

**SAĞIRLAR VE ÇİVİLİ (BURSA-ORHANELİ) KÖMÜR  
SAHALARI KAYNAK KESTİRİMİ**

**RESOURCE ESTIMATION OF THE SAĞIRLAR  
AND ÇİVİLİ (BURSA-ORHANELİ) COAL FIELDS**

**METİN AKTAN**

**Prof. Dr. Abdullah Erhan TERCAN**  
**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2015

**METİN AKTAN**'ın hazırladığı “**Sağırlar ve Çivili (Bursa-Orhaneli) Kömür Sahaları Kaynak Kestirimi**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neşe ÇELEBİ

Başkan .....

Prof. Dr. Abdullah Erhan TERCAN

Danışman .....

Prof. Dr. Bahtiyar ÜNVER

Üye .....

Doç. Dr. Mehmet Ali HİNDİSTAN

Üye .....

Yrd. Doç. Dr. Güneş ERTUNÇ

Üye .....

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fatma SEVİN DÜZ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Çalışmam sırasında bana destek olan ve sabırlı davranan biricik eşim Fatma'ya...

## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

09/06/2015

METİN AKTAN

## ÖZET

# SAĞIRLAR VE ÇİVİLİ (BURSA-ORHANELİ) KÖMÜR SAHALARI KAYNAK KESTİRİMİ

**METİN AKTAN**

**Tezli Yüksek Lisans, Maden Mühendisliği**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdullah Erhan TERCAN**

**Haziran 2015, 104 sayfa**

Tez çalışmasının amacı, Bursa ili sınırlarında yer alan Sağırlar ve Çivili kömür sahalarının kaynak kestirimidir. Bu amaçla sahada yapılan sondajlar, jeolojik harita ve raporlar kullanılarak bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanının doğruluğu kontrol edildikten sonra her iki saha için katı modeller oluşturulmuştur. Daha sonra katı modeller, blok modellere ayrılmış ve her bir bloğun kalite öznelikleri Jeostatistiksel yöntemle kestirilmiştir. Kestirim için Krigleme yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca kalite tonaj eğrileri üretilmiş ve çapraz doğrulama yapılmıştır.

Tez çalışması sonucunda, Sağırlar ve Çivili sahalarındaki linyit damarları modellenmiş, kaynak miktarı ve özellikleri Jeostatistiksel olarak sondaj verisi azlığından dolayı 2 boyutta kestirilmiştir. Buna göre iki sahanın aralarında yaklaşık 2 km'lik bir mesafe bulunmasına rağmen, farklı kömür oluşumuna sahip oldukları, kalite özellikleri açısından benzeşmedikleri tespit edilmiştir. Sağırlar sahası, kuzeyinde yer alan Gümüşpınar sahası ile birlikte projelendirilmeli; Çivili sahası da özellikle güney kısmına ilave sondajlar yapılarak kaynak miktarı yeniden kestirilmelidir.

**Anahtar Kelimeler:** Sağırlar kömür sahası, Çivili kömür sahası, Kaynak kestirimi, Jeostatistiksel yaklaşım, Krigleme, Kömür kaynak modelleme.

## **ABSTRACT**

### **RESOURCE ESTIMATION OF THE SAĞIRLAR AND ÇİVİLİ (BURSA-ORHANELİ) COAL FIELDS**

**METİN AKTAN**

**Master of Science, Department of Mining Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Abdullah Erhan TERCAN**

**June 2015, 104 pages**

The aim of the study is to estimate the resource of Sağırlar and Çivili coal fields which are located in Bursa-Orhaneli. For this purpose, borehole data of the fields, geological map and some technical reports related to Coal Fields have been studied to prepare the database. After checking the database, the solid models have been constructed. Then solid model is divided into blocks and mean qualities of each block are estimated by using geostatistical methods such as kriging. In addition to estimation, quality tonnage curves are produced and cross validation is made.

In conclusion, as data are lacking, coal seams of the fields are modelled and resources are estimated in 2-D by using geostatistical methods. Coal seams differ in terms of quality specifications even though very close to each other approximately 2 kilometers.

It is suggested that Sağırlar coal field should be evaluated with Gümüşpınar coal field. It is also suggested that new drill holes should be made at South of Çivili coal field and the resource should be reestimated.

**Keywords:** Sağırlar coal field, Çivili coal field, Resource estimation, Geostatistics, Kriging, Coal resource modelling.

## TEŞEKKÜR

Tez çalışması, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'nde 2012-2015 yılları arasında yürütülmüştür. Tez çalışmasıyla ilgili saha çalışmalarının bir bölümü 2006-2010 yılları arasında mühendis olarak görev yaptığım Bursa Orhaneli'de bulunan Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Bursa Linyitleri İşletme Müdürlüğü'nde gerçekleştirilmiştir.

Tezle ilgili çalışmalarımın her aşamasında bana yön veren, ilgi ve katkılarını esirgemeyen ve tezimin şekillenmesinde büyük emeği geçen çok değerli Danışman Hocam Sayın **Prof. Dr. Abdullah Erhan Tercan'a**;

Yüksek lisans yaptığım süre boyunca çalışmalarımın her aşamasında beni destekleyen ve bilgi birikimlerini aktararak tez çalışmalarına yön veren Mensubu olduğum TKİ Kurumunun Yönetim Kurulu Başkanı ve Genel Müdürü çok kıymetli Sayın **Mustafa AKTAŞ'a** ve diğer değerli yöneticilerime;

İnceleme verilerinin oluşturulmasında ve kaynak kestirimi aşamasında görüşlerini aldığım ve önerileriyle katkılarını esirgemeyen Sayın **Dr. Fırat Atalay'a**;

Tez çalışmasının birçok aşamasında mesleki deneyimi ve bilgi birikimi ile çalışmalarına katkıda bulunan Jeoloji Mühendisi Sayın **Hüseyin ULAŞ'a**;

Çalışmalarımın değişik aşamalarında bana yardımcı olan ve desteklerini esirgemeyen sevgili arkadaşlarıma;

Mesleki birikimin oluşmasını sağlayan Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği bölümü hocalarıma;

Çalışmamın her aşamasında desteklerini esirgemeyen, gösterdikleri sabır, anlayış ve manevi destekten dolayı eşim **Fatma TAMER AKTAN'a**, çocuklarım **Mert** ve **Mete AKTAN'a** ve **saygıdeğer aile büyüklerime**,

**TESEKKÜRLERİMİ SUNARIM.**

# İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİLLER .....	ix
ÇİZELGELER .....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xiii
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Çalışmanın Amacı .....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ .....	4
2.1. Jeostatistik .....	4
2.1.1. Variogram Modelleri .....	5
2.1.2. Krigleme (Kriging) .....	8
2.1.3. Kaynak Kestiriminde Temel İşlemler .....	11
3. SAHALARIN TARİHÇESİ, KONUMU VE ÖZELLİKLERİ .....	16
3.1. Bİ Kuruluş Tarihi .....	16
3.2. Kuruluş Faaliyetleri ile İlgili Bilgiler .....	17
3.3. Çalışma Sistemi .....	21
3.4. Sahaların Jeolojisi .....	24
3.4.1. Bölgenin Genel Jeolojik Durumu .....	24
3.4.2. Yapısal Jeoloji .....	32
3.5. Önceki Çalışmalar .....	35
4. SAĞIRLAR SAHASI KAYNAK KESTİRİMİ .....	38
4.1. Arama ve Sondaj Çalışmaları .....	38
4.2. Veri Tabanı Oluşturulması ve Doğrulama .....	41
4.3. Sağırlar Sahasına Yapılan Ziyaretler .....	42
4.4. Sondajlarının 3 Boyutlu Gösterimi .....	43
4.5. Ham Verilerin İstatistiksel Analizi .....	45
4.6. Jeolojik Katı Modelleme (3D Modelleme) .....	47
4.7. Kaynak Kestirimi .....	51
4.7.1. Blok Modelleme .....	51
4.7.2. Variogram Analizi .....	52



4.7.3. Verilerin İstatistiksel İncelenmesi .....	54
4.7.4. Çapraz Doğrulama.....	55
4.7.5. Blok Modelin Doğruluğunun Kontrolü .....	56
4.7.6. Kaynak Kestirimi .....	56
5. ÇİVİLİ SAHASI KAYNAK KESTİRİMİ .....	61
5.1. Arama ve Sondaj Çalışmaları .....	61
5.2. Veri Tabanı Oluşturulması ve Doğrulama .....	64
5.3. Çivili Sahasına Yapılan Ziyaretler .....	65
5.4. Sondajlarının 3 Boyutlu Gösterimi .....	65
5.5. Ham Verilerin İstatistiksel Analizi .....	67
5.6. Jeolojik Katı Modelleme (3D Modelleme).....	70
5.7. Kaynak Kestirimi .....	72
5.7.1. Blok Geometrisi ve Boyutları.....	72
5.7.2. Variogram Analizi.....	73
5.7.3. Verilerin İstatistiksel İncelenmesi .....	75
5.7.4. Çapraz Doğrulama.....	76
5.7.5. Blok Modelin Doğruluğunun Kontrolü .....	77
5.7.6. Kaynak Kestirimi .....	77
6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	82
KAYNAKLAR.....	86
ÖZGEÇMİŞ .....	89

## ŞEKİLLER

Şekil 1. Bursa Orhaneli Sağırlar sahası.....	3
Şekil 2. Küresel variogram modeli ve bu modeli üreten tenör dağılımı.....	6
Şekil 3. Külçe etki variogram modeli ve bu modeli üreten tenör dağılımı .....	7
Şekil 4. Doğrusal variogram modeli ve bu modeli üreten tenör dağılımı.....	7
Şekil 5. Geometrik anizotropi variogramı ve geometrik anizotropi üreten tenör dağılımı .....	8
Şekil 6. Zonal anizotropi variogramı ve zonal anizotropi üreten tenör dağılımı .....	8
Şekil 7. Elipsoid .....	12
Şekil 8. Yer bulduru haritası .....	17
Şekil 9. Orhaneli İR:2404 no'lu ruhsat sahasının uydu görünümü.....	18
Şekil 10. Gümüşpınar'da 2006 sonunda meydana gelen şev kayması [12] .....	19
Şekil 11. Sağırlar ve Çivili sahalarının uydu görünümü .....	20
Şekil 12. BLİ Gümüşpınar açık ocak linyit sahası [15].....	21
Şekil 13. Orhaneli Gümüşpınar sahasının 2009 ve 2010 yıllarına ait panoramik fotoğrafları [15].....	23
Şekil 14. Orhaneli havzasının jeolojik zonu [17] .....	24
Şekil 15. Orhaneli kömür havzasının genelleştirilmiş stratigrafik istifi [19].....	26
Şekil 16. Bölgenin basitleştirilmiş jeoloji haritası [19].....	27
Şekil 17. Orhaneli Havzasını da içeren genel jeoloji haritası [39].....	29
Şekil 18.(a) ve (b). Sağırlar ve Çivili sahaları uydu görüntüleri ve çalışma sınırları .....	38
Şekil 19. Sağırlar sahası sondaj lokasyon haritası .....	39
Şekil 20. EIEI tarafından 1980'de yapılan bir sondaja ait log. ....	40
Şekil 21. 2010 yılındaki Sağırlar sahası açık ocak faaliyetleri [15] .....	42
Şekil 22. Sağırlar sondaj stampının 3 boyutlu olarak yakından görünümü .....	43
Şekil 23. Sağırlar sondaj haritasının 3 boyutlu olarak perspektif görünümü .....	43
Şekil 24. Sağırlar topografyasının plan görünümü.....	44
Şekil 25. Sağırlar renkli topografyası plan görünümü .....	44
Şekil 26. Sağırlar sahası AID histogramı .....	45
Şekil 27. Sağırlar sahası kömür kalınlığı histogramı.....	45
Şekil 28. Sağırlar sahası kül histogramı .....	46
Şekil 29. Sağırlar sahası nem histogramı .....	46

Şekil 30. Sağırlar sahası AID x Nem saçılma diyagramı .....	47
Şekil 31. Sağırlar sahası Kül x AID saçılma diyagramı.....	47
Şekil 32. Sağırlar sahası Kül x Nem saçılma diyagramı .....	47
Şekil 33. Sağırlar sahasında alınan kesitlerin plan görüntüsü .....	48
Şekil 34: Sağırlar sahası linyit damarı katı modelinin faylı olarak üstten görünümü .....	49
Şekil 35. Sağırlar sahası linyit damarı katı modelinin faylı olarak yandan perspektif görünümü .....	49
Şekil 36. Sağırlar kömür katı modelinin plan, perspektif, xz ve yz düzlemleri üzerindeki görünümü .....	50
Şekil 37. Sağırlar blok modeline ait ekran görüntüsü .....	52
Şekil 38. AID'ye ait küresel tipte variogram modeli.....	53
Şekil 39. Kalınlık miktarına ait küresel tipte variogram modeli.....	53
Şekil 41. Kül miktarına ait küresel tipte variogram modeli .....	54
Şekil 40. Nem miktarına ait küresel tipte variogram modeli.....	54
Şekil 42. Sağırlar linyit sahası damar kalınlığı haritası (blok boyutları 70 m x 70 m) .....	58
Şekil 43. Sağırlar linyit sahası AID dağılımı haritası (blok boyutları 70 x 70 m)....	59
Şekil 44. Sağırlar linyit sahası kül dağılımı haritası (blok boyutları 70 m x 70 m) .	59
Şekil 45. Sağırlar linyit sahası nem dağılımı haritası (blok boyutları 70 m x 70 m)	60
Şekil 46. Çivili sahası uydu görünümü ve çalışma sınırı.....	61
Şekil 47. Çivili sahası sondaj lokasyon haritası .....	62
Şekil 48. MTA tarafından 1969'da yapılan bir sondaja ait log .....	63
Şekil 49. Çivili sondaj stampının 3 boyutlu olarak yakından görünümü .....	65
Şekil 50. Çivili sondaj haritasının 3 boyutlu olarak perspektif görünümü .....	65
Şekil 51. Çivili topografya topografyasının plan görünümü.....	66
Şekil 52. Çivili renkli topografyası plan görünümü .....	66
Şekil 53. Çivili sahası AID histogramı .....	67
Şekil 54. Çivili sahası kömür kalınlığı histogramı.....	67
Şekil 55. Çivili sahası kül histogramı .....	68
Şekil 56. Çivili sahası nem histogramı.....	68
Şekil 57. Çivili sahası AID x Nem saçılma diyagramı .....	69
Şekil 58. Çivili sahası Kül x AID saçılma diyagramı.....	69
Şekil 59. Çivili sahası Kül x Nem saçılma diyagramı .....	69

Şekil 60. Çivili sahasında alınan kesitlerin plan görüntüsü .....	70
Şekil 61. Çivili sahası katı modelinin plan, perspektif, xz ve yz düzlemleri üzerindeki görünümü .....	71
Şekil 62. Çivili sahası blok modeline ait ekran görüntüsü .....	73
Şekil 63. AID miktarına ait küresel tipte variogram modeli .....	74
Şekil 64. Kalınlık miktarına ait küresel tipte variogram modeli .....	74
Şekil 65. Kül miktarına ait küresel tipte variogram modeli .....	75
Şekil 66. Nem miktarına ait küresel tipte variogram modeli .....	75
Şekil 67. Çivili linyit sahası damar kalınlığı haritası (blok boyutları 50 m x 50 m) .	79
Şekil 68. Çivili linyit sahası AID dağılımı haritası (blok boyutları 50 x 50 m) .....	80
Şekil 69. Çivili linyit sahası kül dağılımı haritası (blok boyutları 50 m x 50 m) .....	80
Şekil 70. Çivili linyit sahası nem dağılımı haritası (blok boyutları 50 m x 50 m) ....	81

## ÇİZELGELER

Çizelge 1. TKİ-BLİ 2014 sonu itibariyle kalan linyit kaynakları [26].....	36
Çizelge 2. TKİ-BLİ Orhaneli havzası kömürlerinin kalite değerleri.....	37
Çizelge 3. Sağırlar linyit damarı, 13 adet farklı kömür bloğuna ait bilgiler .....	51
Çizelge 4. AID-Kalınlık-Kül ve Nem miktarlarına ilişkin variogram model parametreleri .....	52
Çizelge 5. Verilerin (kalınlık, AID, nem ve kül) istatistiksel incelenmeleri .....	55
Çizelge 6. AID-kalınlık-kül-nem için model parametrelerinin çapraz doğrulama sonuçları.....	55
Çizelge 7. Blok Model ve veri ortalamalarının karşılaştırılması .....	56
Çizelge 8. 70 m x 70 m olarak ayrılan bazı blokların kalite özellikleri .....	57
Çizelge 9. Sağırlar sahası bloklarının (AID, kalınlık, kül, nem) istatistiksel incelenmesi .....	58
Çizelge 10. Kalite değişkenlerinin saha ortalamaları .....	60
Çizelge 11. Çivili linyit damarlarını oluşturan 14 adet farklı kömür bloğuna ait bilgiler .....	72
Çizelge 12. AID- Kalınlık-Kül-Nem miktarlarına ilişkin variogram model parametreleri .....	73
Çizelge 13. Verilerin (kalınlık, AID, nem, kül) istatistiksel incelenmeleri .....	76
Çizelge 14. AID-Kül-Nem-Kalınlık için sondaj verilerinin çapraz doğrulama sonuçları.....	76
Çizelge 15. Blok Model ve veri ortalamalarının karşılaştırılması .....	77
Çizelge 16. 50 m x 50 m olarak ayrılan bazı bloklara ait kalite özellikleri .....	78
Çizelge 17. Çivili sahası bloklarının (AID, kalınlık, kül ve nem) istatistiksel incelenmesi .....	79
Çizelge 18. Kalite değişkenlerinin saha ortalamaları .....	81
Çizelge 19. Sağırlar ve Çivili sahaları kaynak kestirimi özeti.....	82

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$\mu$	Ortalama
C	Karbon
S	Kükürt
cv	Değişim katsayısı
s	Standart Sapma
m	Ortanca
$\gamma(\mathbf{h})$	Variogram
C	Eşik değer
C <sub>0</sub>	Külçe etkisi
a	Yapısal uzaklık

### Kısaltmalar

TBMM	Türkiye Büyük Millet Meclisi
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu
MLİ	Marmara Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü
EİEİ	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
BLİ	Bursa Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü
SLİ	Seyitömer Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü
GLİ	Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü
SEAŞ	Soma Elektrik Üretim ve Tic. A.Ş.
EÜAŞ	Elektrik Üretim A.Ş.
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
DEKTMK	Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi
IEA	International Energy Agency
AİD	Alt Isıl Değer

# 1. GİRİŞ

Türkiye kömür kaynağı, yaklaşık 1,05 trilyon ton olan dünya kömür kaynağının %1'ine eşittir. MTA'nın son bulduğu kaynaklarla birlikte 15,4 milyar tona ulaşan kömür kaynağının 14,1 milyar tonu düşük ısı değere sahip linyit kömürü olup, kalan 1,3 milyar tonu ise taş kömürü niteliğindedir. [1]

1970'li yıllarda 2.234 MW olan Türkiye elektrik üretimi kurulu gücü, son 43 yılda tam 32 kat artarak Nisan 2015 itibariyle 70.558 MW'a ulaşmıştır. [2]

Kurulu güçteki bu artışa rağmen, Türkiye enerjide dışa bağımlı bir ülkedir. Bu bağımlılığı azaltmak amacıyla 2009 yılında Yüksek Planlama Kurulu Kararı ile tüm yerli kömür varlığının ekonomiye kazandırılması kararlaştırılmış, yerli kömürden elektrik üretim kapasitesinin 30.000 MW'ın üzerine çıkarılması hedeflenmiştir.

Türkiye'deki yerli kömür kaynaklı termik santral kurulu gücü Nisan 2015 başı itibariyle 8.588 MW civarında olup, toplam elektrik üretim kapasitesinin yaklaşık %12'sidir [2].

Hedeflenen kapasiteye ulaşabilmek için 21.400 MW'ın üzerinde ek kapasiteye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da ancak ve ancak yerli kömür kaynaklarının planlı ve uluslararası standartlara uygun bir şekilde hazırlanmış projeleriyle gerçekleştirilebilir.

## 1.1. Çalışmanın Amacı

Sağırlar ve Çivili linyit sahaları, Bursa ili Orhaneli ilçesinde yer almaktadır. Sağırlar sahasında bir miktar üretim yapılmış, kalan kaynak henüz projelendirilmemiştir. Çivili sahası ise üretimin yapılmadığı bakir bir sahadır.

Sahaların ruhsatı ve işletme izni 1979 yılından itibaren TKİ Kurumu Bursa Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü'ne ait iken, 20 Ağustos 2014 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanan kararın ardından, Özelleştirme İdaresi Başkanlığı'nın 2014/75 sayılı kararı ile sahaların ruhsatı, işletme izni, sahada bulunan tüm taşınır taşınmaz mallar ve 210 MW'lık EÜAŞ'a ait Orhaneli Termik Santrali de dâhil olmak üzere, tüm hak ve vecibeleri ile SEAŞ'a devredilmiştir. [3]

Devri gerçekleştirilen Keles Harmanalanı ve Orhaneli'ndeki Gümüşpınar, Sağırlar, ivili kömür sahaları ve EAş'a ait 210 MW'lık termik santral için 17.12.2014 tarihinde zelleştirme ihalesi yapılmıştır. Bu ihaleye göre Bursa Keles'teki 73021 no.lu maden ruhsatları ve Bursa Orhaneli'nde yer alan 79528 no.lu maden ruhsatları ve bu ruhsatların kapsadığı maden sahaları bir bütün halinde özelleştirilmiştir.

İhaleyi, 521 milyon (Beşyzyirmibirmilyon) ABD Doları bedelle en yüksek teklifi veren elikler Taahhüt İnaaat ve Sanayi A.ř. kazanmış olup, 24 Mart 2015 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan zelleştirme Yüksek Kurulu Kararı ile söz konusu ihale onaylanmış ve sahalarda, çelikler firmasına resmi olarak devredilmiştir. [4]

TKİ'ye bağlı Bursa Linyitleri İşletmesi'nin raporları [5] ve konuyla ilgili projeleri [6] incelendiğinde, bu sahalardaki kömür kaynaklarının poligon metodu ile hesaplandığı ve buna göre üretim projelerinin gerçekleştirildiği görülmektedir.

Maden kaynağı, yer kabuğunda ekonomik olarak üretilebilecek şekil ve miktarda bulunan bir maden varlığıdır. Maden kaynak kestirimi, maden varlığının jeolojisini, sürekliliğini, tonaj ve ortalama tenörünün kestirimini içerir. [7]

Bu çalışmanın temel amacı, Sağırlar ve çivili sahalara ait kömür kaynaklarını Jeostatistiksel yöntemlerle kestirebilmektir.

Bu amaçla sahada yapılan sondajlar, jeolojik harita ve raporlar kullanılarak bir veri tabanı oluşturulmuş, bu veri tabanının doğruluğu kontrol edildikten sonra gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Daha sonra katı modeller oluşturulmuş ve bu katı modeller, blok modellere ayrılmıştır. Her bir bloğun alt ısıl değeri, kül ve nem içeriği gibi kalite znitelikleri Krigleme yöntemi ile kestirilmiştir. Ayrıca blok modelden kalite tonaj eğrileri üretilmiştir.

Tezin ikinci bölümünde doğrusal Jeostatistiksel yöntemlere ilişkin bilgiler verilmiş, maden kaynak kestiriminin temel ilkeleri sunulmuştur.

nc blmde sahalarda tarihçesi, konumu ve özellikleri tanıtılmıştır.

Dördüncü blmde sahalarda ilgili önceki çalışmalara yer verilmiştir.



Beşinci bölüm, sahada yapılan kömür kaynak kestirimini vermektedir.

Son bölümde ise, bu çalışmadan elde edilen sonuçlar verilmiştir.



**Şekil 1.** Bursa Orhaneli Sağırlar sahası

## 2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

### 2.1. Jeostatistik

Jeostatistik, bölgesel değişkenler teorisinin yerbilimleri problemlerine uygulanmasından ortaya çıkmıştır. Bölgesel değişken, belirli bir bölgeye özgü olan ve en az bir koordinatla ifade edilebilen değişkendir. Tenör, kalınlık gibi değişkenler, bölgesel değişkenin klasik örnekleridir. [8]

Bölgesel değişkenin en temel özelliği, uzaklığa bağlı bir ilişki göstermesidir. Örneğin bir maden yatağının alınan örneklerin tenör değerleri, aralarındaki uzaklığa bağlı bir ilişki gösterir. Yakın örneklerin tenörleri birbirine yakın olurken örnekler arasındaki uzaklık arttıkça tenör değerlerindeki farklar da artar.

Tenör değerlerindeki farkların uzaklığa bağlı değişimi uzaklığa bağlı ilişki olarak adlandırılır. [8]

Tenör değerleri arasındaki farkın uzaklıkla değişimi;

$$f(\mathbf{h})=z(x)-z(x+\mathbf{h}) \quad (1)$$

İle ifade edilebilir. Eşitlik (1)'de;

$z(x)$  : Bir maden yatağının herhangi bir  $x$  noktasındaki tenör değerini,

$z(x+h)$  :  $z(x)$  den  $h$  uzaklıktaki bir noktanın tenör değerini göstermektedir.

Genelde  $h$  uzaklığı arttıkça tenör değerleri arasındaki farkın  $[f(h)]$  artması, uzaklık azaldıkça farkın azalması beklenir.  $f(h)$  fonksiyonu biliniyorsa, örneklenmemiş bir noktadaki tenör değerini hesaplamak mümkündür. [8]

Poligon, üçgen ve kesit gibi geometrik kestirim yöntemleri, bu fonksiyonun ilgili hesaplama alanı (poligon, üçgen ya da kesit) içinde sifıra eşit olduğunu varsayar. [8]

### Jeoistatistikte uzaklığa bağlı ilişkinin ölçülmesi ve modellenmesi:

Jeoistatistikte  $f(h)$  fonksiyonu, variogram adını alır ve Eşitlik (2)'deki gibi hesaplanır.

$$2\gamma(h) = \frac{1}{n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [z(x) - z(x+h)]^2 \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de  $\gamma(h)$  variogram fonksiyonunu,  $n(h)$  ise aralarında  $h$  uzaklığı bulunan örnek çiftleri sayısını göstermektedir.

Variogramlar, örnek verileri kullanılarak belirli uzaklıklarda hesaplanabilir. Variogram fonksiyonlarını kaynak/rezerv hesabında kullanabilmek için her uzaklıktaki değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu işlem, hesaplanan variogramları modelleyerek gerçekleştirilir.

Her analitik fonksiyon bir variogram modeli olarak alınamaz. Variogram modeli olarak kullanılacak fonksiyonun pozitif tanımlı olması gerekmektedir. [8]

#### **2.1.1. Variogram Modelleri**

Bir variogram modeli üç parametre ile tanımlanır:

Yapısal uzaklık (a): Bölgesel değişkenin yapı gösterdiği uzaklığa karşılık gelir. Bu uzaklıktan sonra, bir değer diğer üzerinde hiç bir etkisi yoktur. Diğer bir ifade ile aralarındaki uzaklığın  $a$  parametresinden küçük olduğu örnekler ilişkili, büyük olduğu örnekler ise ilişkisizdir. Pratikte yapısal uzaklık bir sondajın etki uzaklığına eşittir. [8]

Külçe etkisi ( $C_0$ ): Uzaklığa bağlı değişimin verilerden belirlenebileceği sınır bir uzaklık vardır. Bu sınır uzaklık, bütün mevcut örnekler içinde birbirine en yakın iki örnek arasındaki uzaklıktır. Pratik olarak, bu uzaklıktan daha küçük uzaklıklarda, bölgesel değişkenin değerleri arasındaki farkın değişimi, veri olmadığından belirlenemez ve bu durum variogramın orijininde bir süreksizliğe (sıfırdan farklı pozitif bir değer almasına) yol açar. [8]

Orijindeki süreksizliğin diğer bir nedeni de örnekleme ve analiz hatalarıdır. Eğer aynı bir noktadan iki örnek almak mümkün olsaydı bu örneklerin değerleri arasında

örnekleme ve analiz hatalarından dolayı bir fark olurdu. Süreksizliğin bu iki kaynağını birbirinden ayırt etmek mümkün değildir ve variogramda bu durum külçe etkisi ( $C_0$ ) şeklinde ortaya çıkar. [8]

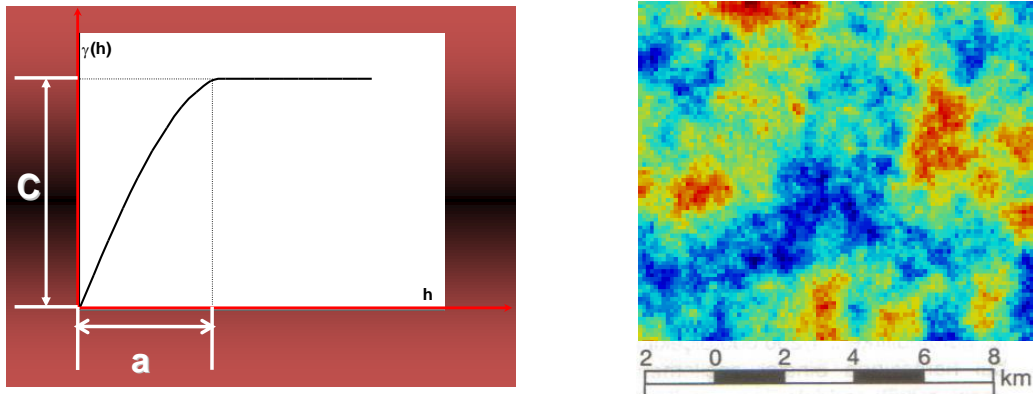
Eşik değer (C): Yapısal uzaklığın tanımlandığı bir variogramda örneklerin varyansına eşittir.

### 2.1.1.1. Küresel Model

Zengin ve yoksul bölgeler şeklinde yapılanma gösteren bir değişken genellikle küresel tipte variogram modeli üretir. Bu model matematiksel olarak Eşitlik (3)'deki gibi ifade edilir.

$$\begin{aligned} \gamma(\mathbf{h}) &= 0 & \mathbf{h} &= 0 \\ \gamma(\mathbf{h}) &= C \left[ \frac{3\mathbf{h}}{2a} - \frac{1}{2} \left( \frac{\mathbf{h}}{a} \right)^3 \right] & \mathbf{h} &\leq a \\ \gamma(\mathbf{h}) &= C & \mathbf{h} &> a \end{aligned} \quad (3)$$

Küresel variogram modeli ve bu modeli üreten tenör dağılımı Şekil 2'de gösterilmiştir.



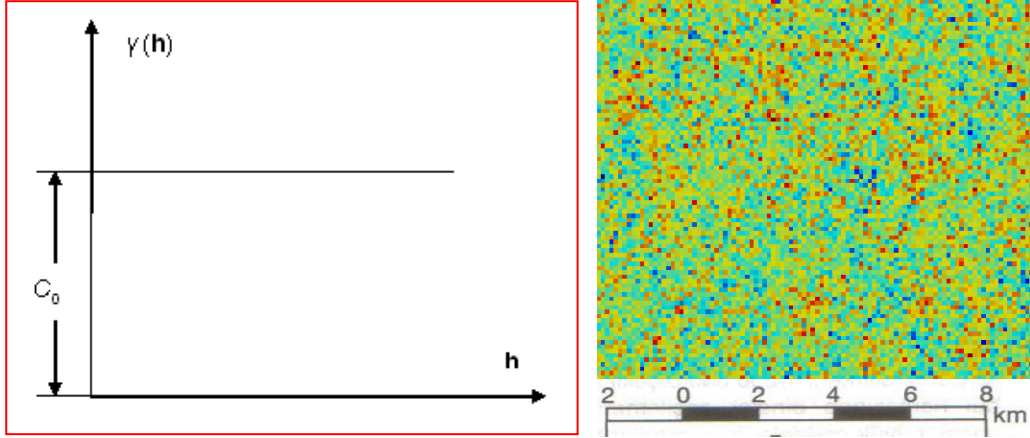
Şekil 2. Küresel variogram modeli ve bu modeli üreten tenör dağılımı

### 2.1.1.2. Külçe Etkisi Modeli

Bu model bir lokasyondan diğerine ani olarak değişen bir bölgesel değişkenin davranışını temsil eder. Matematiksel olarak:

$$\begin{aligned} \gamma(\mathbf{h}) &= 0, & \mathbf{h} &= 0 \\ \gamma(\mathbf{h}) &= C_0, & \mathbf{h} &> 0 \end{aligned} \quad (4)$$

İle ifade edilir. Külçe etki modeli ve bu modeli üreten tenör dağılımı Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Külçe etki variogram modeli ve bu modeli üreten tenör dağılımı

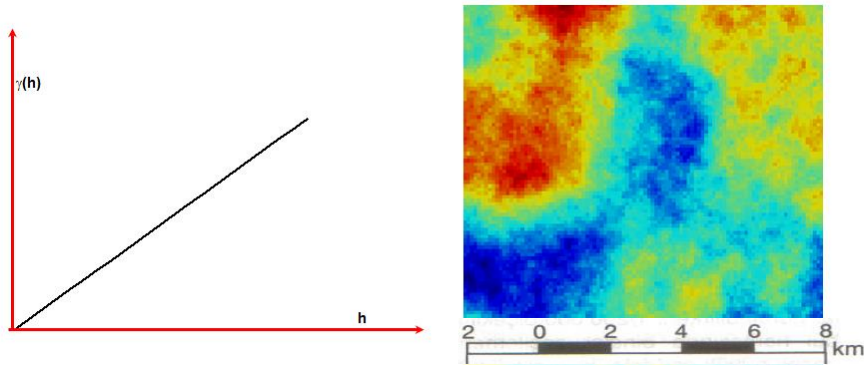
### 2.1.1.3. Doğrusal Model

Eğer bölgesel değişken sürekli bir şekilde artıyor ya da azalıyorsa variogram doğrusal bir model ile temsil edilir. Bu model;

$$\begin{aligned} \gamma(\mathbf{h}) &= 0, & \mathbf{h} &= 0 \\ \gamma(\mathbf{h}) &= k \cdot \mathbf{h}, & \mathbf{h} &\neq 0 \end{aligned} \quad (5)$$

ile ifade edilir. Eşitlik (5)'de k; doğrunun eğimini göstermektedir.

Doğrusal variogram modeli ve bu modeli üreten tenör dağılımı haritası Şekil 4'te gösterilmektedir.

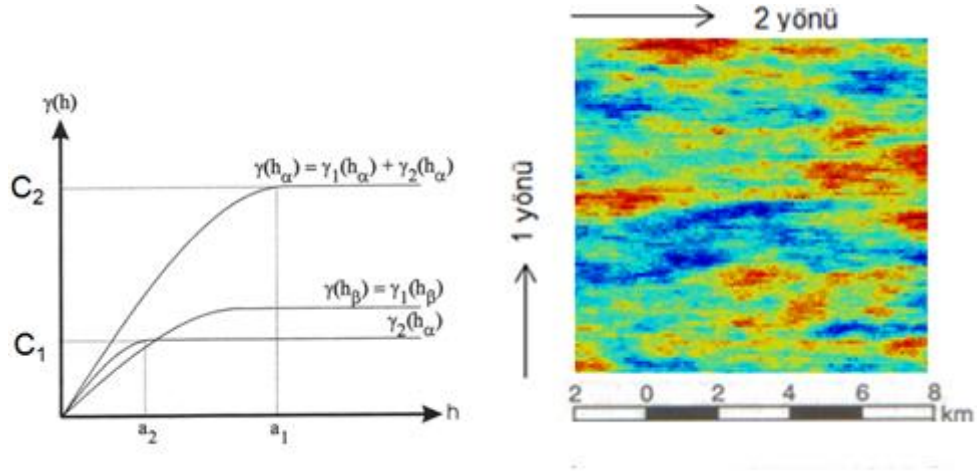


Şekil 4. Doğrusal variogram modeli ve bu modeli üreten tenör dağılımı

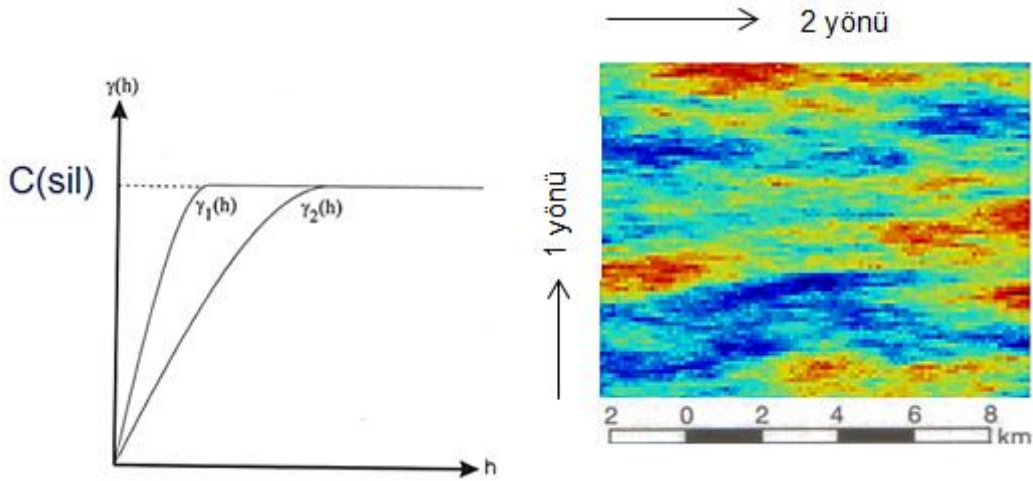
### 2.1.1.4. Anizotropi

Variogramlar, yine bağlı değişiklik gösterebilirler. Eğer bu variogramlarda yapısal uzaklık yönün fonksiyonu olarak değişiyorsa, incelenen değişkenin geometrik

anizotrop (Şekil 5) olduğu söylenir. Yapısal uzaklık aynı kalıp, sadece sill değerleri değişiyorsa bu durumda variogram zonal anizotropiktir (Şekil 6).



Şekil 5. Geometrik anizotropi variogramı ve geometrik anizotropi üreten tenör dağılımı



Şekil 6. Zonal anizotropi variogramı ve zonal anizotropi üreten tenör dağılımı

### 2.1.2. Krigleme (Kriging)

Adını, Kuzey Afrikalı bir Maden Mühendisi olan Daniel Krige'ten alan bu yöntemde, örneklenmemiş bir noktadaki değer diğer noktalardan optimum bir şekilde kestirimi yapılmaktadır.

Genel olarak kestirim işlemi, bilinen değerlerin ağırlıklı ortalaması alınarak yapılır.

$$z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad (6)$$

Eşitlik (6)'da:

$Z^*(X_0)$  : Kestirilen değeri

$\lambda_i$  : Verilere atanacak ağırlıkları

$X_i$  : Kestirimde kullanılacak lokasyonları

$Z(X_i)$  :  $X_i$  lokasyonlarındaki öznelik değerlerini

$n$  : Veri sayısını göstermektedir.

Jeoistatistikte bu ağırlıklar, kestirim hatalarının ortalaması sıfır ve varyansı en küçük olacak şekilde belirlenir. Ağırlıkların bu koşullar altında belirlenmesi işleme Krigleme adı verilir.

İlk koşul yansızlık koşulu olarak bilinir ve matematiksel olarak Eşitlik (7) ile ifade edilir:

$$\text{Ort}[Z(x_0)-Z^*(x_0)]=0 \quad (7)$$

Bu ifade, kestirim hatalarının ortalamasının sıfır olduğu anlamına gelmektedir. İkinci koşul;

$$\text{Var}[Z(x_0)-Z^*(x_0)] = \text{Ort}[Z(x_0)-Z^*(x_0)]^2 \quad (8)$$

ifadesinin minimize edilmesini gerektirir.

### 2.1.2.1. Krigleme Yöntemi ile Kestirimin Özellikleri

Krigleme yöntemi ile kestirim, diğer klasik yöntemlere göre daha doğru sonuçlar vermekte olup, bu yöntemin özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Ağırlıklar, yansızlık ve en küçük hata varyansı ölçütleri göz önüne alınarak oluşturulan doğrusal denklemler sisteminin çözümünden elde edilir.
- Doğrusal denklem sisteminin katsayılarını, variogram fonksiyonunun değerleri oluşturur.
- Ağırlıklar keyfi kurallara göre belirlenmez.
- Veriler sistemli ve objektif bir şekilde önceden analiz edilir ve bu analiz sonucunda variogram fonksiyonu belirlenir.
- Variogram fonksiyonu daha sonra ağırlıkların belirlenmesinde kullanılır.
- Krigleme varyansı aracılığıyla kestirim hatasının büyüklüğü değerlendirilir.

### Krigleme Varyansı:

Verilerin gerçek değerlerine bağlı değildir. Daha çok veri sayısının ve veriler arasındaki uzaklığın bir fonksiyonudur. Bu özelliğinden dolayı, gerçekte sondaj yapılmadan önce olası lokasyonları test edip, bunlar arasından optimum olanları belirlemek amacıyla kullanılabilir.

#### **2.1.2.2. Krigleme Yöntemi ile Variogram Modelinin Çapraz Doğrulaması**

Yapılan variogram analizi sonucunda elde edilen modellerin doğruluğu ve geçerliliği çapraz doğrulama ile gerçekleştirilir. Çapraz doğrulamayla, variogram modellemesinin sahadaki verinin gerçek dağılım yapısını ne derece iyi yansıttığı belirlenir. Kısaca bu bir uyumluluk testidir.

Doğrulama esnasında gerçek variogram fonksiyonuna ilişkin bir model ve bu modele ilişkin parametreler seçilir. Daha sonra veri setinden bir örnek uzaklaştırılır ve bu lokasyondaki değer, seçilen variogram modeli ve geri kalan veriler kullanılarak yeniden kestirilir. [8]

Kestirim yapılan lokasyonda gerçek değerle kestirilen değer arasındaki fark (kestirim hatası) hesaplanır. Bu işlem veri içeren diğer bütün lokasyonlar ve aday variogram modelleri için tekrar edilir ve kestirim hatalarının istatistiğine bakılır. Bu istatistiklere ilişkin arzu edilen kriterleri sağlayan variogram model ve parametreleri gerekli model ve parametrelerdir. [8]

Mükemmel bir uyum için kestirim hatalarının dağılımı, sıfır ortalama ve en az varyansla simetrik olmalıdır. Bu durum matematiksel olarak Eşitlik (9)'da gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Ort}[Z(x_i)-Z^*(x_i)] &= 0 \\ \text{Ort}[Z(x_i)-Z^*(x_i)]^2 &= \min \end{aligned} \quad (9)$$

Koşullu yansız kestirimler için gerçek değerlerin kestirilen değerler üzerindeki doğrusal regresyonu orijinden geçen 45 derece eğimli bir doğru vermelidir. Bu koşullu yansızlık olarak bilinir.

Eşitlik (10)'da gösterilen matematiksel ifadedeki gibi, kestirim hatalarının kareler ortalaması, krigleme varyanslarının ortalamasına eşit ya da yakın olmalıdır.



$$Ort[z(x_i) - z^*(x_i)]^2 \cong \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_K^2(x_i) \quad (10)$$

### **2.1.3. Kaynak Kestiriminde Temel İşlemler**

#### **2.1.3.1. Veri Tabanı Oluşturma**

Jeolojik veriler (litoloji, cevherleşme, alterasyon, tektonik yapı), jeofiziksel veriler, jeokimyasal veriler, sondaj verileri, karot analiz değerleri, yoğunluk, kayaç kalitesi gibi verilerin hepsi veri tabanının oluşturulmasında kullanılır.

Toplanan verilerin elektronik bir ortamda kayıt edilmesi ve saklanması sonrasında oluşturulan veri tabanının doğruluğunun sınanması da gerekmektedir.

Bu aşamada yapılacak olan çalışmalarla;

- Veri dağılımı,
- Gerekli olması halinde dönüşüm yapılması,
- Dönüştürülmüş verilerin dağılımının normal dağılıma uygunluğunun araştırılması yapılır.

#### **2.1.3.2. Jeolojik Yorum ve Modelleme**

##### **2.1.3.2.1. Jeolojik Veriler ve Yorumlar**

Litoloji, mineralojik zonlar, yapısal geometri, alterasyon v.b. topoğrafik veriler, yoğunluk, örneklenmiş bütün lokasyonların koordinatları, örneklerin analiz değerleri yorumlanarak veri tabanı üzerine uygulanmalıdır. Bu yorumlamaların ardından cevher yatağındaki farklı yönlerden kesitler alınmalıdır.

##### **2.1.3.2.2. Jeolojik Katı Model Oluşturma**

Kesitlerin alınmasının ardından cevher sınırının belirlenmesi ve katı modelin oluşturulması gerekmektedir. Jeolojik katı model oluşturulduktan sonra bilgisayarda üç boyutlu olarak görselleştirilmelidir.

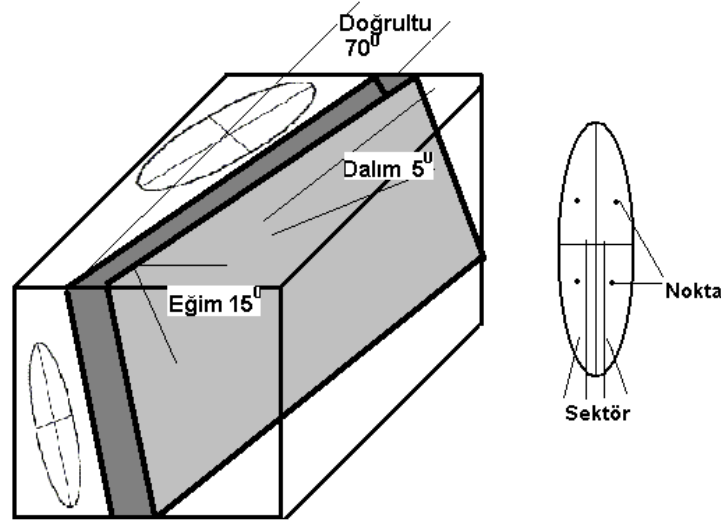
Bölgeye ait jeolojik haritaların, sondaj loglarının ve kesitlerin incelenmesi sonucunda, cevher yatağının sınırlarını gösteren katı model elde edilir. Jeostatistiksel yöntemler interpolasyon teknikleri olduklarından dolayı, değer ataması yapılacak hacmin, bir diğer değişle çalışılan uzayın, sınırlarının belli

olması gerekmektedir. Katı model bu sınırları vermesi açısından önemlidir. Katı modelin doğruluğu, elde edilecek kestirim sonuçlarının güvenilirliği ile bire bir ilgilidir. [9]

#### Araştırma Elipsoidinin Elde Edilmesi:

Araştırma elipsoidinin geometrisini denetleyen parametreler, Şekil 7’de gösterildiği şekliyle elipsoidin doğrultusu, dalımı, eğimi, uzunluğu, genişliği ve yüksekliği olmakla birlikte, değer atama aşamasında kullanılması açısından elipsoidin ayrıldığı sektörler ve sektörlerde kestirim amaçlı kullanılacak nokta sayıları da tayinde kullanılan değişkenlerdir.

Elipsoidin doğrultusu, dalımı ve eğimi katı modelden elde edilen, cevher yatağının geometrisine benzetilerek elde etmek faydalı olacaktır. Bu durum katı modeldeki doluluk oranının artmasına sebebiyet verecektir.



Şekil 7. Elipsoid

Elipsoidin genişlik, uzunluk ve yükseklik parametrelerine ait sınırlar dikey ve yatay yönde elde edilen yarı variogram fonksiyonlarından elde edilir. Bu parametrelerin aldığı farklı değerler için modeller yapılarak kestirim problemleri çözülür. Her bir kestirim probleminden elde edilen sonuçlar, model ile gerçek veriler arasındaki ilişkilerin araştırılması ile değerlendirilir. Araştırma işlemi, çapraz doğrulama çalışmaları ile yapılabileceği gibi ortalama bağıl hata parametreleri ile de değerlendirilir.

Araştırma sonucunda;

- Katı modeli en iyi dolduran,
- En az hata ile çalışan araştırma elipsoidin boyutları tayin edilir.

### Madencilik ve Ekonomik Parametreler:

Jeoteknik, tenör kontrolü, metalürjik, çevresel ve ekonomik değişkenlere bağlı olarak maden işletme ve cevher hazırlama yöntemlerine ilişkin parametreler yatırım kararını etkileyen önemli parametrelerdir.

Proje ekonomisini etkileyen faktörler (cevher fiyatı, maliyetler vs.) güncel ve genel kabul görmüş endüstri uygulamaları ve tecrübelerden faydalanılarak belirlenir.

Cevherleşmenin sürekliliği, kazı yöntemleri, şevler, selektif madencilik, en düşük kazı genişliği, seyrelme, üretim miktarına ilişkin varsayımlar mutlaka belirlenmelidir.

Sınır tenörler uzun dönemli maden fiyatlarına, tesis kazanım oranına, maden işletme ve cevher hazırlama ile ilgili maliyetlere göre belirlenir.

### **2.1.3.3. Üç Boyutlu Blok Modelleme**

Cevherli zonların boyutları, dağılımı, geometrisi ve umulan maden işletme yöntemi ve kazı ekipmanının büyüklüğü ve tipine uygun bir modelleme tekniğinin belirlenmesi gerekmektedir.

Farklı uzunlukta alınmış örnek tenörlerinin eşit uzunluktaki örnek değerlerine dönüştürülmesine kompozitleştirme denir.

Blok boyutu, seçimli madencilik, sondaj yoğunluğu, umulan tenör kontrol yöntemi gibi parametrelere uygun olmalıdır.

### Blok Boyutlarının Belirlenmesi:

Bu aşama, uygulanacak madencilik yöntemine bağlı olarak değerlendirilir. Katı modeldeki doluluğunun artırılması için model kenarlarındaki blok boyutlarının optimizasyonu gerekebilir.

### Değer Atama:

Krigleme tekniği kullanılarak her bir bloğa sahada incelenilen değişkenin değeri atanır. Katı model hacmi / blok hacminden elde edilecek blok sayısı kadar değer atama işlemi bu çalışmanın sonucunda elde edilmiş olunur.

### Harita:

Her bir bloğun sahip olduğu tenör içeriği değeri ile birlikte lokasyonu ve büyüklüğünü gösteren harita çizilerek cevher yatağının 3B jeoistatistiksel değerlendirilmesi yapılır.

#### Veri Yoğunluğu:

Verinin cevherleşmeyi temsil derecesi ve yeterliliğine bakılır.

#### Verilerin Kayıt Edilmesi, Analizi Ve Saklanması:

Örnekleme, örnek hazırlama, analiz yöntemleri ve bunların doğruluğunun sınanmasına ilişkin yöntemlerdir.

#### Veri Analizi:

Verilerin özet istatistikleri, değişkenler (tenör, kalınlık) arasındaki ilişkiler, bunların uzaklığa bağlı değişkenliğinin modellenmesi, homojen cevherleşme zonlarının tanımlanması (domaining), aykırı değerlerin analizi gibi işlemlerdir.

#### Variogram Analizi:

Tenörün üç boyutta uzaklığa bağlı değişkenliğinin modellenmesi, kısa mesafedeki değişimlerin derecesi, bir örneğin etkili olduğu uzaklık ve anizotropi gibi parametreler bu aşamada incelenir.

#### Örnek Büyüklüğü:

Kaynak kestirimi eşit uzunluklu örnekler (kompozitler) ile yapılır. Kaynak kestiriminde farklı büyüklükteki örnekler, farklı istatistiksel sonuçlara yol açar. Eşit (kompozit) uzunluğun seçimi verilere ve yatağa (basamak yüksekliğine, ortalama örnek uzunluğuna, damar kalınlığına) bağlıdır.

#### Ekonomik Parametreler:

Bu aşamada öncelikle sınır tenörün saptanması gerekmektedir. Sınır tenörünün saptanmasında etkili faktörler sahanın lokasyonu, büyüklüğü, varsayılan maden işletme yöntemi, cevher hazırlama yöntemi, maliyetler ve uzun dönemli maden fiyatlarıdır.

Sınır tenöründen sonra blok boyutları ve açılarının da belirlenmesi gereklidir. Burada etkili olan faktörler ise işletme yöntemi (açık ocak, yeraltı), yatak geometrisi ve tenör dağılımıdır.

#### **2.1.3.4. Kestirim**

Blok tenörlerinin kestirimi için aşağıdaki yöntemler uygulanır. Bunlar:

- Çokgen
- Uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma
- Krigleme teknikleri
- Jeostatistiksel simülasyondur.

Bu tekniklerinin hangisinin uygulanacağına karar vermek için yatağın jeolojisi, tenör dağılımı ve yüksek tenörlü değerlerin varlığını bilmek gerekmektedir.

##### **2.1.3.4.1. Kaynak Modelinin Doğruluğunun Sınanması**

Kaynak model, birincil verilerle tutarlı olmalıdır. Blok modelin plan ve kesitler üzerinde kompozit verilerle karşılaştırılması, blok ve kompozit ortalamalarının karşılaştırılması, blok model ve kompozitlere ilişkin eğilim analizlerinin yapılması gerekmektedir.

### 3. SAHALARIN TARİHÇESİ, KONUMU VE ÖZELLİKLERİ

#### 3.1. BLİ Kuruluş Tarihiçesi

Bursa Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü'nün (BLİ) tarihçesi 1979 yılına yani devletleştirmenin yapıldığı zamanlara dayanmaktadır.

Madenlerin Devletleştirilmesi ile ilgili 2172 sayılı yasanın yürürlüğe girmesi sonucu 01.01.1979 tarihinden itibaren faaliyete geçmek üzere "TKİ, Sınırlı Sorumlu Orhaneli Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü" kurulmuş, 10.01.1979 tarihinde tescili yapılmış ve buna ait karar 22.01.1979 gün ve 67 sayılı Ticaret Sicil Gazetesinde yayımlanarak tüzel kişilik kazanmıştır.

Müessesenin unvanı 13.09.1979 tarihinde "Marmara Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü" olarak değiştirilmiştir. Önceleri Orhaneli, Keles ve Saray sahalarında faaliyet gösteren Müesseseye, 01.09.1982 tarihinden itibaren Çan Linyitleri İşletmesi de bağlanmıştır. Söz konusu işletme 01.07.1990 tarihinden itibaren "Çan Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü" adını alarak Bursa Müessesesinden ayrılmış ve TKİ Genel Müdürlüğüne bağlı olarak faaliyetlerini sürdürmüştür.

Daha sonra MLİ Müessese Müdürlüğü'nün tüzel kişiliği 30.06.1994 tarihi itibarıyla kaldırılmış ve 01.07.1994 tarihinden geçerli olmak üzere Bursa Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü adıyla faaliyetlerine devam etmiştir.

Saray Linyitleri İşletmesi Başmühendisliği de bu tarih itibarıyla Trakya Linyitleri İşletmesi Başmühendisliğine dönüştürülerek doğrudan TKİ'ye bağlanmıştır.

Önceleri adı Keles Bölge Müdürlüğü olan Keles İşletmesi daha sonra Başmühendislik olarak faaliyetlerini sürdürmüş, 30.06.2004 tarihinde MLİ Müdürlüğü'nün kapatılması nedeniyle Orhaneli'nde oluşan Bursa Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü'ne Başmühendislik olarak bağlanmıştır.

TKİ Yönetim Kurulunun 28.08.1995 tarih ve 3501/315 sayılı kararıyla MLİ olan ismi, Bursa Linyitleri İşletmesi Bölge Müdürlüğü olarak değiştirilmiştir. [10]

Seyitömer Linyitleri İşletmesi (SLİ) Müessese Müdürlüğü'nün oluşturulmasıyla birlikte BLİ Müdürlüğü 01.04.2004 tarihinde SLİ Müessese Müdürlüğü'ne, 01.09.2012 tarihinde de Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü'ne (GLİ) bağlanmıştır. [10]



Orhaneli ilçesi Karıncalı Beldesinde Kurulu bulunan 1 x 210 MW gücündeki EÜAŞ Orhaneli Termik Santralının ihtiyacı olan linyit kömürlerinin üretiminin gerçekleştirilmesi ve konuyla ilgili diğer faaliyetlerin sürdürülmesi amacı ile kurulan BLİ Müdürlüğü, İR-2404 (Sicil No:79528) No'lu ruhsat sahasında (Şekil 9) toplam 9.132 hektarlık sahada faaliyetlerini sürdürmektedir. [10]



**Şekil 9.** Orhaneli İR:2404 no'lu ruhsat sahasının uydu görünümü

İşletme faaliyetlerinin yer aldığı bölgeler oldukça yüksek tepelerle çevrili olup, ortalama yükseklik 600 m kadardır. Bölgedeki başlıca yükseklikler İğde Tepe (722 m), Dikmen Tepe (794 m), Burçaktı Tepe (755 m) ve Yörüklerin Dövüştüğü Tepe (808 m)'dir. [11]

Yöredeki yükseltileri jeolojik formasyonlar olarak genellikle kireçtaşları ile ofiolitler oluştururlar. Arada kalan çöküntü alanlarını ise neojen yaşlı göl sel formasyonlar kaplar. [11]

Bölgenin iklimi ılımandır. Ortalama yıllık sıcaklık 13 °C- 14 °C dir. En sıcak ay Temmuz (ortalama +30°C), en soğuk ay ise Ocak (ortalama -6°C)'tir. Neojen formasyonların bulunduğu yerlerde tarım yapılmaktadır. Diğer kesimleri ise ormanlarla kaplıdır.

Çevre halkı geçimini madencilik, tarım ve hayvancılıkla sağlamaktadır.



Gümüşpınar Bölümünde bildirilen 23.000.000 ton civarında kömür bulunmakta olup bu kömürler ortalama 2300-2600 kCal/kg alt ısı değerine sahip bulunmaktadır. BL'nin mevcut faaliyetleri halen Gümüşpınar sektöründe sürdürülmektedir. [11]

Gümüşpınar sektöründeki açık ocak kömür üretimi, 1979 yılında başlamıştır. Sektörde bugüne kadar 4 önemli şev kayması oluşmuştur.

Bu kaymalar sırasıyla; 2004 tarihinde ocağın doğu tarafında, 2006 yılı sonunda güney şevinde (Dikmen Tepe), 2009 ve 2012 yıllarında ise yine doğu şevinde oluşmuştur.

2006 yılı sonunda Dikmen Tepe'de meydana gelen büyük şev kaymasına ait fotoğraf, Şekil 10'da gösterilmiştir.



**Şekil 10.** Gümüşpınar'da 2006 sonunda meydana gelen şev kayması [12]

2004 tarihli şev kaymasında kayan malzeme dekapaj çalışmaları ile alınmış, basamaklar yeniden oluşturulmuştur. Fakat Gümüşpınar köyünün heyelan tehdidinde kalmaması için köyün batısında kalan bölgede topuk bırakılarak oradaki kömür alınmamıştır.

Şu an itibarı ile çekme kepçenin (dragline) konumlandığı 410 m kotu üzerindeki 3 basamakta, basamak genişlikleri fazla tutularak şev açısı azaltılmış yani kayma riskini ortadan kaldıracak doğal bir topuk bırakılmıştır. [13]

Tez çalışmasına konu olan ve Şekil 11’de gösterilen Sağırlar ve Çivili sahalarına ait konum haritasına göre, iki saha arasında kuşbakışı yaklaşık 2 km’lik bir mesafe bulunmaktadır.



Şekil 11. Sağırlar ve Çivili sahalarının uydu görünümü

Sağırlar (Altıntaş) Bölümü; Yürücekler yol ayrımından Gümüşpınar - Dündar istikametinde yaklaşık olarak 12 km uzaklıkta bulunmaktadır. Bu yol Gümüşpınar köyünden itibaren asfalt olup, her mevsim ulaşımına açıktır. Havzanın rakımı 550 m dolayındadır.

Çivili Bölümü; Yürücekler yol ayrımından Gümüşpınar - Yenidanişment istikametinde 10 km Yenidanişment’ten itibaren 2 km olmak üzere toplam 12 km uzaklıkta olup, Şekil 20’de konum haritası gösterilmiştir. Çivili ulaşım yolu da asfalt olup, her mevsim ulaşımına açıktır. Havzanın rakımı 600 m dolayındadır.

Bugüne kadar Çivili sahasında herhangi bir faaliyette bulunulmamıştır. Bu tez çalışması ile sahanın kömür kaynağı kestirilmiştir.

2014 sonu itibariyle BLİ’de toplam 462 kadrolu personel bulunmaktadır. Bunların 318 kişisi işçi statüsünde olup, kalan 144 kişi ise sözleşmeli ve memur statüsünde çalışmaktadır [10]. Özelleştirmeden dolayı kalan personel diğer kamu kurumlarına nakledilmektedir.

Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) tarafından işletilmekte iken 17 Aralık 2014'te Özelleştirme İdaresi Başkanlığı'nın yaptığı ihale ile özelleştirilen santral, 210 MW kurulu gücü ile Türkiye'nin 60. Bursa'nın ise 4. büyük enerji santralidir. Tesis ayrıca Türkiye'nin 5. büyük Linyit Termik Santrali'dir.

Karıncalı Beldesinde bulunan Orhaneli Termik Santrali, ortalama 970 milyon kilowatt saat elektrik üretimi ile yaklaşık 300 bin kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu tüm elektrik enerjisini karşılamaktadır. Santral, sadece konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise 312.348 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılama kapasitesine sahiptir. [14]

#### Orhaneli Termik Santrali Teknik Bilgileri:

Santralin Yeri	: Bursa, Orhaneli, Karıncalı Beldesi
Kurulu Güç	: 210 MW
Üretim Kapasitesi	: 1.365 GW/yıl
Yıllık Elektrik Üretimi	: ~ 970 GW/yıl

### **3.3. Çalışma Sistemi**

25 m<sup>3</sup> kepçe kapasiteli dragline ile 10 yd<sup>3</sup> (7,6 m<sup>3</sup>) ve Şekil 12'de fotoğrafı gösterilen 15 yd<sup>3</sup> (11,5 m<sup>3</sup>) kepçe kapasiteli ekskavatörler ve ayrıca 85 short ton (77 ton) taşıma kapasiteli toprak kamyonlarından yararlanılmaktadır.



**Şekil 12.** BLİ Gümüşpınar açık ocak linyit sahası [15]

İşletmedeki linyit kömürü üretimi "açık işletme" yöntemiyle yapılmaktadır. Açık işletme yöntemi, dekapaj ve kömür kazı - nakliye olmak üzere iki aşamada gerçekleşen bir madencilik sistemidir. [16]

Dekapaj; açık işletme projesine göre maden yatağının üzerindeki örtü tabakasının delinip, patlatılarak gevşetilmesi, kazılması, yüklenmesi, taşınması, toprak harmanına dökülmesi, serilmesi, harman sahasının düzeltilmesi, toprak harmanı ve kademe yollarının yapımı ve bakımı gibi çeşitli çalışmaları kapsayan işlemlerin tümüdür.

İşletmedeki dekapaj faaliyetlerinde ekskavatör - kamyon sistemi ile dragline sistemi birlikte uygulanmaktadır. Kömür damarının üzerindeki örtü tabakası uygun nitelikte patlayıcı madde patlatılarak gevşetilmekte ve daha sonra 10 - 15 yd<sup>3</sup> kepçe kapasiteli ekskavatörlerle kazılarak 77 ton'luk toprak kamyonlarına yüklenmekte ve bu kamyonlar vasıtasıyla taşınarak kömürsüz alanlara dökülmektedir.

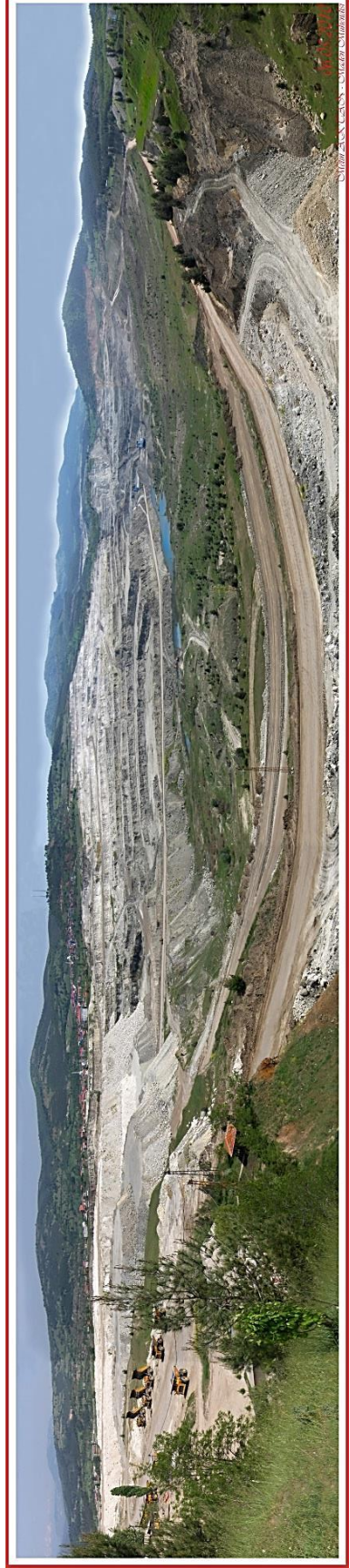
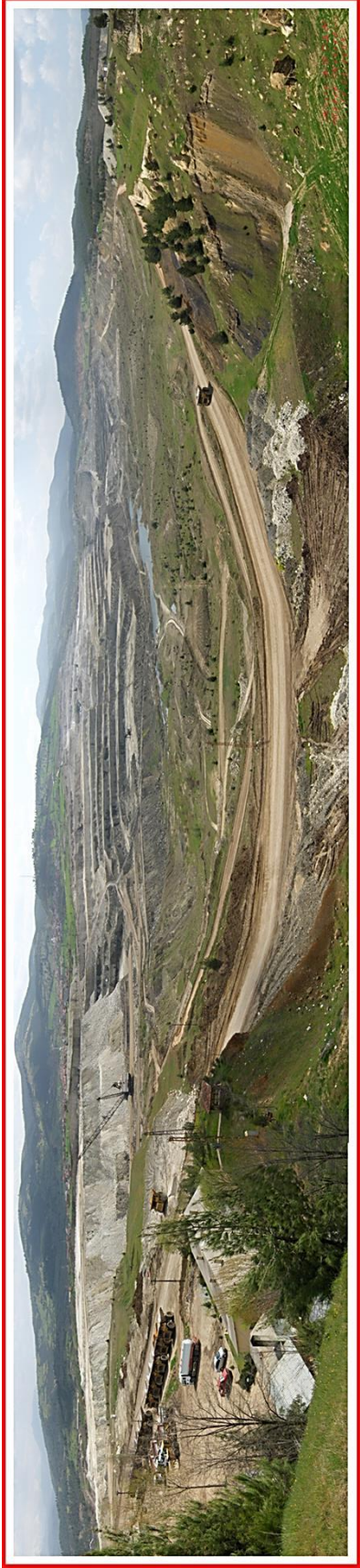
Örtü tabakası, ekskavatör+kamyon sistemiyle belirli bir kalınlığa kadar indirildikten sonra, kömür damarı üzerinde kalan bölüm dragline ile alınıp yandaki kömürü alınmış sahaya aktarılmaktadır.

Bu şekilde üzeri açılan kömür damarından, Orhaneli'nin damar yapısının özelliği nedeniyle dragline ile üretim yapılmaktadır. Dragline ile dilim üzerine alınan kömür ekskavatörler ile kamyonlara yüklenerek stok sahasına nakledilmektedir. Nakil işinde yine 77 short tonluk kamyonlardan yararlanılmaktadır.

Ocaktan İşletmeye ait kamyonlara yüklenen kömürler yaklaşık 4 km mesafedeki stok sahasına taşınmakta olup, buradan Termik Santral bunkerleri önüne stok edilmekte, buradan da santrale verilmektedir. [16]

Gümüşpınar sektöründeki kömür damarının ortalama 150 m derinliklere kadar inmesi nedeniyle, son yıllarda meydana gelen şev kaymaları çalışma sisteminin tekrar sorgulanmasına neden olmuştur. Uzun dilimler halinde dragline ile çalışmak yerine, kısa dilimlerle boşalt doldur yaparak, iç döküm yapılmasının kayma risklerini önleyeceği konusunda ortak bir görüş oluşmuştur.

Orhaneli Gümüşpınar sahasının üretimlerinin yapıldığı alanları genel olarak gösteren 2009 ve 2010 yıllarına ait panoramik fotoğrafları Şekil 13'te gösterilmiştir.

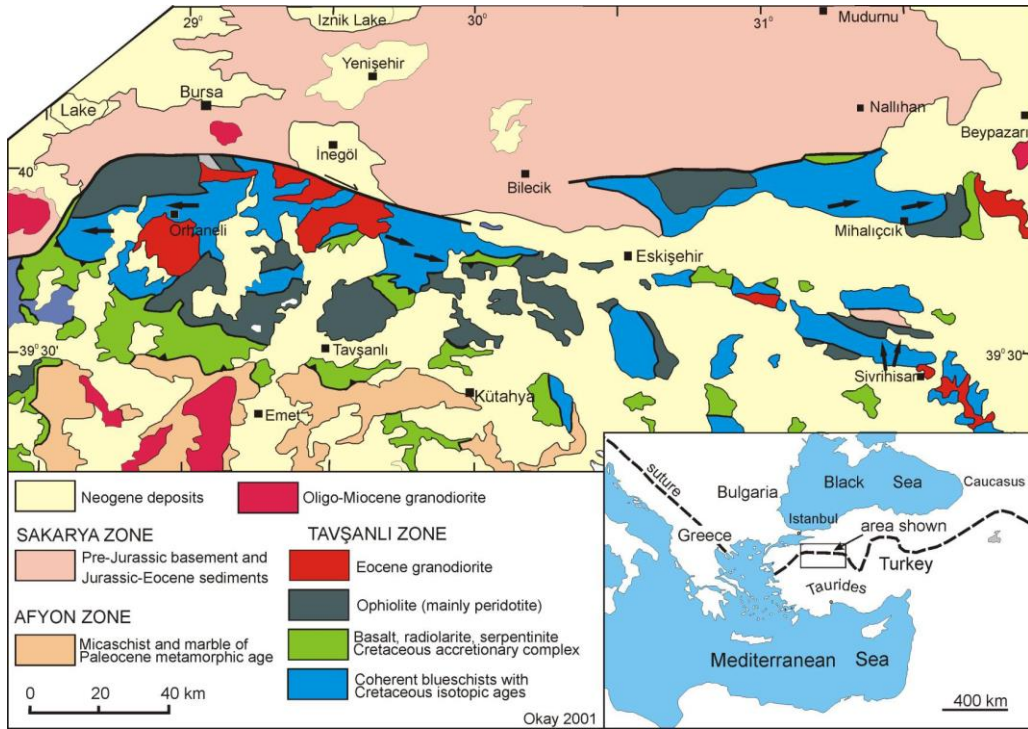


**Şekil 13.** Orhaneli Gümüşpınar sahasının 2009 ve 2010 yıllarına ait panoramik fotoğrafları [15]

### 3.4. Sahaların Jeolojisi

#### 3.4.1. Bölgenin Genel Jeolojik Durumu

Kıtasal litosfer, eski bir okyanus kapandığı zaman iki kıtanın çarpışması ile oluşur. Havzada bu eski iki kıtanın kayalarını birbirinden ayıran tektonik hat “kenet” (suture) olarak da adlandırılır. Batı Anadolu’da Tetis okyanusunun kaybolduğu tektonik hat İzmir-Ankara kenedi olarak bilinir. Kuzeybatı Anadolu’da İzmir-Ankara kenedi, Sakarya Zonu’nu Tavşanlı Zonu’ndan ayıran tektonik çizgidir. Bursa ili güneyinde yani Orhaneli tarafında bu çizgi Neojen çökellerini de kesen Miyosen’den sonra da aktivitesini sürdürmüş doğrultu atımlı bir fay tarafından temsil edilmekte olup, bu durum Şekil 14’deki jeolojik zon haritasından da görülmektedir. [17]



Şekil 14. Orhaneli havzasının jeolojik zonu [17]

Havzadaki detay jeolojik etüdlere 1960-1975 yılları arasında MTA Enstitüsü tarafından yapılmıştır. 1975 yılında sondajlar tamamlanarak 1/25.000 ölçekli jeoloji haritaları hazırlanmış, stratigrafisi ve tektoniği aydınlatılmıştır. 1979-1984 yıllarında B.L.İ Müessese Müdürlüğüne havzada 96 adet araştırma ve geliştirme sondajı daha yapılmıştır. [11]

Bursa Orhaneli (Gümüşpınar, Sağırlar ve çivili) havzasında daha önce yapılan yer üstü ve yer altı etütleriyle, varlığı tespit edilen kömür yatağında bir fizibilite çalışmasının gerektirdiği verileri sağlamak amacıyla MTA Enstitüsü tarafından 1968-1969-1970 yıllarında yapılan ve toplam uzunluğu 14.462,16 m olan 93 adet sondaja ilave olarak toplam uzunluğu 13.690,80 m olan 98 adet sondaj yapılmıştır.

Sondajlı aramalar, 1/3000 ölçekli detay jeoloji haritası çalışmaları, hidrojeolojik araştırmalar ve laboratuvar çalışmaları şeklinde yürütülen bu yeni çalışmaların esas ağırlığını sondajlı aramalar meydana getirmiştir. [18]

Orhaneli havzasının geneli için yeni sondaj çalışmalarının bittiği bilgisi alınmasına rağmen, henüz standartlara uygun şekilde raporlanmadıklarından dolayı, bu çalışmada yeni sondaj verilerine yer verilmemiştir.

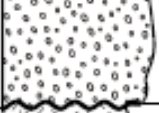


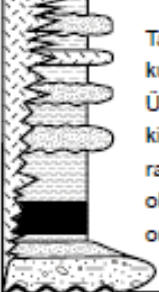

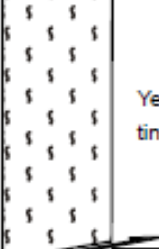
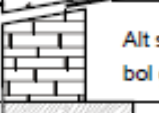

Sondaj yoğunluğu Sağırlar'da 47 adet/km<sup>2</sup>, çivili'de ise 5 adet/km<sup>2</sup>'dir. [6]

Gümüşpınar ve Sağırlar sektörlerinde tek damar oluşumu gözlenirken çivili sektöründe bazı sondajlarda tek damar, bazı sondajlarda ise birkaç damara rastlanmaktadır. Bunun kme nedeni ile oluştuğu anlaşılmaktadır. Daha geniş bir ifadeyle havza temelinin bu bölümlerde genelde daha duyarsız olduğuna ve daha süratle çökmüş olduğuna işaret etmektedir. Havza kömürleri limnik (gölsel) havza tipine uygun bir ortamda çökelmiştir. Katman eğimleri Gümüşpınar ve Sağırlar sektörlerinde 6°-10° arasında değişir. Çivili sektöründe ise 7°-15° arasındadır. Katman doğrultuları ise her üç sektörde de KD-GB yönündedir. [10]

Faylar basamak faylar şeklinde gelişmiş olup atımları 10-50 m arasında değişir. Fay eğimleri 55° - 65° arasındadır. Yaşları Miyosen sonu olarak düşünülmüştür. Havzada orojenik hareketler sonucu oluşmuş kıvrımlar azdır. Sağırlar bölümünde açık ocak sahalarında ortalama örtü kalınlığı 61 metre ve çivili bölümünde ise 50 metredir. Örtü tabakasının yoğunluğu 2,4 ton/m<sup>3</sup>tür. Kömür damarı orijinal halde sert, koyu kahve mat renklidir. İçinde gözle görülebilen yabancı maddeler; az miktarda mollusk kavkıları ve bazı seviyelerde yoğun bir şekilde gözlenen pirit taneleridir. Damar, tavan kısmında daha masif tabanda ise daha ara kesmelidir. Damarın ortalama eğimi 10°, yoğunluğu ise 1,4 ton/m<sup>3</sup>tür. [19]

### 3.4.1.1. Stratigrafi

Orhaneli havzasının Gümüşpınar, Sağırlar ve Çivili sektörleri dâhil olmak üzere hazırlanmış genel stratigrafik istifi Şekil 15'te gösterilmiştir.

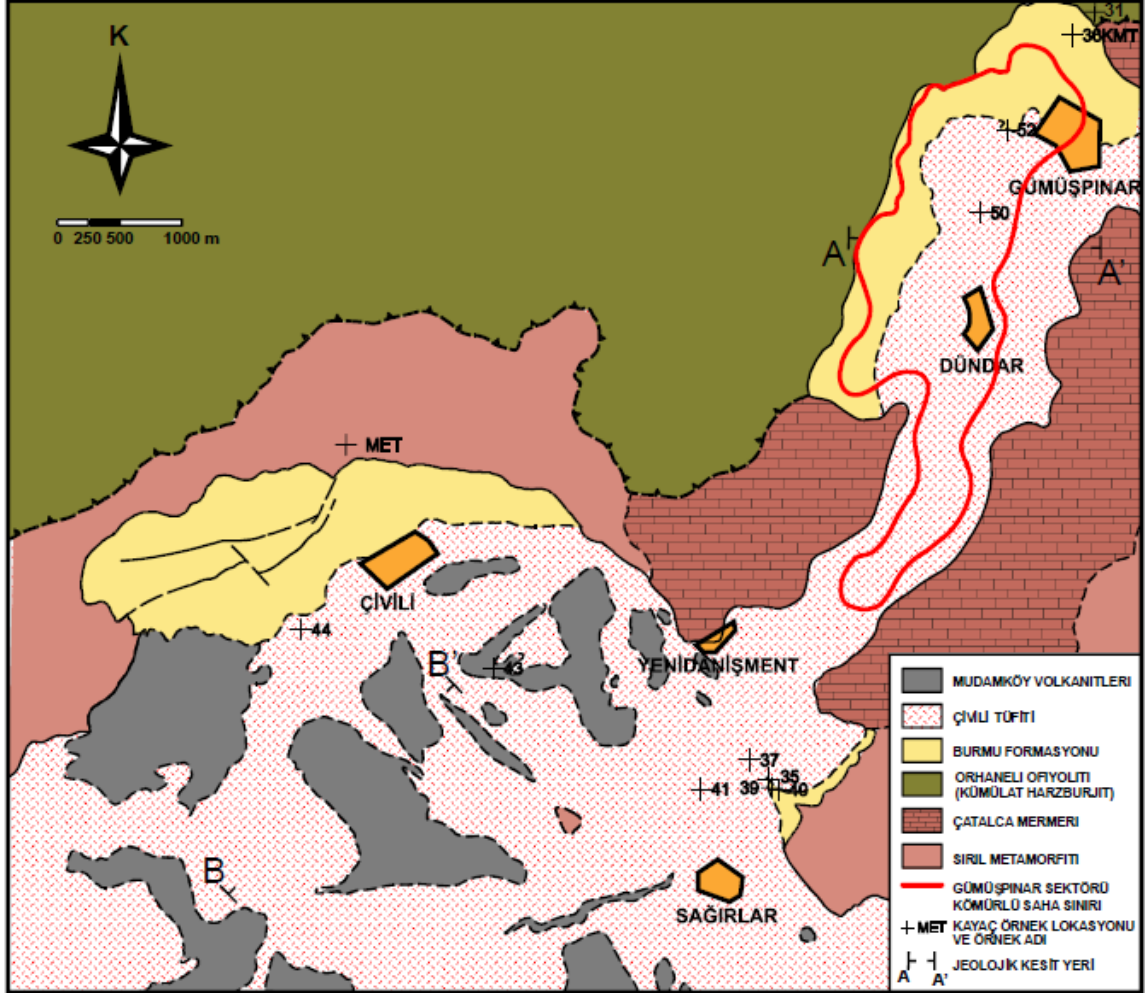
Üst Sistem	Sistem	Seri	Formasyon	Kalınlık	Litoloji	Açıklamalar
	KUV.		Alüvyon	10-15 m		Pekişmemiş kil, kum, silt, çakıl ve bloklardan oluşur. Uyumsuzluk
SENOZOYİK	TERSİYER	PLİYOSEN	Mudamköy volkanitleri			Dasit, riyodasit, bazalt ve andezit.
			Çivili Tüfiti	20-60 m		Beyaz - açık sarı renkli, belirgin katmanlı, iyi pekişmiş yer yer yeniden kristallenmiş tüfit.
		MİYOSEN	Burmu Formasyonu	50 - 150 m		Taban konglomerası üzerine kumtaşı - kömür seviyesi gelir. Üste doğru, kumtaşı, çakıltaşı, mam, tuf ve konglomematik kumtaşı ardalanmasından oluşmuş oldukça kalın ve ince orta tabakalı göl sedimanları.
						Uyumsuzluk
MESOZOYİK		Ü.KRETASE	Orhaneli Ofiyoliti (Kümülat - Harzburjit)			Yeşil, koyu yeşil, yer yer serpantinleşmiş kümülat - harzburjit. Tektonik
PALEOZOYİK			Çatalca Mermeri			Alt seviyeleri çört içeren, grimsi bol çatlaklı mermer.
			Sırlı Metamorfiti			Kuvars - mika şist.

Şekil 15. Orhaneli kömür havzasının genelleştirilmiş stratigrafik istifi [19]

Linyit damarının kalınlığı Sağırlar'da 4-4,6 m arasındadır. Çivili sahası, Gümüşpınar ve Sağırlar'a göre Şekil 16'daki jeolojik haritadan da anlaşılacağı



üzere tektonizma ve volkanizmadan daha çok etkilenmiştir. Bu yüzden kömür oluşumu, volkanik etkinlik nedeniyle iki kez kesilmiştir, ortalama kalınlık 4-4,8 m arasındadır. Sert ve koyu kahverengi bozunma renkli kömür, yeni kırılmış örneklerinde siyah ve mat bir görünüme sahiptir. Linyit sondaj stampı, alttan üste doğru artan tüfit seviyeleri içeren, kalkerli marn ve marnlara geçiş göstermektedir.



[19]

Şekil 16. Bölgenin basitleştirilmiş jeoloji haritası [19]

### 3.4.1.2. Neojen Öncesi Kayaçlar

#### 3.4.1.2.1. Metamorfik Şistler

Sağırlar Köyü'nün kuzeydoğusundaki Selverler deresi doğusundaki Aşmalı dere ve Çivili Köyü'nün kuzeyinde görülür. Başlıca fillit, yeşil şist ve kuvarsitlerden oluşur. Değişik amaçlarla yapılmış rejyonel jeolojik etüdlere göre yaşları Paleozoyik kabul edilmiştir. [10]

#### **3.4.1.2.2. Mermer-Rekristalize Kireçtaşı**

Dünder köyünün doğusunda, Dünder-Yeni Danişment köyleri arasında Dikmen Tepe ve Göynükler sırtında, Yeni Danişment Köyü'nün kuzeyinde geniş alan kaplar. Genellikle gri renkli oldukça sert bünyelidir. Tabakalanmaları belirgin değildir. Bazı kısımları rekristalize kireçtaşı, bazı kısımları talkşist, bazı kısımları da beyaz renkli mermerlere geçiş gösterir. Metamorfik şistler için olduğu gibi mermerler için de Paleozoyik yaş verilmiştir. [10]

#### **3.4.1.2.3. Serpantinit (Ofiolitler)**

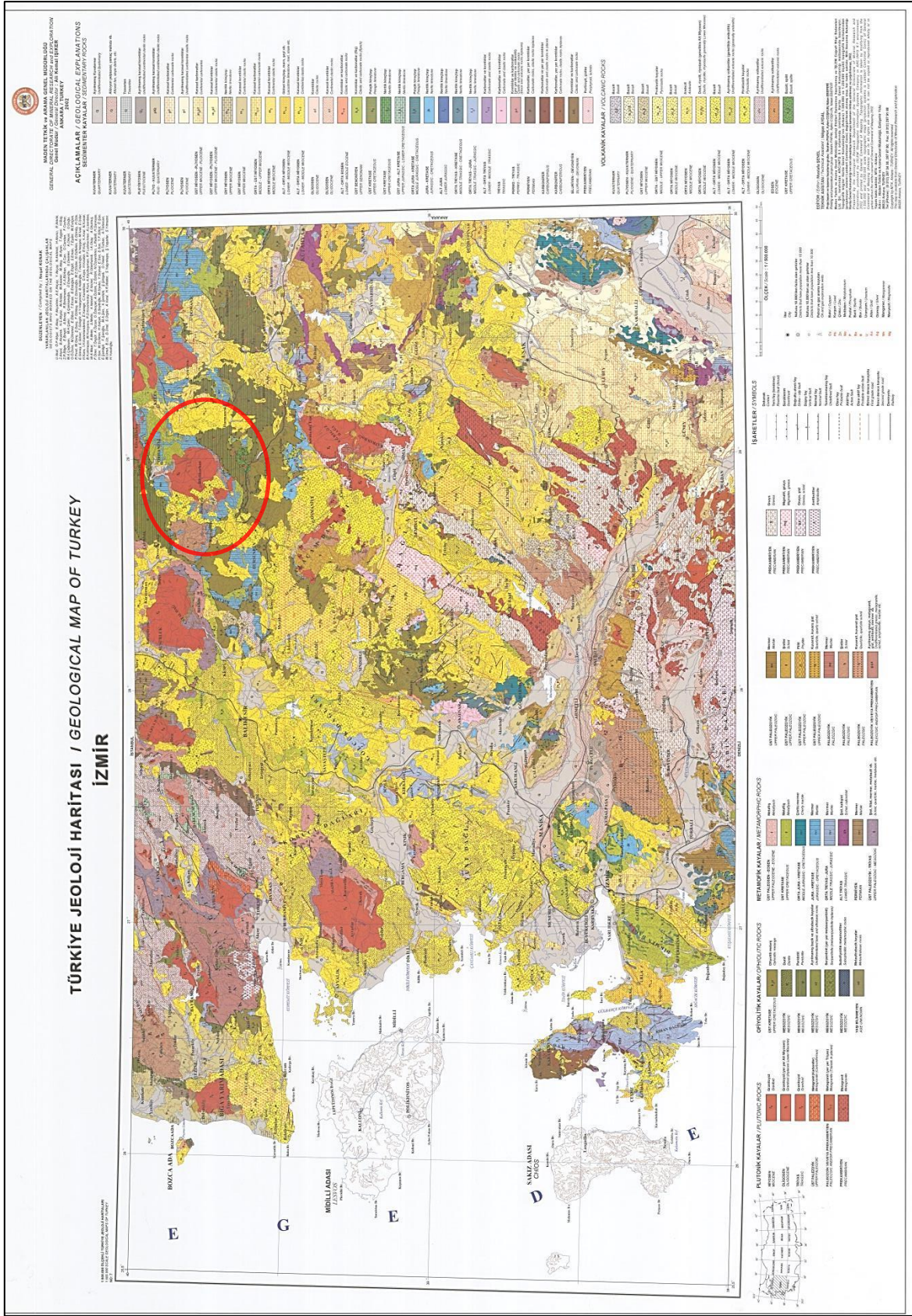
Gümüşpınar bölümünün kuzey batısında yayılım gösterir. Başlıca peridotitten oluşan ultra bazik kayaların dinamo metamorfizma ve hidrotermal etkilerle değişimi sonucunda oluşmuşlardır.

Gümüşpınar Köyü'nün kuzeydoğusunda mermerlerle olan kontaktında yapılan gözlemlerden gerek mermerlerden gerekse metamorfik şistlerden daha genç olduğu kanısına varılmış, bu nedenle Kuzeybatı Anadolu'daki benzerlerinde olduğu gibi üst Kretase yaşı verilmiştir. [6]

#### **3.4.1.3. Neojen Formasyonları**

Neojen formasyonları altta kırıntılı sedimenter kayalar üstte ise volkano-sedimenter ve volkanik kayalardan oluşan iki ayrı bölüm şeklinde ele alınabilir.

Orhaneli havzasının neojen formasyonuna göre oluştuğunu gösteren genel jeolojik harita Şekil 17'de gösterilmiştir. [6]



Şekil 17. Orhaneli kömür havzasını da içeren genel jeoloji haritası [27]

#### **3.4.1.3.1. Kırıntılı Sedimenter Kayaçlar**

Paleontolojik ve palinolojik araştırmalara göre üst Miyosen yaşlı olduğu saptanan bu kayaçlar altta konglomera-kumtaşı-çamur taşı ve killi seviyeler, üstte ise alt düzeylerinde linyit damarları içeren marn, tüfit ve ince kumtaşı bantlarından oluşur. Konglomera-Kumtaşı-Çakıl Taşı-Kil (Taban Formasyonu): Gümüşpınar bölümünün kuzeyinde Ören ve Avcı dereleri civarında en iyi şekilde gözlenir. Alt düzeylerinde çoğunlukla yuvarlak Serpantinit, hornştayn ve kireçtaşı çakıllarından oluşan kısmen killi, gevşek çimentolu konglomeralarla başlar. Daha üst kısımlara doğru killi kumtaşları, çamur taşı, killi seviyeler ve seyrek tüfit seviyeleri gelir. Farklı litolojik birimler arasında yatay ve dikey geçişlere oldukça sık rastlanır. [6]

Gerek yüzeysel etüdüler, gerekse sondajlardan sağlanan verilerle taban formasyonunun kalınlığının 2-120 m arasında değiştiği anlaşılmıştır. Özellikle Gümüşpınar bölümünün rekristalize kireçtaşlarına dayanan doğu kıyısı boyunca temel kireçtaşları ile linyit damarı arasındaki taban formasyonu kalınlığı 1-2 m ye kadar düşmektedir. Formasyonun en kalın olduğu yerler ise havza ortalarındadır. [6]

#### **3.4.1.3.2. Linyit-Marn-Tüfit**

İstiflenmenin noksansız olduğu bölümlerde taban formasyonları üzerinde orta sert marn ve gevrek tüfitlerden oluşan marn-tüfit formasyonu gelir. Bu formasyonun alt düzeylerinde ise, linyit damarları yer alır.

Linyit damarına Gümüşpınar güneyinde, Sağırlar bölümünde çoğunlukla tek bir damar halinde rastlanmasına karşın Gümüşpınar kuzeybatısında ve Çivilili bölümünde kalın bir horizon içinde çok sayıda damarcık yer almaktadır.

Bu durum genelde havza temelinin bu bölümlerde daha duraysız olduğuna ve daha süratle çökmüş olduğuna işaret etmektedir. Ancak Gümüşpınar kuzeybatısında ayrıca yüzeysel de olsa delta fasiyesinin etkili olması bu sonucu doğurmuştur. Linyit damarının tavanında yer alan kayaçlar ise çoğunlukla marn ve tüfitlerden oluşur. Bu kayaçlar arasında yer yer kumtaşı ve kil ara tabakaları bulunur.

Marn-tüfit formasyonu, Gümüşpınar bölümünde, Dünder Köyü'nün 1km güneybatısından kuzeydoğuya doğru yarım ay şeklinde uzanan kesimde, Sağırlar

bölümünde damar mostrasının bulunduğu Asmalı dere çevresinde ve Çivili Köyü batısındaki Yanlı orman deresi civarında yaygındır. Havzanın diğer kesimlerinde daha genç yaşlı volkanikler marn-tüfitlerinin üzerini örtmüştür. Formasyonun kalınlığı 50-150 m arasında değişmektedir. [6]

#### **3.4.1.3.3. Volkanik Kayaçlar**

Gümüşpınar, Dünder köyleri doğusunda, Sağırlar güneyinde, Çivili ve Yeni Danişment köyleri civarında olduğu gibi bazen de doğrudan doğruya temel kayaçların üzerini örtmektedir. Bu kayaçlar volkano-sedimenter ve lav akıntıları olarak iki bölüme ayrılabilir. [6]

#### **3.4.1.3.4. Tüfler**

Gümüşpınar, Dünder, Sağırlar köyleri civarında geniş bir alana yayılmıştır. Çoğunlukla andezitik ve dasitik volkan küllerinin su altında çökmesiyle oluşmuştur. Çivili bölümünde araya yer yer aglomeralar katılır. Kalın tabakalı, az sert ve kirli beyaz-gri renklidirler. Gümüşpınar ve Sağırlar bölümündeki kalınlıkları 30-60 m arasında olmakla beraber, Sağırlar Çivili arasında 20 metreye ulaşırlar.

#### **3.4.1.3.5. Lav Akıntıları**

Çivili bölümünde, yüksek kısımlarda izlenir. Başlıca bazalt, dasit ve andezitlerden oluşmuştur. Gümüşpınar bölümünde hiç rastlanmaz. Bu nedenle lav akıntılarının güneybatısında yer alan volkanik merkezlerden yayılmış olabileceği kanısına varılmıştır.

#### **3.4.1.4. Neojen Sonrası Çökeller**

Havzadaki neojen sonrası oluşukları olarak Pleyistosen çakılları ve vadi dolgusu alüvyonlar görülmektedir.

##### **3.4.1.4.1. Çakıllar**

Gümüşpınar bölümünde, Gümüşpınar Köyü'nün kuzey ve batısında Avcı dere ve Ören dere civarında ince yaygılar halinde görülür. Temeli oluşan kireçtaşı ve serpantinlerden türemiş, orta ebatta, yuvarlak çakıllar halindedir. Kalınlıkları 8-10 m arasında değişir.

#### **3.4.1.4.2. Alüvyonlar**

Gümüşpınar bölümündeki Koz deresi (Biçerler deresi), Sağırlar bölümündeki Asarlık deresi ve Çivili bölümündeki Akkaya deresinde görülür. Söz konusu dereler biriktirici olmaktan çok aşındırıcı bir etki yapmaktadır. Bu nedenle mevcut alüvyon dolgularının kalınlığı 4-5 metreyi geçmemektedir.

#### **3.4.2. Yapısal Jeoloji**

Orhaneli Linyit Havzası eksen doğrultuları Kuzeydoğu-Güneybatı olan başlıca iki tali kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım Gümüşpınar-Sağırlar doğrultusunda, ikinci kısım ise Çivili köyünden Güneybatıya doğru uzanan hat boyunca yerleşmiştir. İkinci tali kısım büyük olasılıkla Dünder-Yenidanişment-Gazioluk köyünü birleştiren hat (Kuzeydoğu-Güneybatı) üzerinde yer alan yüksek bir temel ile birbirinden ayrılmış durumdadır. Söz konusu yüksek temel Yenidanişment köyü ile bu köyün kuzeydoğusundaki Dikmen Tepe arasında, Sağırlar köyünün 1400 m Batı, kuzeybatısındaki Kaşak Tepe'de izlenir. Diğer kesimlerde ise tüflerle örtülü durumdadır. Bu görüşten hareketle kömür damarının teşekkülüne kaynak olan turbiyerin oluşma devresinde bu temelin çok büyük bölümünde kara halinde kaldığı su altına inmesinin ise kısmen marn-tüfit formasyonlarının çökelim devresinde olduğu ileri sürülebilir. [20]

Gerek linyit damarının ve gerekse damar tavanındaki marn-tüfit formasyonun tabaka eğim ve doğrultuları da yukarıda belirtilen ana eksen (Kuzeydoğu-Güneybatı) doğrultusuna büyük oranda uyum gösterir. Daha sonraki tektonik hareketlerin sebep olduğu değişiklikler ise oldukça sınırlıdır. [20]

Havzada temel kayaları metamorfik şistler, mermerler ve ofiolitler oluşturmaktadır. Metamorfik şistler genellikle kuvarsşist, yeşilşist ve fillitlerdir. Mermerler yer yer kristalize kireçtaşı şeklinde olup gri-mavi renklidir. [21]

Miyosen çökelleri temel üzerinde transgresif olarak gelen konglomeralar ile başlar. Temel kayalara ait parçalardan oluşan tanelerin boyları yukarı doğru küçülür. Çimentolanma genellikle gevşek olup 5-60 m arasında değişen kalınlığı havzanın ortalarında 120 m'ye ulaşmaktadır. Konglomera üzerinde linyitli marn ve tüf birimi yer almaktadır. Marnlar açık yeşil renkli, kiltası arakatlı olup yapraklanma göstermektedir. Üzerinde yer alan linyit kahverengi-siyah, orta-kalm katmanlı, yer

yer şisti yapılı olup kalınlığı 2-17 m arasında değişen zon içerisindedir. Linyitin damar kalınlığı 6-8 m olup ısıl değeri 2000-5000 kCal/kg arasında değişmektedir. Havzadaki kömürlerin ortalama vitrinit yansıma değeri 0.39 (%Rm) dur. Linyit damarı üzerinde 5-30 m arasında değişen bir kalınlığa sahip marn, kıltaşı ar dalanması yer almaktadır. Kıltaşları sarı-bej renkli, orta-kalın katmanlı, blok yarılmalı ve gastropod fosillidir. Hemen zerine 10-35 m kalınlıkta kumtaşı, çakıltaşı ar dalanması gelmektedir. Kumtaşları sarı-yeşil renkli, sert, pekişmiş, düzgün katmanlı çakıltaşı düzeyleri ile ar dalanmalıdır. [21]

Havzada Pliyosen çökellerini 10-40 m arasında değişen kalınlıklara sahip olan tf ve tüfitler oluşturmaktadır. Tüfler beyaz-sarı renkli, bol mikalıdır. Kuvaterner kelleri tüm birimleri örtmektedir. [21]

Orhaneli Bölgesinde yer alan Neojen havzalarında ekonomik kömür oluşumunu gerçekleştiren kömürleşme süreçleri Miyosen'de tamamlanmıştır. Kömür havzaları aynı yaşlarda olmalarına rağmen havzalarda kömür çökelimi birbirinden bağımsız olarak gelişmiştir. Bölgede oldukça geniş alanlarda yayılım gösteren Neojen kellerinin önemli bir bölümü aşındığından kömürün yayılımı da sınırlı kalmıştır. Vitrinit yansıma değerlerine göre kömürler, alt bitümlü kömür (ASTM) ve kahverengi kömür (DİN) sınıflamasına girmektedir. [21]

#### **3.4.2.1. Tabaka Doğrultu ve Eğimleri**

Gümüşpınar bölümünde, linyit damarının doğrultusu çoğunlukla Kuzeydoğu-Gneybatıdır. Bu doğrultu Dündar Köyü'nün güneyinde mevcut fayların etkisiyle Kuzey-Güney ve Kuzeybatıya dönmüştür. Damar eğimleri ise 6°-10° arasında değişir. Sadece Dündar Köyü'nün batısında ve güneybatısında eğim değeri 22° ye çıkar. Eğim istikameti havza batı kıyısında, Gümüşpınar ve Dündar köyleri civarında geçen havza eksenine kadar olan kesimde doğu ve güneydoğuya doğrudur. Çok yereysel bir terslenme daha önceki blmlerde açıklanan yüksek temel eşiğinin Dündar Köyü istikametine dalan ucu civarındadır. Havza ekseninin kalan çok dar bir bölgede ise, eğim yine terslenmiş olup batı ve kuzeybatıya doğrudur. Sağırlar Bölümü'ndeki damar doğrultuları yine Kuzeydoğu-Güneybatı istikametine uyum göstermekle beraber doğrultu değişimleri Gümüşpınar Bölümü'ne oranla daha fazladır. Bu değişimler faylar dolayısıyla olduğu kadar, Sağırlar Köyü'nün yer aldığı kesimde olduğu gibi ana eksene dik (Kuzeydoğu-

Güneybatı) tali temel yükselimlerinin havza içine doğru uzanmasından kaynaklanmaktadır. [20]

Çivili Bölümü'ndeki damar doğrultularının havza eksenine doğrultusuna uyumu gerek faylarda ve gerekse ana eksene dik uzanan bazı temel yükselimleri ile biraz daha bozulmuştur. Bölümün kuzey ve kuzeybatısında ana eksen doğrultusuna uygun şekilde Kuzeydoğu-Güneybatı olarak saptanan damar doğrultuları güneye doğru değişiklik gösterir. [20]

#### **3.4.2.2. Kıvrımlar ve Faylar**

Havza, Alp orojenezinin Rodaniyen fazı ve Valak fazının etkisi altında kalmıştır. Gümüşpınar yöresinde Kuzey-Güney istikameti kuzey ve güneye dalımlı bir senklinal ve Dünder güneyinde bir antiklinal oluşmuştur. Büyük olasılıkla marn-tüfitlerinin çökmesinden sonra fakat volkaniklerden önce etkinlik gösteren epirojenik hareketler sonucu blok faylanmalar meydana gelmiştir. Açık ocak şevlerinde gözlenen 1-2 m atımlı fayların dışında diğer faylar yüzeyde görülemez. Tüfitlerle örtülü durumdadır. [20]

Faylar basamak şeklinde gelişmiş olup, atımları çoğunlukla 15-20 m arasında değişir. Ancak Gümüşpınar batısında, Dünder batısında ve güneyindeki faylarda atım 50 m'ye kadar çıkmaktadır. Fay eğimleri 55°-65° arasında değişir.

Sağırar Bölümü'ndeki fay doğrultuları da Gümüşpınar Bölümü'ndeki hâkim doğrultuya uygundur. Bu bölümdeki fayların atımları 20-50 m arasındadır. Sağırar Köyü'nün batısındaki fayın atımının ise 70 m'ye ulaştığı tahmin edilmektedir. [20]

Çivili bölümündeki fayların atımları da 40-75 m arasında değişiklik göstermektedir. Bundan dolayı, damar tavan eşyükselti eğrilerinin çiziminde değişik yorumlar getirilebilir. Dolayısıyla gerek fay konumları ve gerekse atım ve doğrultularda bazı değişiklikler beklenebilir. [20]

Bu sorunların aşılması için TKİ Kurumu BLİ İşletme Müdürlüğüne yeni sondajların yapılması planlanmış ve bu plan doğrultusunda 2012 ve 2013 yıllarında özel bir firmaya yeni sondajlar yaptırılmıştır. [11]



### 3.5. Önceki Çalışmalar

Sahalarla ilgili günümüze kadar yapılan çalışmalar aşağıda özet olarak verilmiştir.

Tanrıverdi [22], yaptığı çalışmada Orhaneli Linyit İşletmesinin kar-zarar durumunu ortaya koyarak, termik santrali besleyecek olan sahanın açık işletme projesini oluşturarak 18 yıllık üretim ve dekapaj termin planı hazırlamıştır.

Esenlik [23], Orhaneli termik santralinde yanan kömürlerin ve katı atıkların mineralojisi, petrografisi ve element içeriğini yüksek lisans çalışması ile incelemiştir.

Yerin [19], Orhaneli kömürlerinin mineralojisi, petrografisi ve element içeriğini incelemiştir.

Aksoy ve diğerleri [24], Gümüşpınar, Sağırlar ve Çivili sektörlerindeki kömür sahalarının optimum değerlendirilme koşullarının belirlenmesi ve üretim faaliyetleri halen devam eden Gümüşpınar sektöründeki şev stabilitesi problemlerinin çözümüne yönelik çalışmalar yaparak, işletme projesini revize etmiş, Sağırlar ve Çivili sektörlerindeki yer altı kaynağının işletilmesine yönelik ön projeler hazırlamışlardır. Ayrıca 3 boyutlu modelleme yaparak ön üretim projesi hazırlamışlardır. Sağırlar ve Çivili sahalarının kaynak kestirimlerini yapmışlar fakat Jeostatistiksel yöntemler kullanmamışlardır. Yaptıkları çalışmalara göre;

Sağırlar sahasına ait ortalama alt ısıl değer 3.286 kCal/kg; ortalama nem %26, ortalama kül %20 olup; toplam kalan kaynak 5,2 milyon ton olarak hesaplanmıştır.

Çivili sahası için sahanın açık işletme ve yer altı işletmesi olarak ikiye ayrılmasından sonra; Açık İşletme kısmında ortalama alt ısıl değer 1.951 kCal/kg, ortalama nem %18; ortalama kül %41 bulunmuş olup; toplam açık işletme kaynağı 2,86 milyon ton hesaplanmıştır. Yer altı işletmesi kısmında ortalama alt ısıl değer 1.937 kCal/kg; ortalama nem %12, ortalama kül %35 bulunmuş olup; toplam yer altı işletmesi kaynağı 7,77 milyon ton bulunmuştur. Toplam kaynak 10,6 milyon ton olarak hesaplanmıştır.

Aldaş ve diğerleri [25], Çivili ve Sağırlar sahalarındaki ana ve tali kırık hatlarının, 1000 metrelik hedef derinliğe kadar Çok-Kanallı Sismik Yansıma Yöntemiyle ortaya çıkartılması çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Bu amaçla ilgili sahalarda, daha önce yapılan jeolojik gözlem ve sondaj çalışmalarına dayanarak yaklaşık 1000'er metre uzunluğunda iki profil hattı planlayarak ayrıntılı bir çalışma yapıp, çalışma sonucu sahanın derin kısımlarında kömür varlığı olabileceğini ortaya çıkarmışlardır.

Gökay ve diğerleri [13], Gümüşpınar sektöründe meydana gelen şev kaymaları, nedenleri ve şev kaymalarının tekrar yaşanmaması için neler yapılacağı ile ilgili ayrıntılı raporu TKİ Kurumu için hazırlamışlardır.

BLİ Üretim Faaliyetleri Raporu [11]; Sağırlar sektöründe halen 1,55 milyon tonu açık işletme, 4,60 milyon tonu yer altı işletmesine uygun 6.268.500 ton (Çizelge 1) civarında, proje değerine göre ortalama 3000 kCal/kg alt ısıl değerine sahip kömür bulunduğu belirtilmiştir. Ayrıca 2015 itibariyle Çivili sahasında herhangi bir faaliyette bulunulmadığı, açık ve yer altı işletme projelerinin birlikte değerlendirilerek yeni bir proje ile üretim faaliyetlerine başlanılmasının uygun olacağı belirtilmiş, bu sektörde 2.610.000 tonu açık işletme, 8.037.000 tonu yer altı işletmesine uygun toplam 10.647.000 ton civarında kömür bulunduğu, bu kömürlerin proje değerine göre ortalama 2.097 kCal/kg alt ısıl değerine sahip olduğu belirtilmiştir. Orhaneli havzasındaki kalan kaynaklara ait detaylı bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir:

**Çizelge 1. TKİ-BLİ 2014 sonu itibariyle kalan linyit kaynakları [26]**

KAYNAK MİKTARI (ton)					
SEKTÖRLER	GÖRÜNÜR				
	AÇIK OCAK	YERALTI	TOPLAM	HAZIR	GENEL TOPLAM
GÜMÜŞPINAR	17.358.972	5.355.000	22.713.972	45.648	22.759.620
SAĞIRLAR	1.550.495	4.635.000	6.185.495	83.005	6.268.500
ÇİVİLİ	2.610.000	8.037.000	10.647.000		10.647.000
TOPLAM	21.519.467	18.027.000	39.546.467	128.653	39.675.120

Çizelge 1'de yer alan linyit kaynağı hesaplamaları, poligon metoduna göre yapılmıştır. [6]

BLİ Üretim Faaliyetleri Raporu, [11]'e göre yine işletmede yapılmış olan sondajlarda kesilen linyit damarlarından, damarı karakterize edecek şekilde numuneler alındığı; orjinal kömürün ve havadaki kuru kömürün ısı değerinin, nemin, külün, uçucu maddenin, sabit karbonun ve toplam kükürtün değerleri tespit edilmiştir. Bu tespitler, Çizelge 2'de detaylı olarak verilmiştir. [26]

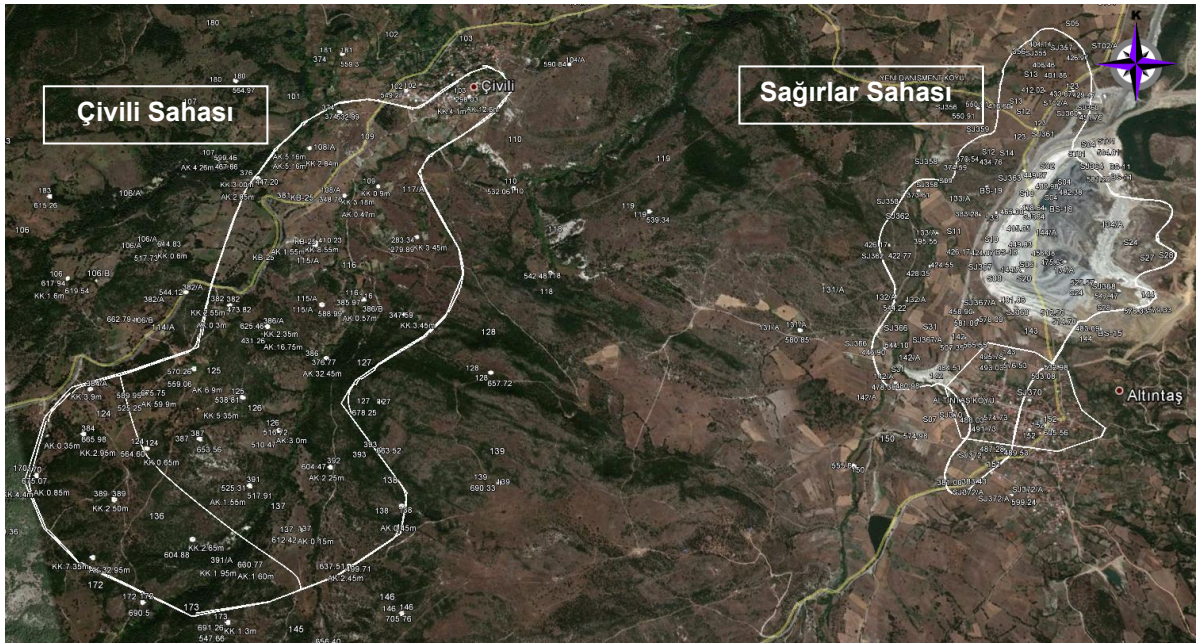
**Çizelge 2.** TKİ-BLİ Orhaneli havzası kömürlerinin kalite değerleri

LİNYİT KÖMÜRLERİ İLE İLGİLİ BİLGİLER	GÜMÜŞPINAR		SAĞIRLAR		ÇİVİLİ	
	ORJİNAL KÖMÜRDE	HAVADA KURU KÖMÜRDE	ORJİNAL KÖMÜRDE	HAVADA KURU KÖMÜRDE	ORJİNAL KÖMÜRDE	HAVADA KURU KÖMÜRDE
Su (%)	32,38	8,35	27,48	10,98	20,81	7,26
Kül (%)	19,27	24,72	19,1	20,33	41,69	49,59
Uçucu Madde (%)	25,54	33,33	27,59	34,04	17,6	21,05
Sabit Karbon (%)	23,54	29,49	29,14	35	22,56	26,23
Toplam Kükürt (%)	1,57	2,12	2,3	2,04	2,04	2,39
Alt Isıl Değeri (kCal/kg)	2.666	3.691	3.349	4.313	2.097	2.710

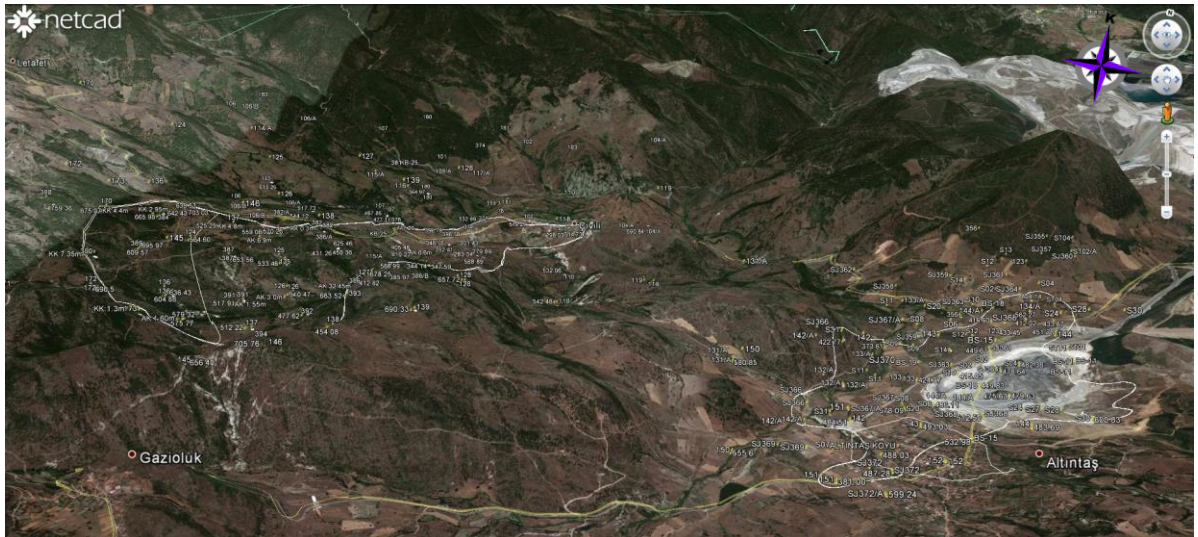
## 4. SAĞIRLAR SAHASI KAYNAK KESTİRİMİ

### 4.1. Arama ve Sondaj Çalışmaları

Modelleme ve kestirim çalışmalarına temel olan veri tabanları, sahalarda tamamlanmış olan sondajlara ait loglara dayanmakta olup, sondajların uydu haritası üzerindeki konumları ve kömür sınırları Şekil 18.(a) ve Şekil 18.(b)'de gösterilmiştir.



(a)

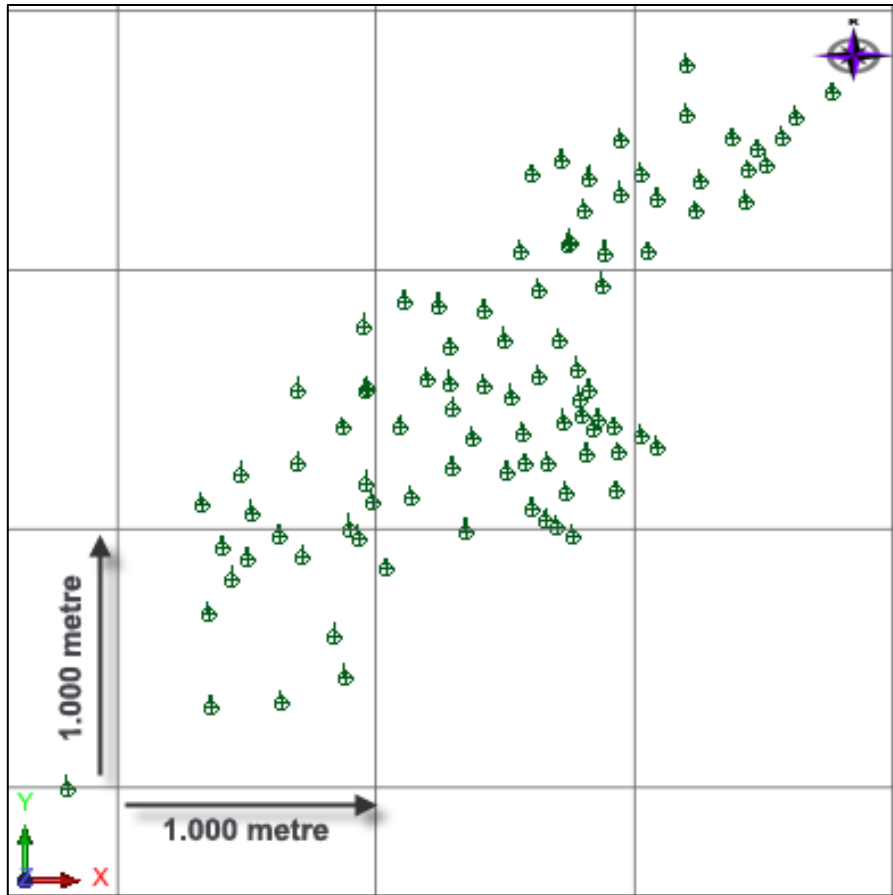


(b)

Şekil 18.(a) ve (b). Sağırlar ve Çivili sahaları uydu görüntüleri ve çalışma sınırları

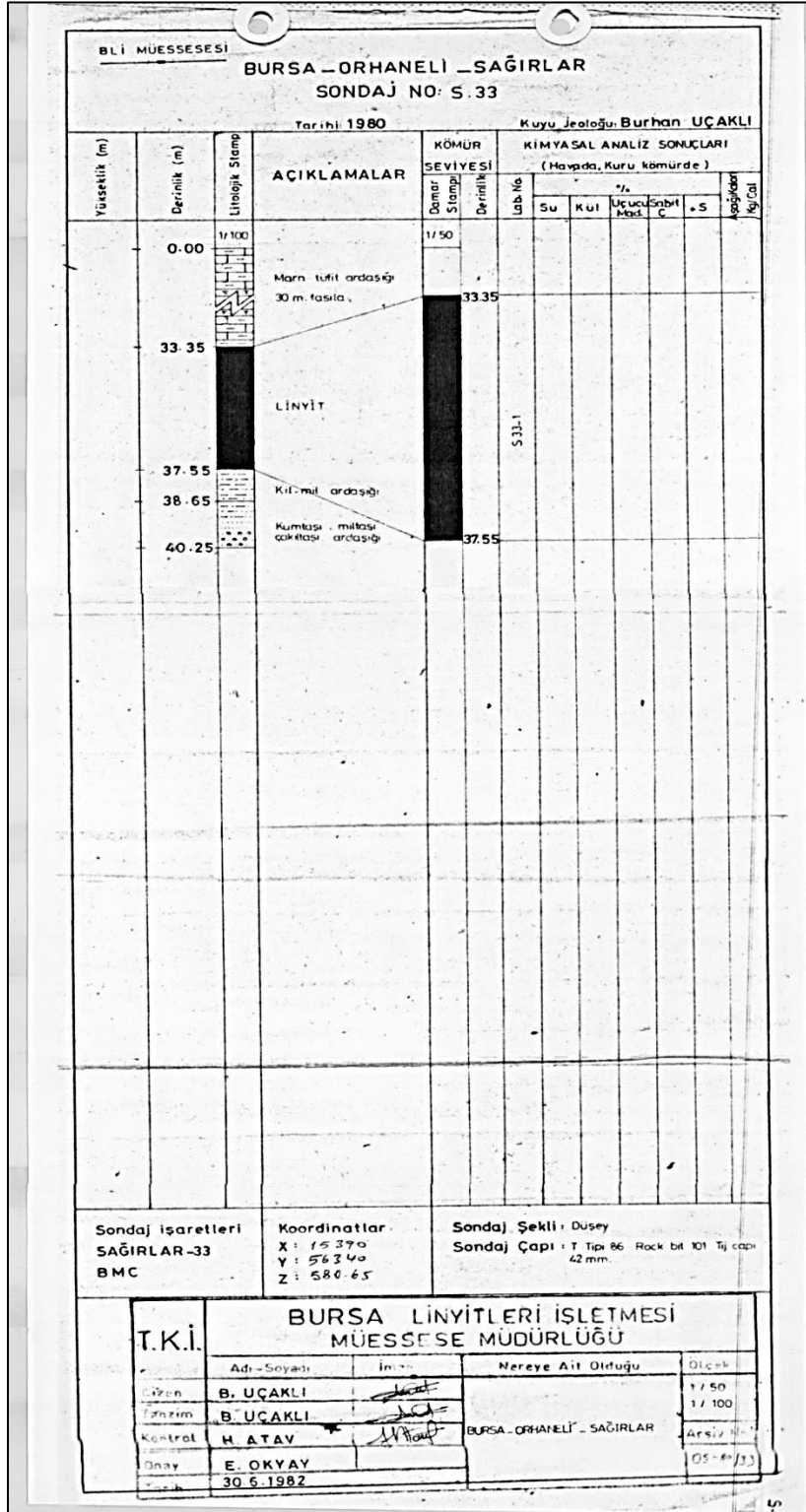
Sağırlar sahasında 1965'ten sonra MTA tarafından 33 adet sondaj yapılmış, bunların 27 adedi kömür kesmiştir. Daha sonra E.İ.E. İdaresi tarafından yine 30 adet sondaj yapılmış, 20 adedi kömür kesmiştir. 1983-1986 yıllarında ise MLİ'nin kendi sondaj makinası ile yaptığı 28 adet sondajda 18'i olumlu, 10'u olumsuz olmak üzere 28 adet daha sondaj verisi elde edilmiştir. [6]

Bugüne kadar toplam 91 adet sondaj yapılmıştır. Bu çalışmada saha için toplam uzunluğu 9.532 metre olan 91 adet sondaj tanımlanmış olup, 65 adet sondaj kömür kesmiştir. Bu sondajların sahadaki konumları Şekil 19'da gösterilmektedir. Modelleme işlemlerinde 6.744,35 metre uzunlukta 65 adet sondaja ait loglar dikkate alınmış ve buna göre model veri tabanı oluşturulmuştur. Katı modeller 65 adet sondaj değerlendirilerek oluşturulmuştur. Sondajların tamamı dik olarak yapılmıştır. Yüzeye en yakın yerde 18,65 metredeki kömür 2,65 metre kalınlıkta kesilmiş; en derinde ise 193,95 metrede 4,05 metre kalınlıkta kesilmiştir.



Şekil 19. Sağırlar sahası sondaj lokasyon haritası

Sondajlar 6,40 km<sup>2</sup>'lik bir alana yayılmaktadır. Sondajlar arası ortalama uzaklık 184 metre olup en yakın iki sondaj arası uzaklık 37 metredir. 4,2 metre kömür kesilen bir sondaj logu Şekil 20'de gösterilmiştir.



Şekil 20. EİEİ tarafından 1980'de yapılan bir sondaja ait log.

## 4.2. Veri Tabanı Oluşturulması ve Doğrulama

Sondajlara ait ayrıntılı bilgilerden faydalanılarak (sondaj no, x, y ve z koordinatları, giriş ve çıkış metrajları, analiz değerleri) 3 boyutlu madencilik yazılımı olan Surpac programı kullanılarak bir veri tabanı oluşturulmuştur.

Veriler, kömür kesmiş olan 65 adet sondaj loguna dayanmaktadır. Sondaj loglarında yer alan tüm bilgiler (sondajların x, y, z koordinatları ve eğimleri, sondajlardan alınan örneklerin litolojik tanımlamaları, analiz edilen örneklerin orijinal bazda AID, kül, nem, C, toplam S, giriş ve çıkış metrajları, kalınlık) bir Microsoft Excel dosyasına girilmiştir. Excel dosyasından faydalanılarak Surpac veri tabanında kullanılmak üzere 4 adet ayrı csv uzantılı dosya oluşturulmuştur. Bunlar sırasıyla “survey, sample, collar, geology,” dosyalarıdır.

Veri tabanı oluşturulduktan sonra hatalı girilmiş veriler belirlenmiş ve bunlar düzeltilmiştir.

Hatalı girilen verilerin saptanmasında aşağıda sıralanan kontroller yapılmıştır.

- 1) Sondajlara ait kalite (AID, kül, nem, kalınlık ve S) değişkenlerinin özet istatistikleri (en düşük, ortalama, en yüksek, standart sapma, örnek sayısı) hesaplanıp, sıklık dağılımları çizilmiştir. Anormal küçük ve anormal büyük değerlere bakılmıştır.
- 2) Aynı bir örnek üzerinde yapılmış kül, nem ve S analiz değerleri toplamının %100'den küçük olup olmadığı kontrol edilmiştir.
- 3) Analiz değeri içeren örnek uzunluklarının tanımlayıcı istatistikleri (en düşük, ortalama, en yüksek, standart sapma, örnek sayısı) hesaplanmış ve sıklık dağılımları çizilmiştir. Çok büyük uzunluklar, kontrol edilmiştir.
- 4) Kalite değişkenleri arasında (örneğin AIDxKül, AIDxNem, KülxNem) saçılma diyagramları çizilmiştir. Hatalı girilmiş değerler, saçılma diyagramında anormal değerler olarak net bir şekilde gözlenmiştir.

- 5) Her adımda saptanan hatalar düzeltildikten sonra SURPAC'ta veri tabanı oluşturulmuş ve sondajlar litolojik renklerle gösterilerek anormal kömür kalınlıkları denetlenmiştir.

#### 4.3. Sağırlar Sahasına Yapılan Ziyaretler

Sağırlar sahasında açık ocak üretimlerinin bir kısmı yapılmış olup, kalan üretilebilir kömür, yeraltı üretim yöntemiyle projelendirilecektir.

2006 ile 2010 yılları arasında söz konusu sahalarda mühendis olarak görev yaptım. Şekil 21, o yıllara ait açık işletme faaliyetlerini gösteren fotoğrafları içermektedir.



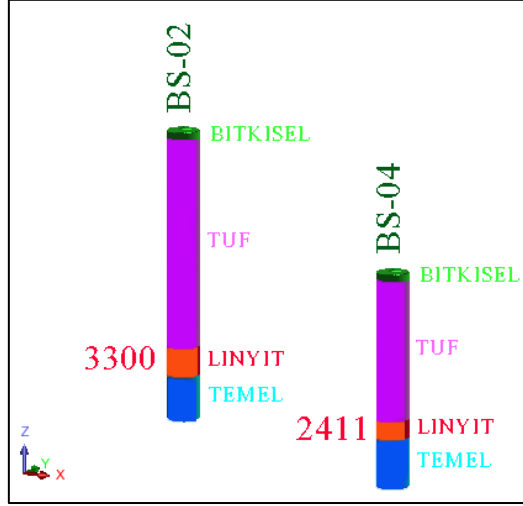
**Şekil 21.** Sağırlar sahası açık ocak faaliyetleri [15]

Tez çalışmasında sahanın üretim öncesi kaynağının kestirimi yapılmıştır. Şu ana kadar yapılan üretimlerle sahadaki kaynağın uyumlu olup olmadığı da bu şekilde doğrulanmış olacaktır.



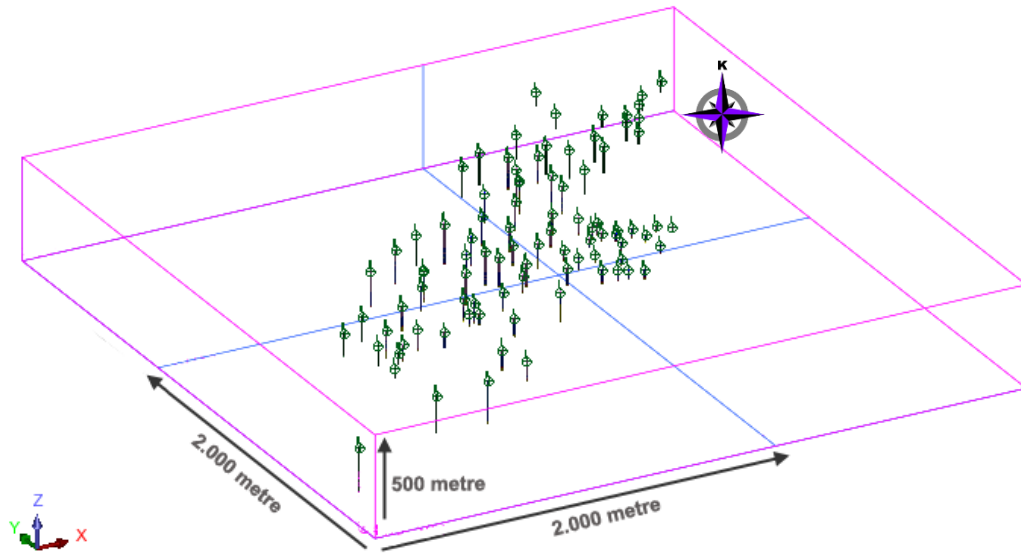
#### 4.4. Sondajlarının 3 Boyutlu Gösterimi

Litolojiler renklendirilmiş, AID ve litoloji adı sondajların yanlarına yazdırılmak suretiyle, 3 boyutlu görüntüler elde edilmiştir (Şekil 22).



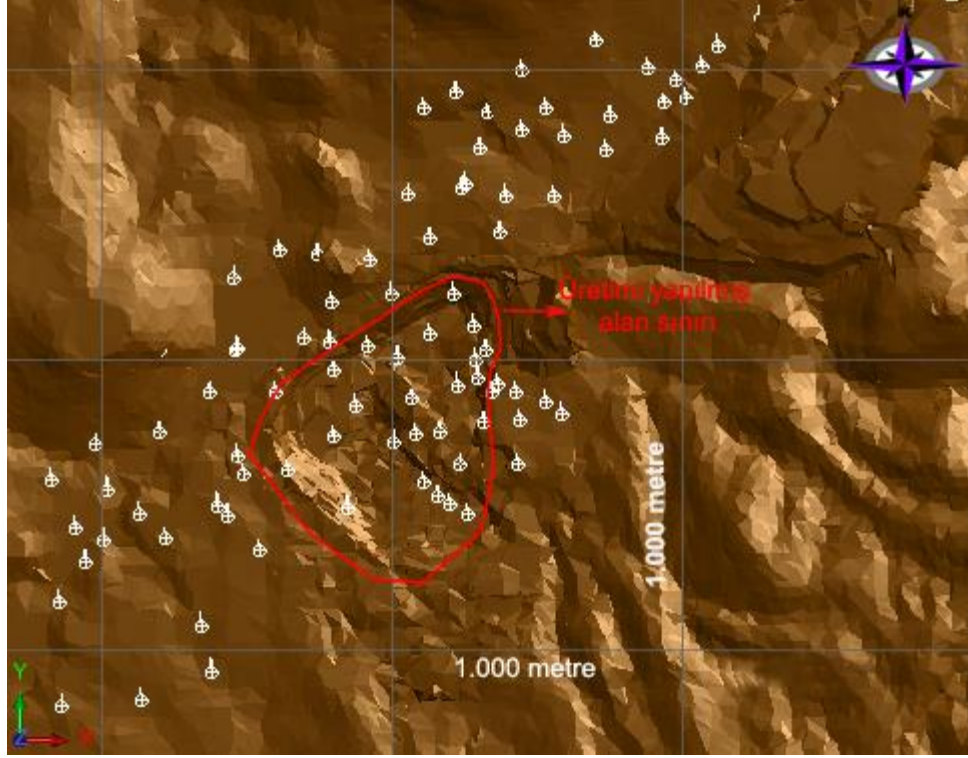
Şekil 22. Sağırlar sondaj stampının 3 boyutlu olarak yakından görünümü

Sağırlar sahasına ait sondajların perspektif görüntüleri Şekil 23'te gösterilmiştir.



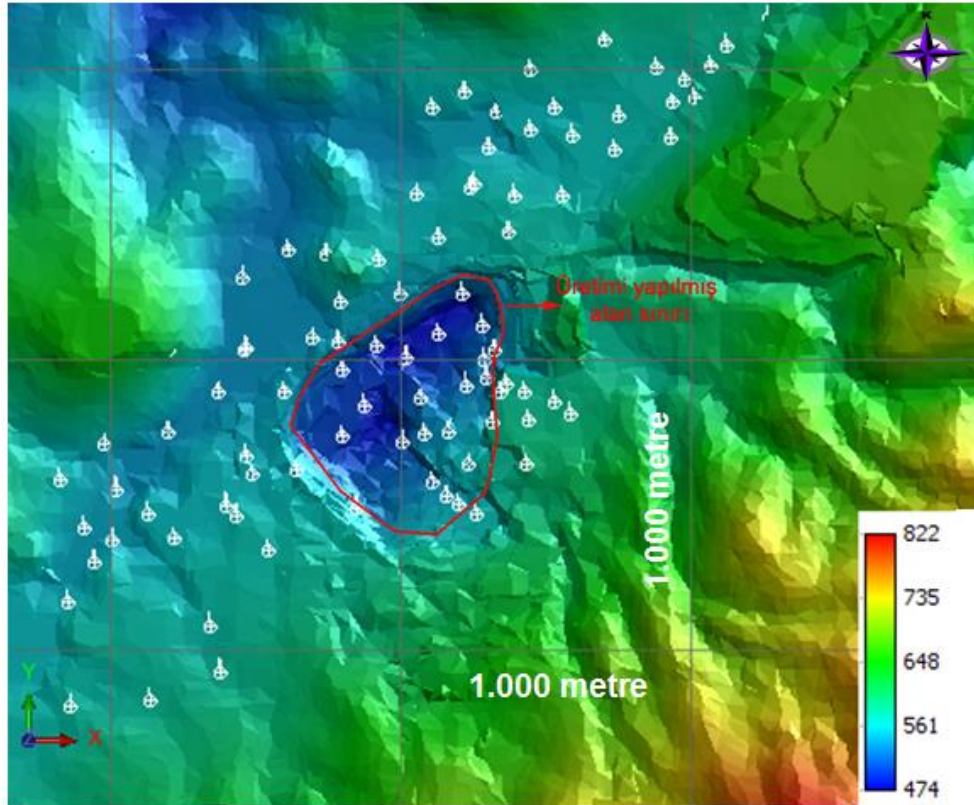
Şekil 23. Sağırlar sondaj haritasının 3 boyutlu olarak perspektif görünümü

Sahaya ait topografik harita oluşturulmadan önce, sahanın en son ölçümlerine ait nokta dosyası dxf uzantılı olarak Surpac içine aktarılmıştır. Daha sonra bu nokta veri kümesinden sayısal arazi modeli (DTM: Digital Terrain Model) oluşturulmuş, daha önce üretimi yapılan alan sınırı topografya üzerine çizilmiş ve plan görünümü olarak Şekil 24'te sunulmuştur. Böylece 3 boyutlu topografya oluşturulmuştur.



Şekil 24. Sağırlar topografyasının plan görünümü

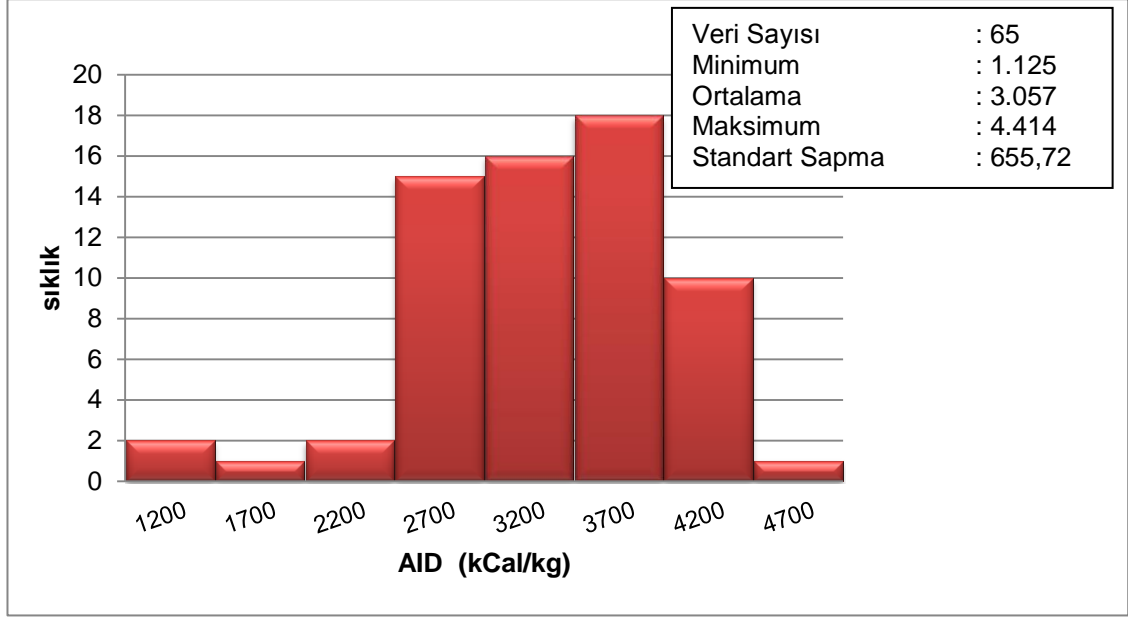
Sağırlar sahası oluşum itibariyle yükseltelerin ortasındaki ovada çökelmiş nitelikte konumlanmakta olup, bu durum Şekil 25'te gösterilmiştir.



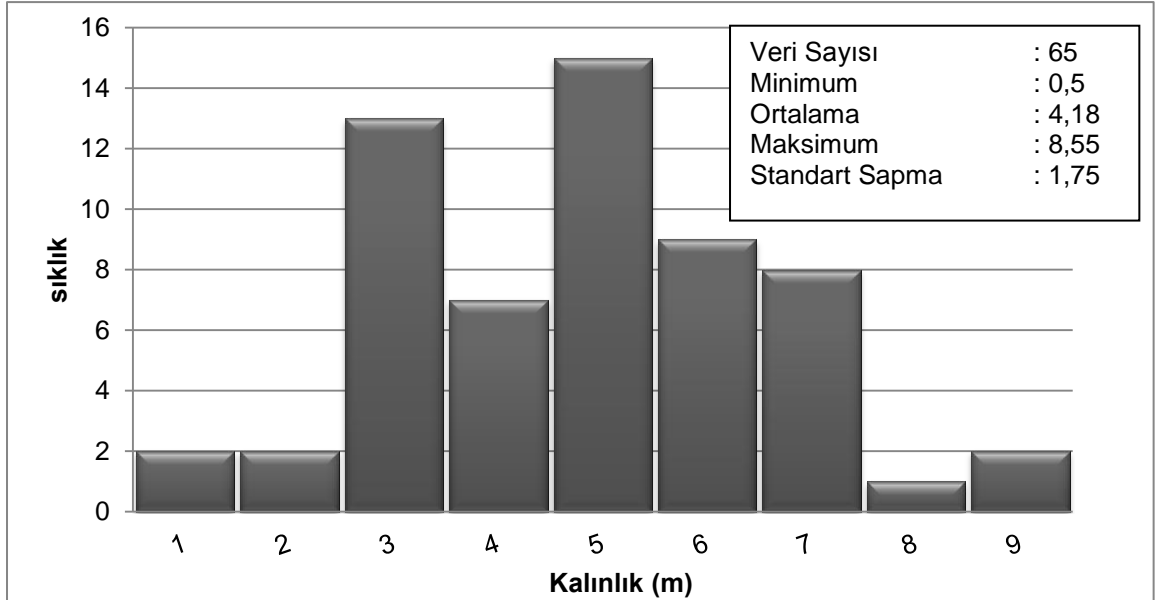
Şekil 25. Sağırlar renkli topografyası plan görünümü

#### 4.5. Ham Verilerin İstatistiksel Analizi

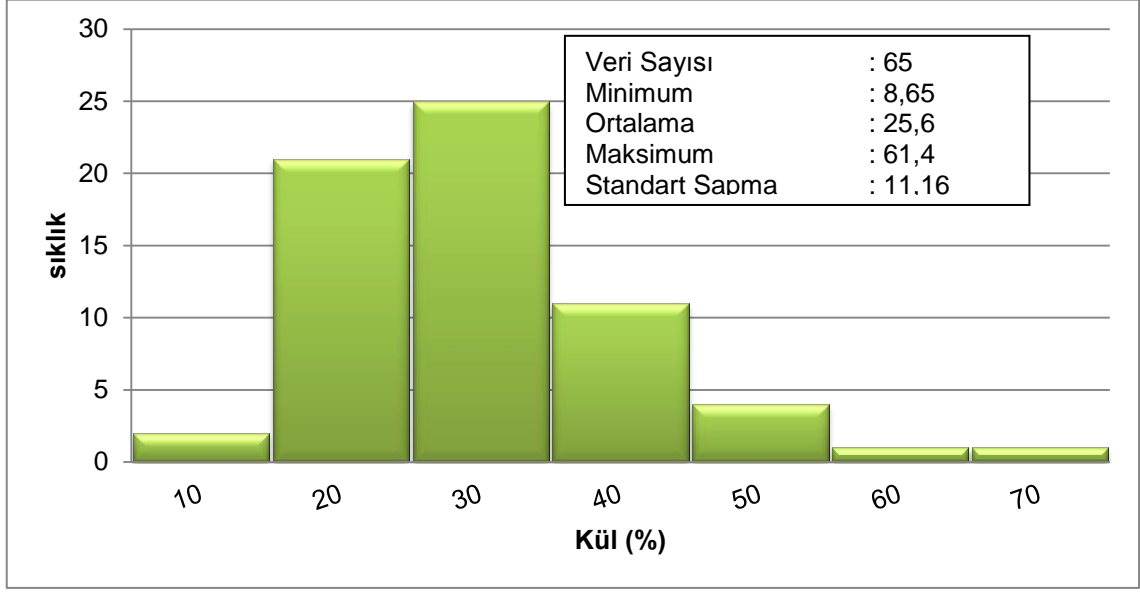
AID, kalınlık, kül ve nem içeriğine ilişkin sıklık dağılımları özet istatistikleri ile birlikte sırasıyla Şekil 26- 27-28 ve 29'da gösterilmiştir.



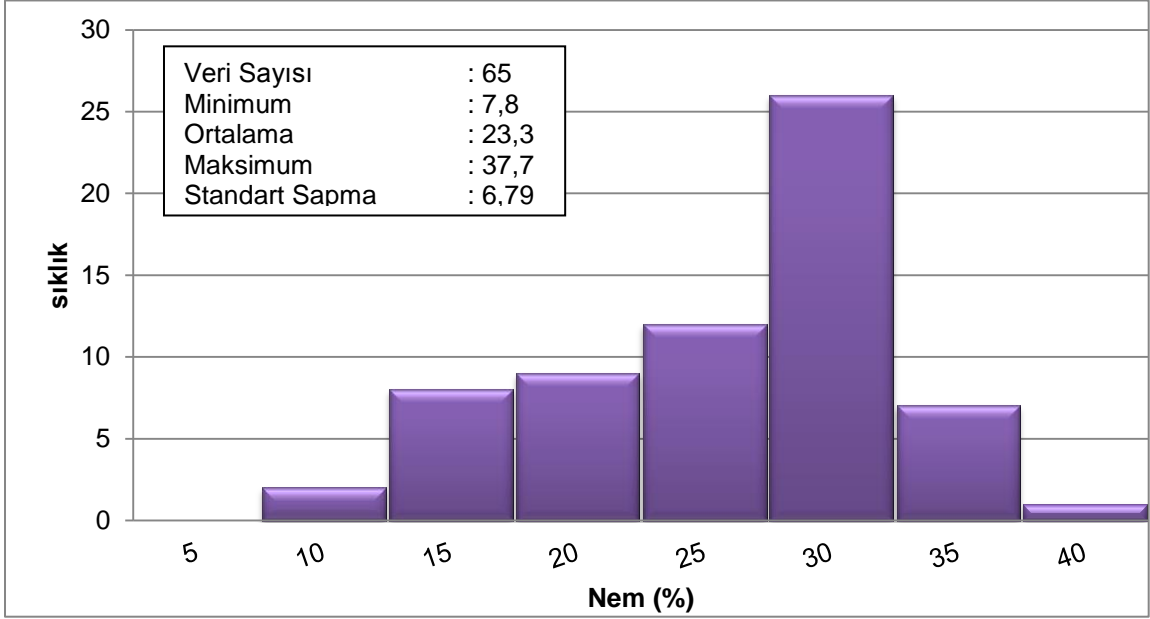
Şekil 26. Sağırlar sahası AID histogramı



Şekil 27. Sağırlar sahası kömür kalınlığı histogramı



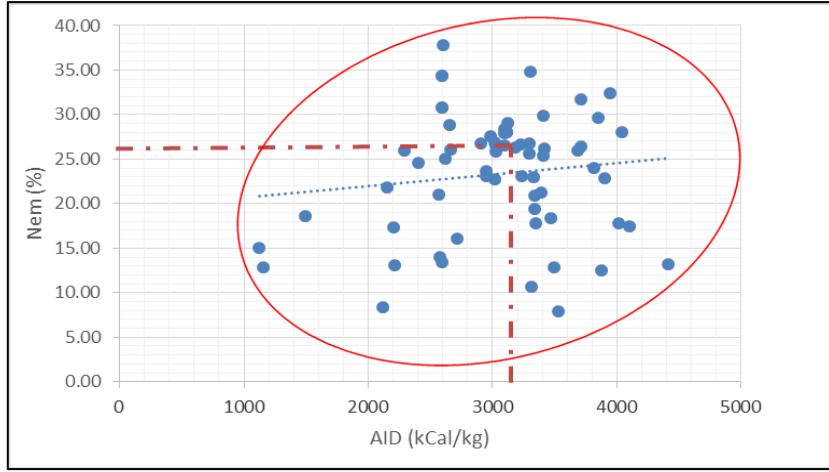
**Şekil 28.** Sağırlar sahası kül histogramı



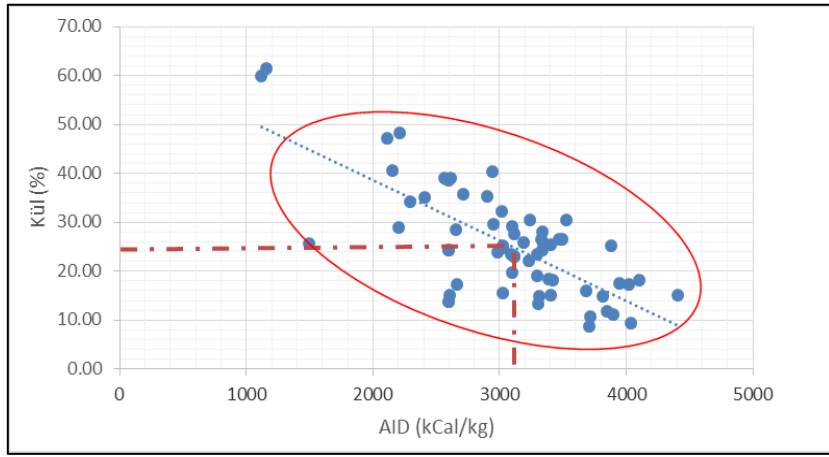
**Şekil 29.** Sağırlar sahası nem histogramı

Saçılma diyagramları, iki değişken arasındaki ilişkiyi grafiksel olarak ortaya koyan araçlardır. Kalite değişkenleri arasında saçılma diyagramları çizilmiş bunlardan yalnızca Nem x AID, Kül x AID ve Kül x Nem arasındaki grafikler her bir saha için sırasıyla Şekiller 30-31 ve 32’de gösterilmiştir.

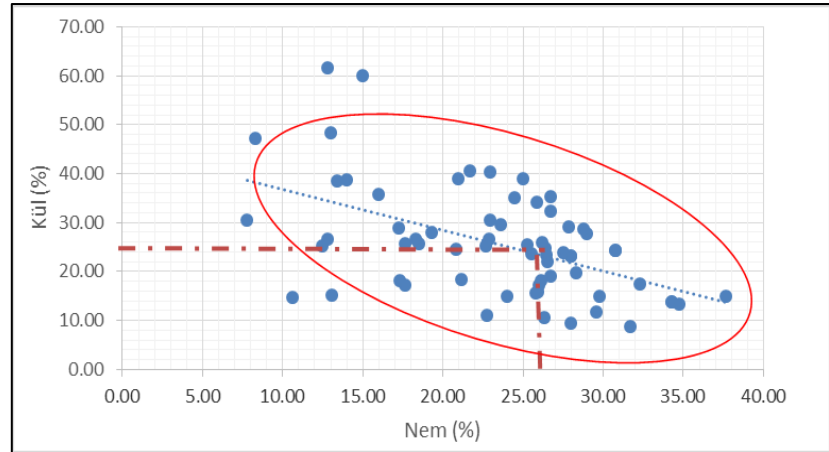
Şekillerde düşey ve yatay eksenleri kesen doğrular ilgili değişkenin uzunluk ağırlık ortalamasını göstermektedir. Nem ve AID arasında belirgin bir ilişki gözlenmezken, AID arttıkça, kül azalmaktadır.



**Şekil 30.** Sağırlar sahası AID x Nem saçılma diyagramı



**Şekil 31.** Sağırlar sahası Kül x AID saçılma diyagramı



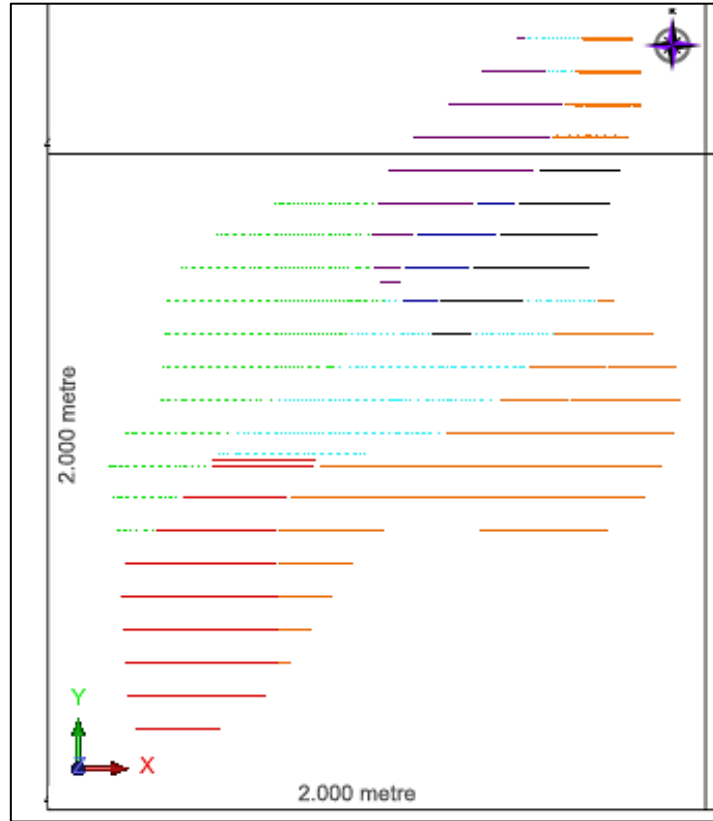
**Şekil 32.** Sağırlar sahası Kül x Nem saçılma diyagramı

#### 4.6. Jeolojik Katı Modelleme (3D Modelleme)

Gerek katı model oluşturma gerekse fayların tespitinde saha gözlemleri ve sondaj log bilgileri kullanılmıştır. Bu amaçla çok sayıda kesit alınmış ve kesitlerdeki kömür

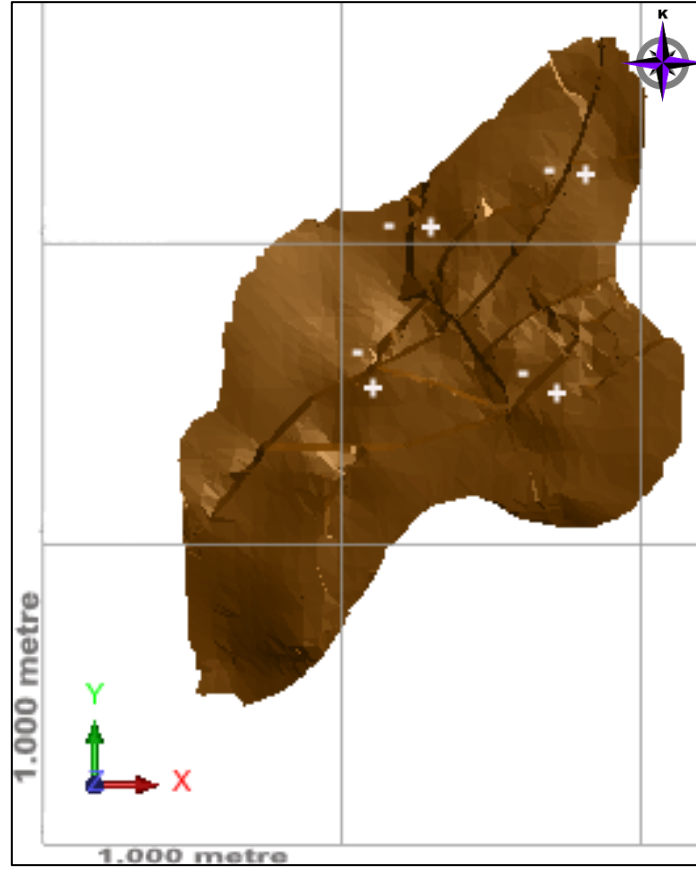
kalınlığındaki değişimler, eğim farklılıkları, üst tabakaların kalınlıkları dikkate alınarak modelleme gerçekleştirilmiştir.

Veri tabanı doğrulama işlemleri tamamlandıktan sonra saha, çeşitli yönlerde kesit alınarak taranmıştır. Sahada genelde tek damar bulunmaktadır. Sahadaki sondajların farklı kişiler ve kurumlar tarafından yapılmasından dolayı litoloji tanımları farklılık göstermektedir. Sahada farklı yönlerde çok sayıda kesit alınmıştır (Şekil 33).

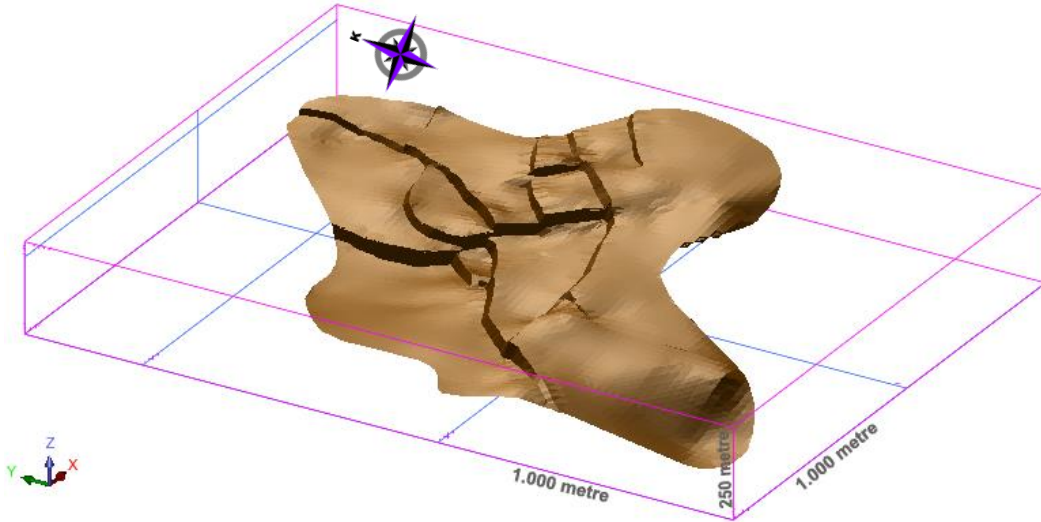


**Şekil 33.** Sağırlar sahasında alınan kesitlerin plan görüntüsü

Bu çalışma çerçevesinde Şekil 34 ve Şekil 35'te gösterildiği gibi, KD-GB uzantılı batı yönünde düşen blokların olduğu 20-25 metre atımlı ana faylar ve bu faylara dik yönde KB-GD yönde küçük atımlı faylar tespit edilmiştir.



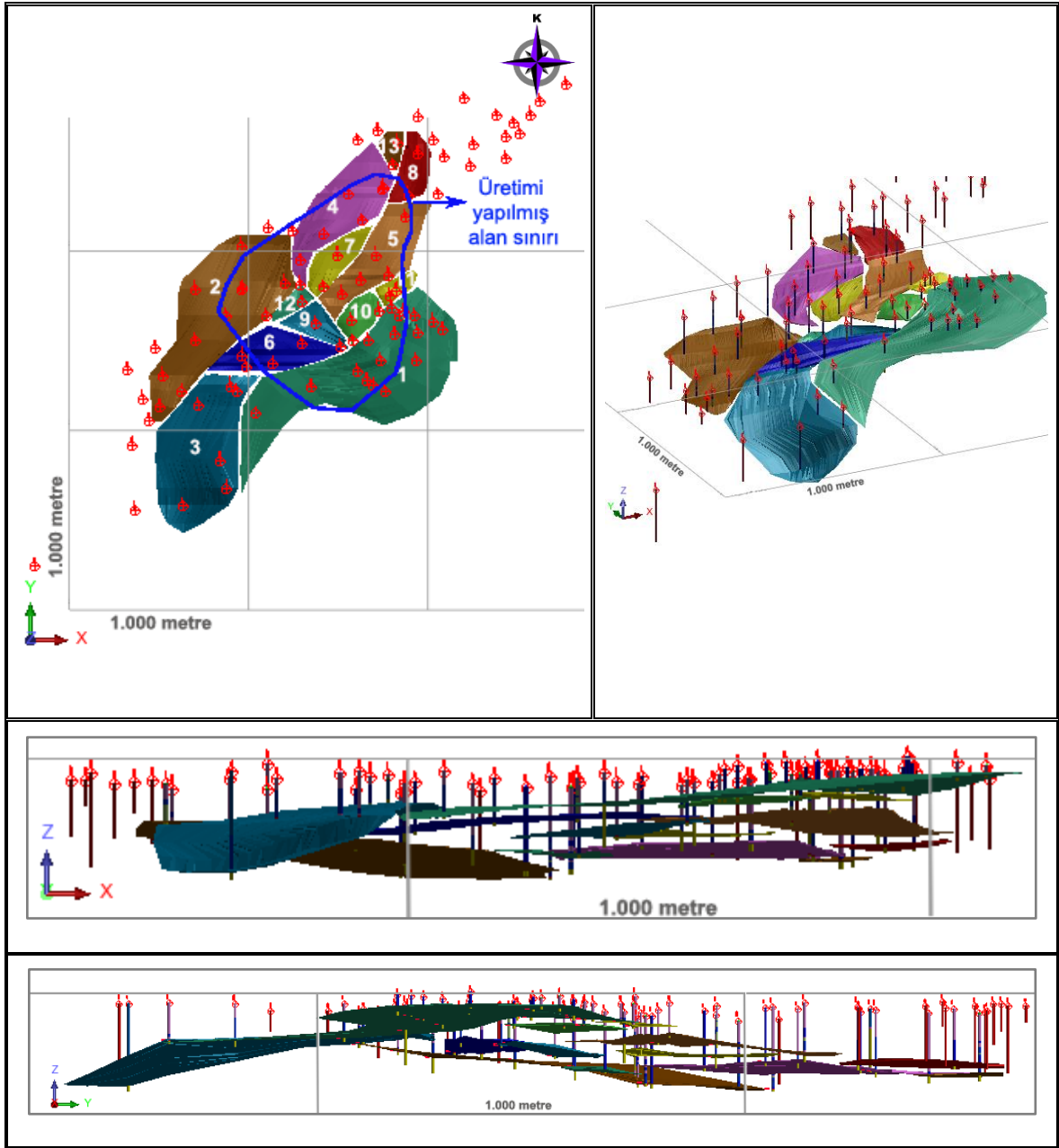
**Şekil 34:** Sağırlar sahası linyit damarı katı modelinin faylı olarak üstten görünümü



**Şekil 35:** Sağırlar sahası linyit damarı katı modelinin faylı olarak yandan perspektif görünümü

Fayların Minex programı ile tespitinden sonra linyit damarına ilişkin katı model oluşturulmuştur. Sahada tek bir damar olmasına rağmen, Şekil 36'deki plan

görünümünde gösterildiği gibi faylanmalardan dolayı 13 adet farklı kömür bloğu ortaya çıkmıştır.



**Şekil 36.** Sağırlar kömür katı modelinin plan, perspektif, xz ve yz düzlemleri üzerindeki görünümü

Sahanın kuzey doğusundaki sondajlar kömür kesmedikleri için katı modelin dışında kalmışlardır.

Sondajlarla katı modellerin uyumlu olduklarını doğruladıktan sonra, katı modellere ait ayrıntılı rapor alınmıştır.



Bloklara ilişkin hacim bilgileri Çizelge 3'te gösterilmiştir. Buna göre blokların toplam hacmi 6,5 milyon m<sup>3</sup>tür.

**Çizelge 3.** Sağırlar linyit damarı, 13 adet farklı kömür bloğuna ait bilgiler

<b>Blok No</b>	<b>Hacim (m<sup>3</sup>)</b>
1	1.621.926
2	1.163.216
3	808.225
4	871.936
5	622.793
6	407.889
7	286.101
8	169.954
9	180.024
10	158.355
11	86.276
12	107.888
13	44.086
<b>TOPLAM</b>	<b>6.528.669</b>

#### **4.7. Kaynak Kestirimi**

Sahadaki kömür tek damar olmasına rağmen, her sondajdan sadece bir tane örnek toplanmış olması nedeniyle 2 boyutta kestirim yapılmıştır.

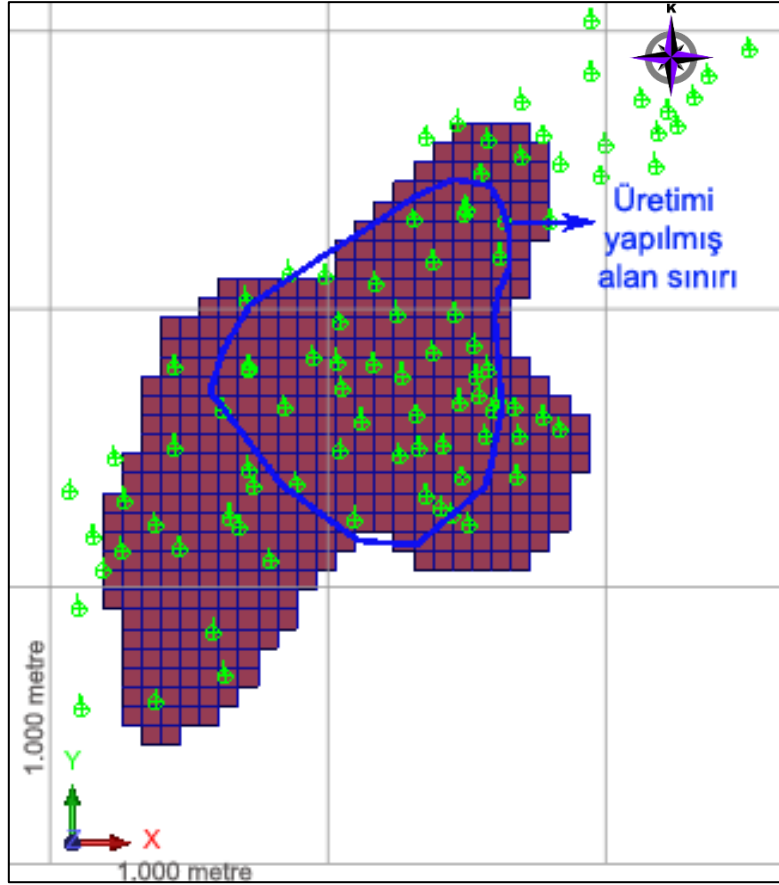
##### **4.7.1. Blok Modelleme**

Saha içinde kalite özelliklerinin değişimini karakterize etmek için aynı şekil ve büyüklükte üretim blokları oluşturmak ve bu blokların ortalama AID, ortalama kalınlık, ortalama kül ve ortalama nem içeriklerini hesaplamak gerekir. Bu işlem blok modelleme olarak adlandırılır.

##### **4.7.1.1. Blok Geometrisi ve Boyutları**

Blok büyüklüğü jeolojik katı modelin geometrisine, işletme yöntemine, üretim miktarına, örnekler (sondajlar) arasındaki mesafeye ve variogramın yapısal uzaklığına bağlıdır. Sağırlar sahasında blok boyutları jeolojik katı model ve işletme yöntemi dikkate alınarak 70m x 70m seçilmiştir. Sahadaki kömürlü alan, 439 adet bloğa ayrılmıştır.

Sahaya ait blok model, Şekil 37'de gösterilmiştir.



Şekil 37. Sağırlar blok modeline ait ekran görüntüsü

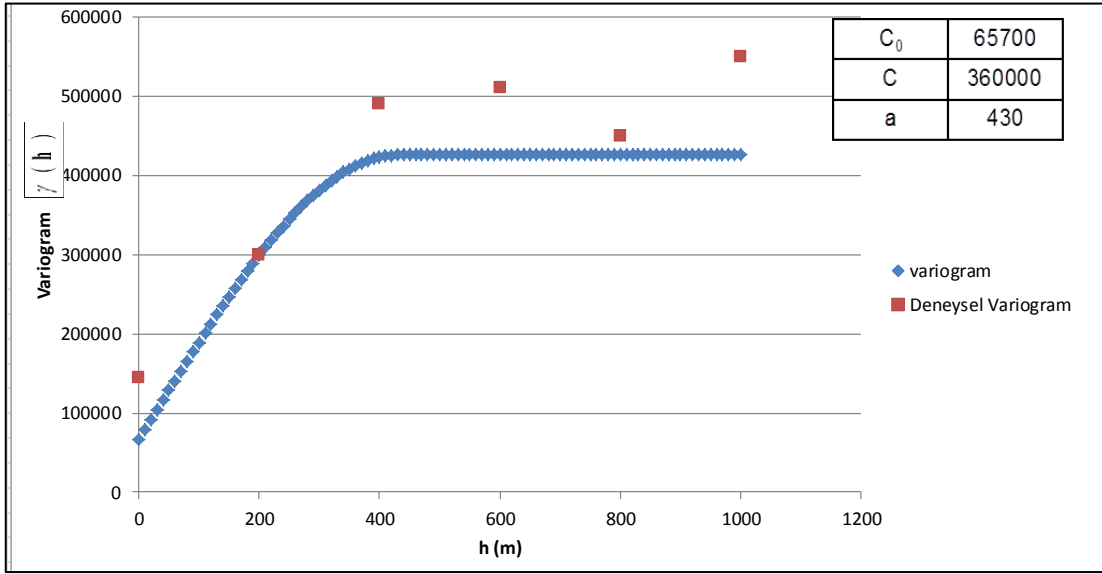
#### 4.7.2. Variogram Analizi

Dört kalite değişkeninin (AID, kalınlık, kül, nem) deneysel variogramları hesaplanıp, modellenmiştir. Sondajların az olması nedeniyle modelleme iki boyutta yapılmıştır. Her bir kalite değişkenine ilişkin model variogram parametreleri Çizelge 4'te verilmiştir.

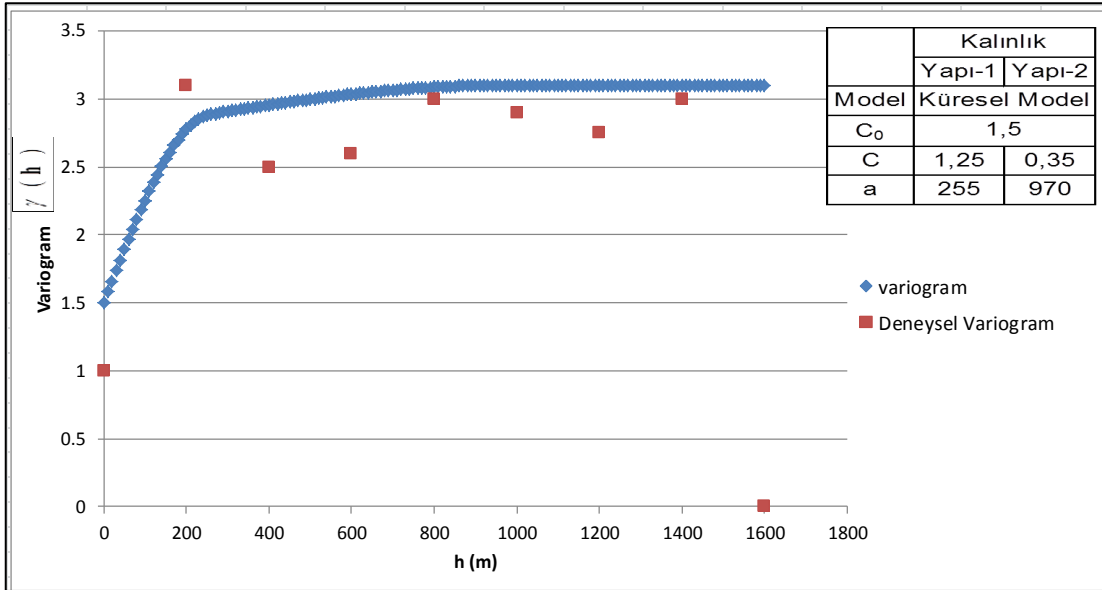
Çizelge 4. AID-Kalınlık-Kül ve Nem miktarlarına ilişkin variogram model parametreleri

Variogram Model Parametreleri	AID	Kalınlık		Kül	Nem
		Yapı-1	Yapı-2		
<b>Model</b>	Küresel Model	Küresel Model		Küresel Model	Küresel Model
<b>C<sub>0</sub></b> (Külçe etkisi)	65700	1,5		23	22
<b>C</b> (Eşik değer)	360000	1,25	0,35	100	23
<b>a</b> (Yapısal Uzaklık)	430	255	970	565	415

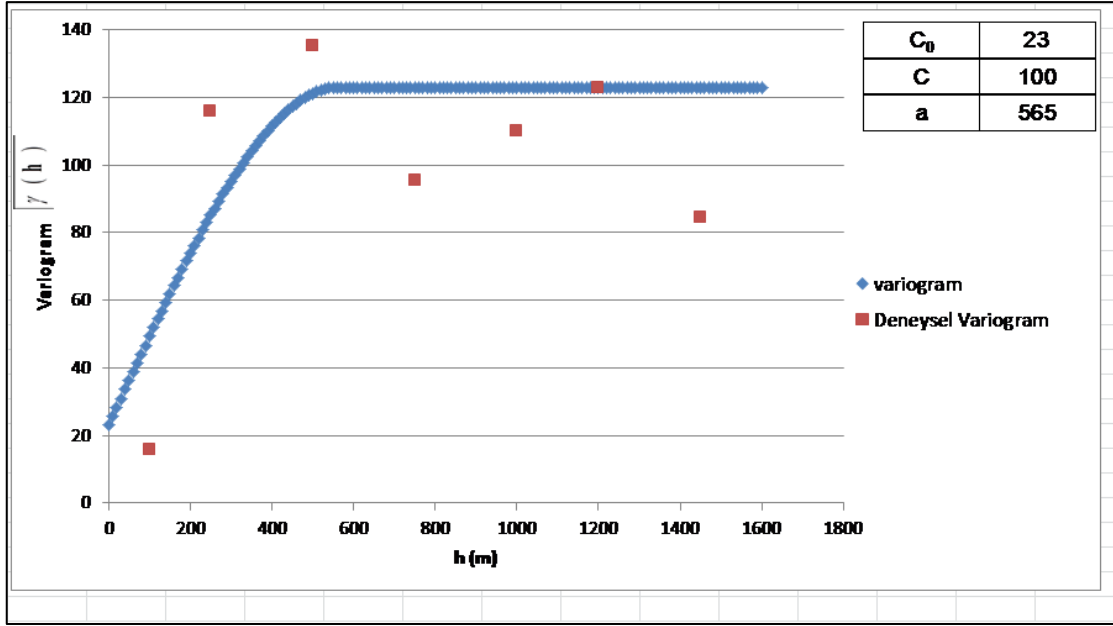
Variogram modellerinden AID, kalınlık, kül ve nem örnek olarak Şekil 38-39-40 ve 41'de gösterilmiştir.



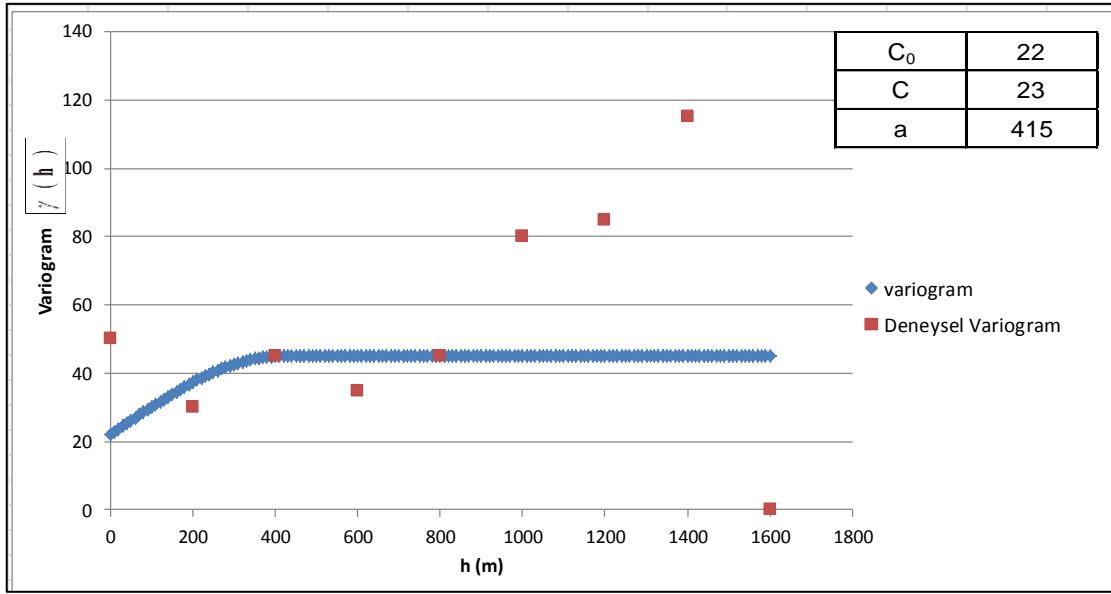
Şekil 38. AID'ye ait küresel tipte variogram modeli



Şekil 39. Kalınlık miktarına ait küresel tipte variogram modeli



Şekil 40. Kül miktarına ait küresel tipte variogram modeli



Şekil 41. Nem miktarına ait küresel tipte variogram modeli

#### 4.7.3. Verilerin İstatistiksel İncelenmesi

Farklı uzunluklu örneklere ilişkin kalite (AİD, kül, nem, kalınlık) değerleri kaynak modelleme ve kestirim işlemlerinde doğrudan kullanılmazlar. Bunun yerine verileri, eşit uzunlukta tanımlanmış değerlere dönüştürmek gerekir. Fakat Sağırlar sahasındaki modelleme iki boyutta yapıldığı için sahada eşit uzunlukta veri

üretilmemiş olup, saha 70 m X 70 m boyutlarında bloklara ayrılarak kalite değişkenlerine ait incelemeler yapılmıştır.

Verilerin detaylı istatistiksel incelemeleri Çizelge 5'te verilmiştir.

**Çizelge 5.** Verilerin (kalınlık, AID, nem ve kül) istatistiksel incelemeleri

<b>Verilere Ait İstatistik Raporu</b>				
<b>Veri Adı</b>	<b>AID (kCal/kg)</b>	<b>Kalınlık (m)</b>	<b>Kül (%)</b>	<b>Nem (%)</b>
Veri sayısı	588	588	588	588
En düşük değer	1125	0,5	9	8
En yüksek değer	4414	8,55	61	38
Ortalama	3045	4,05	26	23
Ortanca	3096	3,8	25	25
Geometrik Ortalama	2958	3,9	24	22
Varyans	431287	0,75	122	47
Standart Sapma	657	0,88	11	7
Değişim Katsayısı	0,21	0,23	0,42	0,29

#### 4.7.4. Çapraz Doğrulama

Seçilen variogram model parametrelerinin yanlış olmadığını test etmek amacıyla çapraz doğrulama tekniği uygulanmıştır. Bu analizden elde edilen sonuçlar AID, kalınlık, kül ve nem için Çizelge 6'da verilmiştir. Yanlış olmayan bir uyarlamada en düşük ortalama hata elde edilmeli, hata standart sapması ve Krigleme standart sapması ortalamalarının birbirine yakın ve 2 standart sapma içindeki hata yüzdesi 95 civarında olmalıdır. Test sonuçları, model parametrelerinin bu kriterler açısından tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Çizelge 6.** AID-kalınlık-kül-nem için model parametrelerinin çapraz doğrulama sonuçları

<b>Çapraz Doğrulama Parametreleri</b>	<b>AID (kCal/kg)</b>	<b>Kalınlık (m)</b>	<b>Kül (%)</b>	<b>Nem (%)</b>
Ortalama hata	0,8	0,03	-0,11	-0,04
Hatanın varyansı	390	2,5	75	39
Ortalama Krigleme varyansı	314	2,7	65	38
<b>İki standart sapma içindeki hata %</b>	<b>94</b>	<b>99</b>	<b>94</b>	<b>91</b>

Sahada kalite değişkenlerinin blok ortalamaları Krigleme yöntemi ile kestirilmiştir. Kestirimde en düşük örnek sayısı 3, en yüksek örnek sayısı ise 16 alınmıştır. Bunun dışındaki örnek arama parametreleri, Sağırlar sahasının geometrik özellikleri ve ilgili değişkenin variogram parametrelerine bağlı olarak tespit edilmiştir.

#### 4.7.5. Blok Modelin Doğruluğunun Kontrolü

Blok modelin doğruluğu, blok modelden elde edilen kestirim değerleri verilerle karşılaştırılarak test edilmiştir. Bunun için kalite değişkenlerinin model ortalamaları ile verilerin ortalamaları karşılaştırılmıştır.

Çizelge 7 her bir kalite değişkeni için blok modelden elde edilen ortalamalar ile verilerin ortalamalarını göstermektedir. Yansız bir kestirim için blok model ve veri ortalamalarının birbirine yakın olması gerekir. Çizelgeye göre blok model ile veri ortalamaları arasında önemli bir farkın olmadığı görülmektedir. Bu da yapılan kaynak kestiriminin doğruluğunu göstermektedir.

Çizelge 7. Blok Model ve veri ortalamalarının karşılaştırılması

Doğruluk Kontrolü	AID (kCal/kg)	Kalınlık (m)	Kül (%)	Nem (%)
Veriler	3045	4,05	26	23
Blok Model	3077	4,00	25	23
Fark (%)	%1	-%1	-%4	%0

#### 4.7.6. Kaynak Kestirimi

Kalite özellikleri ayrı ayrı haritalanmıştır. Dört kalite değişkeni (AID, kalınlık, kül ve nem) için kaynak miktarı ve ortalamalar, blok modelden hesaplanmıştır.

Kaynak miktarı bazı bloklar için Çizelge 8'de verilmiştir.

**Çizelge 8.** 70 m x 70 m olarak ayrılan bazı blokların kalite özellikleri

Blok No	AID (kCal/kg)	Kalınlık (m)	Kül (%)	Nem (%)	Hacim (m <sup>3</sup> )	Kaynak (ton)
1	3623.81	3.05	13.95	25.20	14945	20176
2	3543.93	3.02	13.37	26.30	14798	19977
3	3516.06	3.07	15.05	25.55	15043	20308
4	3552.50	3.10	15.96	25,00	15190	20507
5	3629.26	2.96	13.82	25.45	14504	19580
6	3461.82	3.10	17.58	24.85	15190	20507
7	3496.46	2.99	16.80	25.15	14651	19779
8	3594.43	2.90	13.53	26.35	14210	19184
9	3506.99	3.01	16.19	25.44	14749	19911
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
429	2962.38	5.81	29.06	28.74	28469	38433
430	2885.75	5.56	29.24	28.04	27244	36780
431	2978.55	6.12	30.79	27.88	29988	40484
432	3232.32	6.10	27.12	28.40	29890	40352
433	3490.04	6.05	24.13	27.87	29645	40021
434	3176.82	6.51	30.62	27.24	31899	43064
435	3412.59	6.15	27.12	26.83	30135	40682
436	3003.40	5.62	29.46	26.86	27538	37176
437	3079.72	6.04	30.69	26.86	29596	39955
438	3251.42	6.23	30,00	26.19	30527	41211
439	2683.25	3.67	33.88	21.77	17983	24277

Yoğunluk, BLİ raporlarında belirtildiği gibi 1,35 gr/cm<sup>3</sup> alınmış ve tonaj hesabında kullanılmıştır. Buna göre:

**Toplam hacim : 8.639.631 m<sup>3</sup>**

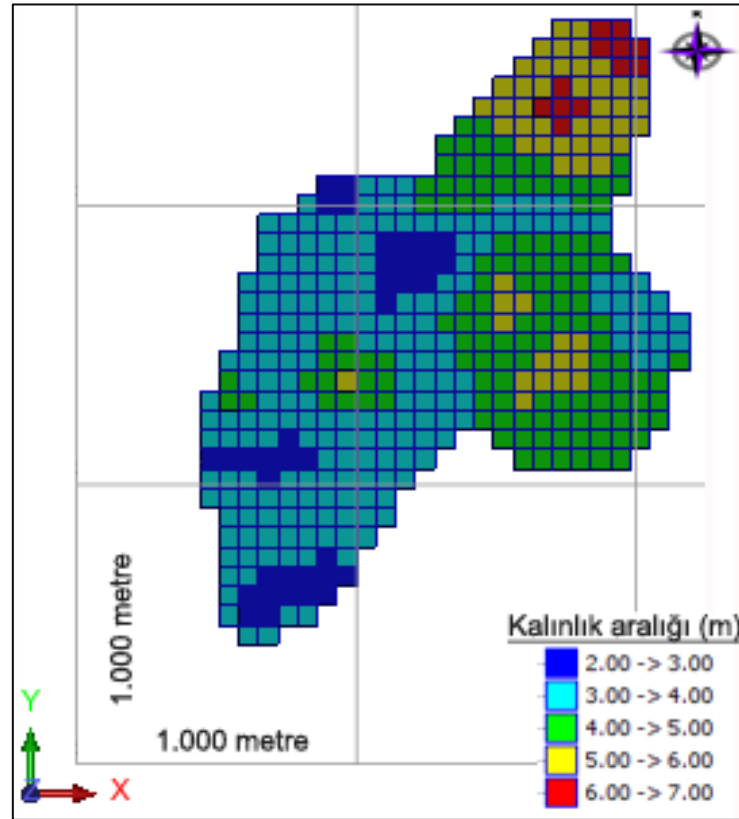
**Toplam kaynak : 11.663.502 ton'dur.**

439 adet 70 m X 70 m bloğun istatistikleri Çizelge 9'da verilmiştir.

**Çizelge 9.** Sağırlar sahası bloklarının (AID, kalınlık, kül, nem) istatistiksel incelenmesi

	AID (kCal/kg)	Kalınlık (m)	Kül (%)	Nem (%)
Blok sayısı	439	439	439	439
En düşük değer	1730	2,1	12,1	13,2
En yüksek değer	3751	6,5	54,3	30,4
Ortalama	3077	4	25,15	23,4
Ortanca	3173	3,8	23,24	23,9
Geometrik Ortalama	3048	3,9	23,92	23,15
Varyans	153547,2	0,73	73,56	10,63
Standart Sapma	391,85	0,85	8,58	3,26
Değişim Katsayısı	0,13	0,21	0,34	0,14

Damar kalınlıkları kestirilmiş ve kestirim değerleri haritalanmıştır. Kestirimde kullanılan kalınlıklar, işletilebilir toplam kalınlık olup bunların hesaplanmasında 50 cm'nin altındaki izole olmuş damarlar dikkate alınmamıştır. Şekil 42, damar kalınlığı haritasını göstermektedir.

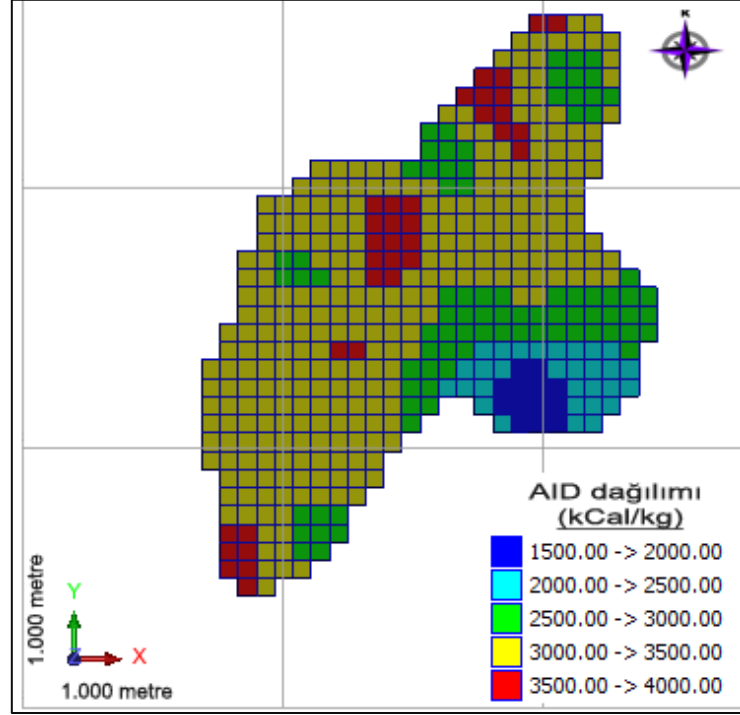


**Şekil 42.** Sağırlar linyit sahası damar kalınlığı haritası (blok boyutları 70 m x 70 m)

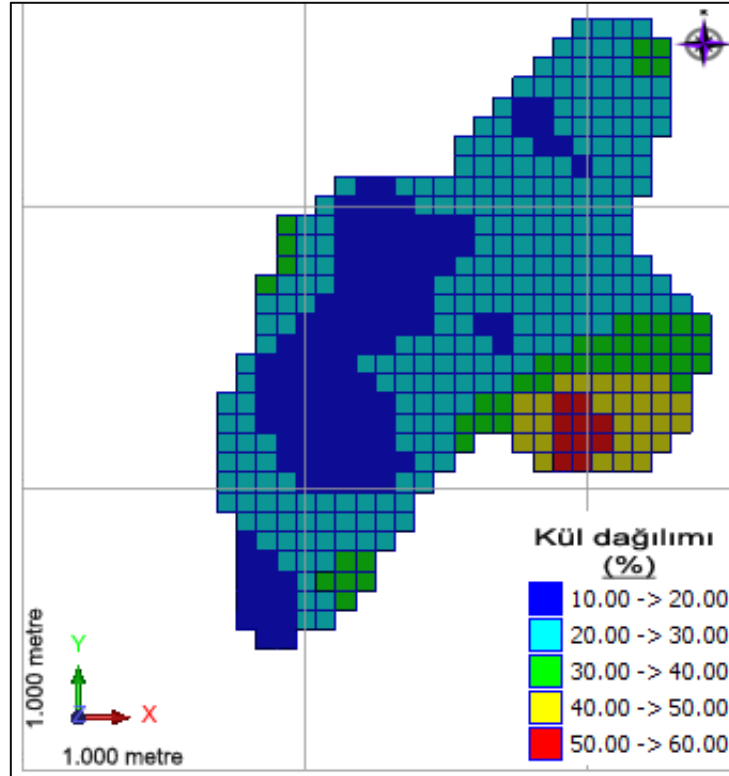
Sahanın kuzeyinde kömürün kalınlaşması, kömür oluşumlarının aslında kuzeyde yoğunlaştığını, sondajlarla bahse konu olan alanlarda kömür kesilmemiş olmasının ana nedeni olarak, yüksek topografyadan dolayı derin sondajların yapılamaması,



engebeli arazi ve muhtemel büyük atımlı fayların kömürü derine atmış olması ihtimali gösterilebilir. Bloklara ilişkin AID, kül ve nem kestirim haritaları Şekil 43, Şekil 44 ve Şekil 45'te gösterilmiştir.

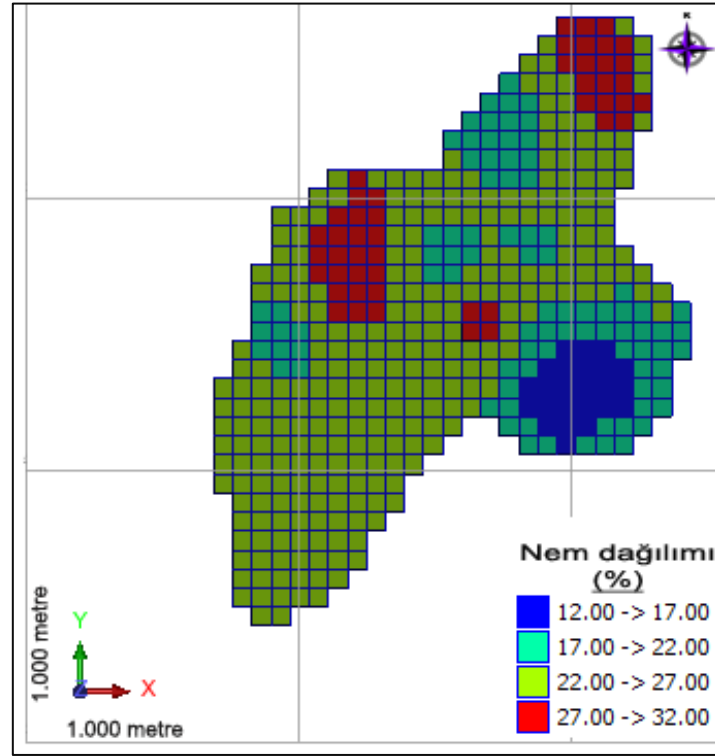


Şekil 43. Sağırlar linyit sahası AID dağılımı haritası (blok boyutları 70 x 70 m)



Şekil 44. Sağırlar linyit sahası kül dağılımı haritası (blok boyutları 70 m x 70 m)

AID ile kül dağılımı ters orantılıdır. Dağılım haritaları da bunu doğrulamaktadır (Şekil 43 ve Şekil 44).



Şekil 45. Sağırlar linyit sahası nem dağılımı haritası (blok boyutları 70 m x 70 m)

Sahanın büyük bir kısmındaki nemin % 22-27 aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 45).

Sağırlar sahasının kalite ortalamaları Çizelge 10'da verilmiştir. Buna göre sahanın AID ortalaması 3.077 kCal/kg olup, ortalama kalınlık 4 metredir.

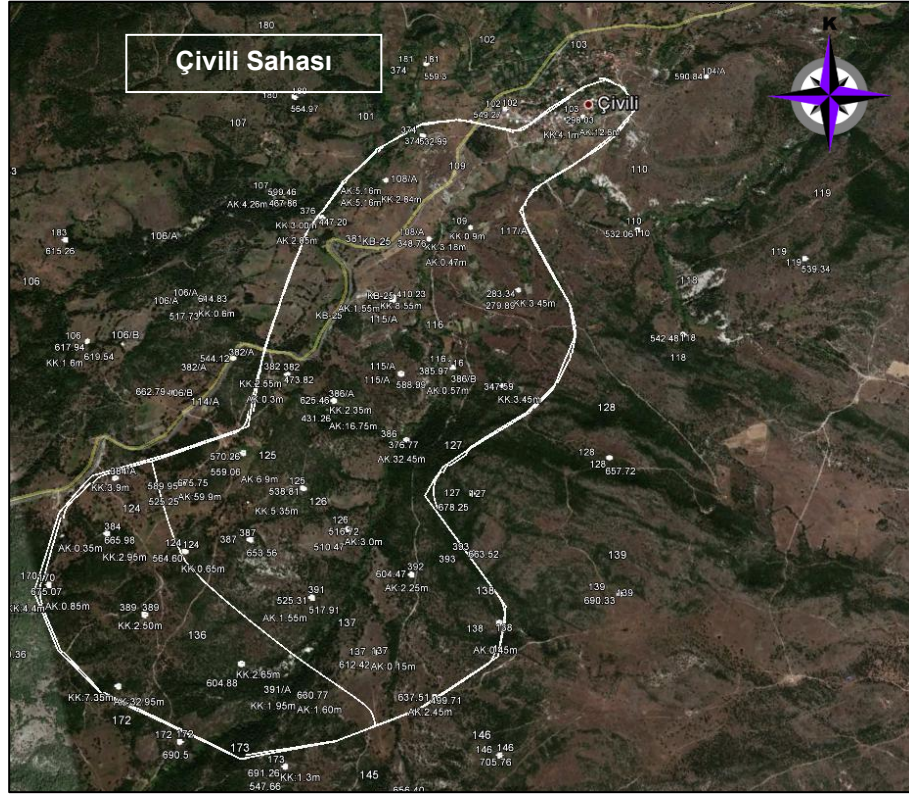
Çizelge 10. Kalite değişkenlerinin saha ortalamaları

Ortalama			
AID (kCal/kg)	Kalınlık (m)	Kül (%)	Nem (%)
3.077	4	25	23

## 5. ÇİVİLİ SAHASI KAYNAK KESTİRİMİ

### 5.1. Arama ve Sondaj Çalışmaları

Modelleme ve kestirim çalışmalarına temel olan veri tabanları sahalarda tamamlanmış olan sondajlara ait loglara dayanmakta olup, Şekil 46'da sahaya ait uydu fotoğrafı üzerinde, sahanın kömür sınırı ve yapılan sondajların konumu gösterilmiştir.

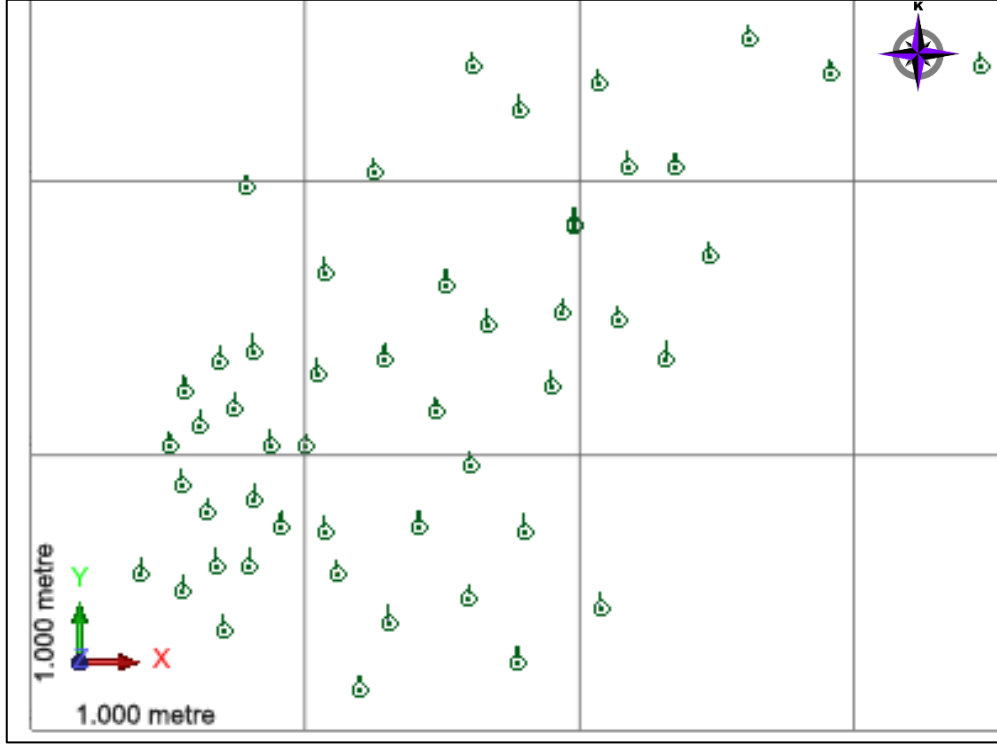


Şekil 46. Çivili sahası uydu görünümü ve çalışma sınırı

Çivili sahasında 1965'ten sonra MTA tarafından 47 adet sondaj yapılmış, bunların 30 adedi kömür kesmiştir. 1980 yılında E.İ.E. İdaresi tarafından yapılan 1 adet sondajın kömür kesmesi üzerine ilerleyen yıllarda da farklı kuruluşlar tarafından çeşitli sondajlar yaptırılmıştır. [20]

Yakın bir zamanda, TKİ Kurumu tarafından 2012 ve 2013 yıllarında 12 adet 900,5 metre yeni sondaj yaptırılmış ve bunların 10 adedi kömür kesmiştir. Yapılan değerlendirmelerde yeni sondajlarla birlikte toplam 50 adet sondaj veri tabanı için kullanılmıştır.

Bu çalışmada kömür kesen ve toplam uzunluğu 7.725,08 metre olan 50 adet sondaj tanımlanmıştır. Bu sondajların sahadaki konumları ve dağılım yoğunlukları Şekil 47’de gösterilmektedir.



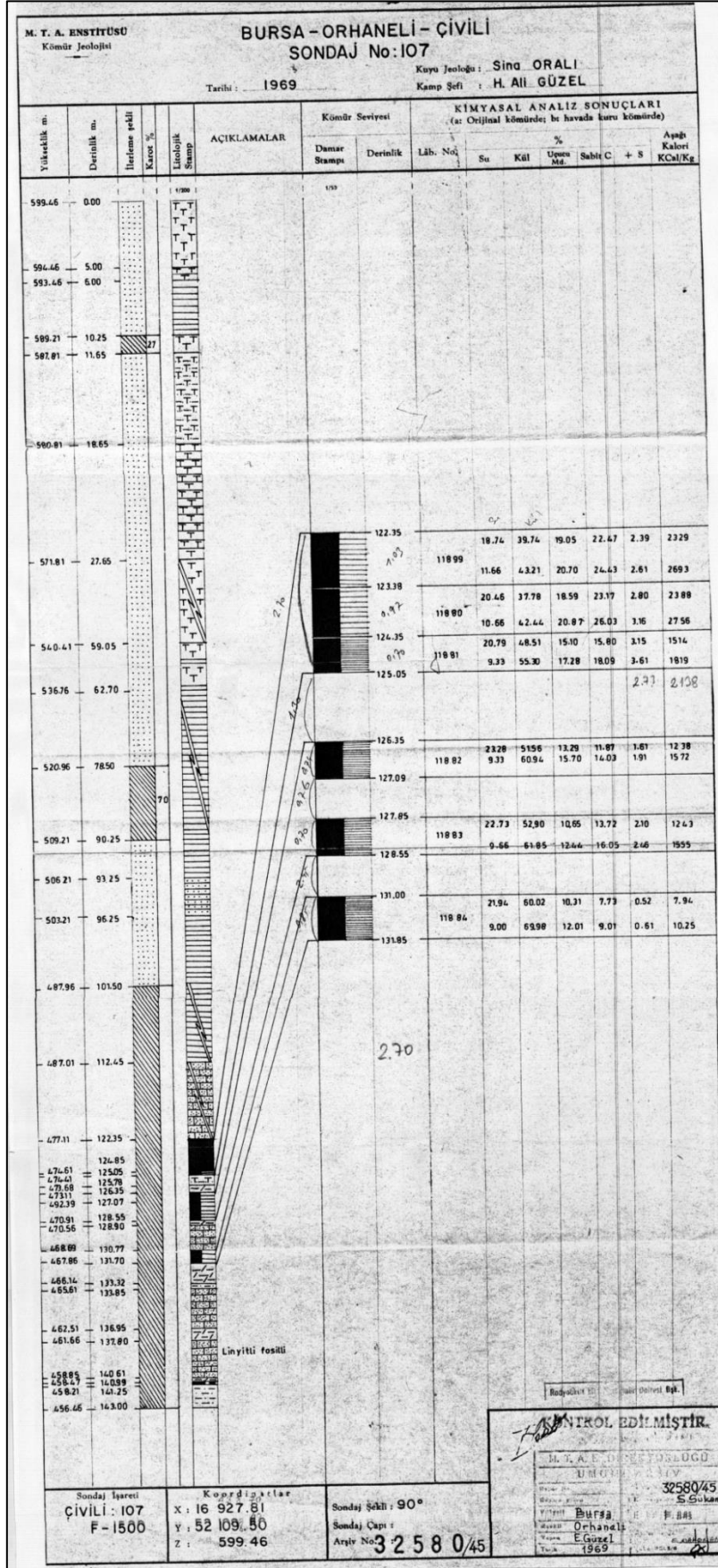
**Şekil 47.** Çivili sahası sondaj lokasyon haritası

Modelleme işlemlerinde 50 adet sondaja ait loglar dikkate alınmış ve buna göre model veri tabanı oluşturulmuştur. Katı modeller 50 adet sondaj değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Sondajların tamamı dik olarak yapılmıştır. En düşük sondaj derinliği 36,5 metre, en yüksek sondaj derinliği ise 325 metredir. En düşük 21 metrede, en yüksek de 262,5 metrede kömür kesilmiştir.

Sondajlar 4,8 km<sup>2</sup>'lik bir alana yayılmaktadır. Sondajlar arası ortalama uzaklık 310 metre olup en yakın iki sondaj arası uzaklık 120 metredir.

Örnek bir sondaj logu Şekil 48'de gösterilmiştir.



Şekil 48. MTA tarafından 1969'da yapılan bir sondaja ait log

## 5.2. Veri Tabanı Oluşturulması ve Doğrulama

Sondajlara ait ayrıntılı bilgilerden faydalanılarak (sondaj no, x, y ve z koordinatları, giriş ve çıkış metrajları, analiz değerleri) 3 boyutlu madencilik yazılımı olan Surpac programı kullanılarak bir veri tabanı oluşturulmuştur. 50 adet sondaj verisi olmasına rağmen, bunlardan 40 tanesi kömür kesmiştir.

Veriler, kömür kesmiş olan 40 adet sondaj loguna dayanmaktadır. Sondaj loglarında yer alan tüm bilgiler (sondajların x, y, z koordinatları ve eğimleri, sondajlardan alınan örneklerin litolojik tanımlamaları, analiz edilen örneklerin orijinal bazda AID, kül, nem, C, toplam S, giriş ve çıkış metrajları, kalınlık) bir Microsoft Excel dosyasına girilmiştir. Excel dosyasından faydalanılarak Surpac veri tabanında kullanılmak üzere 4 adet ayrı csv uzantılı dosya oluşturulmuştur. Bunlar sırasıyla "collar, survey, geology, sample" dosyalarıdır.

Veri tabanı oluşturulduktan sonra hatalı girilmiş veriler belirlenmiş ve bunlar düzeltilmiştir.

Hatalı girilen verilerin saptanmasında aşağıda sıralanan kontroller yapılmıştır.

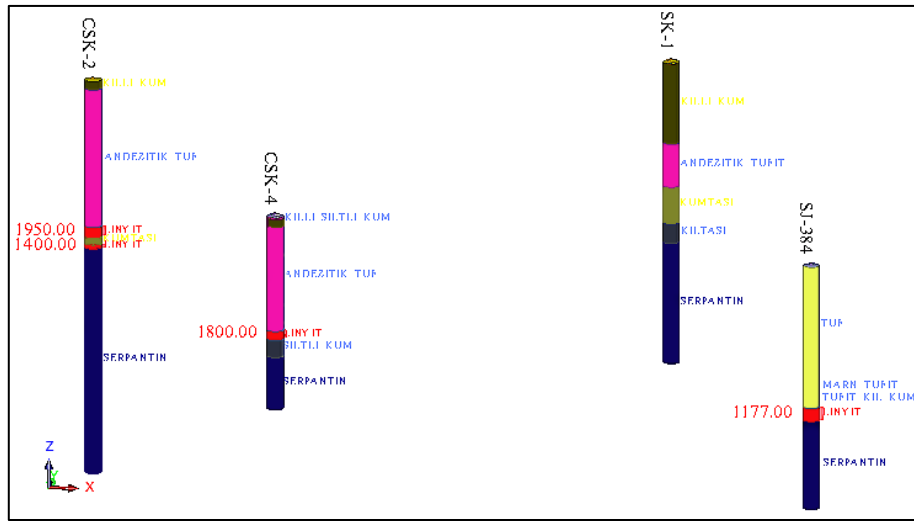
- 1) Sondajlara ait kalite (AID, kül, nem, kalınlık ve kükürt) değişkenlerinin özet istatistikleri (en düşük, ortalama, en yüksek, standart sapma, örnek sayısı) hesaplanıp, sıklık dağılımları çizilmiştir. Anormal küçük ve anormal büyük değerlere bakılmıştır.
- 2) Aynı bir örnek üzerinde yapılmış AID, kül, nem, kalınlık ve kükürt analiz değerleri toplamının %100'den küçük olup olmadığı kontrol edilmiştir.
- 3) Analiz değeri içeren örnek uzunluklarının tanımlayıcı istatistikleri (en düşük, ortalama, en yüksek, standart sapma, örnek sayısı) hesaplanmış ve sıklık dağılımları çizilmiştir. Çok büyük uzunluklar, kontrol edilmiştir.
- 4) Kalite değişkenleri arasında (örneğin AIDxKül, AIDxNem, KülxNem) saçılma diyagramları çizilmiştir. Hatalı girilmiş değerler, saçılma diyagramında anormal değerler olarak net bir şekilde gözlenmiştir.
- 5) Her adımda saptanan hatalar düzeltildikten sonra SURPAC'ta veri tabanı oluşturulmuş ve sondajlar litolojik renklerle gösterilerek anormal kömür kalınlıkları denetlenmiştir.

### 5.3. Çivili Sahasına Yapılan Ziyaretler

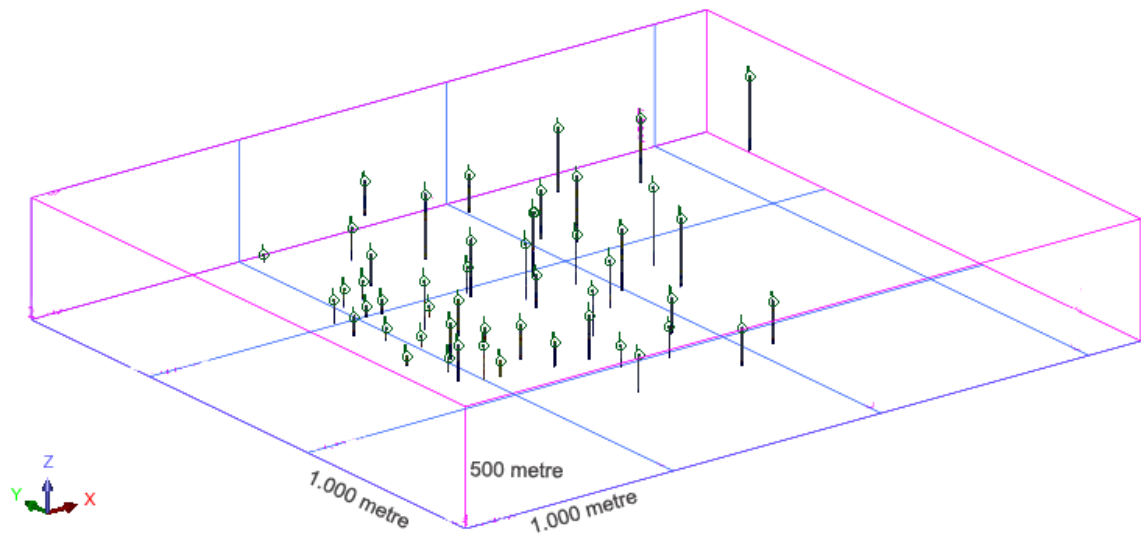
Çivili sahası çalışılmamış ham bir saha olup, henüz üretime yönelik projelendirilmemiş olduğundan herhangi bir ziyaret gerçekleştirilmemiştir. Arazi, engebeli bir ova şeklindedir.

### 5.4. Sondajlarının 3 Boyutlu Gösterimi

Surpac programına veri tabanının girilmesinden sonra, sondajlarla ilgili litolojik renkler seçilmiş ve kalite özellikleri sondajların yanlarına yazdırılmak suretiyle, şekil 49’da olduğu gibi dinamik 3 boyutlu görüntüler elde edilmiştir.

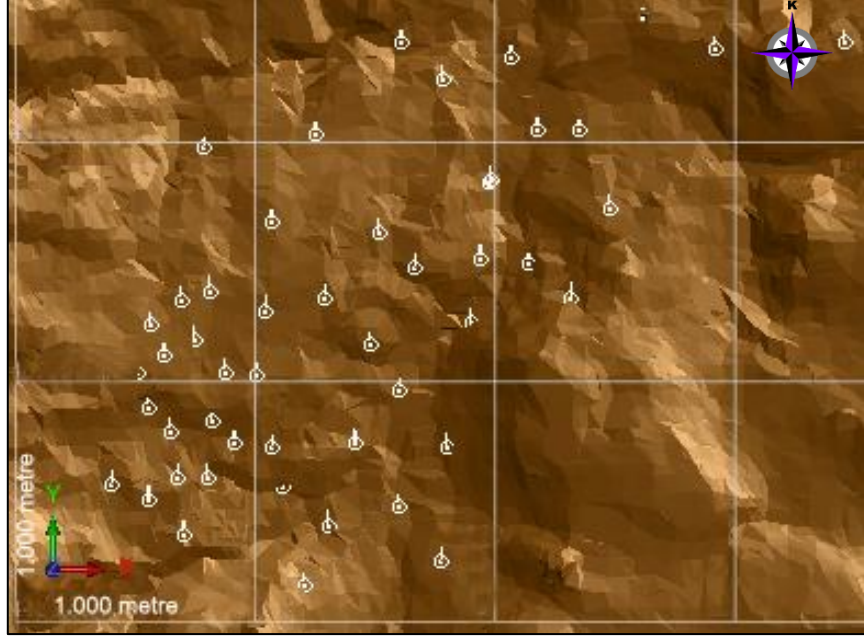


Şekil 49. Çivili sondaj stampının 3 boyutlu olarak yakından görünümü



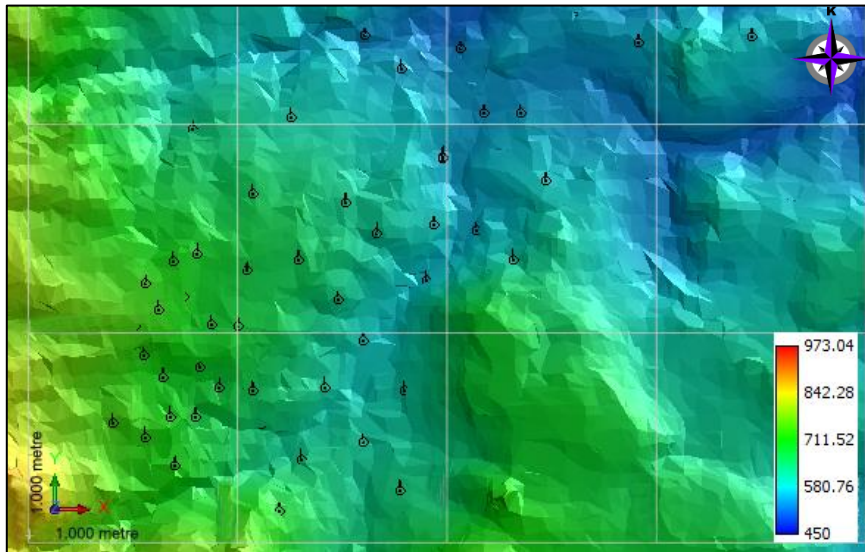
Şekil 50. Çivili sondaj haritasının 3 boyutlu olarak perspektif görünümü

Sahaya ait var olan topografik haritayı oluşturmak için nokta dosyası 25.000'lik haritadan alınarak, dxf uzantılı olarak önce Surpac içine aktarılmış. Daha sonra Surpac'ta string dosyası oluşturulup, noktalardan DTM (*Digital Terrain Model: Dijital Arazi Modeli*) oluşturulmuş ve plan görünümü Şekil 51'de sunulmuştur. Böylece 3 boyutlu topografya oluşturulmuştur.



Şekil 51. Çivili topografya topografyasının plan görünümü

Çivili kömür sahası oluşum itibariyle, Şekil 52'de de gösterildiği gibi, batıya ve güneye doğru yükselmekte, kuzeyde ve kuzeydoğuda ise derine dalmaktadır. Sahanın doğuya yakın ortası çanak görünümündedir.

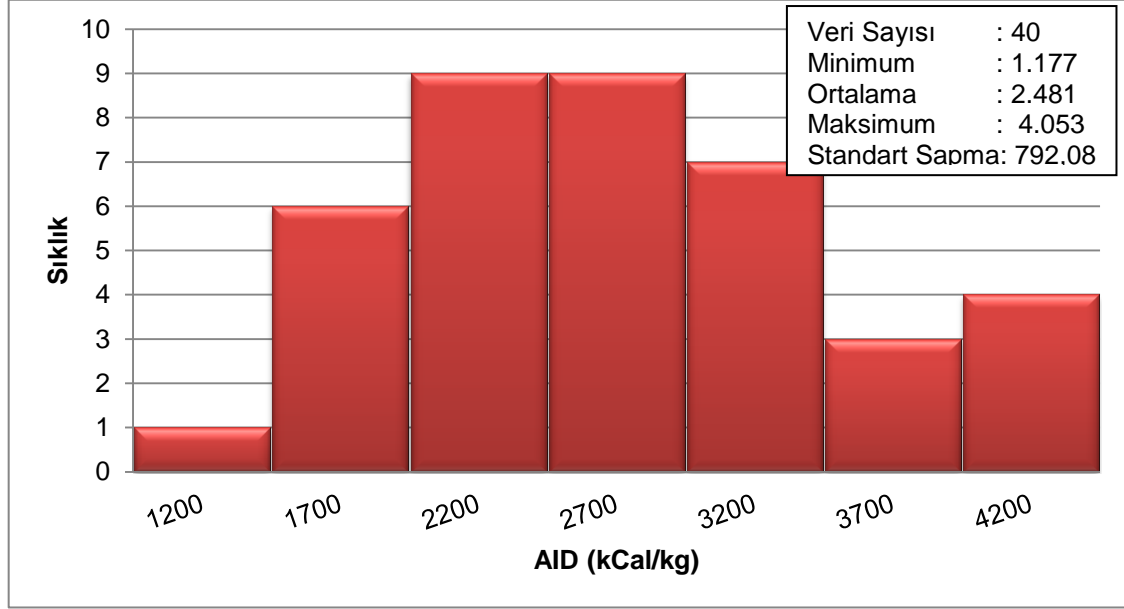


Şekil 52. Çivili renkli topografyası plan görünümü

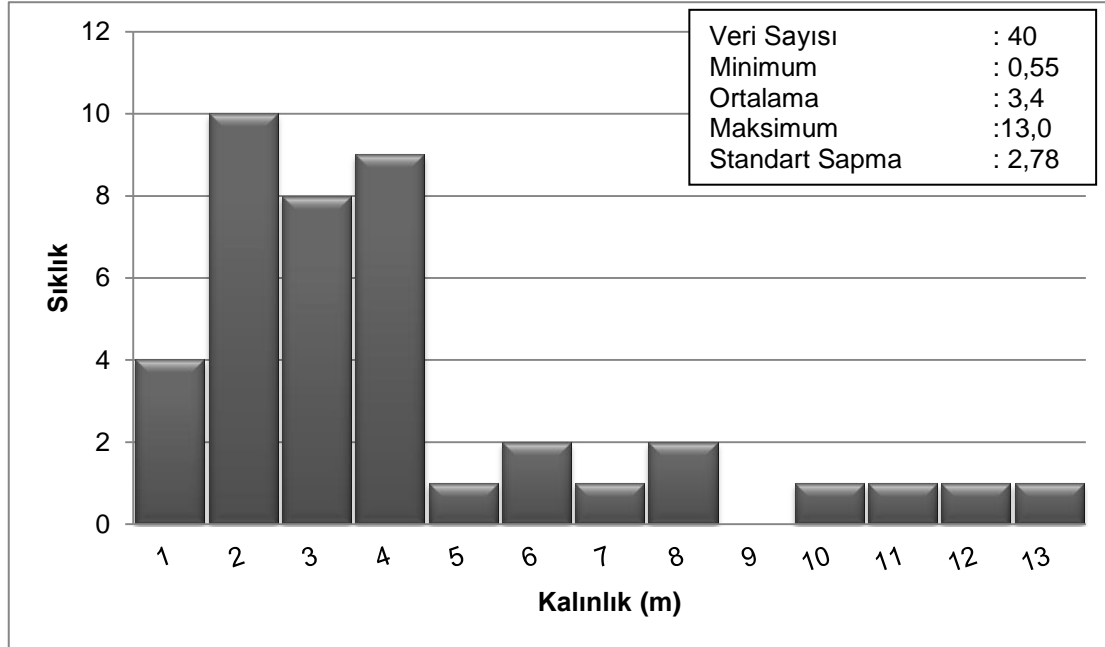


## 5.5. Ham Verilerin İstatistiksel Analizi

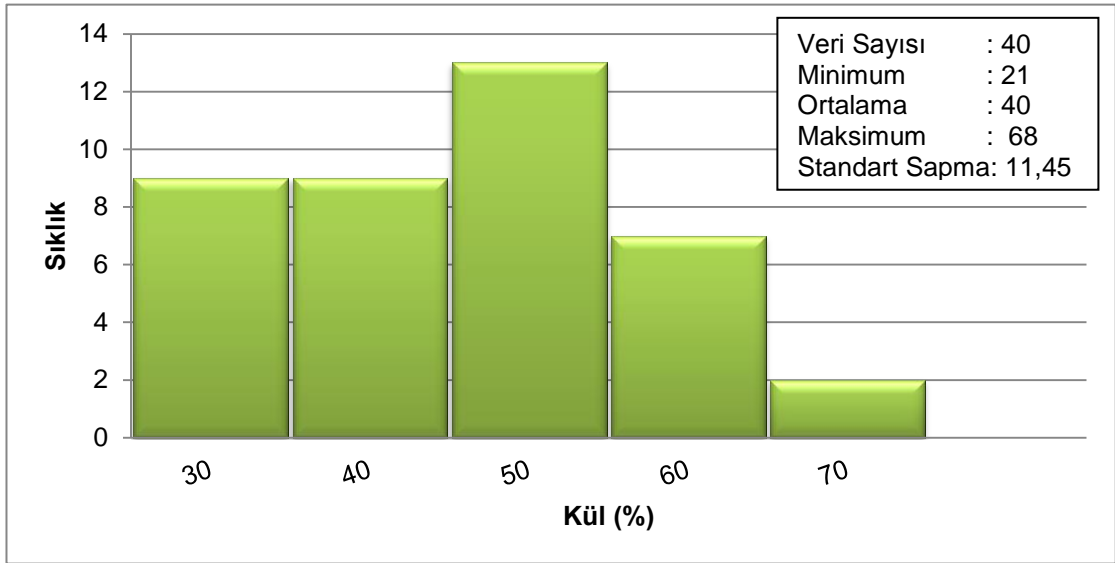
AID, kalınlık, kül ve nem içeriğine ilişkin sıklık dağılımları özet istatistikleri ile birlikte sırasıyla Şekil 53-54-55 ve 56'da gösterilmiştir. Sağırlar sahasından farklı olarak Çivili sahasında yer yer çift damarlar bulunmaktadır.



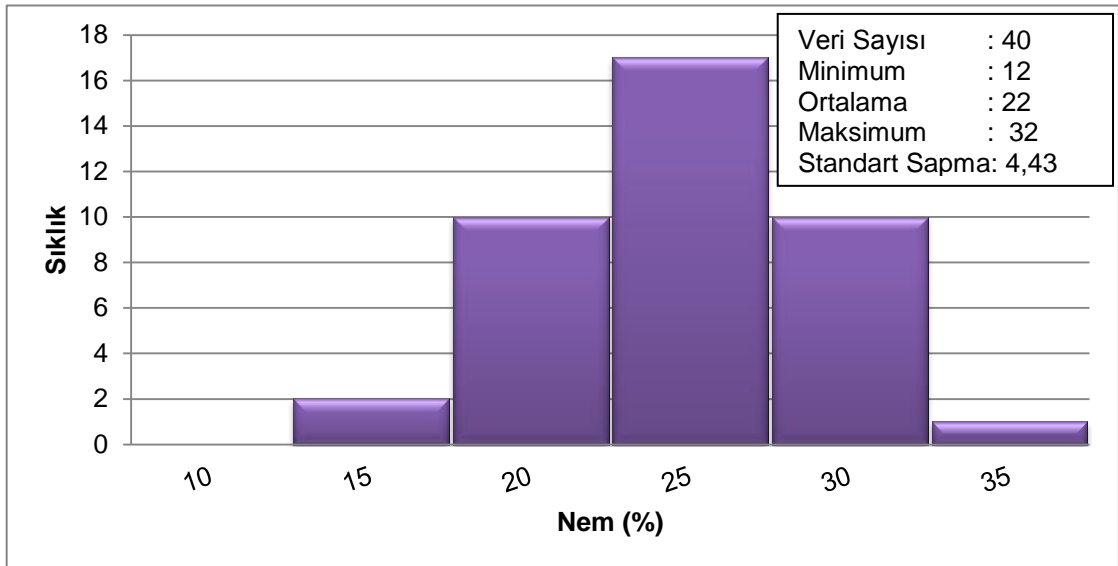
Şekil 53. Çivili sahası AID histogramı



Şekil 54. Çivili sahası kömür kalınlığı histogramı



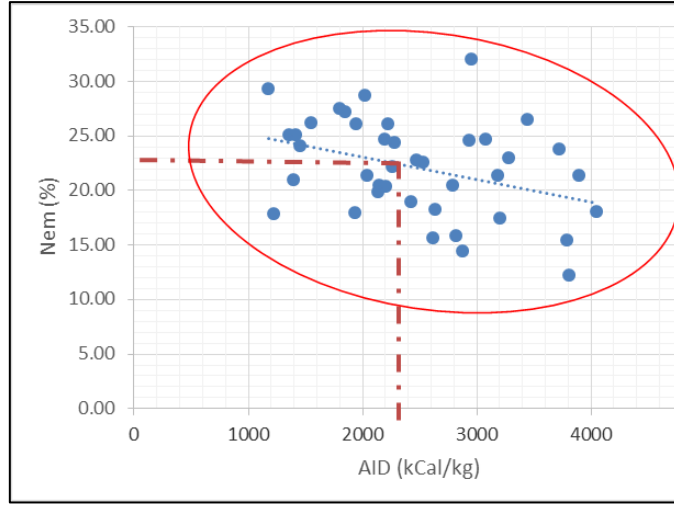
**Şekil 55.** Çivili sahası kül histogramı



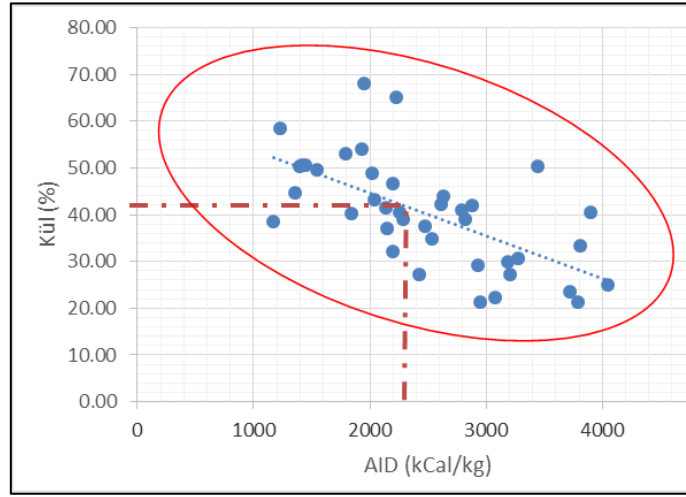
**Şekil 56.** Çivili sahası nem histogramı

Kalite değişkenleri arasında saçılma diyagramları çizilmiş bunlardan yalnızca Nem x AID, Kül x AID ve Kül x Nem arasındaki grafikler sırasıyla Şekiller 57-58 ve 59'da gösterilmiştir.

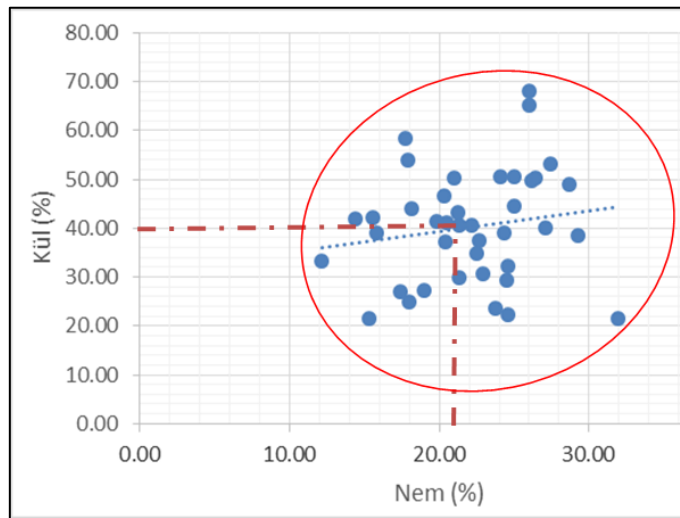
Şekillerde düşey ve yatay eksenleri kesen doğrular ilgili değişkenin uzunluk ağırlık ortalamasını göstermektedir. Nem ve AID arasında belirgin bir ilişki gözlenmezken, AID arttıkça, kül azalmaktadır.



**Şekil 57.** Çivili sahası AID x Nem saçılma diyagramı



**Şekil 58.** Çivili sahası Kül x AID saçılma diyagramı

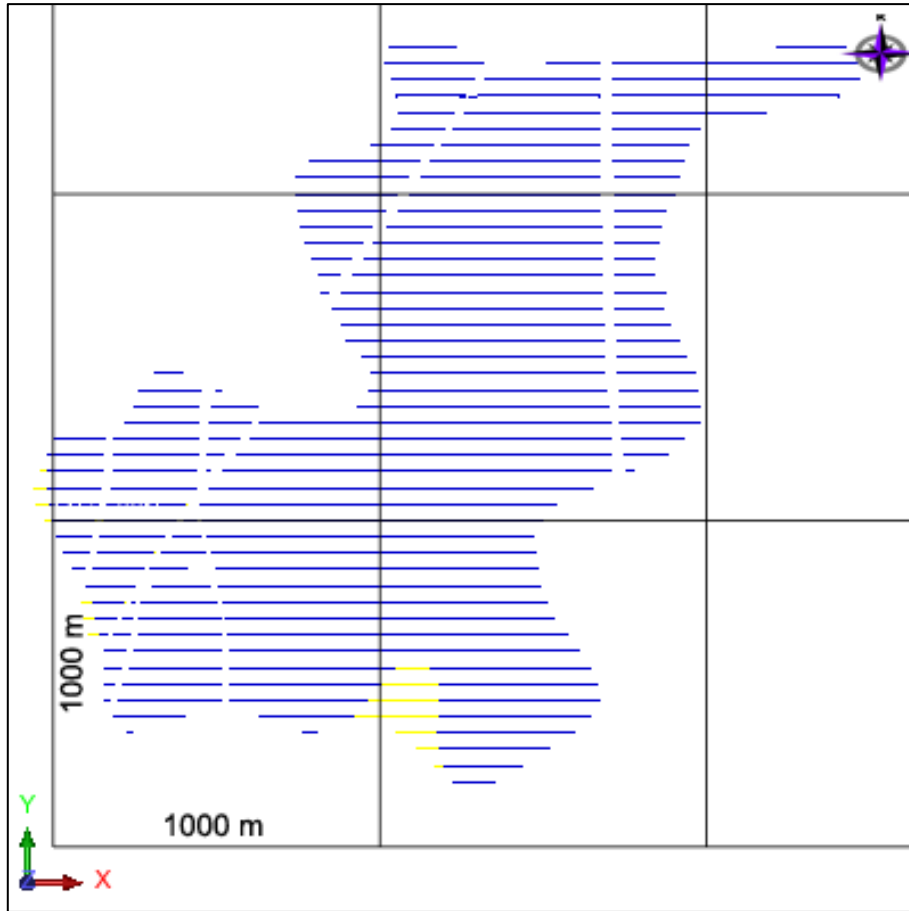


**Şekil 59.** Çivili sahası Kül x Nem saçılma diyagramı

## 5.6. Jeolojik Katı Modelleme (3D Modelleme)

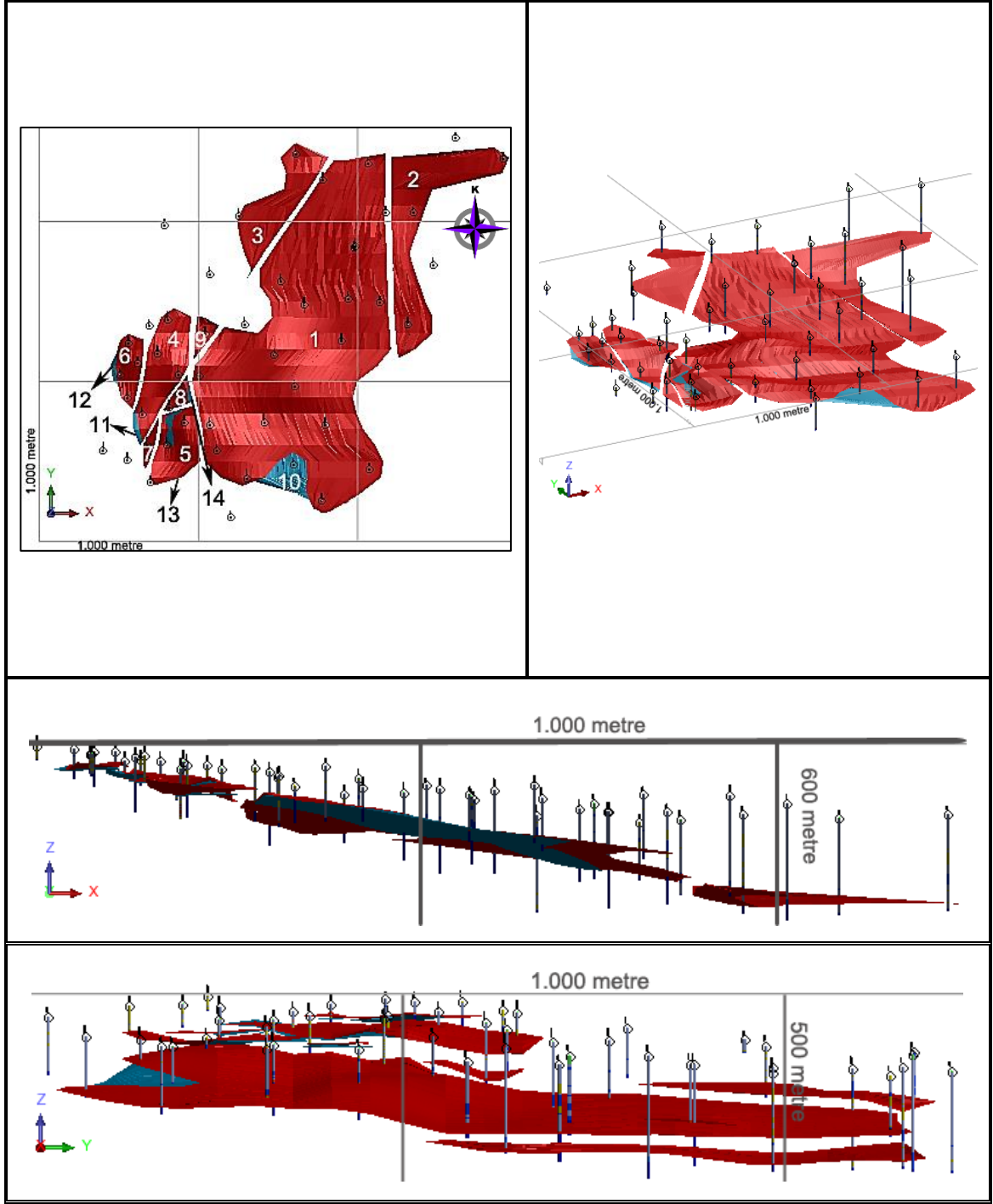
Katı model oluşturma ve fayların tespitinde sondaj log bilgileri kullanılmıştır. Bu amaçla çok sayıda kesit alınmış ve kesitlerdeki kömür kalınlığındaki değişimler, eğim farklılıkları, st tabakaların kalınlıkları dikkate alınarak modelleme gerçekleştirilmiştir.

Veri tabanı doğrulama işlemi tamamlandıktan sonra saha, çeşitli yönlerden kesit alınarak taranmıştır. Şekil 60'tan da görüleceği üzere sahada daha çok güney ve güney batı tarafta yer yer çift damar yayılımı bulunmaktadır. Ayrıca KG doğrultulu faylar da bulunmaktadır.



Şekil 60. Çivili sahasında alınan kesitlerin plan görüntüsü

Sahadaki tabakalaşmanın ve kömür damar yayılımının dikkate alınmasıyla oluşturulan kesitler, katı modele dönüştürülmüş ve kırmızı ve mavi renkli iki damar oluşturulmuştur.



**Şekil 61.** Çivili sahası katı modelinin plan, perspektif, xz ve yz düzlemleri üzerindeki görünümü

Sahanın sadece güney bölümünde çift damar olmasına rağmen, faylanmalardan dolayı 14 adet farklı kesitten 14 farklı kömür bloğu ortaya çıkmıştır. Üstteki ana damar kırmızı renkle, alttaki damar da mavi renkle Şekil 61'de gösterilmiştir.

Sahanın kuzey doğu ve kuzey batısındaki sondajlar kömür kesmedikleri için katı modellerin dışında kalmışlardır.

Sondajlarla katı modellerin uyumlu oldukları doğrulandıktan sonra, katı modellere ait ayrıntılı rapor alınmıştır.

Bloklara ilişkin yüzey alanı ve hacim bilgileri Çizelge 11’de gösterilmiştir. Blokların toplam hacmi 7,7 milyon m<sup>3</sup>tür.

**Çizelge 11.** Çivili linyit damarlarını oluşturan 14 adet farklı kömür bloğuna ait bilgiler

Blok No	Hacim (m <sup>3</sup> )
1	4.595.809
2	443.569
3	87.304
4	66.161
5	24.947
6	13.834
7	834.885
8	501.713
9	371.175
10	259.253
11	226.616
12	81.564
13	39.804
14	13.517
	7.711.279

Ana damar = 6,2 milyon m<sup>3</sup>

Alt damar = 1,5 milyon m<sup>3</sup>

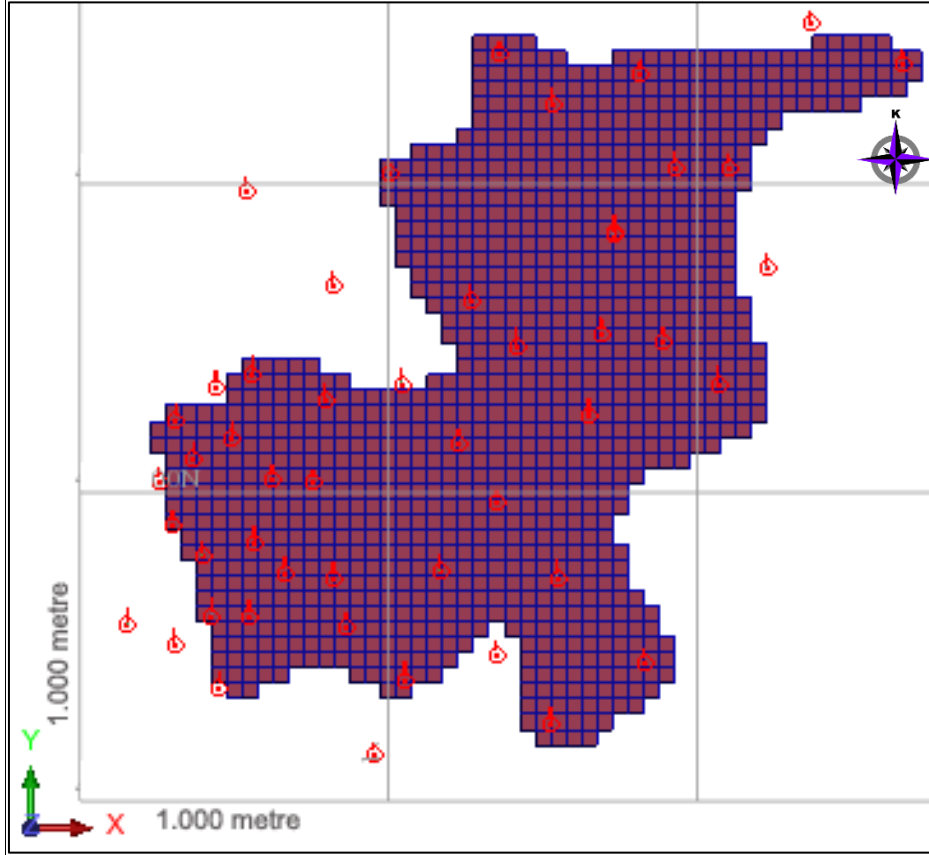
## 5.7. Kaynak Kestirimi

Sahadaki kömür, ortadan itibaren kuzeyde tek damar, güneyde ise çift damar yapısına sahiptir. Her sondajdan sadece bir tane örnek toplanmış olması nedeniyle 2 boyutta kestirim yapılmıştır.

### 5.7.1. Blok Geometrisi ve Boyutları

Çivili sahasında blok boyutları jeolojik katı model ve işletme yöntemi dikkate alınarak iki boyutta kestirim uygulanmış ve blok büyüklüğü 50m x 50m seçilmiştir. Sahadaki kömürlü alan 1.126 adet bloğa ayrılmış olup blokların toplam alanı 2.812.848 m<sup>2</sup>’dir.

Sahaya ait blok model, Şekil 62’de gösterilmiştir.



Şekil 62. Çivili sahası blok modeline ait ekran görüntüsü

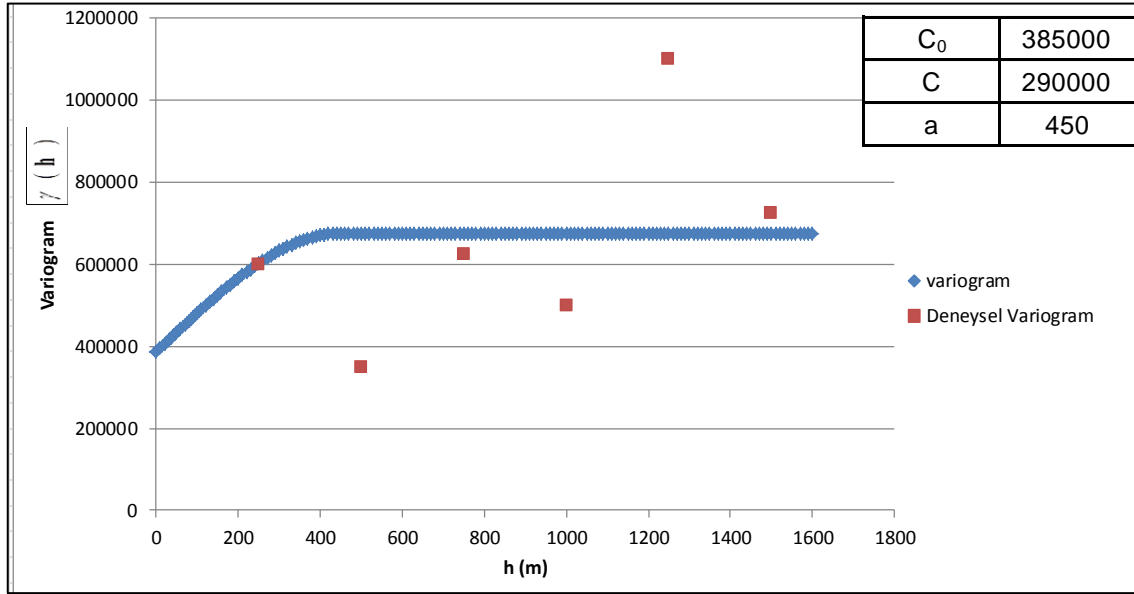
### 5.7.2. Variogram Analizi

Dört kalite değişkeninin (AID, kalınlık, kül ve nem) deneysel variogramları hesaplanıp, modellenmiştir. Veri azlığı nedeniyle modelleme iki boyutta yapılmıştır. Her bir kalite değişkenine ilişkin model variogram parametreleri Çizelge 12’de verilmiştir.

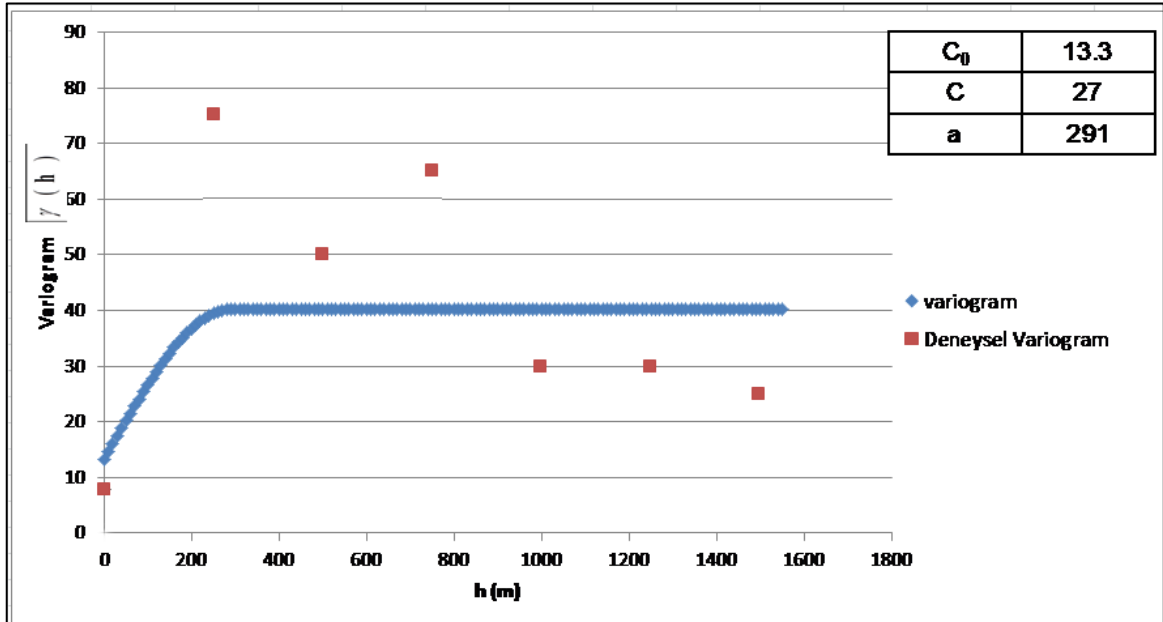
Çizelge 12. AID- Kalınlık-Kül-Nem miktarlarına ilişkin variogram model parametreleri

Variogram Model Parametreleri	AID (kCal/kg)	Kalınlık (m)	Kül (%)	Nem (%)
Model	Küresel Model	Küresel Model	Küresel Model	Küresel Model
$C_0$ (Külçe etkisi)	385000	13,28	2,57	55
C (Eşik değer)	290000	27,08	11,9	43,15
a (Yapısal Uzaklık)	450	291	391	441

Variogram modellerinden AID, kalınlık, kül ve nem örnek olarak Şekil 63-64-65 ve 66'da gösterilmiştir.

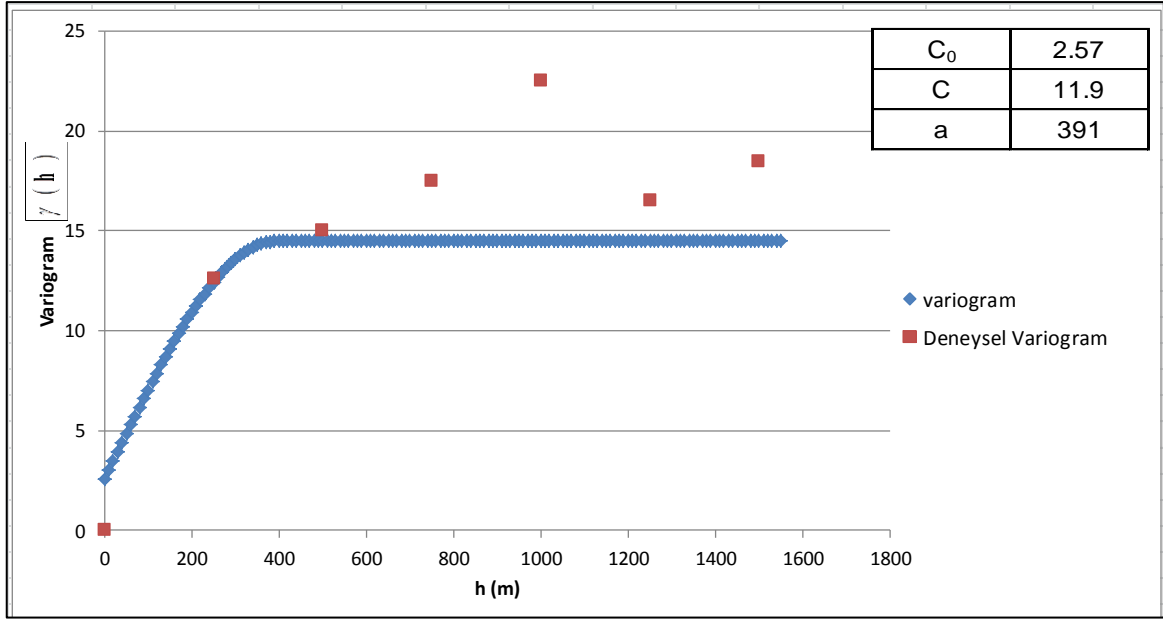


Şekil 63. AID miktarına ait küresel tipte variogram modeli

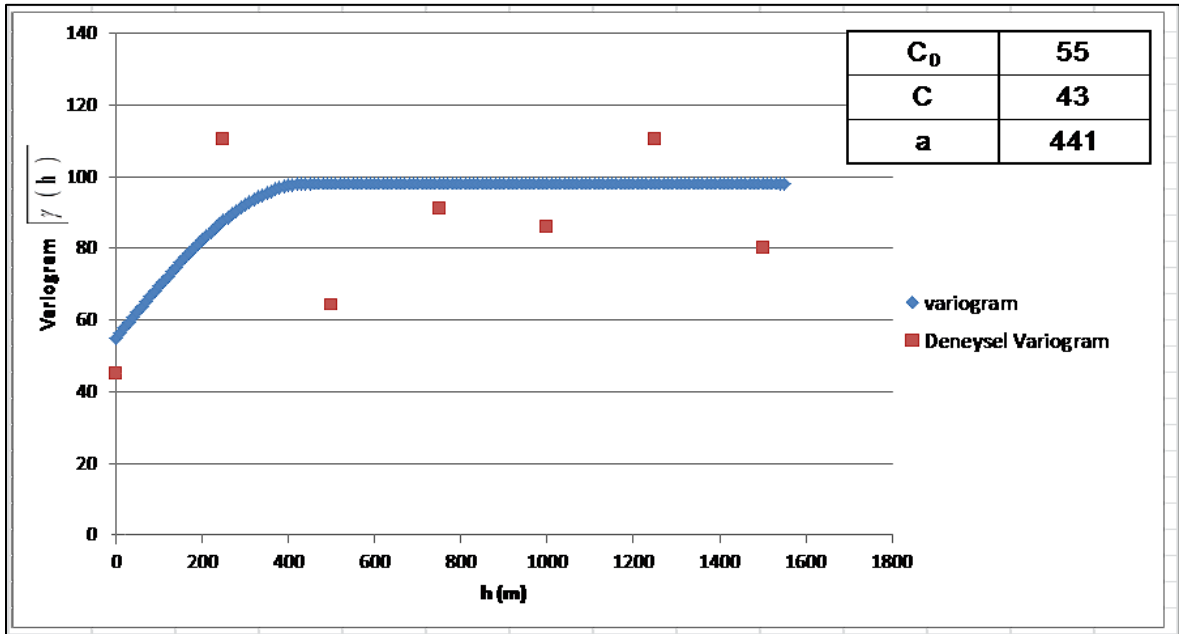


Şekil 64. Kalınlık miktarına ait küresel tipte variogram modeli





Şekil 65. Kül miktarına ait küresel tipte variogram modeli



Şekil 66. Nem miktarına ait küresel tipte variogram modeli

### 5.7.3. Verilerin İstatistiksel İncelenmesi

Çivili sahasındaki modelleme iki boyutta yapıldığı için sahada eşit uzunlukta veri üretilmemiş olup, saha 50 m X 50 m boyutlarında bloklara ayrılarak kalite değişkenlerine ait incelemeler yapılmıştır.

Verilerin detaylı istatistiksel incelemeleri Çizelge 13'te verilmiştir.

**Çizelge 13.** Verilerin (kalınlık, AID, nem, kül) istatistiksel incelenmeleri

Veri Adı	AID (kCal/kg)	Kalınlık (m)	Kül (%)	Nem (%)
Veri sayısı	151	151	151	151
En düşük değer	794	0,52	21,30	12,18
En yüksek değer	4053	9,5	68,00	32,00
Ortalama	2278	3,4	42,6	23,12
Ortanca	2287	2,75	41,6	24,13
Geometrik Ortalama	2156	3,55	41,5	22,78
Varyans	522945	7,9	87,3	14,36
Standart Sapma	723	2,82	9,35	3,79
Değişim Katsayısı	0,32	1,02	0,22	0,16

#### 5.7.4. Çapraz Doğrulama

Seçilen variogram model parametrelerinin yanlış olmadığını test etmek amacıyla çapraz doğrulama tekniği uygulanmıştır. Bu analizden elde edilen sonuçlar AID, kalınlık, kül ve nem için Çizelge 14’te verilmiştir. Yanlış olmayan bir uyarlamada en düşük ortalama hata elde edilmeli, hata standart sapması ve Krigleme standart sapması ortalamalarının birbirine yakın ve 2 standart sapma içindeki hata yüzdesi 95 civarında olmalıdır.

Test sonuçları, model parametrelerinin bu kriterler açısından tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Çizelge 14.** AID-Kül-Nem-Kalınlık için sondaj verilerinin çapraz doğrulama sonuçları

Çapraz Doğrulama Parametreleri	AID (kCal/kg)	Kalınlık (m)	Kül (%)	Nem (%)
Ortalama hata	-36	0,19	0,14	0,15
Hatanın varyansı	826345	174	12	125
Ortalama Krigleme varyansı	705457	109	14	104
<b>İki standart sapma içindeki hata %</b>	<b>95</b>	<b>92</b>	<b>95</b>	<b>92</b>

Sahada kalite değişkenlerinin blok ortalamaları Krigleme yöntemi ile kestirilmiştir. Kestirimde en düşük örnek sayısı 3, en yüksek örnek sayısı ise 16 alınmıştır. Bunun dışındaki örnek arama parametreleri, Çivili sahasının geometrik özellikleri ve ilgili değişkenin variogram parametrelerine bağlı olarak tespit edilmiştir.

#### 5.7.5. Blok Modelin Doğruluğunun Kontrolü

Blok modelin doğruluğu, blok modelden elde edilen kestirim değerleri verilerle karşılaştırılarak test edilmiştir. Bunun için kalite değişkenlerinin model ortalamaları ile verilerin ortalamaları karşılaştırılmıştır.

Çizelge 15 her bir kalite değişkeni için blok modelden elde edilen ortalamalar ile verilerin ortalamalarını göstermektedir. Yansız bir kestirim için blok model ve verilerin ortalamalarının birbirine yakın olması gerekir. Çizelge 15'e göre blok model ile veri ortalamaları arasında önemli bir farkın olmadığı görülmektedir. Bu da yapılan kaynak kestiriminin doğruluğunu göstermektedir.

Çizelge 15. Blok Model ve veri ortalamalarının karşılaştırılması

Doğruluk Kontrolü	AID (kCal/kg)	Kalınlık (m)	Kül (%)	Nem (%)
Veriler	2.278	3,4	42,6	23,12
Blok Model	2.311	3,7	40,2	21,80
Fark (%)	%1	%9	-%6	-%6

#### 5.7.6. Kaynak Kestirimi

Kalite özellikleri ayrı ayrı haritalanmıştır. Dört kalite değişkeni (AID, kalınlık, kül ve nem) için kaynak miktarı ve ortalamalar, blok modelden hesaplanmıştır.

Kaynak miktarı bazı bloklar için Çizelge 16'da verilmiştir.

**Çizelge 16.** 50 m x 50 m olarak ayrılan bazı bloklara ait kalite özellikleri

Blok No	AID (kCal/kg)	Kalınlık (m)	Kül (%)	Nem (%)	Hacim (m <sup>3</sup> )	Kaynak (ton)
1	2073,02	4,62	46,60	24,33	11.555	16.177
2	2167,71	5,85	44,53	24,37	14.624	20.473
3	2077,15	5,16	46,85	24,66	12.910	18.074
4	2171,27	7,99	45,44	24,51	19.970	27.958
5	2119,18	6,86	46,29	24,38	17.141	23.998
6	2261,36	10,31	45,23	24,61	25.779	36.091
7	2263,66	10,91	44,06	24,63	27.281	38.193
8	2199,81	13,13	43,43	24,83	32.816	45.942
9	2073,02	4,62	46,60	24,33	11.555	16.177
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
1115	2348,46	3,23	39,54	20,58	8081	11314
1116	2346,53	3,26	39,48	20,66	8148	11408
1117	2359,25	3,07	39,88	19,78	7666	10732
1118	2356,35	3,11	39,79	19,89	7782	10896
1119	2357,15	2,82	40,33	19,34	7043	9860
1120	2365,84	2,96	40,12	19,53	7388	10343
1121	2350,26	2,92	40,11	19,57	7291	10207
1122	2362,68	2,74	40,5	19,15	6838	9574
1123	2360,67	2,77	40,44	19,22	6913	9679
1124	2369,02	2,64	40,71	18,94	6601	9242
1125	2365,73	2,69	40,60	19,05	6725	9415

Yoğunluk, BLİ raporlarında belirtildiği gibi 1,4 gr/cm<sup>3</sup> alınmış ve tonaj hesabında kullanılmıştır, Buna göre:

**Toplam hacim : 10.407.538 m<sup>3</sup>**

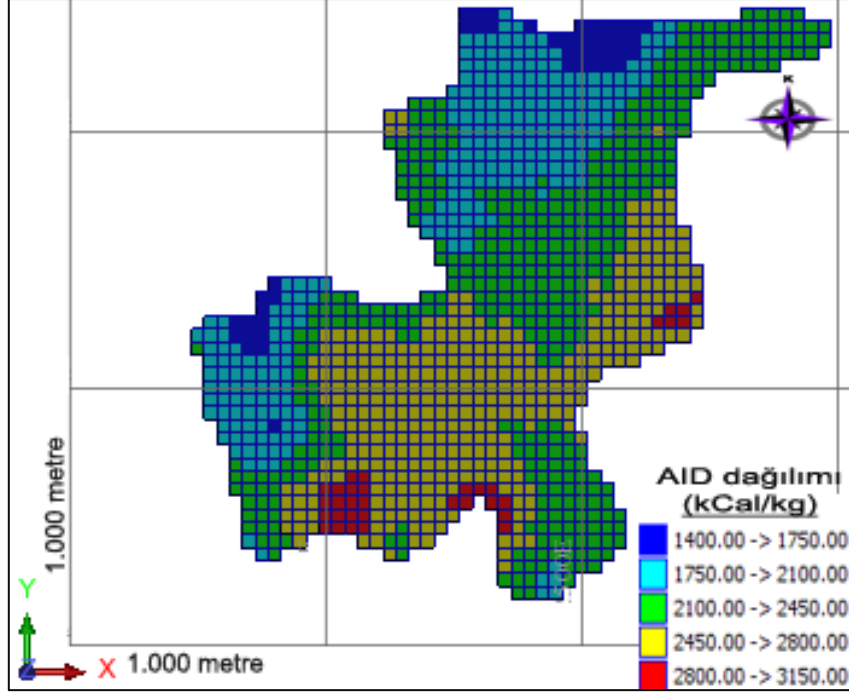
**Toplam kaynak : 14.570.553 ton'dur,**

1125 adet bloğun özet istatistikleri Çizelge 17'de verilmiştir.

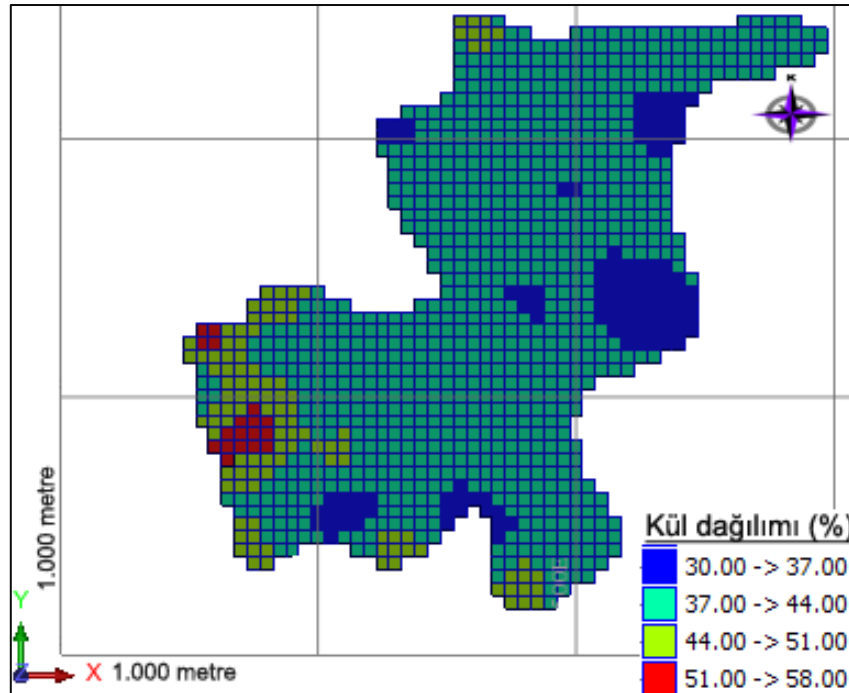


yönlerinde yeni sondajların yapılması gerekmektedir. Bu yönlerde kömür de yükselmektedir. Yapılacak sondaj derinliği açısından bu da bir avantajdır.

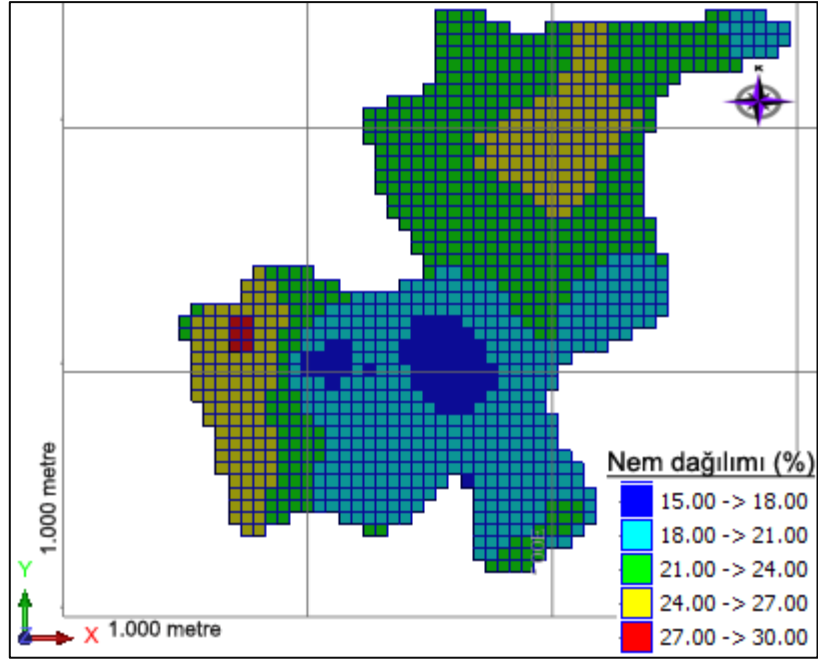
Bloklara ait AID, kül ve nem için kestirim haritaları Şekil 68-69 ve 70'te gösterilmiştir.



Şekil 68. Çivili linyit sahası AID dağılımı haritası (blok boyutları 50 x 50 m)



Şekil 69. Çivili linyit sahası kül dağılımı haritası (blok boyutları 50 m x 50 m)



**Şekil 70.** Çivili linyit sahası nem dağılımı haritası (blok boyutları 50 m x 50 m)

Çivili sahasının kalite ortalamaları Çizelge 18’de verilmiştir, Buna göre sahanın AID ortalaması 2.311 kCal/kg olup, ortalama kömür kalınlığı 3,7 metredir.

**Çizelge 18.** Kalite değişkenlerinin saha ortalamaları

Ortalama			
AID (kCal/kg)	Kalınlık (m)	Kül (%)	Nem (%)
2.311	3,7	40	22

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışması sonucunda, Sağırlar ve Çivili sahalarındaki linyit damarları modellenmiş, kaynak miktarı ve özellikleri jeostatistiksel olarak sondaj verisi azlığından dolayı 2 boyutta kestirilmiştir. Buna göre iki sahanın aralarında yaklaşık 2 km'lik bir mesafe bulunmasına rağmen, farklı bir kömür oluşumuna sahip oldukları, kalite özellikleri açısından benzeşemedikleri tespit edilmiştir.

Sağırlar ve Çivili sahaları için yapılan çalışma sonucunda elde edilen kaynak miktarı ve kalite değişkenlerine ait ortalamalar Çizelge 19'da verilmektedir. Buna göre Sağırlar sahasında ortalama 3077 kCal/kg alt ısıl değere sahip yaklaşık 11,7 milyon ton; Çivili sahasında da ortalama 2.311 kCal/kg alt ısıl değere sahip 14,6 milyon ton kaynak hesaplanmıştır.

**Çizelge 19.** Sağırlar ve Çivili sahaları kaynak kestirimi özeti

Saha adı	Kalite değişkenleri ortalamaları				Kaynak (milyon ton)
	AID (kCal/kg)	Kalınlık (m)	Kül (%)	Nem (%)	
<b>Sağırlar</b>	3.077	4,0	25	23	11,7
<b>Çivili</b>	2.311	3,7	40	22	14,6
<b>TOPLAM</b>					<b>26,3</b>

Aksoy ve diğerleri [24] yaptıkları kaynak ve üretim projesi çalışmalarında;

Sağırlar sahasında ortalama alt ısıl değeri 3.286 kCal/kg; ortalama nemi %26, ortalama külü %20; toplam kalan kaynak miktarını da 5,2 milyon ton olarak hesaplamışlardır.

Tez kapsamında yapılan kaynak kestirimi çalışmasının söz konusu çalışmadan farklı olmasının nedeni, sondaj sayısının daha fazla olması, ilave yapılan sondajların bir kısmının kömür kesmiş olması ve Jeostatistiksel yöntemin kullanılmış olması gibi nedenlerdir.

Aksoy ve diğerleri [24] Çivili sahasını, açık işletme ve yer altı işletmesi olarak ikiye ayırdıktan sonra; açık işletme kısmında ortalama alt ısıl değeri 1.951 kCal/kg, ortalama nemi %18, ortalama külü %41 bulmuş olup; toplam açık işletme



kaynağını 2,86 milyon ton olarak hesaplamışlardır. Yer altı işletmesi kısmında ortalama alt ısı değerleri 1.937 kCal/kg; ortalama nem %12, ortalama külü %35 bulmuş olup; toplam yer altı işletmesi kaynağını 7,77 milyon ton; toplam kaynağı ise 10,6 milyon ton olarak hesaplamışlardır.

Tez kapsamında yapılan kaynak kestirimi çalışmasının söz konusu çalışmadan farkı, Çivili sahasında yapılmış olan yeni sondajların olumlu neticelenmesinden dolayı kaynak miktarının artmış olmasıdır. Fakat kömür kalite özellikleri açısından her iki çalışma da birbirleriyle örtüşmektedir.

BLİ Müdürlüğü raporlarına göre [26]; sondajlar yapılmadan önce Çivili'deki kaynak miktarı 10,7 milyon ton iken, tez çalışması sonucunda bu rakam 14,6 milyon ton olarak hesaplanmıştır. Bu farklılığın nedeni yukarıda belirtildiği gibi Çivili sahasında yapılmış olan yeni sondajların olumlu neticelenmesi ve poligon metodu yerine Jeostatistiksel metotlarla kaynak kestiriminin yapılmış olmasıdır.

Sağırlar sahası kısmen çalışılmış bir saha olduğu için, güncel rakamlarla 6,3 milyon ton'luk bir kaynak kaldığı ifade edilmektedir. [11]

Bu zamana kadar yapılan toplam üretim, BLİ Müdürlüğü raporlarına göre yaklaşık 4,3 milyon ton olup [5], bu durumda 10,6 milyon ton'luk bir kaynağın olduğu ortaya çıkmaktadır. Fakat tez çalışması kapsamında yeniden değerlendirilen üretim öncesi kaynak toplamı 11,7 milyon ton olarak kestirilmiştir. Bunun nedenleri, yeni sondajlardan bir kısmının kömür kesmesi ve 2000 yılı öncesi sahada yapılan yer altı üretimi çalışmaları ile ilgili net üretim bilgilerine ulaşamamış olmasıdır.

Kaynak kestirimi sonucunda, Sağırlar sahasının kuzeyi ve kuzey batısında kömürün kalınlaştığı ve alt ısı değerinin arttığı tespit edilmiştir. Fakat yeni yapılan sondajların bir kısmı, kuzeyde kömür kesmemiştir. Kömür kesilmemiş olmasının ana nedeni olarak, yüksek topografyadan dolayı derin sondajların yapılamaması, engebeli arazi ve muhtemel büyük atımlı fayların kömürü derine atmış olması ihtimali gösterilebilir. Kömür varlığını netleştirmek için mutlaka ilave derin sondajlar yapılmalıdır.

Sağırlar sahası ile kuzeyinde yer alan Gümüşpınar sahası benzer kömür kalite özelliklerine sahiptir. Sağırlar sahası ile Gümüşpınar sahasındaki tek damar yapısına sahip olan kömürün derinde birleştiği düşünülmektedir. Bunun teyidinde

yönelik olarak mutlaka ilave sondajlar yapılmalı ve mevcut üretim projeleri revize edilerek tek bir proje altında birleştirilmelidir.

Sağırlar sahasında kalan 6 milyon ton'un üzerindeki kaynağın derinde olması ve Altıntaş Köyü'ne çok yakın olması nedeniyle, yer altı üretim metoduna göre üretim projesinin hazırlanması, mutlaka Gümüşpınar sahasının devamı olan güneyindeki B panoları ile birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir.

Sahadaki taban taşlarını kumlu kil, kil, bazı kısımlarda da killi konglomera ve çakıllı killer oluşturmaktadır. Ayrıca havza temelini oluşturan temel kireç taşları da pano bölümlerinde damara çok yakındır. Külün su ile teması halinde işletmecilikte meydana gelebilecek olumsuz etkiler göz önüne alınarak galeri sürümlerinin iyi planlanması gerekmektedir. Açık ocak çalışmaları sırasında da tespit edildiği gibi sahada su problemi olduğundan, yer altı sularının tespiti ile ilgili ayrıntılı hidrojeolojik etütler yapılmalıdır.

Sahada mevcut fayların dışında fayların da olabileceği göz önüne alınarak, detaylı jeofizik etütler yapılmalıdır. Ayrıca çeşitli üniversitelerin AR-GE çalışmaları neticesinde elde edilecek veriler ışığında yeraltı işletme yönteminin ve köy emniyet topoğrafyasının yeniden değerlendirilmesi faydalı olacaktır.

Çivili sahasının bir kısmı açık işletme yöntemine, bir kısmı da yer altı üretim yöntemine uygun görünmektedir. Sağırlar ve Gümüşpınar sahasına kıyasla, Çivili sahasındaki alt ısı değerleri daha düşük olup, kömürdeki kül oranı daha yüksektir. Sağırlar sahasında olduğu gibi su problemi bu sahada da muhtemeldir ve bu problemin kesin tespitine yönelik hidrojeolojik etütlerin yapılması gerekmektedir. Özellikle yer altı projesi hazırlanmadan önce mutlaka su varlığı tespit edilmeli ve kömürün üzerinde yer alan kayaçların mukavemetleri ile ilgili bilimsel çalışmalar yapılmalıdır.

Çivili sahasının güneyinde kömürün kalınlaşması, kömür oluşumlarının aslında güneyde yoğunlaştığını göstermektedir. Kömür kalınlığı büyük bir fay olmadığı sürece bir anda sönümlenemeyeceğinden, sahanın güney ve güney doğu yönlerinde yeni sondajların yapılması gerekmektedir. Bu yönlerde kömür de yükselmektedir. Yapılacak sondaj derinliği açısından bu da bir avantajdır.

Aldaş ve diğerleri [25] yapmış oldukları sismik çalışmalarda mevcut kömür tabakasının altında kömür olabileceğini ortaya koyduklarından Sağırlar ve Çivili

sahasını temsil edecek derin sondajların yapılması uygun görünmektedir. Bu çalışmalar neticesinde hem Sağırlar için hem de Çivili sektörü için kömür kaynağının tespiti sonrası, üretim projelerinin revize edilmesi gerekecektir.

Sonuç olarak;

Her iki sahada yapılan sondajlar, kaynak kestirimi yapan bir uzman ya da ocak planlayıcısı olmadan gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde yapılan çalışmalar, sondajların kömür kesen kısımlarından tek bir örnek alınmasına, gereksiz yerlere sondaj yapılmasına yol açmıştır.

Tez çalışması, bir kaynak kestirimcisi ya da ocak planlayıcısının sondaj faaliyetleri sırasında mutlaka bulunması gerektiğini göstermiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] ETKB, *ETKB Faaliyet Raporu*, Ankara, **2015**.
- [2] TEİAŞ, *Türkiye Kaynaklara ve Kuruluşlara Göre Kurulu Güç*, [www.teias.gov.tr/yukdagitim/kuruluguc.xls](http://www.teias.gov.tr/yukdagitim/kuruluguc.xls) (Nisan **2015**).
- [3] Resmi Gazete, *Özelleştirme Yüksek Kurulu Kararı*, 20 Ağustos 2014. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/08/20140820-10.htm> (Mayıs **2015**).
- [4] Resmi Gazete, *Özelleştirme Yüksek Kurulu Kararı*, 24 Mart 2015. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/03/20150324-4.htm> (Mayıs **2015**).
- [5] TKİ-BLİ Müdürlüğü; *TKİ Bursa Linyitleri İşletme Müdürlüğü Faaliyet Raporu*; BLİ, Bursa, **2013**.
- [6] TKİ-MLİ Müessesesi, *Orhaneli Bölgesi 1.120.000 ton/yıl Üretim Revize Projesi-Cilt1*, TKİ Kurumu, Bursa, **1987**.
- [7] A. E. Tercan, *Cevher Yatağı Modelleme ve Maden Kaynak/Rezerv Kestirimi*, **2013**.
- [8] A. E. Tercan, *Jeostatistiksel Yöntemlere Giriş*, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, **2011**.
- [9] Y. C. A. Öztürk, *3 Boyutlu Jeostatistiksel Uygulamalar İle Maden Yatağı Değerlendirilmesi*, İTÜ Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, **2013**.
- [10] TKİ-BLİ Müdürlüğü, *BLİ Müdürlüğü Genel Bilgiler*, <http://www.bli.gov.tr/orhaneli.asp> (Kasım **2014**).
- [11] TKİ-BLİ Müdürlüğü, *BLİ Üretim Faaliyetleri*, <http://www.bli.gov.tr/tarihce.html> (Kasım **2014**).
- [12] ODTÜ Maden Jeoloji Mühendisliği Bölümleri, *TKİ Orhaneli İşletmesi Açık Ocakları Dikmentepe Civarında Şev Tasarımı Yapılması*, ODTÜ, Ankara, **2007**.
- [13] M. K. Gökay, İ. Özkan, H. Özşen, K. Doğan ve M. Mesutoğlu, *TKİ-GLİ-BLİ Gümüşpınar Sektörü Açık Ocağında Gerçekleştirilen Saha Çalışmaları*, Konya: Selçuk Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, **2013**.

- [14] Enerji Atlası, *Enerji Atlası*, 2014:  
<http://www.enerjiatlası.com/komur/orhaneli-termik-santrali.html>. (Mayıs **2015**).
- [15] M. Aktan, *Bursa Orhaneli Linyit Sahaları Fotoğrafları*. (Mayıs **2010**).
- [16] TKİ-BLİ Müdürlüğü, *Bursa Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü Çalışma Sistemi*, 2014. <http://www.bli.gov.tr/calismasistemi.html>. (Kasım **2014**).
- [17] A. OKAY, İTÜ Teknik Gezisi,  
<http://web.itu.edu.tr/~okay/dersler/bursagezi.pdf>. (Nisan **2015**).
- [18] MTA, *Bursa-Orhaneli Kömür Yatağı Fizibilite Araştırması*, Ankara, **1996**.
- [19] Ü. O. Yerin, *Orhaneli Kömürlerinin Mineralojisi, Petrografisi Ve Element İçeriği*, Bursa-Türkiye, Ankara: Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, **2006**.
- [20] N. Gedik, *Orhaneli Bölgesi Kömür Üretim Projesi Raporu*, Bursa: TKİ-MLİ, **1987**.
- [21] İ. ŞENGÜLER, *Güney Marmara Bölgesi Kömürleri (Coals Of The Southern Marmara Region)*, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, no. 28 (2) 2004, 34-35, **2004**.
- [22] H. Tanrıverdi, *TKİ Orhaneli Açık Ocak Linyit İşletmesinin Planlanması*, Yüksek Lisans Tezi, **2001**.
- [23] S. Esenlik, *Orhaneli Termik Santralında Yanan Kömürlerin Ve Katı Atıkların Mineralojisi, Petrografisi Ve Element İçeriği*, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, **2005**.
- [24] O. Aksoy, T. Onargan, K. Küçük, Ç. Pamukçu ve V. Özacar, *Sağırlar ve Çivili Sektörlerindeki Yer Altı Rezervlerinin İşletilmesine Yönelik Avan Projelerin Hazırlanması*, İzmir: 9 Eylül Üniversitesi, **2013**.
- [25] G. Aldaş ve B. Kaypak, *TKİ BLİ Orhaneli İşletmesi Çivili Ve Sağırlar Sahalarında Uygulanan Çok Kanallı Sismik Yansıma Etüdü Teknik Raporu*, Ankara Üniversitesi Fizik Mühendisliği, **2013**.
- [26] TKİ Kurumu Genel Müdürlüğü, *TKİ Faaliyet Raporu*, 2013, Ankara, **2014**.
- [27] Orhaneli Kaymakamlığı,  
[http://www.orhaneli.gov.tr/default\\_B1.aspx?content=1009](http://www.orhaneli.gov.tr/default_B1.aspx?content=1009) (Kasım **2014**).

- [28] H. Uyar, *Jeovar3: Jeostatistiksel Variogram Analizleri Ve Kriging Teknikleri Bilgisayar Yazılımı*, Ankara: Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, **2005**.
- [29] E. Nasuf, *Sondaj Verilerinin Değerlendirilmesi ve Jeostatistiksel Yöntemler*, **2012**.
- [30] DEKTMK, *Enerji Raporu, 2014*, **2015**.
- [31] IEA, *Coal Information 2014*, **2015**.
- [32] MTA, *Jeolojik Harita*, **2014**.
- [33] E. Kolay, *Topuk Köyü (Orhaneli-Bursa) Çevresindeki Cevherleşmenin İncelenmesi*, Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, **1998**.
- [34] E. Çevik, *Topuk Köyü ve Civarındaki Dünitlerin (Orhaneli-Bursa) Minerolojik ve Jeokimyasal Özellikleri ve Olivin Açısından Endüstriyel Kullanımının Değerlendirilmesi*, İTÜ Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, **2006**.
- [35] G. Ertunç, *“Kovaryans eşlemeli krigleme yöntemi ile kaynak kestirimi / Resource estimation by using covariance matching constrained kriging”*, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği, Doktora Tezi, **2013**.
- [36] H. Uyguçgil, *Çok Değişkenli Maden Yataklarında Rezerv Tenör Tahmininde Jeostatistik Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Tekniklerinin Kullanımı*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, **2007**.
- [37] Wikipedia, 2015. [http://tr.wikipedia.org/wiki/Standart\\_sapma](http://tr.wikipedia.org/wiki/Standart_sapma) (Mayıs **2015**).
- [38] B. Gençtürk, *Nickel Resource Estimation And Reconciliation At Türkmənçardağı Laterite Deposits*, ODTÜ Maden Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, **2012**.
- [39] T. Y. Yünsel, *Maden Yataklarının Jeostatistiksel Yöntemlerle Analizi Ve Modellenmesi*, Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Doktora Tezi, **2007**.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Metin AKTAN  
Doğum Yeri : Aşkale  
Medeni Hali : Evli  
E-posta : metin,aktan@gmail.com  
Adresi : TKİ Kurumu, Özel Kalem Müdürlüğü, Hipodrom Cad, No:12  
Yenimahalle ANKARA

### Eğitim

Lise : Afyon Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi  
Lisans : Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü-2005

### Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce : İleri düzey konuşma, anlama ve yazma  
KPDS-2012 (74/100)  
İspanyolca : Temel düzey

### İş Deneyimi

TKİ Kurumu Genel Müdürlüğü (Aralık 2011-...):  
Genel Müdür Teknik Danışmanı – Özel Kalem Müdürlüğü

TKİ Kurumu Genel Müdürlüğü (Ekim 2010- ARALIK 2011):  
Proje Mühendisi-İşletme Daire Başkanlığı - Yeraltı Kontrol Müdürlüğü

TKİ Kurumu Bursa Linyitleri İşletme Müdürlüğü (Mayıs 2006 - Ekim 2010 ):  
Etüt-Proje Başmühendisliği - Başmüh,V, (fiilen) - Ağustos 2008 – Ekim 2010  
Proje Mühendisi – Ocak 2007 – Ağustos 2008  
Vardiya Mühendisi – Ağustos 2006 – Ocak 2007  
Ocak Mühendisi – 9 Mayıs 2006 - Ağustos 2006

Ankara Çayırhan Park Teknik AŞ,( Haziran 2004):  
“Havalandırma ve Tahkimat Sistemleri Üzerine ” - Yeraltı Linyit Kömür Ocağında 1 Aylık Stajyerlik.

Sivas Özmersan Mermer AŞ,(Temmuz 2000):  
“Traverten blok kesimi, sayılanması ve sevkiyatı; üretimin ekonomi-maliyet analizleri ve modellemeleri üzerine” Traverten Ocağında 1 Aylık Stajyerlik.

Afyon TUREKS Mermer AŞ, (1995-1999):

Bordur ve Fayans Hattında Mühendis Asistanı,  
Satın Alma Sorumlusu Asistanı, İngilizce Tercüman.

### **Deneyim Alanları**

- 1- BLİ Gümüşpınar İR:2404 ve İR:6725 No'lu Sahaların Birleştirilmesi İşine Ait Proje Dosyası'nın Hazırlanması - (İş tamamlanmıştır) - Proje Sorumlusu (2007-2008).
- 2- Sağırlar SA6 Projesi - 22 Milyon dekapaj + 1,5 Milyon Ton Kömür - Kazı+Yükleme+Nakliye+Stoklama İş (İş Projede Öngörüldüğü Şekilde tamamlandı.) - Proje Sorumlusu (2007-2010).
- 3- BLİ Gümüşpınar Lavvar Tesisi - Proje Tanıtım Dosyası'nın Hazırlanması (Çevre Müh, Ferda Bayrak ve Harita Müh, Ergül UZUNTAŞ ile birlikte) - ("ÇED Gerekli Değildir," Raporu almaya Yönelik Süreç Tamamlanmıştır.) - Proje Sorumlusu (2007-2010).
- 4- Gümüşpınar A6 Projesi - 49 Milyon dekapaj + 2,1 Milyon Ton Kömür - Kazı+Yükleme+Nakliye+Stoklama İş (İş Projede Öngörüldüğü Şekilde Devam Ediyor) Proje Sorumlusu (2009-2010).
- 5- Keles H-16 Projesi - 22 Milyon dekapaj + 2,7 Milyon Ton Kömür - Kazı+Yükleme+Nakliye+Stoklama İş (İş tamamlanmıştır) - Proje Sorumlusu (2009-2010).

### **Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi**

Yok

### **Tezden Üretilmiş Yayınlar**

Yok

### **Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar**

Yok