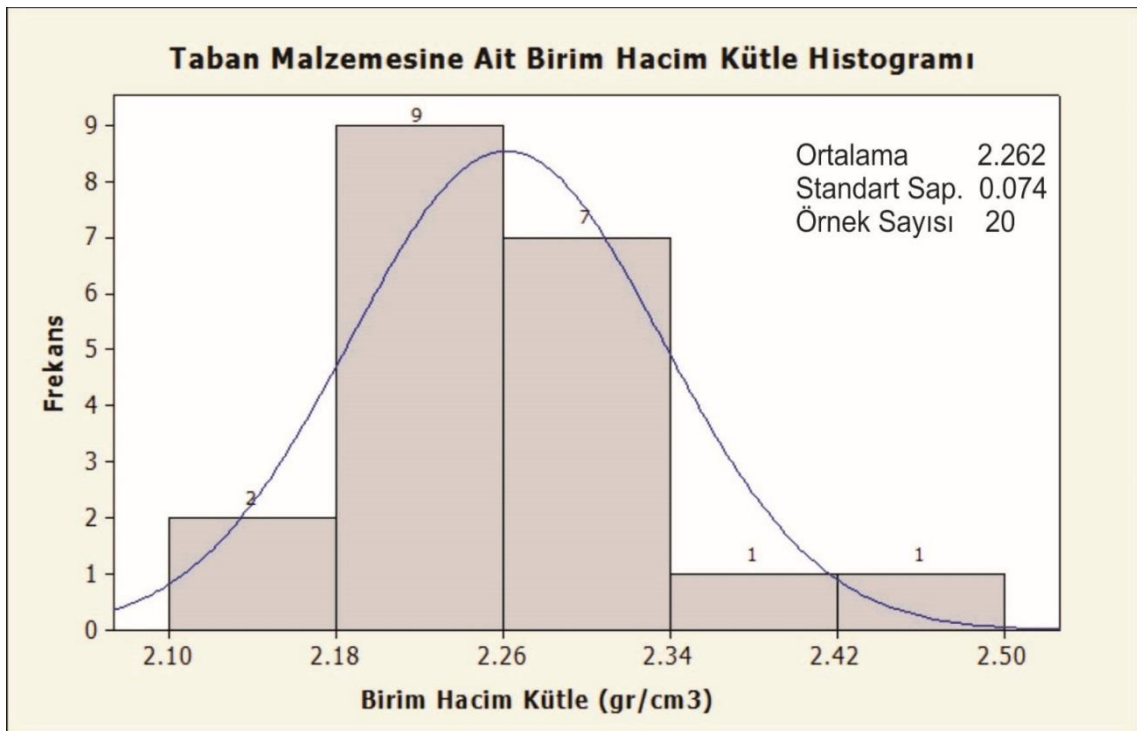
Şekil 6.1. Birim hacim kütle değerlerine ait frekans histogramı (Kahraman, 2014).

Şekil 6.1’de görüldüğü gibi sahadan alınan numunelerin birim hacim kütle değerleri tüm litolojiler için yoğunlukla 1,95 ile 2,70 gr/cm³ arasında değişmektedir.

Proje sahasında yeraltı üretimi olması durumunda tasarım çalışmalarında kullanılmak üzere kömür tavanı ve kömür tabanındaki malzemenin birim hacim kütleleri ayrıca değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme yapılırken sondajlarda kömürün üstündeki 30 m tavan, altındaki 30 m ise taban malzemesi olarak değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda tavan malzemesinin ortalama birim hacim kütle değeri 2,34 gr/cm³, taban malzemesinin birim hacim kütle değeri ise 2,26 gr/cm³ olarak bulunmuştur. Tavan ve taban malzemesinin birim hacim kütlelerinin dağılımlarını gösteren histogramlar Şekil 6.2 ve şekil 6.3’de gösterilmiştir (Kahraman, 2014).



Şekil 6.2. Tavan malzemesine ait birim hacim kütle histogramı (Kahraman, 2014).



Şekil 6.3. Taban malzemesine ait birim hacim kütle histogramı (Kahraman, 2014).

6.2. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

Proje kapsamında yapılan sondaj işlemi sonucu alınan karot numuneleri üzerinde 452 adet numuneye tek eksenli basınç dayanımı deneyi ISRM (1981)'e uygun olarak yapılmıştır. Deneyler ELE marka 300 ton kapasiteli hidrolik preste gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.4).



Şekil 6.4. 300 ton kapasiteli hidrolik pres (Kahraman, 2014).

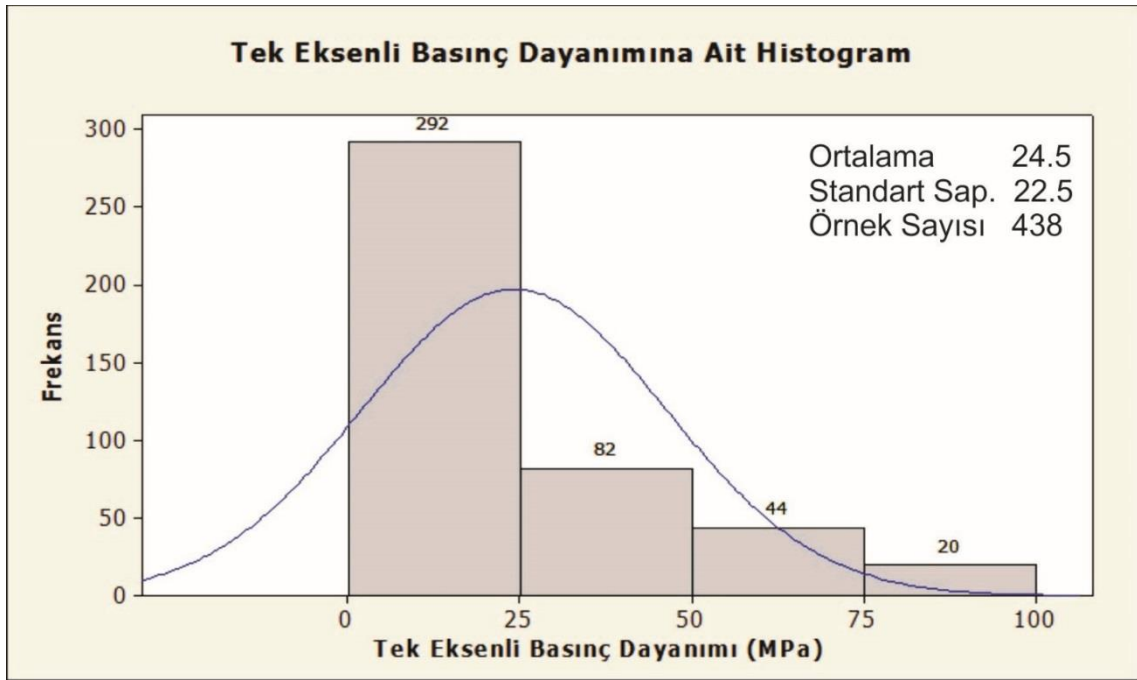
Sahadan getirilen numunelerin litolojiler bazında tek eksenli basınç dayanımı sonuçları Çizelge 6.2'de verilmiştir.

Sahadaki tüm litolojiler için değerlendirme yapıldığında sahayı temsil eden litolojiler için ortalama tek eksenli basınç dayanımı 24,50 MPa olarak elde edilmiştir. Basınç dayanımı değerlerine ait dağılım Şekil 6.5'de verilmiştir. Histogramlar çizilirken sahayı temsil etmediği düşünülen 14 adet numunenin deney sonuçları değerlendirme dışında tutulmuştur. Dağılım grafiğinden görüldüğü gibi sahadaki litolojilere ait basınç dayanım değerleri büyük oranda 0 ile 25 MPa değerleri arasında olup çok zayıf kaya sınıfına girmektedir (Kahraman, 2014). Çizelge 6.2'de litolojilere basınç dayanımları ve bunların tanımlamaları (çok zayıf, zayıf, orta, yüksek ve çok yüksek dayanımlı) verilmiştir.

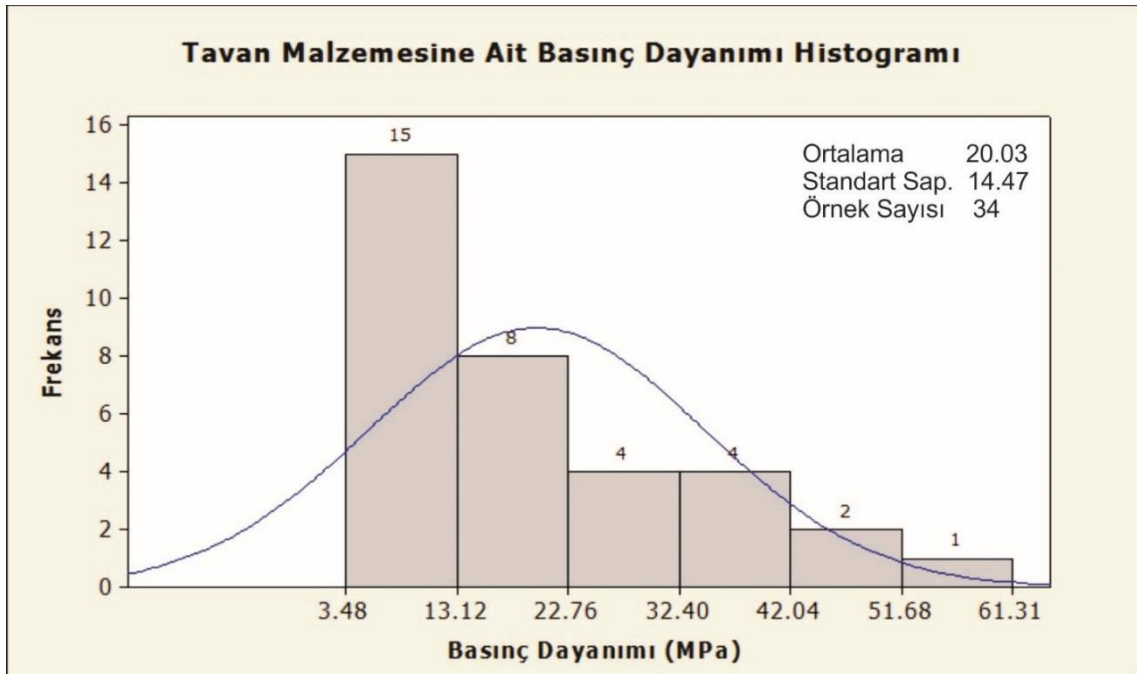
Çizelge 6.2. Litolojilere göre kayaçların basınç dayanımları (Kahraman, 2014).

Litoloji	Örnek Sayısı	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)	Tanımlama
			<25 MPa(Çok Zayıf) 25-50 MPa(Zayıf) 50-100 MPa(Orta) 100-200 MPa(Yüksek) >200 MPa(Çok Yüksek)
Aglomera	53	17,69	Çok Zayıf
Andezit	96	38,37	Zayıf
Çakıllı Kilitaşı	2	104,09	Yüksek
Çakıllı kumtaşı	1	8,87	Çok Zayıf
Çakıltası	3	38,63	Zayıf
Çakıltası-kumtaşı ardalanması	7	13,51	Çok Zayıf
Çamurtaşı	14	13,28	Çok Zayıf
Fayzonu	35	28,71	Zayıf
Kil	22	31,83	Zayıf
Kilitaşı	3	5,55	Çok Zayıf
Kireçtaşı	28	43,84	Zayıf
Kireçtaşı-Kumtaşı ardalanması	1	18,25	Çok Zayıf
Kömürlü kil	4	29,55	Zayıf
Kumtaşı	37	23,55	Çok Zayıf
Kumtaşı-Marn ardalanması	19	15,31	Çok Zayıf
Kumtaşı-silttaşı ardalanması	10	48,26	Zayıf
Marn	66	27,40	Zayıf
Marn-çakıltası ardalanması	1	4,52	Çok Zayıf
Serpantinit	2	5,79	Çok Zayıf
Silttaşı	2	13,12	Çok Zayıf
Tüf	2	15,24	Çok Zayıf
Volkanojenik kumtaşı	44	12,94	Çok Zayıf

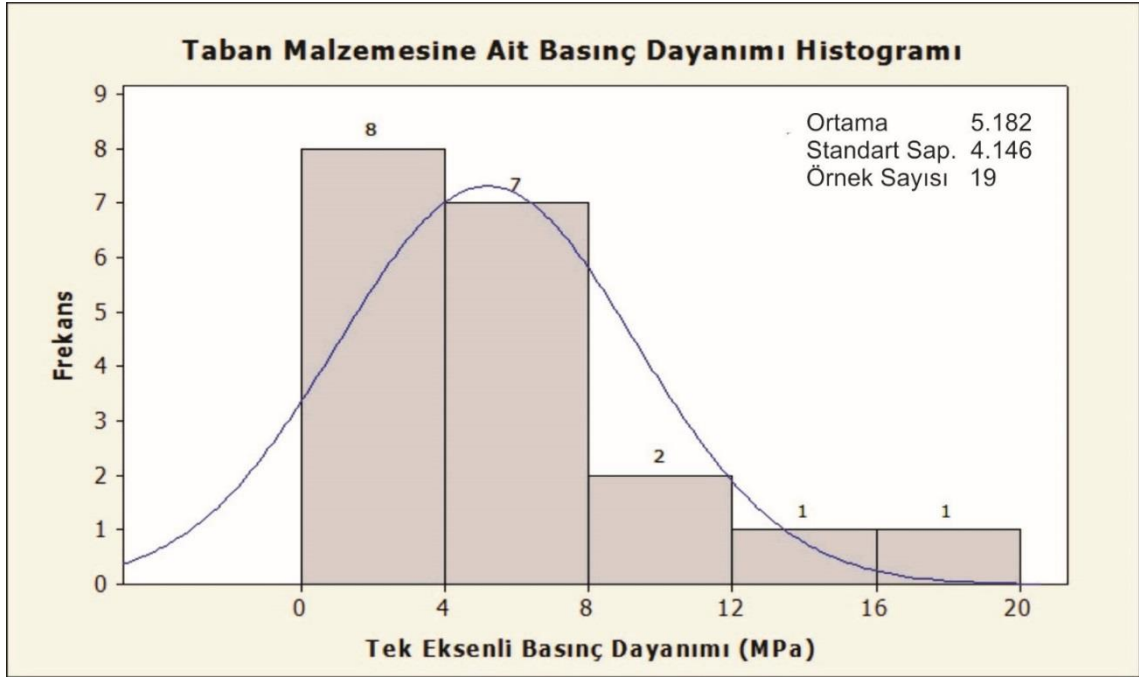
Birim hacim kütle deneylerinde olduğu gibi kömür üzeri ve altındaki malzemenin tek eksenli basınç dayanımı değerleri ayrıca değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda tavan malzemesine ait ortalama basınç dayanımı 20,03 MPa, taban malzemesine ait ortalama basınç dayanımı 5,18 MPa olarak bulunmuştur. Tavan ve taban malzemelerinin basınç dayanımlarına ait histogramlar Şekil 6.6 ve Şekil 6.7’de verilmiştir.



Şekil 6.5. Tüm litolojiler için tek eksenli basınç dayanım değerlerine ait histogramı (Kahraman, 2014).



Şekil 6.6. Tavan malzemesine ait tek eksenli basınç dayanımlarının histogramı (Kahraman, 2014).



Şekil 6.7. Taban malzemesine ait tek eksenli basınç dayanımlarının histogramı (Kahraman, 2014).

6.3. Nokta Yük Dayanımı Deneyi

Sahadan getirilen karot numunelerinden parçalı olan ve tek eksenli basınç dayanımı deneyi yapılamayan 350 adet örneğe ISRM (1981)'e uygun olarak nokta yük dayanımı deneyi yapılmıştır (Şekil 6.8) Litolojilere göre kayaların nokta yük dayanımları Çizelge 6.3'de verilmiştir.

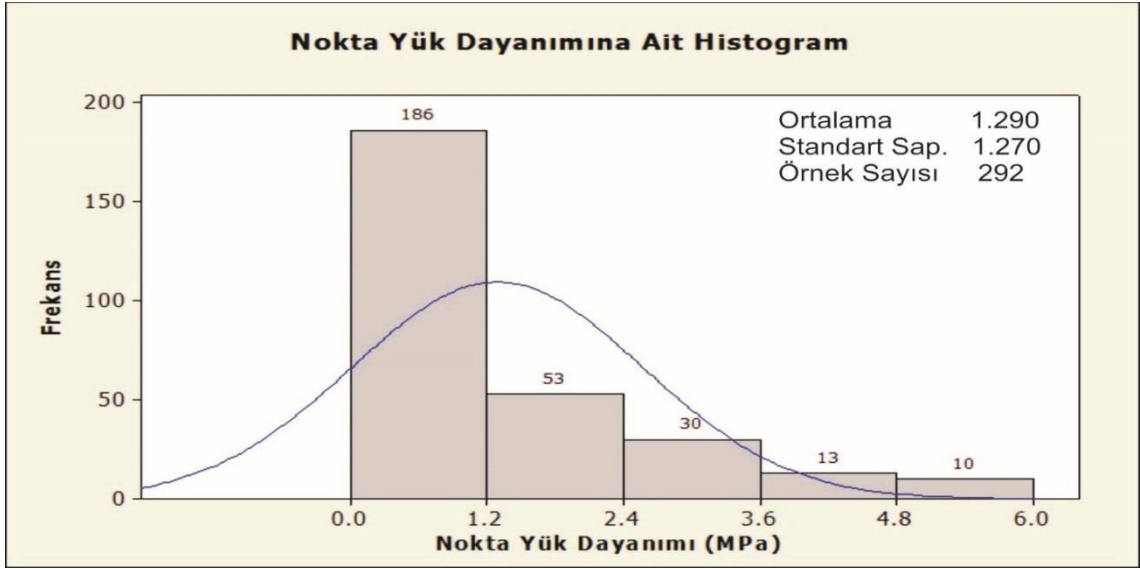


Şekil 6.8. Nokta yük dayanım cihazı.

Çizelge 6.3. Litolojilere göre kayaçların nokta yük dayanımları (Kahraman, 2014).

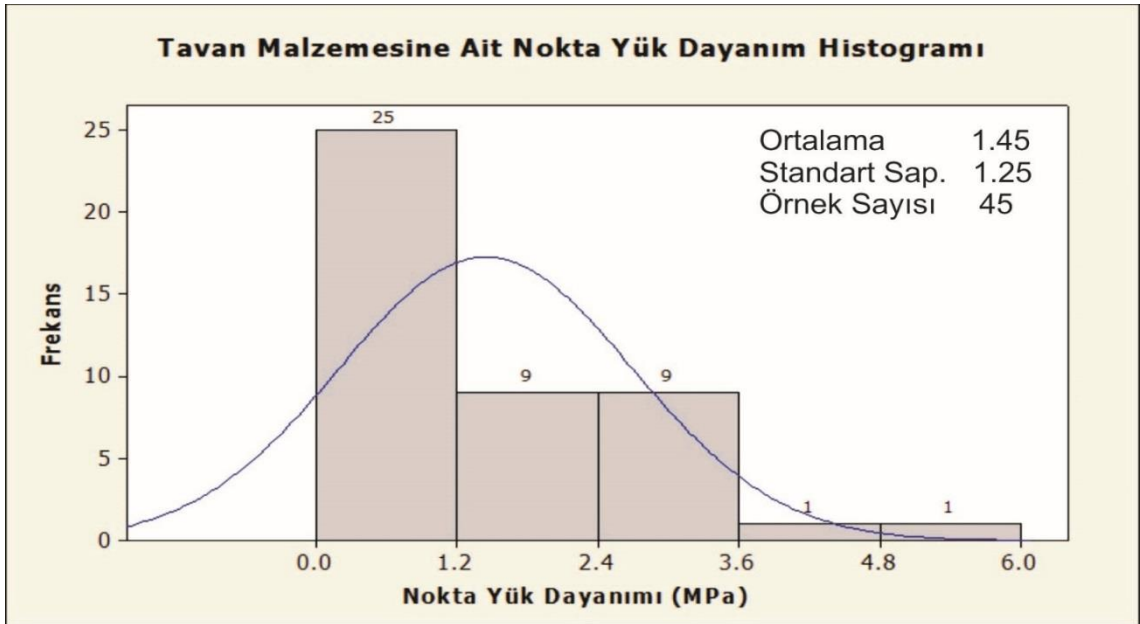
Litoloji	Örnek Sayısı	Nokta Yük Dayanımı (Is50) (MPa)
Aglomera	47	0,63
Andezit	53	2,05
Çakıllı Çamurtaşı	3	1,59
Çakıllı Kiltası	1	0,14
Çakıllı Kumtaşı	2	0,17
Çakıltası	19	1,11
Çakıltası-Kireçtaşı ardalanması	2	0,73
Çakıltası-Kumtaşı ardalanması	7	0,54
Çamurtaşı	3	0,51
Çamurtaşı-Marn ardalanması	1	0,17
Fay zonu	37	1,59
Kireçtaşı	31	2,40
Kireçtaşı-Kumtaşı ardalanması	2	2,19
Kömür	6	0,14
Kömürlü Kil	11	1,92
Kömürlü Marn	8	1,70
Kumlu Çamurtaşı	1	0,18
Kumtaşı	22	1,55
Kumtaşı-Çamurtaşı	1	0,30
Kumtaşı-Marn ardalanması	11	0,53
Kumtaşı-silttaşı ardalanması	1	0,39
Marn	63	1,16
Mermer	1	1,69
Serpantinit	3	1,49
Silttaşı	3	0,77
Tüf	1	0,13
Volkanojenik Kumtaşı	10	0,92

Sahadaki tüm litolojiler için nokta yük dayanımı değerlerine ait histogram Şekil 6.9'da verilmiştir. Histogramlar çizilirken sahayı temsil etmediği düşünülen 58 adet numunenin deney sonuçları değerlendirme dışında tutulmuştur. Histogramdan görüldüğü gibi sahadaki litolojilere ait nokta yük dayanımı değerleri büyük oranda 0 ile 1,2 MPa değerleri arasındadır (Kahraman, 2014).

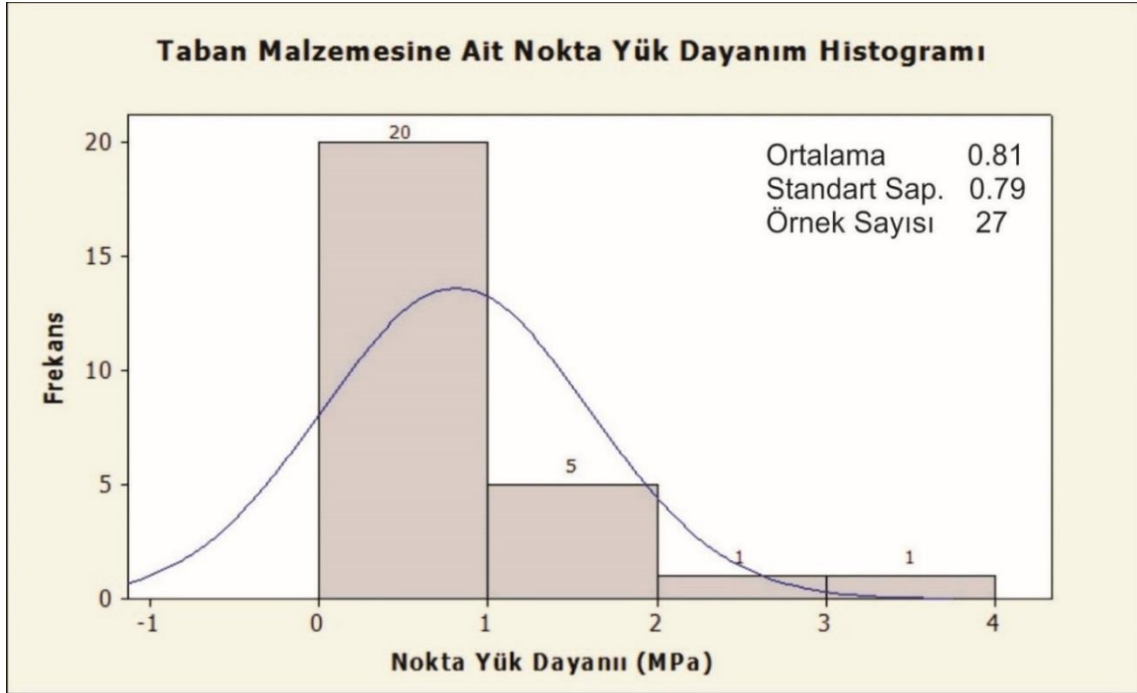


Şekil 6.9. Tüm litolojiler için nokta yük dayanım değerlerine ait histogramı (Kahraman, 2014).

Kömür üzeri ve kömür altındaki malzemenin nokta yük dayanımı değerleri ayrıca değerlendirildiğinde ise tavan malzemesinin ortalama nokta yük dayanımı 1,45 MPa, taban malzemesine ait ortalama basınç dayanımı 0,81 MPa olarak bulunmuştur. Tavan ve taban malzemelerinin basınç dayanımlarına ait histogramlar Şekil 6.10 ve Şekil 6.11’de verilmiştir.



Şekil 6.10. Tavan malzemesine ait nokta yük dağılım histogramı (Kahraman, 2014).



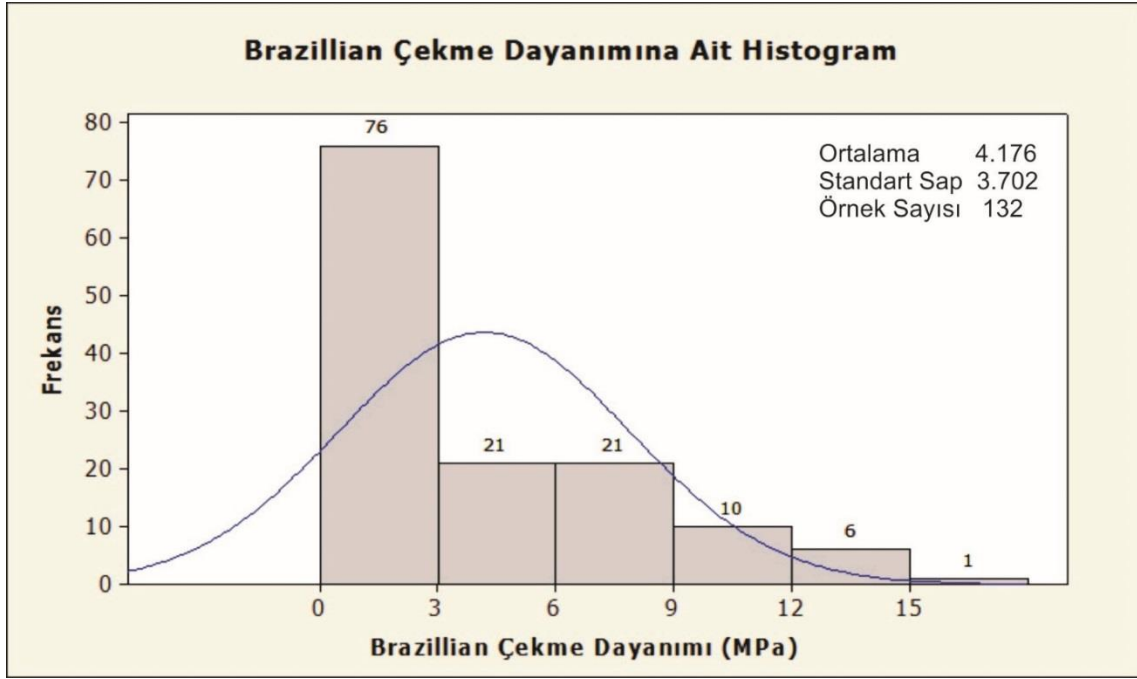
Şekil 6.11. Taban malzemesine ait nokta yük dağılım histogramı (Kahraman, 2014).

6.4. Dolaylı Çekme (Brazilian) Dayanımı Deneyleri

Sahadan getirilen karot numunelerinden numune hazırlanarak 135 adet numuneye dolaylı çekme dayanımı deneyi yapılarak kayaların çekme dayanımları bulunmuştur. Yapılan deney sonuçları litolojiler bazında Çizelge 6.4’de verilmiştir.

Çizelge 6.4. Litolojilere göre kayaların çekme dayanımları (Kahraman, 2014).

Litoloji	Örnek Sayısı	Brazilian Çekme Dayanımı (MPa)
Aglomera	18	2,09
Andezit	33	6,94
Çakıllı kumtaşı	3	1,05
Çakıltası-Kumtaşı ardalanması	8	0,82
Fay Zonu	1	0,78
Kil	14	7,27
Kireçtaşı	3	5,28
Kumtaşı	39	2,31
Kumtaşı-Silttaşı ardalanması	7	5,46
Marn	7	5,56
Tüf	2	0,91



Şekil 6.12. Sahadaki tüm litolojiler için brazilian çekme dayanımına ait histogramı (Kahraman, 2014).

Sahadaki tüm litolojiler için Brazilian çekme dayanımı değerlerine ait histogram şekil 6.12’de verilmiştir. Histogramdan görüldüğü gibi sahadaki tüm litolojilere ait Brazilian çekme dayanımı değerleri büyük oranda 0 ile 3 MPa değerleri arasındadır (Kahraman, 2014).

6.5. Kohezyon Ve İçsel Sürtünme Açısının Bulunması

Sahadan alınan karot numunelerinden devamlılığı olan numunelere üç eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılarak kayaç malzemesinin kohezyon ve içsel sürtünme açıları bulunmuştur. Kayaçların kohezyon ve içsel sürtünme açıları bulunurken aynı sondajda en fazla 3 metre içerisinde alınan en az bir tek eksenli, bir üç eksenli ve bir Brazilian çekme dayanımı deneyi yapılmıştır. Çekme dayanımı deneyinin olmadığı yerlerde en az iki farklı yanal yükte üç eksenli basınç dayanımı deneyi olmasına dikkat edilmiştir. Aynı şekilde deneyler yapılırken karotların birbirlerine en yakın metrelerden alınmasına dikkat edilmiştir. Deneyler sonrası çizilen Mohr daireleri yardımıyla kayaçlara ait kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri bulunmuştur. Yapılan deney sonuçları litolojiler bazında Çizelge 6.5’de verilmiştir.

Çizelge 6.5. Litolojiler bazında kayalara ait kohezyon ve içsel sürtünme açıları (Kahraman, 2014).

Litoloji	Kohezyon (MPa)	İçsel Sürtünme Açısı (°)
Aglomera	1,06	55,32
Andezit	5,44	53,60
Çakıltası-kumtaşı ardalanması	1,85	53,60
Çamurtaşı	5,47	48,68
Kil	6,39	58,20
Kireçtaşı	3,78	44,32
Kumtaşı	2,20	56,18
Marn	3,98	53,51
Tüf	3,09	45,63

6.6. Tek Eksenli Deformasyon Deneyleri

Sahadan getirilen karot örnekler üzerinde kayaların Elastisite modülleri ve Poisson oranlarının bulunması amacıyla tek eksenli deformasyon deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda bulunan Elastisite modülleri ve kayalara ait Poisson oranları litolojiler bazında Çizelge 6.6'da verilmiştir.

Çizelge 6.6. Litolojilere göre kayaların ortalama elastisite modülleri ve poisson oranları (Kahraman, 2014).

Litoloji	Ortalama Elastisite Modülü (MPa)	Poisson Oranı
Andezit	6.011,75	0,25
Çakıltası-Kumtaşı ardalanması	1.796,62	0,26
Çamurtaşı	13.791,42	0,33
Kireçtaşı-Kumtaşı ardalanması	19.588,64	0,29
Kumtaşı	6.831,88	0,24
Kumtaşı-Marn ardalanması	9.132,86	0,21
Marn	6.863,61	0,25

6.7. Zemin Malzemesine Uygulanan Deneyler

Proje sahasından alınan sondaj numunelerinden zemin malzemesi olarak tanımlanan numunelerin zemin özelliklerinin belirlenmesi amacıyla seçimli olarak alınan örnekler üzerinde likit limit-plastik limit, yıkamalı elek analizi, kesme deneyleri yapılmıştır.

6.7.1. Kesme kutusu deneyleri

Proje sahasından getirilen örneklerin içerisinde zemin olarak tanımlanan örnekler doğrudan kesme deneyi yapılmıştır. Örnekler seçilirken litolojileri tanımlayacak örnekler alınarak deneye tabi tutulmuş ve bu numunelere ait kohezyon ve içsel sürtünme açısını değerleri bulunmuştur. Zemin numuneleri kesme deneyine tabi tutulmadan önce derinliklerine bağlı olarak normal gerilmelerine kadar sıkıştırılmış ve kesme deneyleri bu sıkıştırılmış numuneler üzerinde uygulanmıştır. Deney sonuçlarına ait özet veriler Çizelge 6.7’de verilmiştir.

Çizelge 6.7. Kesme deneyi zemin numunelerine ait kohezyon ve içsel sürtünme açısı (Kahraman, 2014).

Sondaj No	Derinlik (m)	Litoloji	İçsel Sürtünme	Kohezyon
			Açısı (°)	(kg/cm ²)
CK3	40-44	Fay zonu	34,51	0,63
CK3	211-216	Kil	31,47	1,53
CK5	50-52	Kum	19,21	0,62
CK8	63-65	Çamurtaşı	15,86	1,22
CK9	70-72	Siltli Kil	32,99	0,72
CK9	153-158	Fay zonu	28,27	0,75
CK9	192-193	Siltli kil	16,52	0,85
CK11	99-101	Kumlu Kil	36,89	1,41
CK13	61-64	Volkanik	31	0,32
CK13	86-88	Volkanik	21,76	0,57
CKE21	113-114	Aglomera	25,20	0,81
CKE21	118-119	Aglomera	26,03	1,27
CKE21	121-122	Aglomera	15,90	0,80
CK25	1-3	Yamaç Molozu	8,08	0,54
CK25	6-7	Kil	32,03	1,08
CKE30	51-52	Marn	18,13	0,76
CKE30	99-99.80	Çakıltaşı-kireçtaşı ard.	17,19	0,44
CKE30	157-160	Volkanik	26,33	0,86

6.7.2. Zemin Sınıflaması

Zemin olarak tanımlanan numuneleri sınıflandırmak amacıyla seçilen zemin numunelerine yıkamalı elek analizi ve likit limit, plastik limit deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre zeminler USCS zemin sınıflama sistemine göre sınıflandırılmıştır. Yapılan deney sonuçları ve bulunan zemin sınıfları Çizelge 6.8’de verilmiştir.

Çizelge 6.8. Sahadan alınan zemin numunelerinin USCS’ye göre sınıflandırılması (Kahraman, 2014).

Sondaj	Derinlik (m)	Likit Limit	Plastik Limit	Plastisite İndisi	No:4 elekten toplam geçen (%)	No:200 elekten toplam geçen (%)	Zemin Sınıfı
CK-3	38,00-39,00	71,47	23,44	48,03	78,16	42,44	SC
CK-3	40,00-44,00	55,93	21,84	34,09	96,42	72,16	MH-OH
CK-3	143,00-142,00	76,08	28,54	47,54	75,42	40,14	SC
CK-3	179,00-181,00	112,45	35,82	76,63	85,42	58,16	CH
CK-3	176,00-279,00	60,22	28,87	31,35	88,46	60,15	CH
CK-5	53,00-54,00	38,46	7,01	31,45	79,62	14,25	SC
CK-5	93,00-94,00	85,63	20,26	65,37	96,19	69,61	CH
CK-5	97,00-98,00	94,62	43,31	51,31	81,06	57,74	CH
CK-5	128,00-129,00	91,24	36,59	54,65	92,60	54,20	CH
CK-8	134,00-136,00	60,39	52,39	8,00	90,46	47,39	MH-OH
CK-9	188,00-193,00	114,34	25,12	89,22	97,18	78,04	CH
CK-10	73.50 - 77.50	132,53	26,11	106,42	99,16	9,54	SP

SC: Killi kumlar, MH: Yüksek plastisiteli inorganik siltler ve killi siltler, OH: Yüksek plastisiteli organik killer ve siltler, CH: Yüksek plastisiteli inorganik killer ve siltli killer, SP: Kötü Derecelenmiş temiz kumlar ve çakıllı kumlar.

7. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında bir kömür sahasının Micromine programı kullanılarak 3 boyutlu modellenmesi yapılmış ve sondaj lokasyonlarından damar yapıları bulunarak açık ocak tasarımı yapılmıştır.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- Günümüz madencilik çalışmalarında madencilik paket programlarının maden tasarımı ve planlaması açısından ne kadar önemli olduğu çalışma aracılığıyla görülmüştür.
- Bu çalışmaların maden kanunları ve iş güvenliği açısından çalışmalara çok önemli derecede destek vereceği öngörülmektedir.
- 500 kcal/kg sınır kalori üstünde yaklaşık 66.960.000 ton rezerv bulunmuştur. Dekapaj çalışmaları için ise 157.977.857 m³ dekapaj malzemesi çıkacağı düşünülmektedir.
- Örtü kazı oranı ise yaklaşık 2,36 m³/ton bulunmuştur.
- Değerler göz önüne alındığında bir kömür sahası için bu değerlerin yeterli miktarda olacağı düşünülmüştür.
- Bölge ve kömür sahası aşırı derecede faylanmaya maruz kaldığı çalışmalarda görülmüştür.
- Faylanmalardan dolayı ileride yapılacak çalışmalarda madencilik programlarında ortaya konulan fay zonları dikkate alınıp, iş güvenliği önlemleri alınarak, açık ocak faaliyetlerinde bulunulmalıdır.
- Kömür rezervlerinin, Dünya enerji piyasası ve elektrik üretimindeki rolü, tez çalışmasının giriş kısmındaki bilgilere göre ne kadar değerli ve önemli olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

EİGM (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü), (2013); MİGEM (Maden İşleri Genel Müdürlüğü), (2013).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2012), 2013 Yılı bütçe sunumu, s.4-7.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2013), 2014 Yılı bütçe sunumu, s.8-11.

Ercins, S., (2011), Bir Linyit Sahasının Maden Planlama Programı ile Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Sivas, s.30.

Ersoy, A., Yünsel, T.Y., (2008), Maden rezerv hesapları klasik ve jeostatistik yöntemler, Nobel Kitabevi, Adana, s.114, 185.

<http://www.enerji.gov.tr/>

<http://www.tki.gov.tr/>

IEA (International Energy Agency), (2012b), World Energy Outlook 2012. Paris, s.159, 553, 554, 555.

IEA (International Energy Agency), (2012e), Electricity Information 2012 Paris, s.III.8-III.15.

IEA (Uluslararası Enerji Ajansı) /OECD (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü Kömür Bilgi Raporu), (1983), Kömür bilgi raporu.

Journel, A. G., (1979), Geostatistical simulation .6. methods for exploration and mine planning E&MJ-engineering and mining journal 180, s.86-91.

Journel, A.G., (1986), Geostatistics – models and tools for the earth – sciences, mathematical geology 18, s.119-140.

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, s.8, 11-13, 19, 39-41, 42-47, 52, 53, 56, 57, 60, 61, 64, 65, 67, 68, 73-87.

Kırmanla, C., Nasuf, E., (1998), Denizli-Tavas-Ulukent manganez açık işletmesinin jeostatistik yöntemle rezerv-tenör ilişkisinin belirlenmesi, Madencilik Dergisi, Cilt 37 Sayı 3, s.20.

Koç, E., Kaplan, E., (2008), Dünyada ve Türkiye’de genel enerji durumu I-II Dünya-Türkiye değerlendirmesi, Termodinamik Dergisi, Sayı:187-188, s.70-80, 106-118.

Koç, E., Şenel, M. C., (2013), Dünyada ve Türkiye’de enerji durumu - genel değerlendirme, Mühendis ve Makina, Cilt 54, Sayı:639, s.32-44.

Matheron, G., (1970), Random structures and mathematical geology, Revue De L Institut International De Statistique-Review of The International Statistical Institute 38, (1).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Mevlana Kalkınma Ajansı, (2014), TR52 düzey 2 bölgesi (Konya Karaman 2023 vizyon raporu (Enerji Sektörü))-Taslak, s.13, 14.

Nasuf, E., (1987), Jeoistatistik yöntem ile rezerv hesaplama seminer notları, Etibank Matbaası, Ankara, s.25.

Noble, A. C., (2011), “SME mining engineering handbook”, Mineral resource estimation, Chapter 4.5, s.207.

Öngen, Ö., (2008), Madencilikte Bilgisayar Uygulamaları Ve Surpac Yazılımı İle Bir Ocak Planlaması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Maden İşletme Anabilim Dalı, İzmir, s.9.

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): s.367-379.

Surpac, (2010), User manual, Surpac Minex Group Pty Ltd.

Şenel, M. C., (2012), Rüzgar Türbinlerinde Güç İletim Mekanizmalarının Tasarım Esasları-Dinamik Davranış, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Tercan, A. E., Saraç, C., (1998), Maden yataklarının değerlendirilmesinde jeostatistiksel yöntemler, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, s. 37, 38, 137.

TKİ(Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu), (2011), Türkiye linyit sektör raporu-2010.

TKİ (Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu), (2013), Kömür sektör raporu (Linyit), s.4, 9, 12-13, 22-23, 25, 31, 32.

TTK (Türkiye Taşkömürü Kurumu). (2013), Taşkömürü sektör raporu-2012, s.25.

Uyar, H., (2005), Jeostatistiksel variogram analizleri ve kriging teknikleri bilgisayar yazılımı, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, s.1-2, 5-8.

Uyguçgil, H., (2007), Çok Değişkenli Maden Yataklarında Rezerv Tenör Tahmininde Jeostatistik Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Tekniklerinin Kullanımı, Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, s.81.

WEC (World Energy Council), (2010), Survey of energy resources 2010. London, s.10-12.

Yüksek, S., (1993), Divriği Demir Yatağının Üç Boyutlu (3d) Jeolojik Blok Modelinin Çıkarılması Ve Rezerv Hesaplamaları, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Sivas, s.44-45.