

**HİMMETOĞLU (BOLU-GÖYNÜK) LİNYİT SAHASININ
JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**EVALUATION OF
HİMMETOGLU (BOLU-GOYNUK) LIGNITE FIELD
BY GEOSTATISTICAL METHODS**

HAMZA KIVRAK

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

MADEN Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2011

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından **MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI 'nda**
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Prof. Dr. Adnan KONUK

Üye (Danışman)

Prof. Dr. A. Erhan TERCAN

Üye

Prof. Dr. Bahtiyar ÜNVER

Üye

Prof. Dr. Cem SARAÇ

Üye

Doç. Dr. Yılmaz ÖZÇELİK

ONAY

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/...../..... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulunca/...../..... tarihinde kabul edilmiştir.

Prof. Dr.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

HİMMETOĞLU (BOLU-GÖYNÜK) LİNYİT SAHASININ JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Hamza Kıvrak

ÖZ

Bu çalışmada, Himmetoğlu Linyit Sahası'nın jeostatistiksel bir incelemesi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla mevcut sondaj verileri kullanılarak A, B ve K panolarının katı modelleri oluşturulmuştur.

A panosu 50m x 50m x 2m boyutlarındaki bloklara bölünmüş ve ortalamasız kriging yöntemi kullanılarak her bir bloğun ısı, nem, kül içerikleri tahmin edilmiştir.

Ayrıca, koşullu ardışık normal benzetim yöntemi ile A panosunun bu değişkenler için 100 farklı kalite modeli üretilmiştir.

Kestirim ve benzetim sonuçları kalite – tonaj eğrilerinin üretilmesi için kullanılmış ve bu eğrilerdeki belirsizlik değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Himmetoğlu, Göynük, jeostatistik, variogram, kriging, ardışık normal benzetim, kalite-tonaj eğrisi

Danışman: Prof.Dr. A. Erhan TERCAN, Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Maden İşletme Anabilim Dalı

EVALUATION OF HIMMETOGLU (BOLU-GOYNUK) LIGNITE FIELD BY GEOSTATISTICAL METHODS

Hamza Kivrak

ABSTRACT

In this study, a geostatistical study of Himmetoğlu Lignite Field is achieved. For this purpose the solid models for the A, B, and K panels are formed by using the available drill hole data.

The panel A is divided into 50m x 50m x 2m sized blocks and by using Ordinary Kriging Method calorific value, moisture and ash contents are estimated for each block.

In addition, 100 different models of the panel A for each quality variable are produced by using Conditional Sequential Gaussian Simulation.

The estimations and simulations are used to produce quality- tonnage curves and the uncertainties for these curves are evaluated.

Keywords: Himmetoğlu, Göynük, geostatistics, variogram, kriging, sequential gaussian simulation, quality-tonnage curves.

Advisor: Prof.Dr. A. Erhan TERCAN, Hacettepe University, Department of Mining Engineer, Mining Division

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımda bilgi ve tecrübesinden yararlanma olanağı sağladığı için tez danışmanım Prof.Dr. Erhan TERCAN'a;

Tezim hakkında yapmış oldukları yapıcı eleştiriler için tez jürisi başkanı Prof.Dr. Adnan KONUK'a ve jüri üyeleri Prof.Dr Bahtiyar ÜNVER, Prof.Dr.Cem SARAÇ, Doç.Dr. Yılmaz ÖZÇELİK'e;

Birikimlerini benimle paylaştıklarından dolayı Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olan değerli arkadaşlarım Fırat ATALAY ve M. Suphi ÜNAL' a;

Bu çalışmaya sağladığı tüm katkılar için saygıdeğer meslektaşım Babek SOHRABIAN'a;

İş hayatımda tezimi hazırlamama olanak sağlayan esnek çalışma koşullarını sağladıkları için Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Rödovanslı Sahalar Müdürü Selami LELOĞLU, Göynük Kontrol Müdürü Çoşkun DEMİRTAŞ ve diğer çalışma arkadaşlarıma;

KIVRAK ailesinin 7'den 70'e tüm bireylerine; annem, babam, ablalarıma ve maddi manevi desteğini esirgemeyen tüm dostlarıma;

En yılgın anlarımda dahi hep yanımda olduğunu hissettiren Ebru YILDIZ'a;

Teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. JEOİSTATİSTİKSEL YAKLAŞIM	3
2.1. Variogram	4
2.1.1. Deneysel Semivariogram	5
2.1.2. Variogram Parametreleri	9
2.1.3. Variogram Modelleri	10
2.1.3.1. Doğrusal Model	12
2.1.3.2. Küresel Model	12
2.1.3.3. Üssel Model	12
2.1.3.4. Gauss Modeli	12
2.1.3.5. Külçe Etkisi Modeli	12
2.1.3.6. Yuvalı Yapı Modeli	13
2.1.4. Anizotropi	13
2.1.4.1. Geometrik Anizotropi	13
2.1.4.2. Bölgesel (Zonal) Anizotropi	16
2.2. Kriging	16
2.2.1. Ortalamasız (Ordinary) Kriging	17
2.2.1.1. Ortalamasız Kriging - Matris Formu	21
2.2.2. Ortalamalı (Simple) Kriging	22
2.3. Çapraz Doğrulama	22
2.4. Ardışık Normal Benzetim	24
2.5. Linyit Kalitesi-Tonaj Eğrilerindeki Belirsizliğin Değerlendirmesi	25
3. ÇALIŞMA ALANI HAKKINDA GENEL BİLGİLER	28
3.1. Sahanın Yeri	28
3.2. İşletme ile İlgili Bilgiler	29
3.3. Topoğrafya	30
3.4. Sahanın Jeolojik Özellikleri	31
3.4.1. Seben Formasyonu	33
3.4.2. Taraklı Formasyonu	33
3.4.3. Selvîpınar Formasyonu	33

3.4.4. Kızılçay Formasyonu.....	34
3.4.5. Himmetoğlu Formasyonu	34
4. HİMMETOĞLU LİNYİT SAHASININ JEOİSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRMESİ	36
4.1. Sondaj Verilerinin Özellikleri ve Lokasyonları	36
4.2. Damar Kalınlıkları ve Sahanın Katı Modeli	37
4.3. Kompozitlerin Oluşturulması ve İstatistiksel Özellikleri	43
4.4. Variogram Analizleri, Kestirimler ve Kalite-Tonaj Eğrileri	45
4.4.1. Variogram Analizleri	45
4.4.1.1. Isıl Değer Değişkeninin Variogram Analizi	46
4.4.1.2. Nem Değişkeninin Variogram Analizi	49
4.4.1.3. Kül Değişkeninin Variogram Analizi	52
4.4.2. Kestirimler ve Kalite - Tonaj Eğrileri	55
4.5. Dönüştürülmüş Veriler, Variogram Analizleri, Simülasyonlar ve Kalite-Tonaj Eğrileri	61
4.5.1. Normal Skarlara Dönüştürülmüş Verilerin Özellikleri	61
4.5.2. Normal Skarlara Dönüştürülmüş Verilerin Variogram Analizleri	62
4.5.2.1. Normal Skarlara Dönüştürülmüş Isıl Değer Değişkeninin Variogram Analizi	63
4.5.2.2. Normal Skarlara Dönüştürülmüş Nem Değişkeninin Variogram Analizi	67
4.5.2.3. Normal Skarlara Dönüştürülmüş Kül Değişkeninin Variogram Analizi	69
4.5.3. Simülasyonların Analizleri	72
4.5.3.1. Isıl Değer Değişkeni-Simülasyon Analizi	73
4.5.3.2. Nem Değişkeni - Simülasyon Analizi	77
4.5.3.3. Kül Değişkeni - Simülasyon Analizi	80
4.5.4. Koşullu Ardışık Normal Benzetim Yöntemiyle Üretilen Simülasyonlardan Kalite – Tonaj Eğrilerinin Oluşturulması	84
5. SONUÇLAR	88
KAYNAKLAR	90
EKLER	93
ÖZGEÇMİŞ	104

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1.	Jeoistatistiksel tahmin sürecinin genelleştirilmiş akım şeması.....	3
Şekil 2.2.	x, y koordinat düzleminde düzgün dağılımlı noktalar kümesi.....	5
Şekil 2.3.	Variogramda yön ve uzaklık.....	7
Şekil 2.4.	Rastgele dağılımlı bir nokta kümesi.....	8
Şekil 2.5.	Variogram Parametreleri.....	10
Şekil 2.6.	Variogram Modelleri.....	11
Şekil 2.7.	Geometrik anizotropi.....	14
Şekil 2.8.	2 boyutta yöne bağlı yapısal uzaklığın değişimini gösteren elips.....	14
Şekil 2.9.	Maksimum eksen, koordinat eksenleriyle çakıştırılmış geometrik anizotropi elipsi.....	15
Şekil 2.10.	Variogram integrasyonu.....	19
Şekil 3.1.	Himmetoğlu Linyit Sahası yer bulduru haritası.....	28
Şekil 3.2.	Himmetoğlu Linyit Sahası A, B, K panolarının kömür sınırları ve sayısal yükselti modeli.....	29
Şekil 3.3.	Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti.....	32
Şekil 4.1.	A, B ve K panoları sondaj lokasyonları haritası.....	36
Şekil 4.2.	A, B ve K panolarının damar kalınlığı histogramları.....	38
Şekil 4.3.a.	A panosu katı modeli.....	40
Şekil 4.3.b.	B panosu katı modeli.....	41
Şekil 4.3.c.	K panosu katı modeli.....	42
Şekil 4.4.	9.2 m kömür kalınlığına sahip bir sondajın ısı değer değişkeni için 2 m'lik kompozitleştirme örneği.....	43
Şekil 4.5.	Kompozitleştirilmiş değişkenlerinin histogramları.....	44
Şekil 4.6.	Isıl değer, nem ve kül değişkenlerinin anizotropi elipsleri.....	45
Şekil 4.7.	Isıl değer değişkeninin yatay yöndeki deneysel variogramları, variogram modelleri ve variogram haritası.....	46
Şekil 4.8.	Isıl değer değişkeninin düşey yöndeki deneysel variogramları ve variogram modeli.....	47
Şekil 4.9.	Isıl değer değişkenleri için oluşturulmuş variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin artık değerlerle ilişkisi.....	48
Şekil 4.10.	Gerçek ısı değerleri ile ısı değer değişkenleri için oluşturulmuş variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin ilişkisi.....	49
Şekil 4.11.	Nem değişkeninin yatay yöndeki deneysel variogramları, variogram modelleri ve variogram haritası.....	49
Şekil 4.12.	Nem değişkeninin düşey yöndeki deneysel variogramları ve variogram modeli.....	50
Şekil 4.13.	Nem değişkenleri için oluşturulmuş variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin, artık değerlerle ilişkisi.....	51

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

Sayfa

Şekil 4.14.	Gerçek nem değişkeni değerleri ile nem değişkenleri için oluşturulmuş variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin ilişkisi.....	52
Şekil 4.15.	Kül değişkeninin yatay yöndeki deneysel variogramları, variogram modelleri ve variogram haritası.....	52
Şekil 4.16.	Kül değişkeninin düşey yöndeki deneysel variogramları ve variogram modeli.....	53
Şekil 4.17.	Kül değişkenleri için oluşturulmuş variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin, artık değerlerle ilişkisi.....	54
Şekil 4.18.	Gerçek kül değişkeni değerleri ile kül değişkenleri için oluşturulmuş variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin ilişkisi.....	55
Şekil 4.19.	Ortalamasız kriging yöntemiyle yapılan kestirimlerin haritaları.....	56
Şekil 4.20.	Ortalamasız kriging yöntemiyle yapılan kestirimlerin kriging varyansı haritaları.....	57
Şekil 4.21.	A panosu ve dere yatakları.....	58
Şekil 4.22.	Ortalamasız kriging yöntemiyle kestirilmiş kalite değerleriyle (ısı değer, nem ve kül) tonaj arasındaki ilişki.....	60
Şekil 4.23.	Normal skora dönüştürülmüş değişkenlerinin histogramları.....	62
Şekil 4.24.	Normal skora dönüştürülmüş ısı değer, nem ve kül değişkenlerinin anizotropi elipsleri.....	63
Şekil 4.25.	Normal skora dönüştürülmüş ısı değer verilerinin yatay yöndeki deneysel variogramları, variogram modelleri ve variogram haritası.....	64
Şekil 4.26.	Normal skora dönüştürülmüş ısı değer verilerinin düşey yöndeki deneysel variogramları ve variogram modeli.....	64
Şekil 4.27.	Normak skora dönüştürülmüş ısı değer değişkenleri için oluşturulan variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin artık değerlerle ilişkisi.....	66
Şekil 4.28.	Normal skora dönüştürülmüş ısı değer değişkenleri ile bu değişkenler için oluşturulmuş variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin ilişkisi.....	66
Şekil 4.29.	Normal skora dönüştürülmüş nem verilerinin yatay yöndeki deneysel variogramları, variogram modelleri ve variogram haritası.....	67

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

Sayfa

Şekil 4.30.	Normal skarlara dönüştürölmüş nem verilerinin düşey yöndeki deneysel variogramları ve variogram modeli.....	67
Şekil 4.31.	Normak skarlara dönüştürölmüş nem değışkenleri için oluşturulan variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin artık değerlerle ilişkisi.....	69
Şekil 4.32.	Normal skarlara dönüştürölmüş nem değışkenleri ile bu değışkenler için oluşturulmuş variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin ilişkisi.....	69
Şekil 4.33.	Normal skarlara dönüştürölmüş kül verilerinin yatay yöndeki deneysel variogramları, variogram modelleri ve variogram haritası.....	70
Şekil 4.34.	Normal skarlara dönüştürölmüş kül verilerinin düşey yöndeki deneysel variogramları ve variogram modeli.....	70
Şekil 4.35.	Normak skarlara dönüştürölmüş kül değışkenleri için oluşturulan variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin, artık değerlerle ilişkisi.....	72
Şekil 4.36.	Normal skarlara dönüştürölmüş kül değışkenleri ile bu değışkenler için oluşturulmuş variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin ilişkisi.....	72
Şekil 4.37.	Koşullu ardışık normal benzetim yöntemiyle modellenmiş 1'nci, 30'ncu, 60'ncı ve 90'ncı ısı değeri simölasyonları.....	73
Şekil 4.38.	Koşullu ardışık normal benzetim yöntemi ile üretilen ısı değeri değışkene ilişkin simölasyonlardan 1'nci, 30'ncu, 60'ncı ve 90'ncı simölasyonların histogramları.....	74
Şekil 4.39.	Isı değeri değışkeni için koşullu ardışık normal benzetim yöntemiyle modellenmiş simölasyonların variogramları ile gerçek değerlerin variogramları.....	76
Şekil 4.40.	Nem değışkenine ilişkin koşullu ardışık normal benzetim yöntemiyle modellenmiş 1'nci,30'ncu,60'ncı ve 90'ncı simölasyonların haritaları.....	77
Şekil 4.41.	Koşullu ardışık normal benzetim yöntemi ile üretilen nem değışkenine ilişkin simölasyonlardan 1'nci, 30'ncu, 60'ncı ve 90'ncı simölasyonların histogramları.....	78
Şekil 4.42.	Nem değışkeni için koşullu ardışık normal benzetim yöntemiyle modellenmiş simölasyonların variogramları ile gerçek değerlerin variogramları.....	79
Şekil 4.43.	Kül değışkenine ilişkin koşullu ardışık normal benzetim yöntemiyle modellenmiş 1'nci, 30'ncu, 60'ncı ve 90'ncı simölasyonların haritaları.....	80

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

Sayfa

Şekil 4.44.	Koşullu ardışık normal benzetim yöntemi ile üretilen kül değişkenine ilişkin simülasyonlardan 1'nci, 30'ncu, 60'ncı ve 90'ncı simülasyonların histogramları.....	81
Şekil 4.45.	Kül değişkeni için koşullu ardışık normal benzetim yöntemiyle modellenmiş simülasyonların variogramları ile gerçek değerlerin variogramları.....	82
Şekil 4.46.	Isıl değer, nem ve kül değişkenleri için koşullu ardışık normal benzetim yöntemiyle üretilen simülasyonlar kullanılarak %95 güven aralığında hesaplanan kalite-tonaj eğrileri ve kalite-ortalama kalite eğrileri.....	85

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1.	Panolara ve değişkenlere ilişkin sondaj ve karot sayıları.....	37
Çizelge 4.2.	Panolara göre damar kalınlıklarına ilişkin istatistiksel bilgiler.....	37
Çizelge 4.3.	Katı modellerden hesap edilen kaynak miktarları.....	39
Çizelge 4.4.	Kompozitleştirilmiş; ısı değer, kül ve nem değişkenlerinin istatistiksel özellikleri.....	44
Çizelge 4.5.	Isı değer değişkeni için variogram parametreleri.....	47
Çizelge 4.6.	Isı değer değişkenine ilişkin variogram modelinin çapraz doğrulama sonuçları.....	48
Çizelge 4.7.	Nem değişkeni için variogram parametreleri.....	50
Çizelge 4.8.	Nem değişkenine ilişkin variogram modelinin çapraz doğrulama sonuçları.....	51
Çizelge 4.9.	Kül değişkeni için variogram parametreleri.....	53
Çizelge 4.10.	Kül değişkenine ilişkin variogram modelinin çapraz doğrulama sonuçları.....	54
Çizelge 4.11.	Kestirimlerin istatistiksel özellikleri.....	59
Çizelge 4.12.	Normal skora dönüşürülmüş; ısı değer, kül ve nem değişkenlerinin istatistiksel özellikleri.....	61
Çizelge 4.13.	Normal skora dönüşürülmüş ısı değer değişkeni için variogram parametreleri.....	65
Çizelge 4.14.	Normal skora dönüşürülmüş ısı değer değişkenine ilişkin variogram modelinin çapraz doğrulama sonuçları.....	65
Çizelge 4.15.	Normal skora dönüşürülmüş nem değişkeni için variogram parametreleri.....	68
Çizelge 4.16.	Normal skora dönüşürülmüş nem değişkenine ilişkin variogram modelinin çapraz doğrulama sonuçları.....	68
Çizelge 4.17.	Normal skora dönüşürülmüş kül değişkeni için variogram parametreleri.....	71
Çizelge 4.18.	Normal skora dönüşürülmüş kül değişkenine ilişkin variogram modelinin çapraz doğrulama sonuçları.....	71
Çizelge 4.19.	Isı değer değişkenine ilişkin 1'nci, 30'ncu, 60'nci ve 90'nci simülasyonların istatistiksel özellikleri.....	74
Çizelge 4.20.	Isı değer değişkenine ilişkin 1'nci, 30'ncu, 60'nci ve 90'nci simülasyonların birbirleri arasındaki ilişki katsayısı.....	75
Çizelge 4.21.	Nem değişkenine ilişkin 1'nci, 30'ncu, 60'nci ve 90'nci simülasyonların istatistiksel özellikleri.....	77
Çizelge 4.22.	Nem değişkenine ilişkin 1'nci, 30'ncu, 60'nci ve 90'nci simülasyonların birbirleri arasındaki korelasyon katsayıları.....	78
Çizelge 4.23.	Kül değişkenine ilişkin 1'nci, 30'ncu, 60'nci ve 90'nci simülasyonların istatistiksel özellikleri.....	81
Çizelge 4.24.	Kül değişkenine ilişkin 1'nci, 30'ncu, 60'nci ve 90'nci simülasyonların birbirleri arasındaki korelasyon katsayıları.....	82

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a	Yapısal uzaklık
AKSA	AKSA Göynük Enerji
C	Eşik değeri
C_0	Külçe etkisi
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
FM	Formasyon
GD	Güney doğu
h	Uzaklık
$i(x_\alpha, z)$	x_α bloğuna ilişkin indikatör fonksiyonunu
k	Maksimum yapısal uzaklığın minimum yapısal uzaklığa oranı
K	Kuzey
m	Metre
MTA	Maden Tetkik ve Arama Kurumu
N	Veri sayısı
p	Doğrusal variogram modelinin eğimi
$r(x_\alpha)$	x_α bloğun kaynak miktarı
$R(z)$	Sınır tenörün üstündeki tonaj
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri
$t(z)$	Sınır tenörün üstündeki ortalama tenör
$Z(x_0)$	x_0 noktasındaki Z rastlantısal değişkeninin gerçek değeri
$z(x_\alpha)$	x_α bloğunun ortalama tenörü
$Z^*(B)$	B bloğunun içindeki kriging kestirim değeri
$Z^*(x_0)$	x_0 noktasındaki Z rastlantısal değişkeninin kestirilen değeri
$\gamma(h)$	Semivariogram
ϵ_i	x_i noktasının kestirim hatası
θ	Adım uzaklığı yönü

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

λ_i	Kestirimde kullanılacak x_i değerinin ağırlığı
$\sigma^2(B)$	Kestirilen B bloğunun kriging varyansı
$\sigma^2(x_0)$	Kestirilen x_0 noktasının kriging varyansı
$\sigma_\epsilon(\mathbf{x}_i)$	x_i noktasının kestirimine ilişkin standart sapma
ψ	Lagrange çarpanı
$\Omega(\theta)$	θ yönündeki yapısal uzaklık

1. GİRİŞ

Madencilik büyük yatırım isteyen bir sektördür. Yatırım riskinin azaltılması için madencilik faaliyetlerinin önemli adımları olan araştırma ve projelendirme safhalarında gereken hassasiyetin gösterilmesi gerekir.

Sağlıklı bir maden projesinin hazırlanması, ancak ve ancak, araştırma aşamasında elde edilecek olan verilerin rasyonel bir analizle gözden geçirilmesi ve bu verilerden çalışma alanının bütününe gerçekçi şekilde yorumlamaya olanak sağlayan sonuçlar üretilmesi durumunda söz konusu olabilir.

Jeoistatistiğin yöne ve mesafeye bağlı veri değişimini irdelemesi ve tahminlerdeki hata payını ortaya koyması, onu geleneksel yöntemlerden daha kabul edilebilir kılmaktadır. Dolayısıyla, araştırma safhasında elde edilen verilerin jeoistatistiksel değerlendirme süzgecinden geçirilmesi projelendirmenin daha etkin ve uygulanabilir olmasına olanak sağlayacaktır.

Himmetoğlu linyit sahası ile ilgili olarak Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Kurumu ve sahayı halen rödovanslı olarak işletmekte olan AKSA Göynük Enerji (AKSA) firması klasik yöntemlerle rezerv kestirimine yönelik çalışmalar yapmıştır. TKİ Kurumu “Bolu-Göynük Linyit Sahası Değerlendirme Raporu” başlıklı 2005 yılında yapılmış çalışmasında üçgen yöntemiyle, AKSA firması ise üretim faaliyetlerini sürdürmek amacıyla yaptıkları projelendirme kapsamında poligon yöntemiyle sahanın rezervini ve kömürün karakteristik özelliklerini kestirmiştir. Kaynak ve rezerv miktarı kestirimine ilişkin yapılmış olan bu çalışmalar; kestirim hatalarını, kömür karakteristiğine ilişkin değişkenlerin kaliteleriyle tonaj ilişkilerini ve sahadaki panoların katı modellerini içermemektedir.

Bu çalışmanın amacı, bu güne kadar jeoistatistiksel açıdan bir değerlendirilmesi yapılmamış olan Himmetoğlu linyit sahasının blok modelini çıkarıp bu model içindeki kalite değişimlerini jeoistatistiksel kestirim ve benzetim yöntemleri ile modellemektir.

Bu amaçla saha, kömürün konumu ve karakteristik özelliklerine göre A, B ve K panoları şeklinde üç farklı panoya ayrılmış olup çalışma kapsamında tüm panolarının katı modelleri oluşturulmuştur. Ancak kalite değişkenlerinin kestirimi ve

benzetimi sadece A panosu için yapılmış, yeterli veri olmadığı için B ve K panolarında herhangi bir kestirim ya da benzetim işlemi uygulanmamıştır

Tezin ikinci bölümünde variogram analizi, kriging, ardışık normal benzetim, çapraz doğrulama, kalite-tonaj eğrileri ve bu eğrilerdeki belirsizliğin incelenmesi hakkında kuramsal bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde sahanın konumu, topoğrafyası ve jeolojisi hakkında bilgiler sunulmuştur.

Dördüncü bölümde ise Himmetoğlu Linyit Sahasına ilişkin veriler analiz edilmiş, panoların katı modelleri oluşturulmuş, variogram analizleri yapılmış, kriging yöntemiyle kalite değişkenleri kestirilmiş, her bir değişken için koşullu ardışık normal benzetim yöntemi ile kalite değerleri simüle edilmiş, bu benzetimlerden yola çıkarak kalite-tonaj eğrileri üretilip bu eğrilerdeki belirsizlikler incelenmiştir.

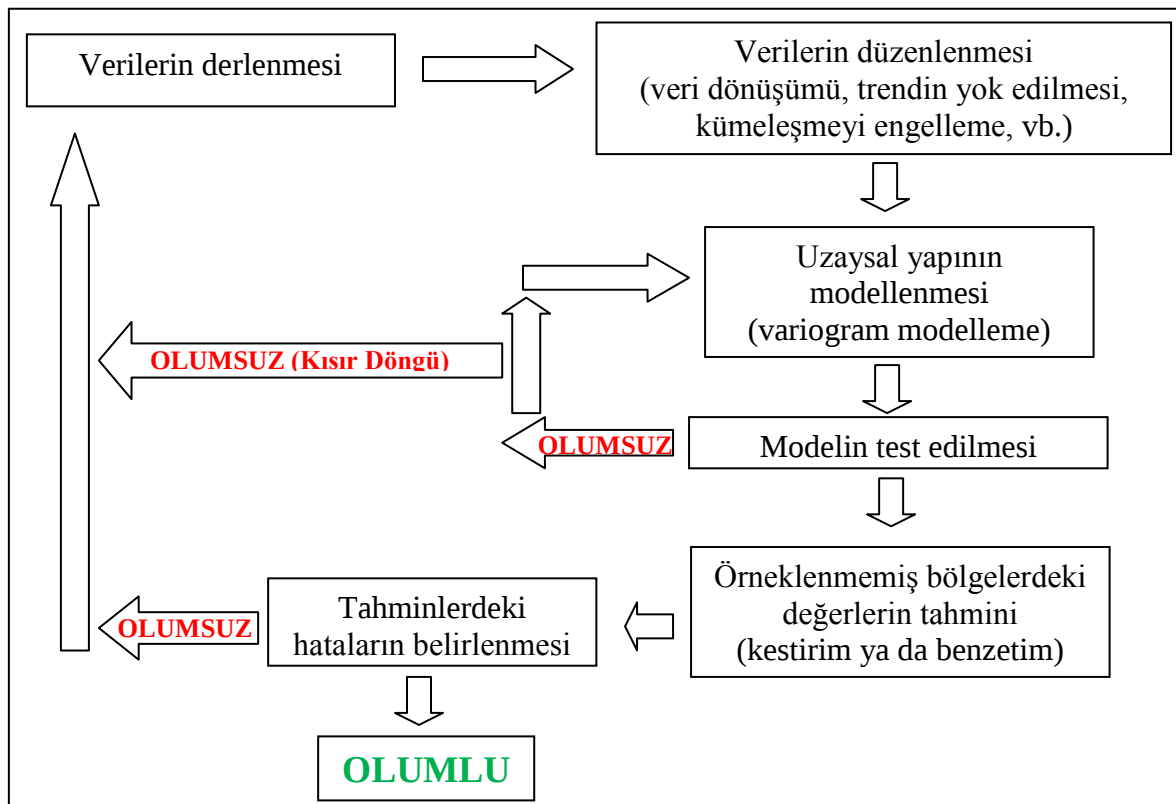
Beşinci ve son bölümde sonuçlar verilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

2. JEOİSTATİSTİKSEL YAKLAŞIM

Jeoistatistiğin amacı, verilerin konumsal ilişkilerini kullanıp örneklenmemiş lokasyonlardaki değerleri tahmin etmektir. Bu tahminleri oluşturmaya yönelik iki temel yaklaşım vardır: Kestirim ve benzetim.

Jeoistatistiksel kestirimde genellikle kriging yöntemi kullanılır. Benzetimde ise kriging yönteminde gerek duyulan konumsal ilişki modeli, aynı dağılıma sahip olan birden çok benzetim oluşturmak için kullanılır (Zhang, 2011).

Şekil 2.1’de jeostatistiksel değerlendirme sürecinin işleyişine dair genelleştirilmiş akım şeması verilmiştir.



Şekil 2.1. Jeoistatistiksel tahmin sürecinin genelleştirilmiş akım şeması

2.1. Variogram

Jeoistatistikte örnekler arasındaki uzaysal ilişkinin tespit edilmesi kilit rol oynamaktadır. Bu sebeple, variogram analizi jeoistatistiğin en önemli araçlarından biridir.

Variogram, aralarında belirli bir mesafe bulunan veri çiftleri arasındaki farkın varyansı olarak tanımlanabilir (Eş.2.1.).

$$2\gamma(h) = \text{Var}[Z(x) - Z(x+h)] \quad (2.1)$$

Eşitlikte;

h : Veri çiftleri arasındaki mesafeyi,

$Z(x)$: x noktasındaki Z değişkeninin değerini,

$Z(x+h)$: $x+h$ noktasındaki Z değişkeninin değerini,

$\gamma(h)$: Semivariogramı

$N(h)$: Veri çifti sayısını göstermektedir.

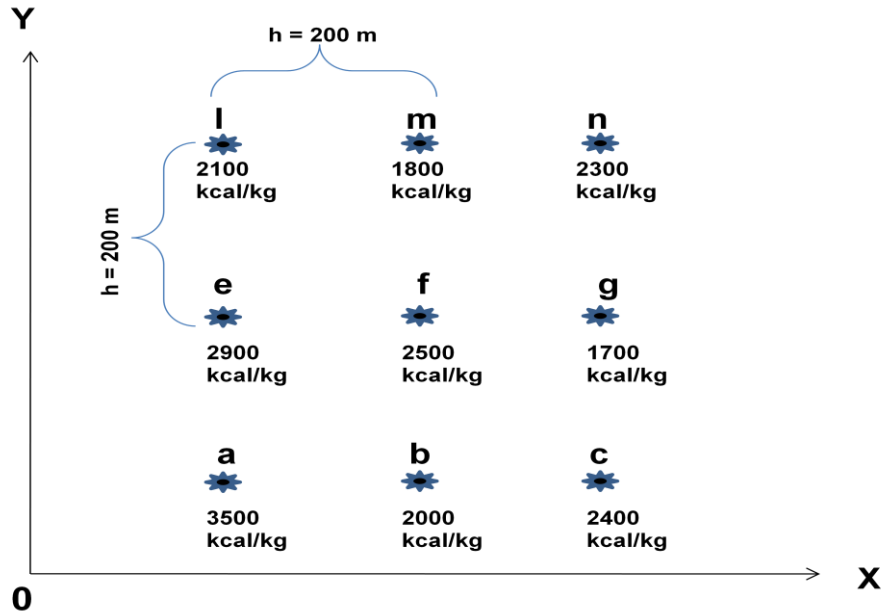
Rassal değişkenlerin tanımlandığı noktalar arası uzaklık ile bu noktalardaki değişken değerleri arasında bir ilişki vardır ve normal olarak bu uzaklık azaldıkça değerlerin birbirine benzemesi, uzaklık arttıkça benzerliğin azalması beklenir. Başka bir deyişle bölgeselleşmiş değişkenlerin değerleri arasındaki fark, bu değerler arasındaki uzaklığın bir fonksiyonudur. Geoistatistikte bölgeselleşmiş değişkenlerin değerleri arasındaki farkın uzaklığa bağlı değişimleri variogram fonksiyonu ile ortaya konur. Variogram fonksiyonu, ana kütlenin ilgili bölgeselleşmiş değişkeni için konumsal otokorelasyonu ve niceliğini belirlemede kullanılır. Örneğin bu fonksiyon bilindiğinde değişkenin benzeşiklik (homojenlik) ve eşyönlülük (izotropluk) dereceleri, düzenliliği ve bir örneğin etkili olduğu uzaklık sayısal olarak belirlenebilir. Variogramın konumsal modellemesi deneysel semivariogram grafiğinin oluşturulması ile başlar (Tercan ve Saraç, 1998).

2.1.1. Deneysel Semivariogram

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{k=0}^{N(h)} (Z(x_k) - Z(x_k + h))^2 \quad (2.2)$$

eşitliği ile hesaplanır. Bu eşitlikte; $N(h)$, birbirlerinden h uzaklığıyla ayrılmış değişken çifti sayısını göstermektedir (Olea,1999).

Şekil 2.2' de hem x hem de y ana yönlerinde birbirlerinden h kadar uzaklıkta düzgün dağılım sergileyen noktalar kümesine bir örnek gösterilmiştir. Isıl değerleri verilmiş bu noktalara göre semivariogram hesabı aşağıdaki gibi yapılır.



Şekil 2.2. x, y koordinat düzleminde düzgün dağılımlı noktalar kümesi

h mesafesi için,

$$\gamma(h) = \frac{1}{2 \cdot N(h)} \{ (Z(b) - Z(a))^2 + (Z(c) - Z(b))^2 + (Z(f) - Z(e))^2 + (Z(g) - Z(f))^2 + (Z(m) - Z(l))^2 + (Z(n) - Z(m))^2 + (Z(e) - Z(a))^2 + (Z(l) - Z(e))^2 + (Z(f) - Z(b))^2 + (Z(m) - Z(f))^2 + (Z(g) - Z(c))^2 + (Z(n) - Z(g))^2 \}$$

$$\gamma(200) = \frac{1}{2 \cdot 12} \{ (2000 - 3500)^2 + (2400 - 2000)^2 + (2500 - 2900)^2 \\ + (1700 - 2500)^2 + (1800 - 2100)^2 + (2300 - 1800)^2 \\ + (2900 - 3500)^2 + (2100 - 2900)^2 + (2500 - 2000)^2 \\ + (1800 - 2500)^2 + (1700 - 2400)^2 + (2300 - 1700)^2 \}$$

$$\gamma(200) = 511666.7$$

2h mesafesi için,

$$\gamma(2h) = \frac{1}{2 \cdot N(h)} \{ (Z(a) - Z(c))^2 + (Z(e) - Z(g))^2 + (Z(l) - Z(n))^2 \\ + (Z(l) - Z(a))^2 + (Z(m) - Z(b))^2 + (Z(n) - Z(c))^2 \}$$

$$\gamma(400) = \frac{1}{2 \cdot 6} \{ (2400 - 3500)^2 + (2900 - 1700)^2 + (2100 - 2300)^2 \\ + (2100 - 3500)^2 + (1800 - 2000)^2 + (2300 - 2400)^2 \}$$

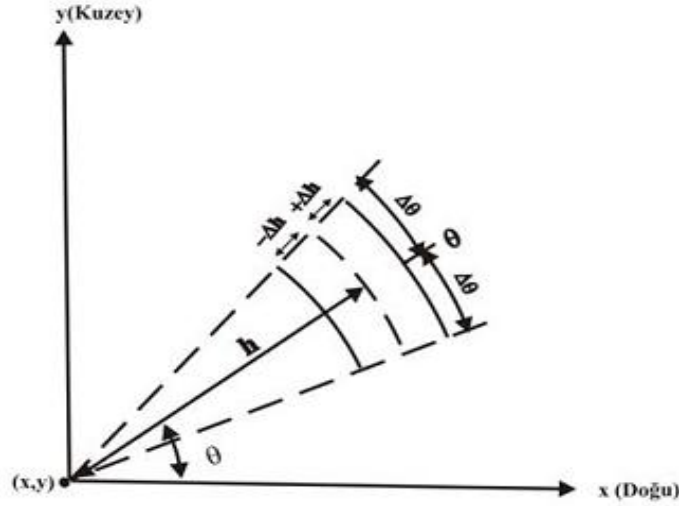
$$\gamma(400) = 391666.7$$

şeklinde hesaplanabilir.

Farklı mesafeler x ana yönündeki ya da y ana yönündeki değerler içinde ayrıca hesaplanabilir.

Variogram yönün ve uzaklığın bir fonksiyonudur. Eş. 2.2 ile birbirlerine h kadar uzaklıktaki noktalar yön dikkate alınmaksızın hesaplanırsa, bu tip variogramlar yön bağımsız (omnidirectional, bölge içerisinde olası bütün h uzaklıklarını sağlayan nokta çiftlerini hesaba katan, variogramlar) olarak adlandırılır. Herhangi bir θ yönündeki h uzaklıklarına sahip nokta çiftleri dikkate alınarak variogram hesap edilirse, bunlar yön bağımlı variogram olarak adlandırılır. θ , X ekseninden itibaren saat ibresinin tersi yönünde oluşan açıdır (Şekil 2.3). Örneğin $\theta = 0^\circ$, $\theta = 90^\circ$ yada $\theta = 45^\circ$ için variogramlar oluşturulabilir. $\Delta\theta$ açı toleransını göstermek üzere $(\theta - \Delta\theta < \theta < \theta + \Delta\theta)$ tanımlanabilir. Ancak pratikte kullanılacak dayanak noktalarının her zaman bu şekilde birbirinden aynı uzaklıkta olması beklenemez. Bu durumda Eş. 2.2'nin kullanımında yeni bazı kabuller yapılmalıdır. h artık kesin bir uzunluk değil bir aralık içerisinde $(h - \Delta h < h < h + \Delta h)$ olan değerler kümesinin

ortalaması olarak düşünülür. Uzaklık toleransı olarak genellikle ilk seçilen h (lag mesafesi,gecikme uzaklığı) uzaklık miktarının yarısı düşünülür ($\Delta h = h/2$) (Isaaks and Srivastava, 1989).



Şekil 2.3. Variogramda yön ve uzaklık (θ adım uzaklığı yönünü, h adım uzaklığını, $\Delta\theta$ tolerans açısını, Δh tolerans mesafesini göstermektedir).

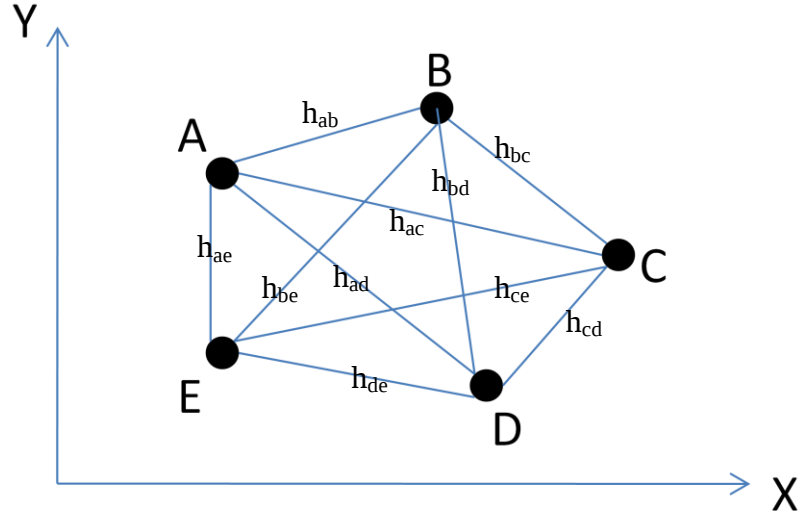
Şekil 2.4'te görüldüğü üzere noktalar rastgele dağılım göstermektedir. Bu durumda Eş. 2.2,

$$\gamma(h_{ort}) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{h(k,j)}^{N(h)} (Z(x_k, y_k) - Z(x_j, y_j))^2 \quad (2.3)$$

şeklini alır. Eşitlikte;

$N(h)$: h için verilen Δh aralık ve $\Delta\theta$ açı tolerans miktarı ile tanımlanan θ yönündeki nokta çifti sayısını

h_{ort} : $N(h)$ daki şartları sağlayan nokta çiftlerinin birbirlerine olan uzaklıklarının ortalamasını göstermektedir.



Şekil 2.4. Rastgele dağılımlı bir nokta kümesi

h_{ort} değeri,

$$h_{ort} = \frac{\sum_{k=1}^{N(h)} h_{kj}}{N(h)} \quad (2.4)$$

θ değeri ise, $y_j - y_k$

$$\theta_{kj} = \arctan \left(\frac{y_j - y_k}{x_j - x_k} \right) \quad (2.5)$$

eşitliklerine göre hesap edilir.

Rastgele dağılmış noktalardan oluşan bir çalışma bölgesinde variogram değerlerinin Eş. 2.3 ile hesaplanmasında aşağıdaki sıra izlenir:

- 1) h uzaklığı ve Δh uzaklık toleransı tanımlanır.
- 2) Bir θ yönüne bağlı variogram hesaplanmak isteniyorsa θ yönü ve $\Delta\theta$ tolerans açısı belirlenir.
- 3) Bu ana kriterlerden sonra bütün olası nokta çiftlerinden oluşan h_{ij} uzaklıkları ve θ_{ij} değerleri hesaplanır.

4) 3. adımda hesap edilen değerlerden 1. ve 2. adımlardaki kriterlerin her ikisinin de sağlayan nokta çiftleri belirlenir.

5) Elde kalan nokta çiftlerinden Eş. 2.4 ile h_{ort} değeri hesaplanır.

6) Eş. 2.3 ile $\gamma(h_{ort})$ semivaryans değeri hesaplanır.

Yön bağımsız variogram oluşturmak için açı toleransı $\Delta\theta = 90^\circ$ seçilir (Pardolguizua and Dowd, 2001).

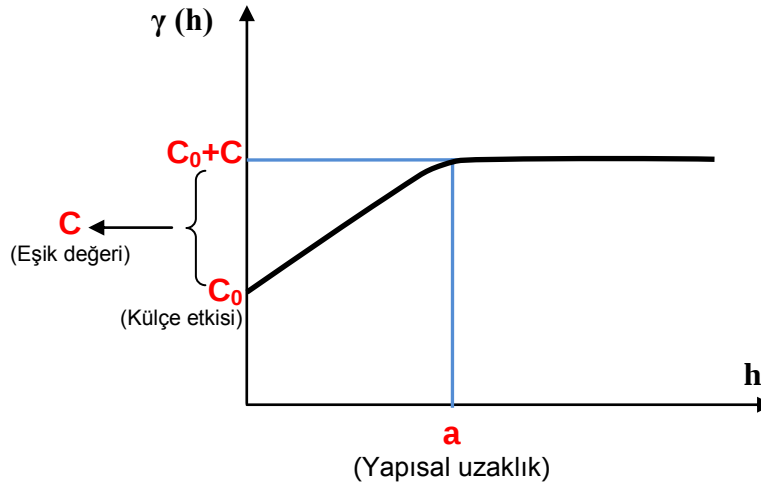
Konumsal analiz için ve teorik variogram modelinin ya da parametre değerlerinin belirlenmesi için yeterli sayıdaki h uzaklığının katları ($h, 2h, 3h, \dots$) kadar semivariogram değerlerinin de hesaplanması gerekmektedir (İnal ve Yiğit, 2003).

2.1.2. Variogram Parametreleri

Variogramın uzaklığa bağlı olarak artış oranı, örneklerin birbirlerine olan etkisinin uzaklığa bağlı olarak ne hızda değiştiğini göstermektedir. Variogramın eşik değerine ulaştığı uzaklıktan daha büyük uzaklıklarda, veriler arasında herhangi bir ilişkinin olmaması beklenir. Bu kritik uzaklık yapısal uzaklık (range) olarak adlandırılır (Armstrong, 1998).

Uzaklığın sıfıra eşit olduğu durumlarda variogramın değeri de sıfıra eşittir (Isaacs and Srivastava, 1989). Birbirine en yakın iki örnek arasındaki uzaklıklardan (sınır uzaklık) daha küçük uzaklıklarda veri olmadığından değerler arasındaki farkın değişimi belirlenemez ve bu durum variogramın orijininde bir süreksizliğe neden olur. Orijindeki süreksizliğin nedeni, örnekleme ve analiz hataları da olabilir. Buna külçe etkisi (nugget effect) denir ve C_0 ile ifade edilir. Variogram artan h uzaklığı ile artar. Eğer bölgesel değişken geçişli bir yapı gösteriyorsa (zengin ve yoksul bölgeler şeklinde) variogram belirli bir “ a ” mesafesinden sonra artışını durdurur ve belirli bir değer çevresinde ($C_0 + C$) değerler alır. Teorik olarak ($C_0 + C$) değeri örnek değerlerinin varyansına eşittir. (Dowd, 1992; Tercan, 1996).

Variogram parametreleri Şekil 2.5’de gösterilmiştir.

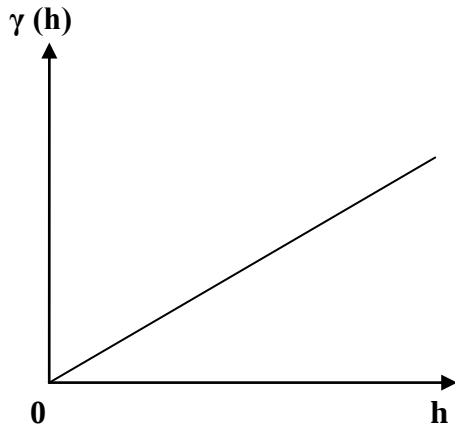


Şekil 2.5. Variogram Parametreleri (yapısal uzaklık, külçe etkisi ve eşik değeri)

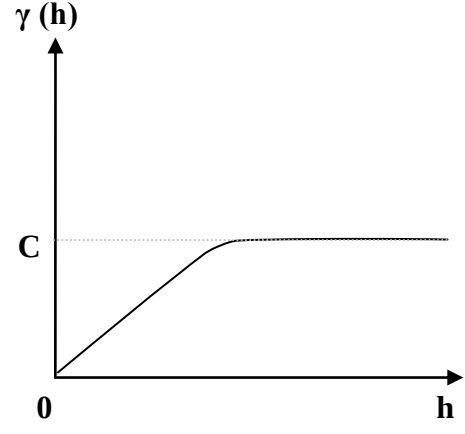
2.1.3. Variogram Modelleri

Deneyssel semivariogramlarda variogram değerleri belirli uzaklıklar için hesaplanır ve bunun dışındaki uzaklıklarda variogram değerleri bilinmez. Bölgeselleşmiş değişkenin özelliklerinin belirlenmesinde ve özellikle örneklenmemiş noktalardaki değerlerin kestiriminde, variogramı bütün uzaklık değerleri ile birlikte bilmek gerekir. Bu durum variogram modellemeyi yani deneyssel variogram değerlerine bir fonksiyon uyarlamayı gerektirir (Tercan ve Saraç, 1998).

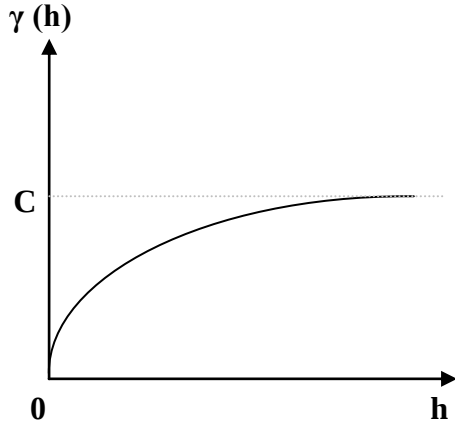
En sık kullanılan variogram modelleri Şekil 2.6’da verilmiştir.



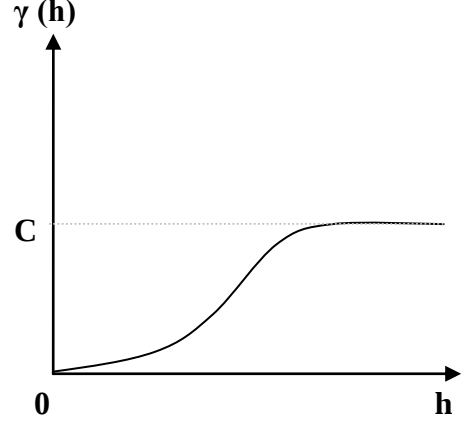
a) Doğrusal Model



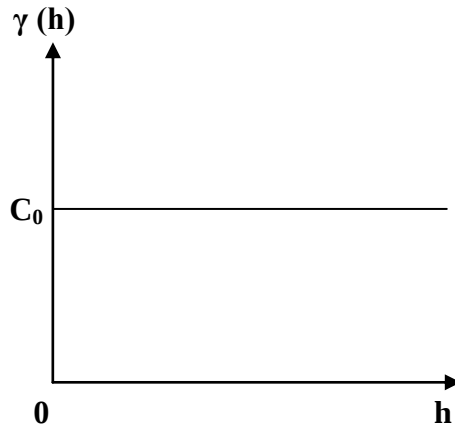
b) Küresel Model



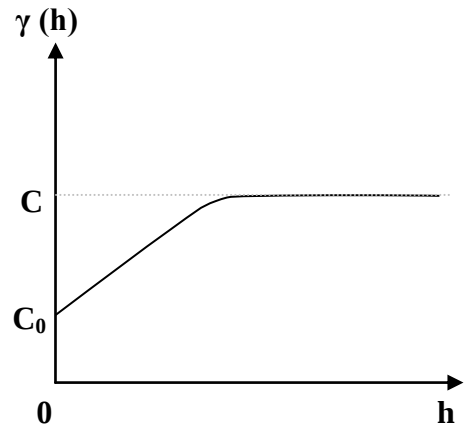
c) Üssel Model



d) Gauss Modeli



f) Külçe Etkisi Modeli



e) Yuvalı Yapı Modeli

Şekil 2.6. Variogram Modelleri

2.1.3.1. Doğrusal Model

Pozitif eğimli ve semivariogram eksenini ile pozitif bir noktada kesişen, en basit variogram modelidir (Clark and Harper,2000).

$$\begin{aligned} h = 0 \text{ ise} \quad \gamma(h) &= 0 \\ h > 0 \text{ ise} \quad \gamma(h) &= ph \end{aligned} \quad (2.6)$$

2.1.3.2. Küresel Model

En sık kullanılan modellerden biridir. Belirli bir noktaya kadar doğrusala yakın, tepe değerine ulaştığı noktadan itibaren durağan bir grafik oluşturur (Armstrong, 1998).

$$\begin{aligned} h = 0 \text{ ise} \quad \gamma(h) &= 0 \\ 0 < h \leq a \text{ ise} \quad \gamma(h) &= C \left\{ \left(\frac{3h}{2a} \right) - \left(\frac{h^3}{2a^3} \right) \right\} \\ h > a \text{ ise} \quad \gamma(h) &= C \end{aligned} \quad (2.7)$$

2.1.3.3. Üssel Model

Bu model ilk başta doğrusal iken tepe değerine daha teğetsel olarak ulaşır. Model, tepe değerine dereceli ulaştığı için gerçek yapısal uzaklık teorik yapısal uzaklığın yaklaşık 1/3 'ü kadardır (Clark, 1979).

$$\gamma(h) = C \{1 - \exp(-h/a)\} \quad (2.8)$$

2.1.3.4. Gauss Modeli

Bu model verilerin kısa mesafede süreklilik ve benzerlik gösterdiği durumlarda ortaya çıkar (Clark and Harper,2000). Pratik yapısal uzaklık, gerçek yapısal uzaklığın 1.73 katıdır (Armstrong,1998).

$$\gamma(h) = C \{1 - \exp(-h^2/a^2)\} \quad (2.9)$$

2.1.3.5. Külçe Etkisi Modeli

Kısa mesafede ani değişim gösteren değişkenler külçe etki modeli variogramlar üretirler. Eş. 2.10'da külçe etkisi modelinin fonksiyonu verilmiştir.

$$h=0 \text{ ise } \gamma(h)= 0$$

$$h>0 \text{ ise } \gamma(h)= c_0 \quad (2.10)$$

2.1.3.6. Yuvalı Yapı Modeli

Bazen, özellikle veri sayısının fazla olduğu koşullarda variogramlar daha karmaşık bir yapıya sahip olabilirler ve böyle durumlarda variogram modelinin tanımlanabilmesi için daha karmaşık fonksiyonların kullanılması gerekebilir. Bunun en iyi yolu 2 veya daha fazla modelin birleştirilmesidir (Webster and Oliver, 2001).

Şekil 2.6 (f)'de yuvalı yapıya bir örnek gösterilmiş olup, külçe etkisi modeliyle küresel modelin birleşimi olan bu modelin fonksiyonu Eş. 2.11'de verilmiştir.

$$\begin{aligned} h = 0 \text{ ise} & \quad \gamma(h) = 0 \\ 0 < h \leq a \text{ ise} & \quad \gamma(h) = C_0 + C \left\{ \left(\frac{3h}{2a} \right) - \left(\frac{h^3}{2a^3} \right) \right\} \\ h > a & \quad \gamma(h) = C_0 + C \end{aligned} \quad (2.11)$$

Görüldüğü gibi, Eş. 2.11, Eş.2.7 ve 2.10'un birleştirilmesiyle oluşturulmuştur.

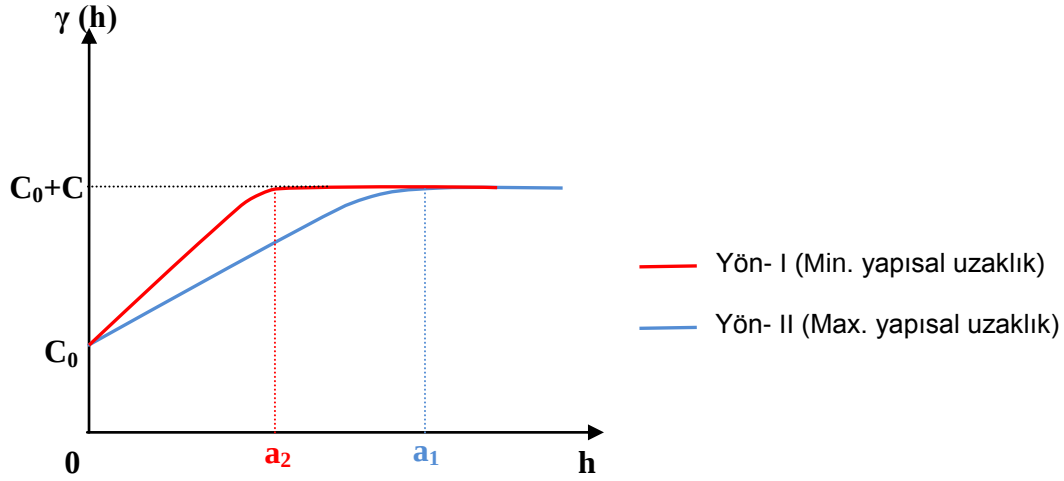
2.1.4 Anizotropi

Variogram, farklı yönlerde hesaplandığında, bazen yöne bağlı farklılaşmalar gözlenebilir (anizotropi). Eğer böyle bir durum söz konusu değil ise, variogram sadece iki nokta arasındaki mesafeye bağlıdır ve bu şekilde davranan variogramlara izotropik denir. İki farklı anizotropi vardır: geometrik anizotropi ve bölgesel anizotropi.

2.1.4.1 Geometrik Anizotropi

Uzaklığa bağlı ilişkinin derecesi yöne bağlı olarak değişebilir. Düzlemsel ölçeklerin dönüştürülmesiyle bu farklılaşma giderilebiliyorsa (izotropik hale getirilebiliyorsa), o halde anizotropi geometriktir. Böyle bir anizotropi koordinatların basit doğrusal dönüşümleriyle giderilebilir (Webster and Oliver, 2001).

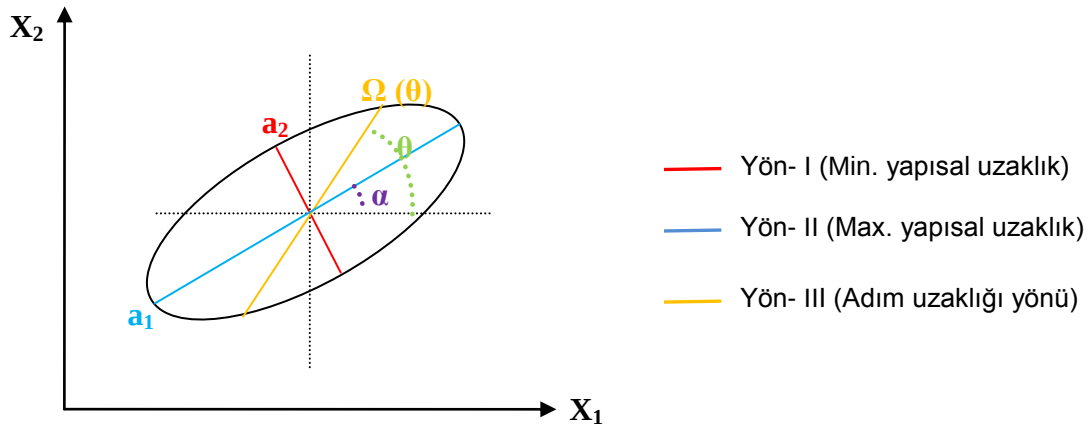
Şekil 2.7 'de, farklı yönlerde; aynı eşik değerlerine, ancak farklı yapısal uzaklıklara sahip variogramlar gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Geometrik anizotropi

Yönün bir fonksiyonu olarak, yapısal uzaklıktaki değişimi gösteren bir diagram çizmek mümkündür. Çizilebilecek bu diagramın ortaya çıkaracağı eğri bir elips şeklinde ise, anizotropinin geometrik olduğu söylenilebilir (Armstrong,1998).

Şekil 2.8’de, a_1 elipsin maksimum çapını, yani en fazla sürekliliğin olduğu yöndeki yapısal uzaklığı; a_2 ise minimum elips çapını (maksimum elips çapının yönüne dik), yani en az sürekliliğin olduğu yöndeki yapısal uzaklığı göstermektedir. α açısı sürekliliğin en fazla olduğu yönü göstermektedir (Webster and Oliver, 2001).



Şekil 2.8. İki boyutta yöne bağlı yapısal uzaklığın değişimini (geometrik anizotropiyi) gösteren elips. a_1 Maksimum yapısal uzaklığı, a_2 minimum yapısal uzaklığı, α maksimum yapısal uzaklığa sahip olan yönü, θ adım uzaklığı yönünü göstermektedir (Webster and Oliver, 2001).

Yapısal uzaklık, yönün fonksiyonu olarak Eş. 2.12 ile hesaplanır.

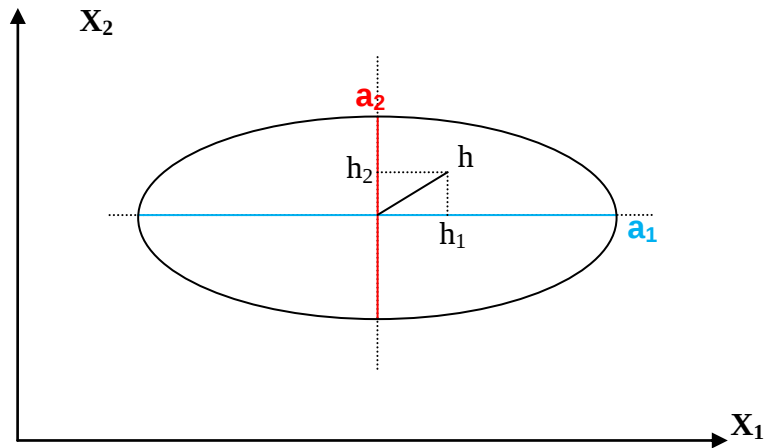
$$\Omega(\theta) = \{(a_2)^2 \cos^2(\theta - \alpha) + (a_1)^2 \sin^2(\theta - \alpha)\}^{0.5} \quad (2.12)$$

Bu eşitlikte;

θ : Adım uzaklığı yönü

$\Omega(\theta)$: θ yönündeki yapısal uzaklıktır.

Anizotropi elipsoidinden yararlanılarak, herhangi bir yöndeki yapısal uzaklığın hesaplanması için Eş. 2.12 kullanılabilir. Anizotropik uzaklıklar dikkate alınarak variogramın hesaplanmasının diğer bir yolu Armstrong (1998) tarafından önerilmiştir. Armstrong (1998), elipsoidin maksimum ekseninin, koordinat eksenleriyle karşılaştırıldığı durumda (Şekil 2.9), Eş. 2.13'un kullanılmasını önermiştir.



Şekil 2.9. Maksimum eksen, koordinat eksenleriyle karşılaştırılmış geometrik anizotropi elipsi. h uzaklığı, herhangi bir yönde variogramı hesap edilecek mesafeyi göstermektedir.

$$\gamma(h) = \gamma_1 (h_1^2 + k^2 h_2^2)^{0.5} \quad (2.13)$$

Eşitlikte;

h_1 ve h_2 : h uzaklığının X_1 ve X_2 yönündeki bileşenleri

k : maksimum yapısal uzaklığın, minimum yapısal uzaklığa oranı (a_1/a_2)

2.1.4.2 Bölgesel (Zonal) Anizotropi

Anizotropinin daha karmaşık tipleri vardır. Örneğin; düşey yön, genellikle, tabakalar arası değişimin daha fazla olmasından dolayı özel bir rol oynar. Böyle durumlarda variogramın bütün yönlerdeki eşik değeri aynı olmaz. Standart bir uygulama, variogramı izotropik ve düşey olmak üzere iki bileşene ayırır .

İzotropik Bileşen	Düşey Bileşen	
$\gamma_0 (h_1^2 + h_2^2 + h_3^2)^{0.5}$	$\gamma_1(h_3)$	(2.14)

Toplam variogram $\gamma(h)$ ise;

$$\gamma(h) = \gamma_0(h) + \gamma_1(h) \quad (2.15)$$

olarak hesap edilir (Armstrong,1998).

2.2. Kriging

Teorik olarak bölgesel değişkenler sonsuz sayıdaki lokasyonda örneklenebilir. Ancak pratikte ekonomik sebeplerden dolayı bu mümkün değildir. Eğer veri olmayan lokasyonlardaki değerler bilinmek isteniyorsa, mevcut veriler kullanılarak bu değerler kestirilebilir (Webster and Oliver, 2001).

Kriging, en iyi yansız doğrusal kestirim yapan bir yöntemdir. Burada en iyi kelimesi minimum kestirim varyansını ifade etmektedir.

Kriging yöntemi ile yapılacak bir kestirimin doğruluğu temel olarak aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

1. Örnek sayısı ve her bir noktadaki veri kalitesi.
2. Örneklerin, maden yatağında sahip oldukları konum: Düzgün bir şekilde yayılmış örnekler kümeleşmiş verilere nazaran yatağı daha doğru temsil ederler.
3. Örnekler ve kestirim noktaları arasındaki mesafe: Kestirimde, komşu örneklerden yakın olanın uzak olana göre daha etkin olması doğaldır. Benzer şekilde, kestirimin örneklerin civarında daha doğru olması, örneklerden uzaklaştıkça kötüleşmesi beklenir.

4. Değişkenlerin uzaklığa bağlı süreklilikleri: Düzenli bir değişim gösteren değişkenlerin, ani bir şekilde değişen değişkenlere kıyasla kestirimleri daha kolaydır.

Kriging tüm bu faktörleri hesaba katan bir kestirim yöntemidir (Armstrong,1998).

İki temel kriging kestirim yöntemi; değişkenlere ilişkin ortalamanın bilinmediğini varsayan ortalamasız (ordinary) kriging ve ortalamanın bilindiğini varsayan ortalamalı (simple) krigingdir.

2.2.1. Ortalamasız (Ordinary) Kriging

Ortalamasız kriging, pratikte en sık kullanılan ve ortalamanın bilinmediğini varsayan kriging yöntemidir (Webster and Oliver, 2001).

Krigingin amacı, bir ya da daha fazla örneklenmemiş nokta veya bloğa ilişkin rastlantısal bir değişkenin değerini, örnek verilerden yararlanarak kestirmektir.

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(x_i) \quad (2.16)$$

λ_i ağırlıkları kestirim hatalarının ortalaması sıfır ve varyansı minimum olacak şekilde belirlenir:

1. $Ort[Z^*(x_0) - Z(x_0)] = 0$
2. $Var[Z^*(x_0) - Z(x_0)]$ minimumdur (Armstrong,1998).

Bu eşitliklerde;

$Z(x_0)$: x_0 noktasındaki Z rastlantısal değişkeninin gerçek değerini,

$Z(x_i)$: x_0 noktasındaki Z rastlantısal değişkenini kestirmek için kullanılacak örnek verileri.

$Z^*(x_0)$: x_0 noktasındaki Z rastlantısal değişkeninin kestirilen değerini,

λ_i : Kestirimde kullanılacak x_i değerinin ağırlığını,

N : Kestirimde kullanılacak veri sayısını

göstermektedir.

Eş. 2.16'da, $Z^*(x_0)$ değerinin kestiriminin verilerin ağırlıklı ortalamaları kullanılarak hesap edildiği görülmektedir. Kestirimin yansız olması için λ_i ağırlıklarının toplamı 1'e eşit olmalıdır.

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1 \quad (2.17)$$

Kestirim varyansının hesaplanması için Eş. 2.18 kullanılır.

$$\begin{aligned} \text{Var}[Z^*(x_0)] &= E[\{Z^*(x_0) - Z(x_0)\}^2] \\ &= 2 \sum_{i=1}^N \lambda_i \gamma(x_i, x_0) - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i, x_j) \end{aligned} \quad (2.18)$$

$\gamma(x_i, x_j)$: Z rastlantı değişkeninin x_i ve x_j veri noktaları arasındaki semivariogram,
 $\gamma(x_i, x_0)$: x_i ve kestirim yapılacak nokta arasındaki semivariogramı göstermektedir.

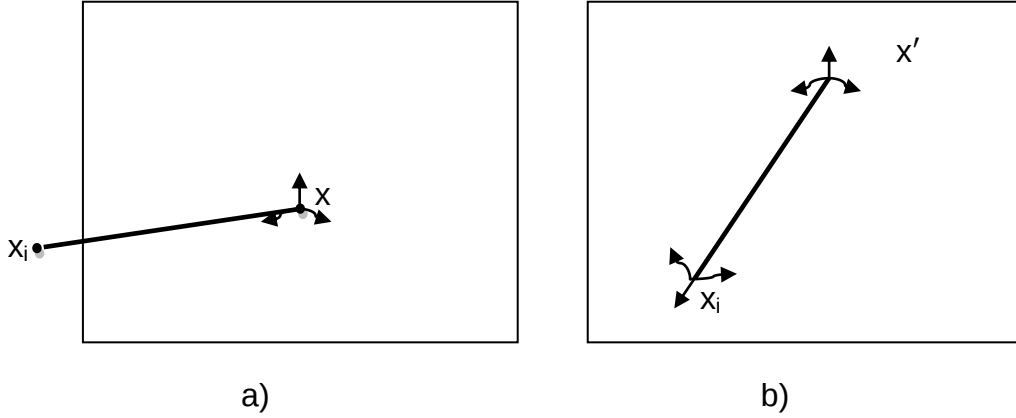
Z rastlantısal değişkeninin bir blok içinde (B) ortalaması kestirilmek istenilebilir. Böyle bir durumda, B bloğunun içindeki kriging kestirim değeri ($Z^*(B)$), Eş. 2.16'de olduğu gibi verilerin ağırlıklı ortalamaları kullanılarak hesap edilir.

$$Z^*(B) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(x_i) \quad (2.19)$$

Blok kestirimi söz konusu ise, yapılacak kestirimin varyansının hesaplanmasında Eş. 2.20 kullanılır.

$$\begin{aligned} \text{Var}[Z^*(B)] &= E[\{Z^*(B) - Z(B)\}^2] \\ &= 2 \sum_{i=1}^N \lambda_i \gamma(x_i, B) - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i, x_j) - \gamma(B, B) \end{aligned} \quad (2.20)$$

Şekil 2.10'da nokta ile blok arasındaki ve blok içindeki variogram integrasyonu gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Variogram integrasyonu: (a) örnek nokta ile blok arasında; (b) blok içinde.

$\gamma(x_i, B)$ niceliği, x_i noktasıyla B bloğu arasındaki semivariogramı (Şekil 2.10-a), $\gamma(B, B)$ ise B bloğu içindeki semivariogramı göstermektedir (Şekil 2.10-b).

$$\gamma(x_i, B) = \frac{1}{|B|} \int_B \gamma(x_i, x) dx \quad (2.21)$$

$$\gamma(B, B) = \frac{1}{|B|^2} \iint_B \gamma(x_i, x') dx dx' \quad (2.22)$$

$\gamma(x_i, x')$, x ve B bloğunu bağımsız şekilde tarayan x' arasındaki semivariogramdır (Şekil 2.10-b).

Herbir kriging kestirimi için kriging varyansı hesaplanır. Eş 2.18'de nokta kestirimi için tanımlanmış olan kriging varyansı $\sigma^2(x_0)$ ile, Eş 2.20'de blok kestirimi için tanımlanmış olan kriging varyansı ise $\sigma^2(B)$ ile gösterilebilir.

Hata varyansı tanımlandıktan sonra Lagrange Çarpanı yöntemi kullanılarak varyansı minimum yapacak ve toplamı 1 olacak şekilde noktaların ağırlıkları hesaplanır. Bu amaçla, minimize edilmek istenilen varyans ve Lagrange çarpanını (ψ) içeren $f(\lambda_i, \psi)$ yardımcı fonksiyonu tanımlanabilir (Eş. 2.23).

$$(\lambda_i, \psi) = \text{Var}[Z^*(x_0) - Z(x_0)] - 2\psi \left\{ \sum_{i=1}^N \lambda_i - 1 \right\} \quad (2.23)$$

Bu fonksiyonun ağırlıklar ve lagrange çarpanına göre kısmi türevi alınıp 0' a eşitlendiğinde;

$$\frac{\partial f(\lambda_i, \psi)}{\partial \lambda_i} = 0 \quad (2.24)$$

$$\frac{\partial f(\lambda_i, \psi)}{\partial \psi} = 0$$

i ve j = 1, 2, 3,, N için N + 1 tane denklem ve N + 1 tane bilinmeyen elde edilir.

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i \gamma(x_i, x_j) + \psi(x_0) = \gamma(x_j, x_0)$$

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1 \quad (2.25)$$

Bütün j değerleri için Eş. 2.25'in çözümü, ağırlıkları verecektir. Bulunan bu ağırlıklar Eş. 2.16'da yerine konulduğunda kestirim değeri ve ayrıca Eş. 2.26 kullanılarak kriging varyansı elde edilir.

$$\sigma^2(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i \gamma(x_i, x_0) + \psi(x_0) \quad (2.26)$$

Eğer kestirilecek nokta x_0 , örneklenmiş noktalardan biri olursa, örneğin x_j , $\lambda(x_j) = 1$ olduğunda ve diğer tüm ağırlıklar 0 olduğunda minimum kestirim varyansı elde edilecektir. Böyle bir durumda, kestirim varyansı 0, kestirilen değer ise örneklenmiş değere eşit olacaktır.

Blok için oluşturulacak eşdeğer kriging sistemi;

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i \gamma(x_i, x_j) + \psi(B) = \gamma(x_j, B) \quad (2.27)$$

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1$$

Eşitliği ile, blok kestirim varyansı ise;

$$\sigma^2(B) = \sum_{i=1}^N \lambda_i \gamma(x_i, B) + \psi(B) - \gamma(B, B) \quad (2.28)$$

ile hesaplanır.

2.2.1.1. Ortalamasız Kriging - Matris Formu

Ortalamasız krigingın nokta kriging eşitliği matris formunda aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$A * \lambda = b$$

$$\begin{bmatrix} \gamma(x_1, x_1) & \gamma(x_1, x_2) & \cdots & \gamma(x_1, x_N) & 1 \\ \gamma(x_2, x_1) & \gamma(x_2, x_2) & \cdots & \gamma(x_2, x_N) & 1 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ \gamma(x_N, x_1) & \gamma(x_N, x_2) & \cdots & \gamma(x_N, x_N) & 1 \\ 1 & 1 & \cdots & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_i \\ \psi(x_0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma(x_1, x_0) \\ \gamma(x_2, x_0) \\ \vdots \\ \gamma(x_N, x_0) \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.29)$$

A matrisinin tersi ile b matrisi çarpımından ağırlıklar ve Lagrange Çarpanını bulmak mümkün olacaktır (Eş.2.30). Kriging varyansı ise, Eş. 2.31 ile hesaplanır (Webster and Oliver, 2001).

$$\lambda = A^{-1} * b \quad (2.30)$$

$$\sigma^2(x_0) = b^T * \lambda \quad (2.31)$$

Eğer kestirim blok için yapılacaksa, 2.29 eşitliğinin sağ taraf vektörü 2.32 eşitliği ile ifade edilir.

$$b = \begin{bmatrix} \gamma(x_1, B) \\ \gamma(x_2, B) \\ \vdots \\ \gamma(x_N, B) \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.32)$$

ve hata varyansı

$$\sigma^2(B) = b^T * \lambda - \gamma(B, B) \quad (2.33)$$

ile hesaplanır.

2.2.2. Ortalamalı (Simple) Kriging

Ortalamaalı krigingde, rastlantısal değışkene ilişkin ortalamanın (μ) bilindiğı varsayılır.

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(x_i) + \{1 - \sum_{i=1}^N \lambda_i\} \mu \quad (2.34)$$

Ortalamaalı krigingde λ_i toplamı 1 değildir. Yansızlık Eş.2.34'in ikinci ifadesiyle sağlanır.

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i \gamma(x_i, x_j) = \gamma(x_j, x_0) \quad (2.35)$$

Ağırlıklar Eş. 2.35 kullanılarak hesap edilir. Görüleceğı üzere bu eşitlikte Lagrange Çarpanı bulunmamaktadır. Dolayısıyla, N tane denklem için N tane bilinmeyen mevcuttur.

Ortalamaalı krigingde hata varyansı;

$$\sigma^2(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i \gamma(x_i, x_0) \quad (2.36)$$

eşitliğı ile hesaplanır.

Ortalamasız krigingde olduğu gibi, ilgili eşitlikler blok kestirimi için de genelleştirilebilir.

Genelde, ortalamaalı krigingden elde edilen kriging varyansı, ortalamasız kriginge kıyasla daha küçüktür. Bunun sebebi, ortalamasız kriging varyansının ($\sigma_{OK}^2(x_0)$), ortalamaalı kriging varyansı ($\sigma_{SK}^2(x_0)$) ile ortalamanın kestiriminden doğan varyansın toplamına eşit olmasıdır (Webster and Oliver, 1998).

$$\sigma_{OK}^2(x_0) = \sigma_{SK}^2(x_0) + \left\{1 - \sum_{i=1}^N \lambda_i^{SK}\right\} \psi \quad (2.37)$$

2.3. Çapraz Doğrulama

Jeoistatistiksel kestirim yöntemleri, variogram modeline gerek duyulduğundan hemen hemen diğer tüm kestirim yöntemlerinden farklıdır. Örneğın bir kömür damarında, yataklanmanın şekli ve materyal kaynağı aynı olmasına rağmen, kükürt değeri ile ısı değeri aynı yarıvariograma sahip olmayacaktır. Aralarındaki

güçlü ilişkiden dolayı, kül içeriği ile ısı değerinin benzer yapılar ortaya koyması beklenebilir. Ancak, ısı değeri ve kül değişkenine ait deneysel semivariogramlar hesap edildiğinde, ikisinin yapılarının birbirlerinden farklı olduğu görülecektir.

Örneklememiş lokasyonlarda yapılacak kestirimin kalitesi, büyük ölçüde, semi variogramın kestirim yapılacak alandaki ölçümlerin gerçek konumsal yapısını temsil edip etmemesiyle doğrudan ilişkilidir. Jeostatistiksel kestirimin idealleştirilmesi semi variogram modelinin yatağı doğru temsil ettiği varsayımına bağlıdır.

Uygun olmayan bir semi variogram modelinin hatalı ve yanıltıcı bir kestirime sebep olacağını çok güçlü bir şekilde söylemek doğru olmayacaktır. Ancak, en iyi kestirim, model doğru olduğunda gerçekleşecektir.

Semi variogramın doğruluğunu kontrol eden yöntemlerden biri çapraz doğrulama yöntemidir. Bu yöntem temel olarak kriging yöntemiyle yapılan kestirimin, belirlenen güven aralığında olup olmadığını test eder. Süreç şu şekilde işler:

1. Veri kümesinden bir örnek uzaklaştırılır (x_i).
2. Geriye kalan örnekler kullanılarak, bu örnek kestirilir (x_i^*) ve kestirime ilişkin standart sapma $\sigma_\epsilon(x_i)$ hesaplanır.
3. Kestirim hatası aşağıdaki gibi hesap edilir:

$$\epsilon_i = x_i^* - x_i \quad (2.38)$$

Teoride, semi variogram modeli doğru ise ve kriging doğru bir şekilde uygulanmışsa; kestirim hataları, ortalaması 0 ve standart sapması, $\sigma_\epsilon(x_i)$, olan normal dağılıma sahip olmalıdır.

4. Bu işlemler bütün veriler için tekrar edilir.

Süreç tamamlandıktan sonra, hesaplanan ϵ_i değerlerinin nasıl kullanılacağına dair farklı yaklaşımlar vardır. Kestirim hatalarının karelerinin ortalamaları ile kestirim varyansının ortalamasının karşılaştırılması bu yaklaşımlardan birisidir. Diğer bir yaklaşımda ise:

$$a_i = \frac{\epsilon_i}{\sigma_\epsilon(x_i)} = \frac{x_i^* - x_i}{\sigma_\epsilon(x_i)} \quad (2.39)$$

bütün örnekler için hesaplanır. Bu popülasyonun ortalaması ve standart sapması aşağıdaki gibi hesap edilir (Clark and Harper, 2000):

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum_{i=2}^n a_i \quad (2.40)$$

$$s_a^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2$$

Burada, a_i 'nin, ortalaması 0 ve standart sapması 1 olan bir normal dağılımdan gelmesi modellemenin doğru olduğunu kanıtlamaya tek başına yeterli değildir. Ancak doğru bir model için a_i 'nin, ortalamasının 0 ve standart sapmasının 1 olması gerekmektedir. Dolayısıyla, variogram modeli, görsel olarak oluşturulduktan sonra çapraz doğrulama yöntemiyle test edilmelidir.

2.4. Ardışık Normal Benzetim

Amaç, K sayıda grid noktasında önceden tasarlanmış veri dağılımı ve variogramı verecek benzetim değerleri üretmektir. Ardışık benzetimde bu işlem 5 adımda gerçekleştirilir:

1-K sayıdaki grid noktası içinde rastgele bir nokta seçilir.

2-Mevcut veriler ve daha önceden benzetimi yapılan değerler kullanılarak bu noktadaki koşullu olasılık dağılım fonksiyonu hesaplanır.

3-Bu dağılım fonksiyonundan rastgele bir değer çekilir. Bu değer, o noktadaki benzetim değeridir.

4-Bu değer, sonraki adımlarda kullanılmak üzere saklanır.

5-Bütün noktalarda benzetim değerleri elde edilene kadar 1 den 4 e kadar olan adımlar tekrar edilir.

Uygulamada değişik ardışık benzetim teknikleri kullanılmaktadır. Bunlar arasındaki fark, yalnızca olasılık dağılım fonksiyonunun kestiriminden kaynaklanır.

Bu çalışmada normal benzetim tekniği tercih edilmiştir. Normal benzetimde koşullu dağılım fonksiyonunun çok değişkenli normal olduğu varsayıp dağılımın ortalaması ve varyansı verilerden hesaplanır. Bunun için benzetime başlamadan önce verilerin normal dağılmış verilere dönüştürülmesi gerekir. Daha sonra dönüştürülmüş verilerin variogramı hesaplanıp modellenir. Bu model ve dönüştürülmüş veriler kullanılarak benzetimi yapılacak noktada ortalamasız kriging ile kestirim yapılır. Kestirim değeri ve varyansı bu noktadaki koşullu dağılım fonksiyonunun ortalaması ve varyansı olarak alınır. Benzetim işlemi tamamlandığında elde edilen benzetim değerleri, orjinal veri uzayına geri dönüştürülür (Tercan ve Özçelik, 2004).

2.5. Linyit Kalitesi-Tonaj Eğrilerindeki Belirsizliğin Değerlendirmesi

Linyit Kalitesi-Tonaj eğrileri (tenör-tonaj eğrileri), sınır tenör ve blok büyüklüğünün bir fonksiyonu olarak kaynak miktarı ve ortalama tenördeki değişimleri gösteren eğrilerdir. Bu eğriler, bir yatağın üretim planlamasında oldukça önemli rol oynadığından kestirilen bu eğrilerin ne kadar güvenilir olduğunu ifade etmek gerekir. Bu ise tenör-tonaj eğrilerindeki belirsizliğin değerlendirilmesini gerektirir.

Tenör-tonaj eğrileri, sınır tenör ve blok büyüklüğünün fonksiyonudur. Sınır tenör, ekonomik şartlara göre değişirken blok büyüklüğü, kazılabilir en küçük boyuttan pano boyutuna kadar çıkabilir. Kazılabilir en küçük boyut, açık ocakta genellikle bir kazı makinesi (ekskavatör ya da dragline)'nin kepçe büyüklüğüne, kapalı bir ocakta ise bir haveye karşılık gelir. Bu bloklar, sınır tenöre göre cevher ya da pasa bloğu şeklinde sınıflara ayrılır. Örneğin blok, sınır tenörden yüksek bir tenöre sahipse cevher bloğu, düşükse pasa bloğu olarak sınıflandırılır. Bu açıdan sınır tenörün işletilebilir rezervin (recoverable reserve) ekonomik, blok büyüklüğünün ise teknik yanını temsil ettiği söylenebilir. Tenör-tonaj eğrileri, bir maden yatağının işletmeye açılıp açılmayacağı ve işletmeye açılmış bir maden yatağında ne tür bir üretim yöntemi uygulanacağı konusunda önemli bilgiler sağlar. Sınır tenörün yükselmesi ile toplam cevher miktarının azalması, ortalama tenörün ise artması beklenir.

Bir yatak düzlemsel olarak aynı büyüklük ve şekilde N adet bloğa bölündüğünde sınır tenörün üstündeki tonaj ve ortalama tenör, (2.41) ve (2.42) eşitliklerinden hesaplanır:

$$R(z) = \sum_{\alpha=1}^N i(x_{\alpha}, z) r(x_{\alpha}) \quad (2.41)$$

$$t(z) = \sum_{\alpha=1}^N i(x_{\alpha}, z) r(x_{\alpha}) z(x_{\alpha}) / \sum_{\alpha=1}^N i(x_{\alpha}, z) r(x_{\alpha}) \quad (2.42)$$

(2.41) ve (2.42) eşitliklerinde;

z : Sınır tenörü,

$R(z)$: Sınır tenörün üstündeki tonajı (kaynak miktarını),

$t(z)$: Sınır tenörün üstündeki ortalama tenörü,

N : Blokların sayısını,

$r(x_{\alpha})$: x_{α} bloğun kaynak miktarını,

$z(x_{\alpha})$: x_{α} bloğunun ortalama tenörünü,

$i(x_{\alpha}, z)$: x_{α} bloğuna ilişkin indikatör fonksiyonunu

göstermektedir.

$$i(x_{\alpha}, z) = \begin{cases} 1 & z(x_{\alpha}) > z \\ 0 & z(x_{\alpha}) \leq z \end{cases} \quad (2.43)$$

Tenör-tonaj eğrilerini oluşturmak için blok tenörleri $[z(x_{\alpha}), x_{\alpha} = 1, \dots, N]$, blokların kaynak miktarı $[r(x_{\alpha}), x_{\alpha} = 1, \dots, N]$ ve ayrıca indikatör değerleri $[i(x_{\alpha}, z), x_{\alpha} = 1, \dots, N]$ bilmek gerekir. Blok kaynak miktarı; kalınlık, yüzey alanı ve cevher yoğunluğunun bir fonksiyonudur. Genelde cevher yoğunluğunun bir bloktan diğerine değişmediği varsayılp tek bir değer dikkate alınır. Kaynak miktarını etkileyen parametreler içinde tek değişken kalınlıktır. Bu nedenle her bir bloğun ortalama kalınlığını $[k(x_{\alpha}), x_{\alpha} = 1, \dots, N]$ ayrıca bilmek gerekir.

Fizibilite aşamasında blok tenörleri, kalınlıkları ve indikatörler bilinmez ve bunlar, arama ve geliştirme amaçlı yapılan sondaj verilerinden kestirilir:

$$R^*(z) = \sum_{\alpha=1}^N i^*(x_{\alpha}, z) r^*(x_{\alpha}) \quad (2.44)$$

$$R^*(z) = \frac{\sum_{\alpha=1}^N i^*(x_{\alpha}, z) r^*(x_{\alpha}) z^*(x_{\alpha})}{\sum_{\alpha=1}^N R^*(x_{\alpha}, z) R^*(x_{\alpha})}$$

(2.45)

$$i^*(x_\alpha, z) = \begin{cases} 1 & z^*(x_\alpha) > z \\ 0 & z^*(x_\alpha) \leq z \end{cases} \quad (2.46)$$

(2.44), (2.45) ve (2.46) eşitliklerinde $R^*(z)$, $r^*(x)$, $t^*(z)$, $z^*(x)$ ve $i^*(x,z)$ kestirimleri göstermektedir. Tenör-tonaj eğrilerinin değerlendirilmesi kapsamında; $z(x)$, $i(x,z)$, $k(x)$ 'in kestirimine yönelik olarak literatürde pek çok yöntem geliştirilmiştir. Bunlar içinde kriging, blok tenörleri ve kalınlıkları kestirmek amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte kriging, yumuşatılmış (smoothed) değerler ürettiğinden indikatörlerin kestirimine uygun değildir. Çünkü indikatörler, kestirilen blok değerine göre oluşturulur. Örneğin kestirilen blok tenörü sınır değerden büyükse indikatör değer 1, küçükse sıfır olarak alınır. Eğer kestirilen blok tenörleri gerçek değerler gibi aynı değişkenliğe sahipse indikatörleri bu şekilde oluşturmanın bir sakıncası yoktur. Ancak kriging yöntemi ile düşük değerlerin daha yüksek, yüksek değerlerin ise daha düşük kestirildiği bilinmektedir. Bu tür yumuşatılmış değerler, indikatörleri belirlemek amacıyla kullanıldığında yüksek tenörlü blokların pasa bloğu, pasa bloklarının ise cevher şeklinde sınıflandırıldığı olumsuz durumlar ortaya çıkabilir. Ayrıca kriging yöntemi hata varyansının küçüklenmesi ölçütünü esas alıp yatağın tek bir sayısal modelini ürettiğinden tenör-tonaj eğrilerindeki belirsizliği değerlendirmek olanaklı değildir. Bu tür olumsuzlukları gidermek için mevcut verilerdeki değişkenliği yeniden üretecek ve eğrilerdeki belirsizliğin incelenmesine olanak verecek yöntemler kullanmak gerekir. Bir yaklaşım, kestirilen tenör-tonaj eğrilerine ilişkin örneklem dağılımı oluşturmaktır. Örneklem dağılımı bilindiğinde kestirilen değerlerin standart hatası yada %95 güven aralığı hesaplanıp belirsizlik, sayısal bir şekilde ifade edilebilir. Örneklem dağılımını üretmenin bir yolu bootstrap (Efron,1979) yöntemini kullanmaktır. Tercan (2003) ve Köse (2004) bu yönde çalışmalar yapmıştır. Bununla birlikte bu yaklaşım, önceden blok tenörlerinin bilinmesini gerektirmektedir. Örneklem dağılımını elde etmenin diğer bir yolu jeostatistik benzetim yöntemini kullanmaktır (Tercan ve Akcan,2005).

Bu tez çalışmasında, örneklem dağılımını elde etmek için Koşullu Ardışık Normal Benzetim yöntemi kullanılmıştır.

3.2. İşletme ile İlgili Bilgiler

Bolu ili, Göynük ilçesi Himmetoğlu Köyü sınırları içinde bulunan kömür sahası özel sektörce işletilirken madenlerin devletleştirilmesine ilişkin kanun kapsamında 1978 yılında devletleştirilmiş ve Bolu Linyitleri Kömür İşletmesi Müessesesi (BLİ)'ne bağlı Göynük Bölge Müdürlüğü olarak faaliyete başlamıştır. 1982-1986 yılları arasında Orta Anadolu Linyitleri Müessesesine (OAL) bağlanan Bölge Müdürlüğü, 1986-1989 yılları arasında tekrar BLİ'ye 1990-1997 yılları arasında yine OAL'ye bağlanmıştır. 2002-2004 yılları arasında Batı Anadolu Kontrol Müdürlüğü'nün sorumluluğunda olan saha, 04.08.2006 yılında TKİ Göynük Kontrol Müdürlüğü'nün denetiminde termik santral kurmak şartı ile rödovanslı olarak AKSA Enerji Göynük A.Ş. firmasının kullanımına verilmiştir.

1982 yılında 50.000 ton civarında olan üretim giderek artarak 1991 yılında 500.000 tonlara yükselmiştir. Gerek teshine verilen kömürde satış sıkıntısı olmaması gerek Çayırhan Termik Santraline toz kömür pazarlanması neticesinde 1987-1993 yılları arasında üretim ve satış yönünden en parlak dönemini geçiren işletme bu tarihten sonra ithal kömür ve doğal gaz kullanımının yaygınlaşması nedeniyle pazar sıkıntısına girmeye başlamıştır. OAL Müessese Müdürlüğü'nün Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş. (TEAŞ)' ye devrinden sonra işletmede üretilen toz kömür de de satış zorluğu yaşanmıştır. Üretim 2001 yılında 62.997 tona kadar düşmüştür (TKİ, 2005).

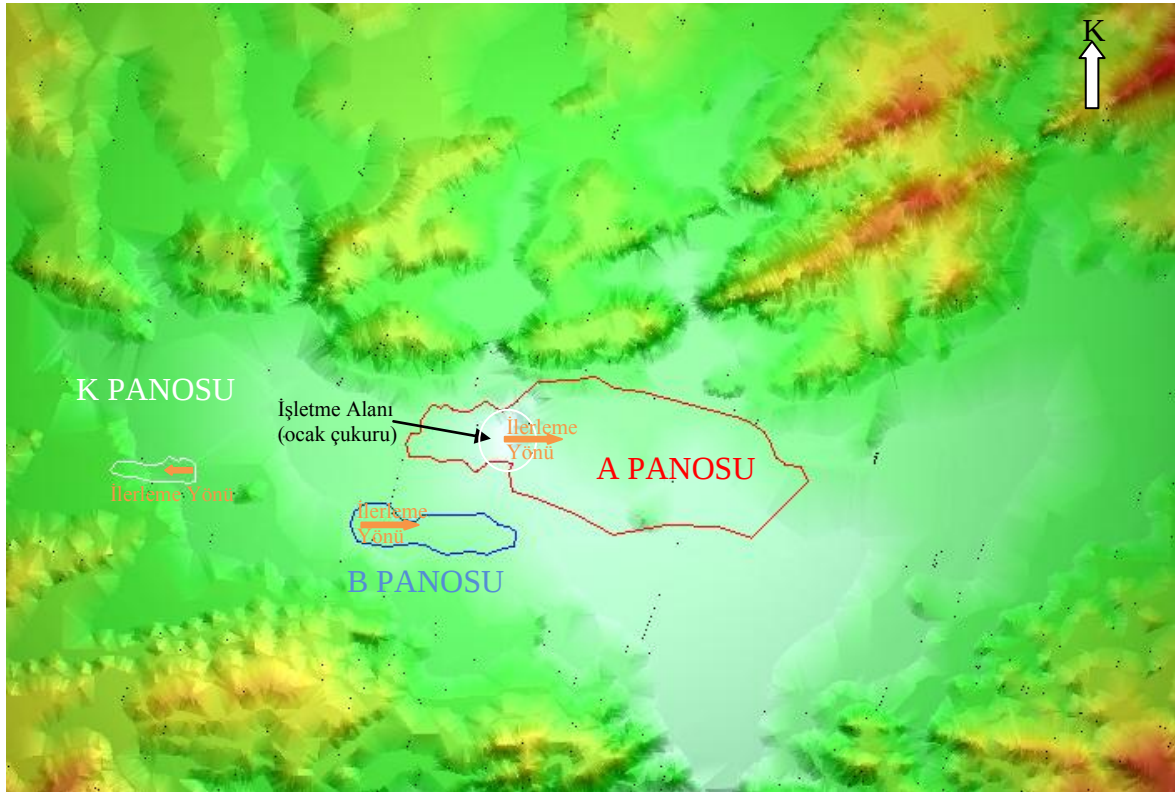
Özellikle son yıllarda, kömür satışının büyük bir kısmını Sosyal Yardımlaşma ve Dayanışma Fonu kapsamında fakir ailelere yapılan kömür sevkiyatı oluşturmuş olup, sahada 2011 yılı şubat ayından bu yana kömür üretimi yapılmamaktadır.

Sahanın faaliyete geçtiği yıldan 2011 yılı başına kadar 7 milyon ton civarında kömür üretimi yapılmıştır.

3.3. Topoğrafya

Havza doğu-batı uzanımlı ova konumunda bir koridor şeklinde olup, bu koridordaki yükseklikler 550-600 m. arasında değişmektedir. Kuzeyden ve güneyden yüksek tepelerle çevrili olan havzanın en yüksek yerleri kuzeyde Aladağ Tepe (813 m.), Deliklikaya Tepe (785m.), Orman Tepe (809 m.), güneyde Kozaklıbeleni Tepe (659 m.) doğuda da Değirmen Tepe (665 m.)'dir.

Sahadaki panolar, kömür sınırları ve sayısal yükselti modeli Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Himmetoğlu Linyit Sahası A, B, K panolarının kömür sınırları ve sayısal yükselti modeli

Kömürün konumlanmasındaki ve karakteristik özelliklerindeki farklılıklarından dolayı saha 3 ayrı panoya ayrılmıştır. A ve B olarak isimlendirilmiş olan panolarda kömür, karakteristik açıdan birbirine benzer nitelikteyken K panosunda farklılık göstermektedir.

3.4. Sahanın Jeolojik Özellikleri

Himmetoğlu linyit sahasının bulunduğu bölgede, yaşlıdan gence doğru aşağıdaki stratigrafik birimler mevcuttur.

1) Temel Kayaçlar: Çöküntü havzasının yüksek kesimlerini oluşturan ve linyitli sahayı sınırlayan formasyonlardan meydana gelir.

Bunlar;

- ✓ Seben formasyonu
- ✓ Taraklı formasyonu
- ✓ Selvipınar formasyonu
- ✓ Kızılçay formasyonu

şeklinde sıralanmaktadır.

2) Çöküntü havzasını dolduran ve linyit horizonunun da içinde yer aldığı Neojen yaşlı Himmetoğlu formasyonu.

3) Tüm formasyonları örten Kuvaterner çökelleri:

- a. Kocabelen Tepe Çakılları
- b. Alüvyon

Çalışma alanını temsil eden stratigrafik kesit Şekil 3.3' te verilmiştir.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	LİTOLOJİK TANIMLAMA
SENZOYİK	KUVATERNER					Alüvyon
	TERSİYER	ÜST MİYOSEN	HİMMETOĞLU FM	120-250		Bitümlü şeyl-tüf-silttaşı ardalanması
						Bitümlü şeyl-linyit ardalanması
						Linyit
						Çakıltı-kumtaşı-yeşil renkli kil
SENZOYİK	TERSİYER	ORTA-ÜST PALEOSEN/ALT EÖSEN	KIZILÇAY FM	500-1400		Çamurtaşı-silttaşı-kumtaşı ardalanması
						Kireçtaşı-marn ardalanması
						Çakıltı-kumtaşı-çamurtaşı ardalanması
		ALT PALEOSEN	SELVİPINAR FORMASYONU	75-150		Pembe gri renkli resifal kireçtaşı
MESOZOİK	KRETASE	Ü. KRETASE	TARAKLI FM	160		Orta kalın tabakalı kumtaşı
			SEBEN FM	300		Marn (ince kumtaşı banlı)
						ölçeksizdir

Şekil 3.3. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Bulkan,2003)

3.4.1. Seben Formasyonu

Çalışma alanının kuzeyinde gözlenen bu formasyon D-B doğrultusuna sahiptir. İlk kez Saner (1980) tarafından Seben formasyonu olarak adlandırılan ve ince kumtaşı bantları içeren mavi-yeşil şeyl-marn ardalanmasından oluşan bu formasyonun ortalama kalınlığı 300 m'ye ulaşmaktadır. Formasyonun yaşı Şener (1992) tarafından Üst Kretase (Orta-Üst Maastrichtiyen) olarak belirlenmiştir (Ulusay vd., 1998).

3.4.2. Taraklı Formasyonu

Yenipazar formasyonunun en üstünde yer alan ve ağırlıklı olarak kumtaşından oluşan birimi Saner (1977) Taraklı formasyonu olarak adlandırmıştır. Üye, yeşilimsi gri renkli, ince-kalın tabakalı yer yer som, kumtaşı ağırlıklı marn, şeyl, kumtaşı ve çakıllı kumtaşı ile yer yer bej renkli, az belirgin tabakalı, Orbitoides'li kireçtaşından oluşmaktadır. Paralel ve çapraz laminalanma, büyük ölçekli çapraz tabakalanma, taban yapıları, istifte alttan üste doğru tane boyu büyümesi birimin sedimantolojik özelliklerindendir. Taraklı üyesi, altta Yenipazar formasyonunun diğer birimleriyle, üstte ise Selvipınar ve Kızılçay formasyonlarıyla geçişlidir. Kalınlığı 100-300 m arasında değişen birim, yanall olarak kireçtaşı ve marna dönüşmektedir. Saner (1977) saptamış olduğu fosillere göre delta ortamında çökelmiş olan bu birimin yaşının Maastrichtiyen olduğunu belirlemiştir (Tüysüz, 2007).

3.4.3. Selvipınar Formasyonu

Resifal kireçtaşından oluşan birim, Eroskay (1965) tarafından Selvipınar kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Birim genel olarak sarımsı beyaz, bej yer yer kırmızı, pembe renkli, ince-kalın tabakalı, sert, biyomikrit ve biyosparit nitelikli, mercanlı ve algli resifal kireçtaşlarından oluşmaktadır. Altında ve üstünde serpilmiş görünlü kuvars çakılcıkları içeren birimin tabanı, yer yer kumlu-çakıllı kireçtaşı ve karbonat çimentolu konglomera niteliğindedir.

Altta Yenipazar formasyonunun Taraklı üyesi ile tedrici geçişli olan birim, üstte Kızılçay formasyonu ile yanall ve düşey geçişlidir. Belirgin bir yanall değişim göstermeyen formasyon, zaman zaman yanall yönde kamalanarak 0-100 m. arasında değişen kalınlıklar sunmaktadır.

Formasyonda saptanan fosiller Monsiyen'i işaret etmektedir. Resif ve resif kırıntılarından oluşması, karasal Kızılçay formasyonunun alt seviyesi ile girift oluşu, birimin şelfte kıyı resifi olarak oluştuğunu göstermektedir (Tüysüz, 2007).

3.4.4. Kızılçay Formasyonu

Kırmızı renkli karasal çökellerden oluşan birim, Eroskay (1965) tarafından Kızılçay vadisinden adlandırılmıştır. Birim genel olarak kırmızı, alacalı renkli, ince-kalın tabakalı, kötü boylanmalı konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Formasyonun üst bölümünde yer alan beyaz renkli ince-orta tabakalı killi kireçtaşı-şeyl ardalanması ile en üstteki bitümlü şeyller Kabalar üyesi olarak ayırtlanmıştır. Birimde nadir olarak ince seviyeler halinde kömür ve yer yer de jips olağandır. Gölpazarı-Hatıl dağ (Göynük GD' su) güneyinde Sarıcakaya-Nallıhan arasında volkanit seviyeleri içerir. Bu birimler Meyildere volkaniti olarak ayırtlanmıştır (Tüysüz, 2007).

3.4.5. Himmetoğlu Formasyonu

Linyit horizonunu içinde barındıran ve Paleontolojik olarak yaş verilemeyen Himmetoğlu formasyonuna Sonel v.d. (1987) tarafından Üst Miyosen yaşı verilmiştir. Kömür örnekleri üzerinde yapılan palinolojik determinasyonlara göre verilen bu yaş, daha önceki araştırmacılar tarafından stratigrafik konuma göre verilmiştir (Turgut ve Dümenci, 1980, Taka, 1988; Besbelli, 1991).

Havza genelinde 120-250 m. toplam kalınlığa (Şener, 1992) sahip olan Himmetoğlu formasyonu, Kızılçay formasyonu üzerine açısız uyumsuzlukla gelmektedir. Bu durumun gözlenmesi sınırlı olup, ancak Bölücekova Köyü'ne giden yolun kenarında (Orman Tepe güneyi) mümkün olabilmektedir.

Sondaj verilerine göre, kömür horizonunun tabanında sarımsı renkli ve Kızılçay formasyonu ile Selvipınar kireçtaşlarından türemiş bileşenlerden oluşan konglomeralar ile bunun üzerinde kırmızı ve yeşil renkli killer yer almaktadır (Tuncalı vd., 1987). Kalınlığı hakkında kesin bir veri bulunmayan bu killer işletmenin kuzeyindeki heyelanda ve kömürün tabanında gözlenmekte olup, oldukça plastik bir karaktere sahiptir. 1998 yılında işletmenin kuzeydoğu sınırında alüvyonda drenaj amacıyla yapılan sondajların bir kısmında kırmızı renkli killeri kesilmiştir.

Linyitli zon; killi linyit, linyit ve linyitli kil araldanmasından oluşmaktadır. Yer yer silisifiye linyitik silt ve kiltatş arakatklarının da bulunduğu zonun üst seviyelerinde kavkı içeren marn düzeyleri de gözlenmektedir. Linyitli zonun üzerinde gözlenen örtü birimleri genel olarak marnlardan oluşmakla birlikte, bu zonun hemen üstünde siyahımsı kahveregi tabakalı bitümlü şeyl bantlı marn yeralmaktadır. Bitümlü şeyl bantlarının kalınlığı 0.1 ile 1 m, zonun kalınlığı ise 13 ile 29 m arasında değışmektedir (Şener,1992). Bitümlü şeyl bantlı marn zonunun üzerinde alüvyona kadar, açık yeşilimsi gri renkli marnlar yeralır. Bu zonda marnlar arasında açık kahverenkli ince tüfit seviyeleri ve kiltatşları da gözlenmektedir. Üst kotlara doğru marnlarda laminalanma belirgin hale gelmektedir. Linyit horizonunun üzerindeki birimlerin kırılğan olmaları ve özellikle havayla temas etmeleri halinde ince levhalar halinde ayrılmaları nedeniyle sahada tanımlanmaları ve ayırdedilmeleri kolaydır (Ulusay vd., 1998).

4. HİMMETOĞLU LİNYİT SAHASININ JEOİSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRMESİ

4.1. Sondaj Verilerinin Özellikleri ve Lokasyonları

1978 yılından bu yana faaliyette olan Himmetoğlu Linyit Sahasında, bu güne kadar; Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ), Maden Tetkik ve Arama Kurumu (MTA), Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) ve halen sahada madencilik faaliyetlerini sürdürmekte olan AKSA firması tarafından muhtelif sayılarda düşey yönlü sondajlar yapılmıştır. Şekil 4.1’de, kömür kesen ve kalite değişkenlerine dair analiz değeri içeren sondajların lokasyonları gösterilmiştir.



Şekil 4.1. A, B ve K panoları sondaj lokasyonları haritası

Çizelge 4.1’de; panolara göre toplam sondaj sayıları ve değişkenlere ilişkin analiz değerleri var olan sondaj ve karot sayıları verilmiştir. Bu çizelgeden görüleceği üzere, B ve K panolarının tüm değişkenlerinin, A panosunun kükürt ve uçucu madde değişkenlerinin analiz değerlerini içeren sondaj sayıları, jeostatistiksel bir değerlendirme yapılabilmesi için yeterli değildir. Dolayısıyla çalışma kapsamında yalnızca A panosunun alt ısı, kül ve nem değişkenleri jeostatistiksel açıdan değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.1. Panolara ve değişkenlere ilişkin sondaj ve karot sayıları

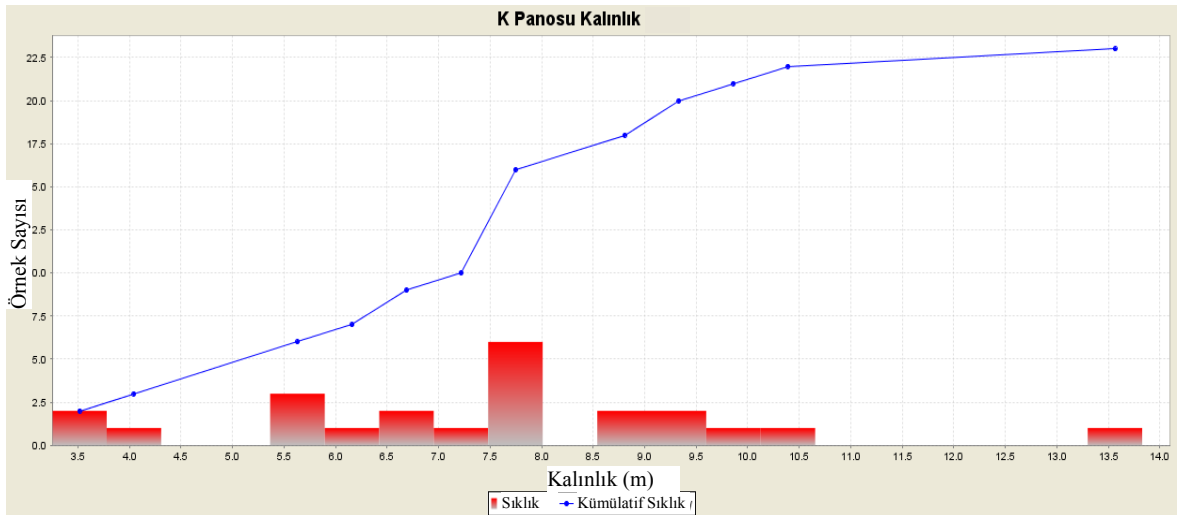
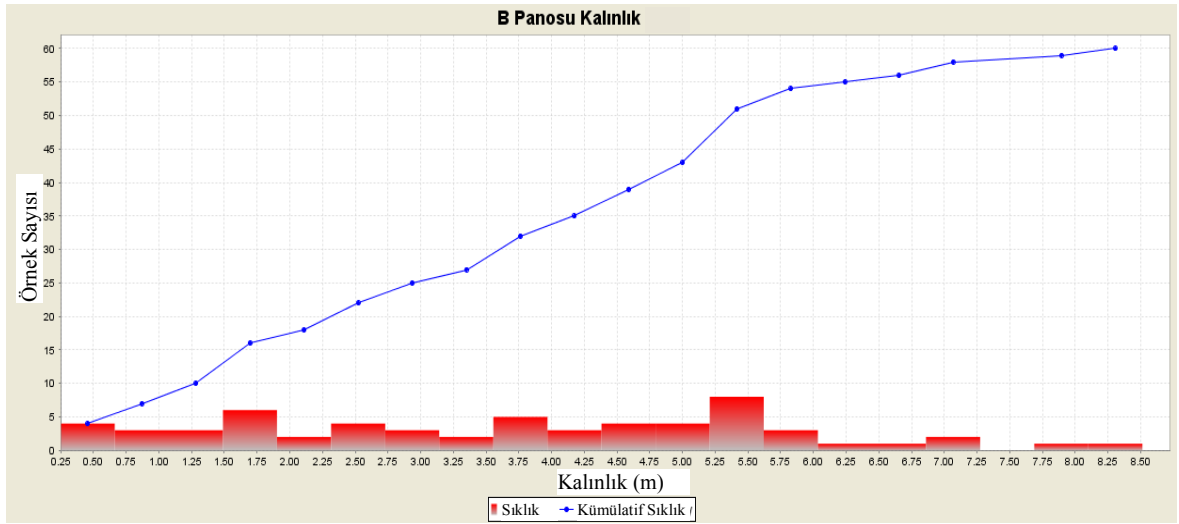
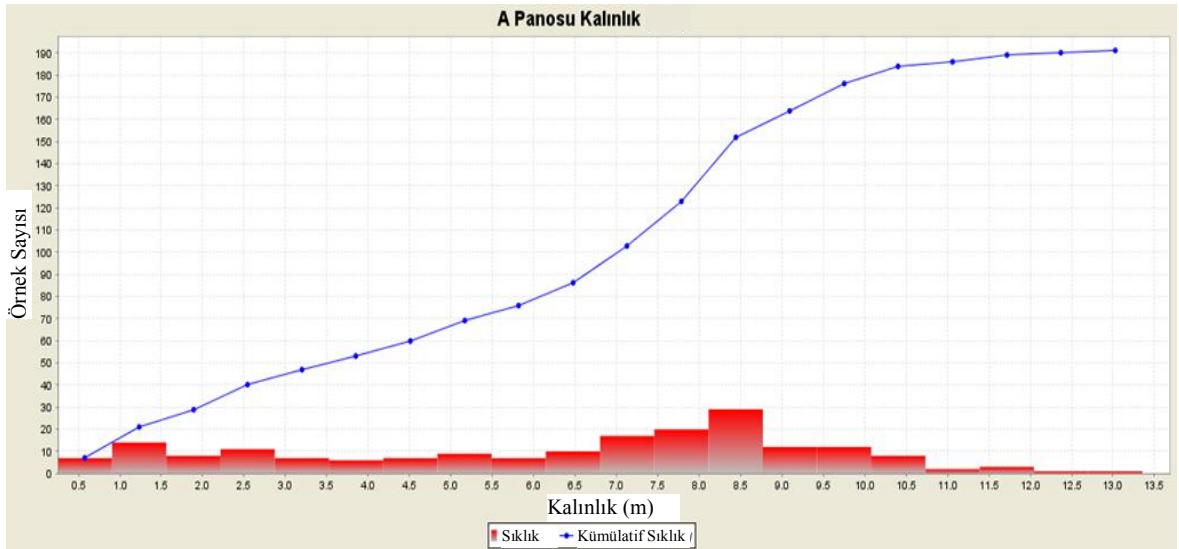
			A Panosu	B Panosu	K Panosu
DEĞİŞKENLERE İLİŞKİN SONDAJ & KAROT SAYILARI	Toplam Sondaj Sayısı		268	87	36
	Kalınlık	Sondaj Sayısı	192	60	23
	Isıl Değer	Karot Sayısı	164	6	15
		Sondaj Sayısı	73	4	8
	Kül	Karot Sayısı	166	6	15
		Sondaj Sayısı	74	4	8
	Nem	Karot Sayısı	166	6	15
		Sondaj Sayısı	74	4	8
	Kükürt	Karot Sayısı	93	4	15
		Sondaj Sayısı	28	3	4
	Uçucu Madde	Karot Sayısı	93	3	15
		Sondaj Sayısı	28	3	4

4.2. Damar Kalınlıkları ve Sahanın Katı Modeli

A, B ve K panolarının kömür damarı kalınlıklarına ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 4.2’de, histogramlar ise Şekil 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Panolara göre damar kalınlıklarına ilişkin istatistiksel bilgiler

	A PANOSU	B PANOSU	K PANOSU
Veri Sayısı	192	60	23
En Küçük Değer	0.25	0.25	3.25
En Büyük Değer	12.70	8.10	13.30
Aritmetik Ortalama	6.31	3.68	7.35
Ortanca	7.15	3.82	7.60
Standart Sapma	3.10	2.02	5.12
Varyans	9.47	4.07	2.26
Değişim Katsayısı	0.49	0.54	0.31



Şekil 4.2. A, B ve K panolarının damar kalınlığı histogramları

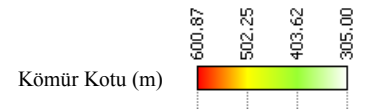
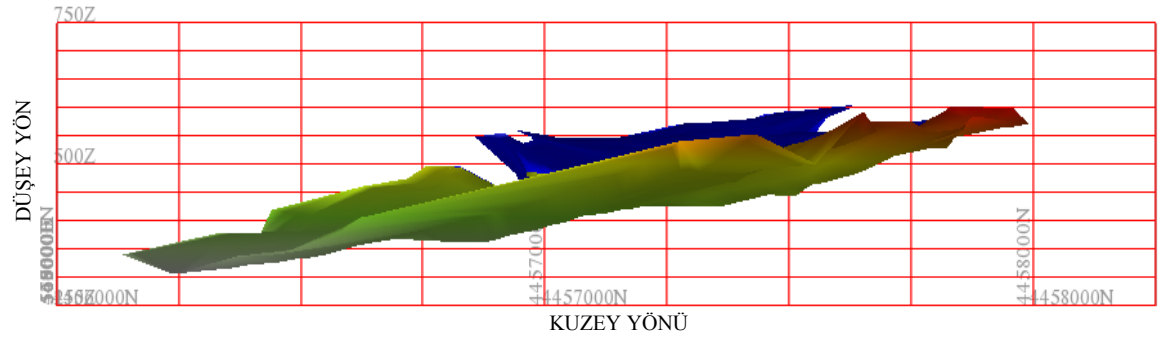
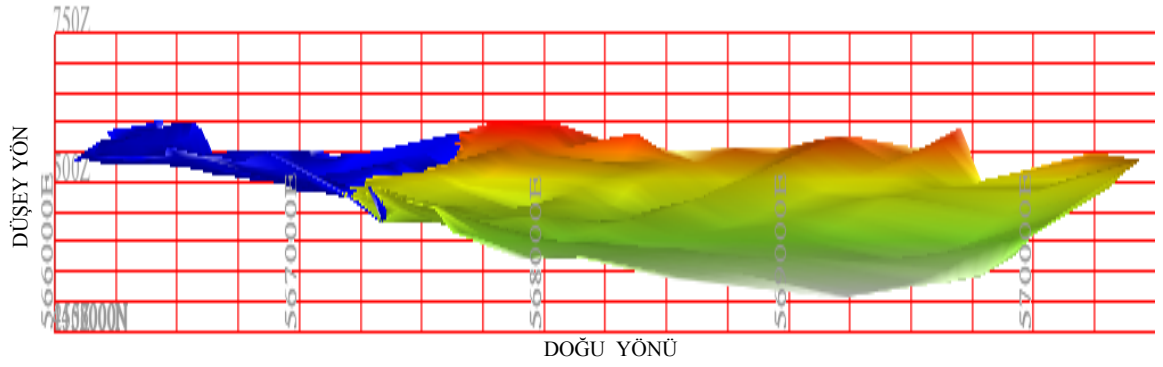
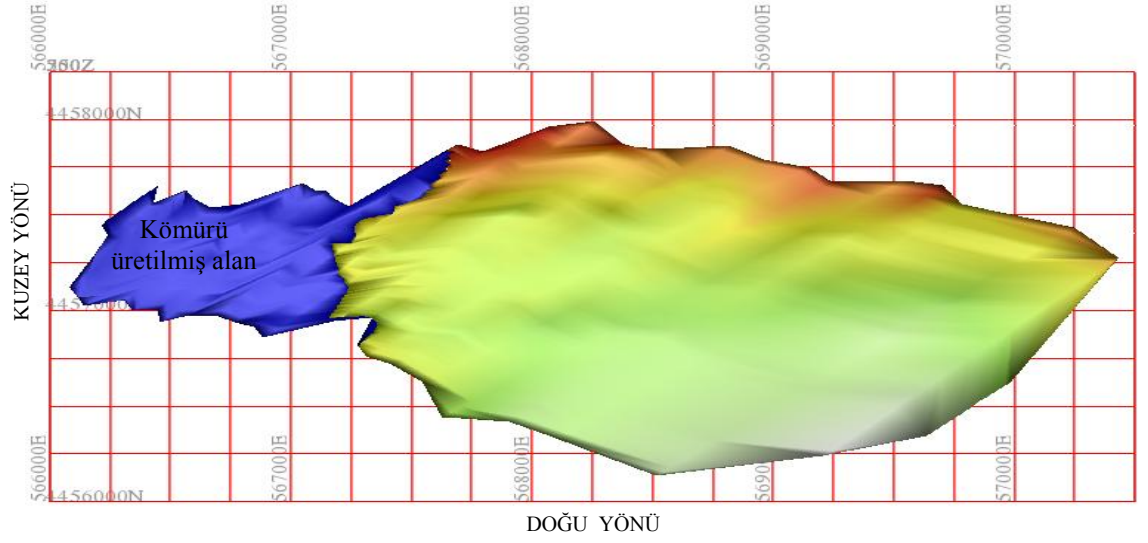
Himmetoğlu Linyit Sahasındaki üç ayrı pano için, kömür kesen sondajlar kullanılarak, birbirlerine paralel kesitler alınmış ve bu kesitlerin üç boyutta birleştirilmesi suretiyle sahanın katı modeli oluşturulmuştur.

Çizelge 4.3. Katı modellerden hesap edilen kaynak miktarları

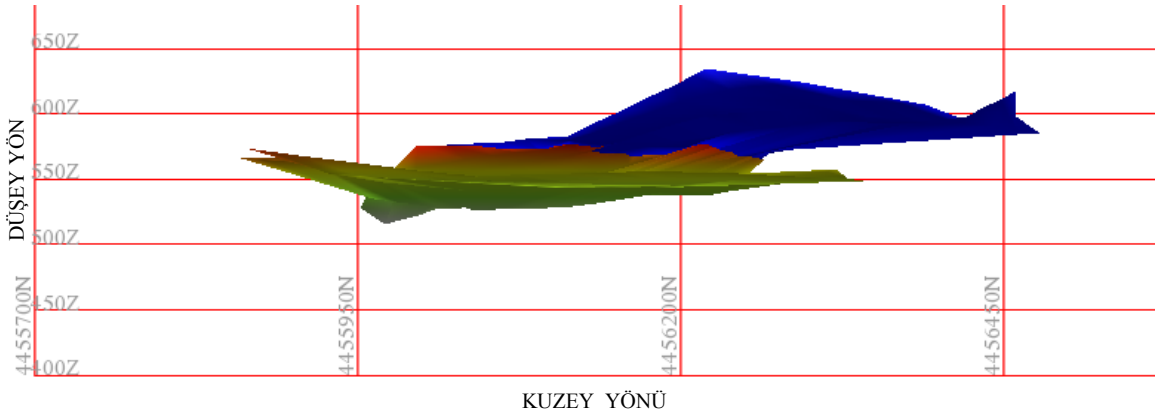
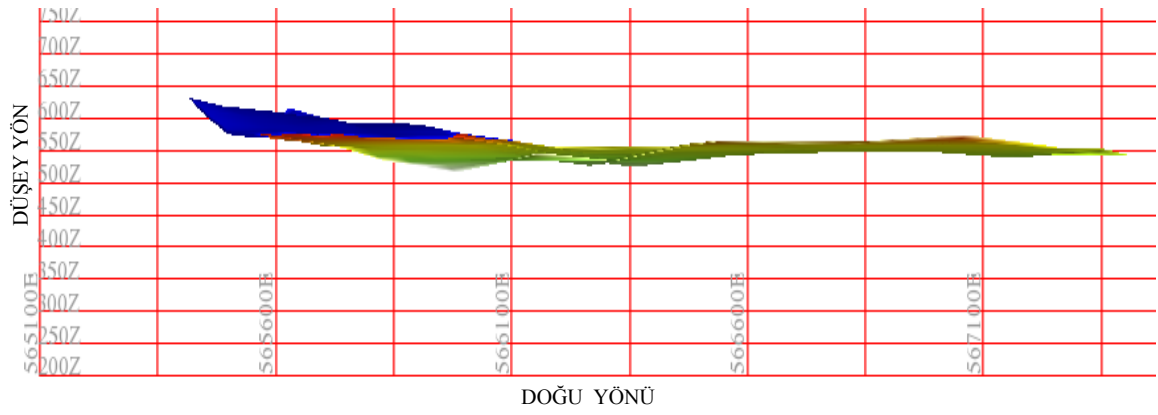
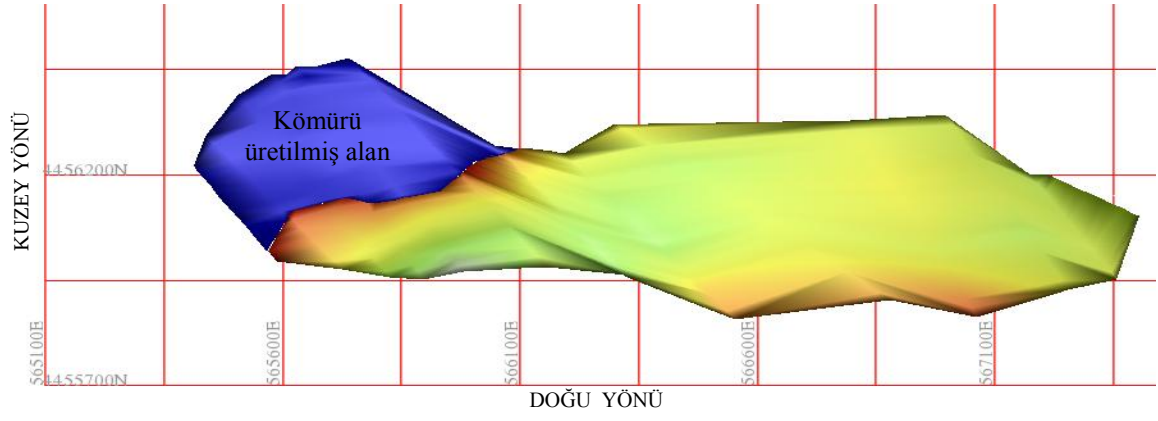
PANO ADI	Katı Model Hacmi (m ³)	Ortalama Kömür Yoğunluğu (ton/m ³)	Kaynak Miktarı (ton)
A Panosu	22,014,115	1.45	31,920,466
B Panosu	1,289,690	1.45	1,870,050
K Panosu	1,300,305	1.45	1,885,442
TOPLAM	30,066,892		35,675,958

Şekil 4.3'te gösterilmiş olan bu katı modellerin hacimlerinden, A, B ve K panoları için hesaplanmış olan kaynak miktarı değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Çizelge 4.3'te, Himmetoğlu Linyit Sahasının kaynak miktarları, sahanın faaliyete geçtiği 1978 yılından bu yana yapılan üretimler düşülerek hesap edilmiştir.

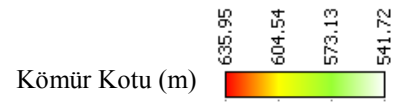
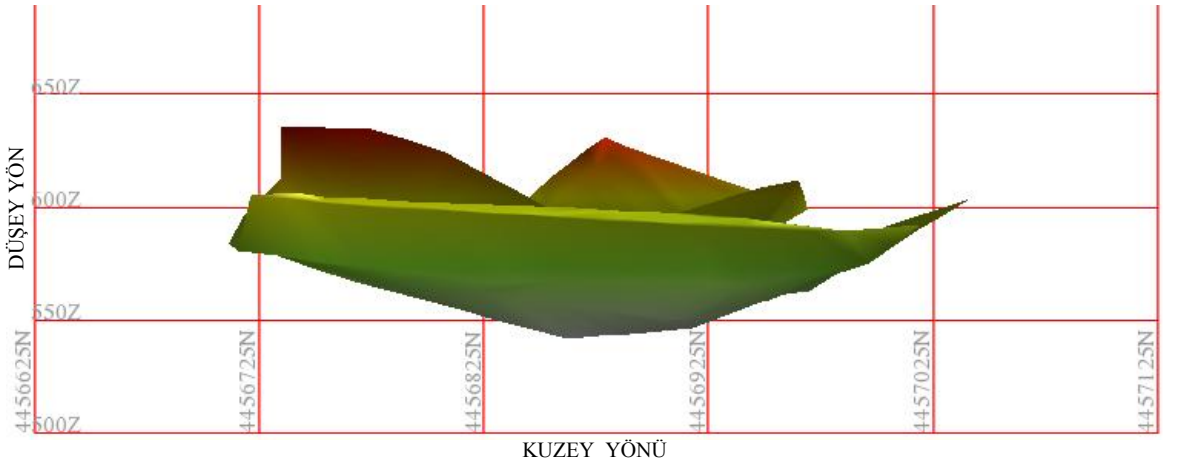
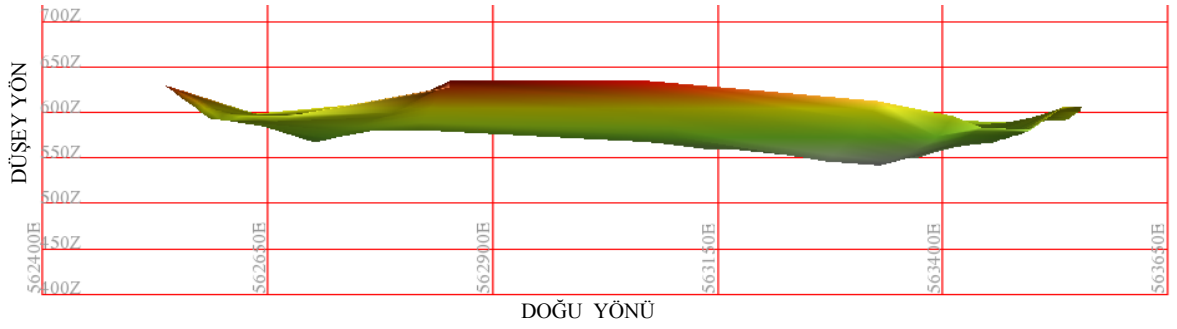
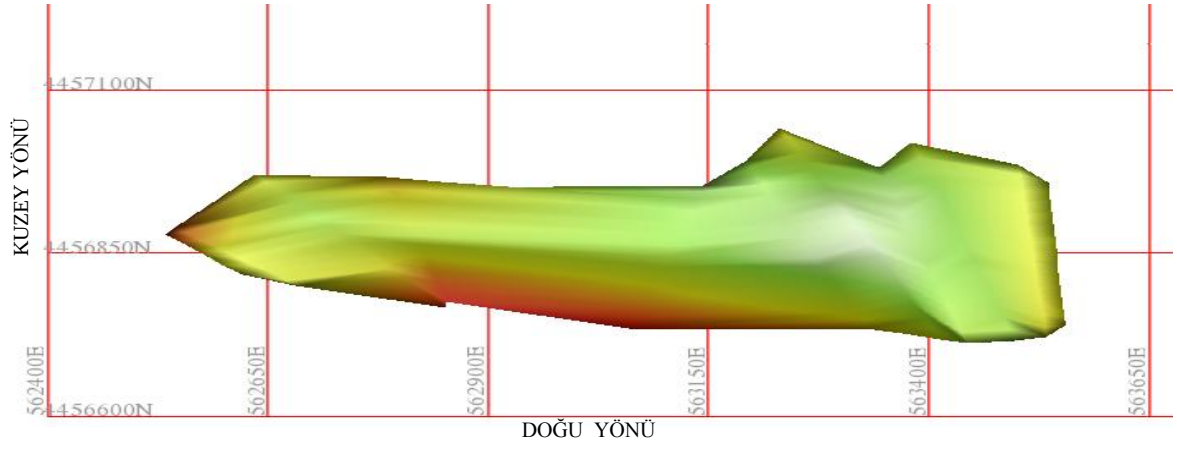
Şekil 4.3'ten de görüleceği gibi A panosu kuzey-güney yönünde yaklaşık 1.5 km, doğu-batı yönünde yaklaşık 4 km; B panosu kuzey-güney yönünde 500 m, doğu-batı yönünde 2 km; K panosu ise kuzey-güney yönünde 250 m, doğu-batı yönünde 1 km boyutlara sahiptir. A ve B panolarının kuzey batı kısımları, K panosunun ise kuzey doğu kısmı mostra vermiştir. A panosu 15⁰ civarında bir eğimle güneye dalmaktadır. B panosu kuzey ve güney kanatları 10⁰ civarında eğime sahip olan, K panosu kuzey ve güney kanatları 30⁰ ye varan eğime sahip olan çanak şeklindedir.



Şekil 4.3.a. A panosu katı modeli



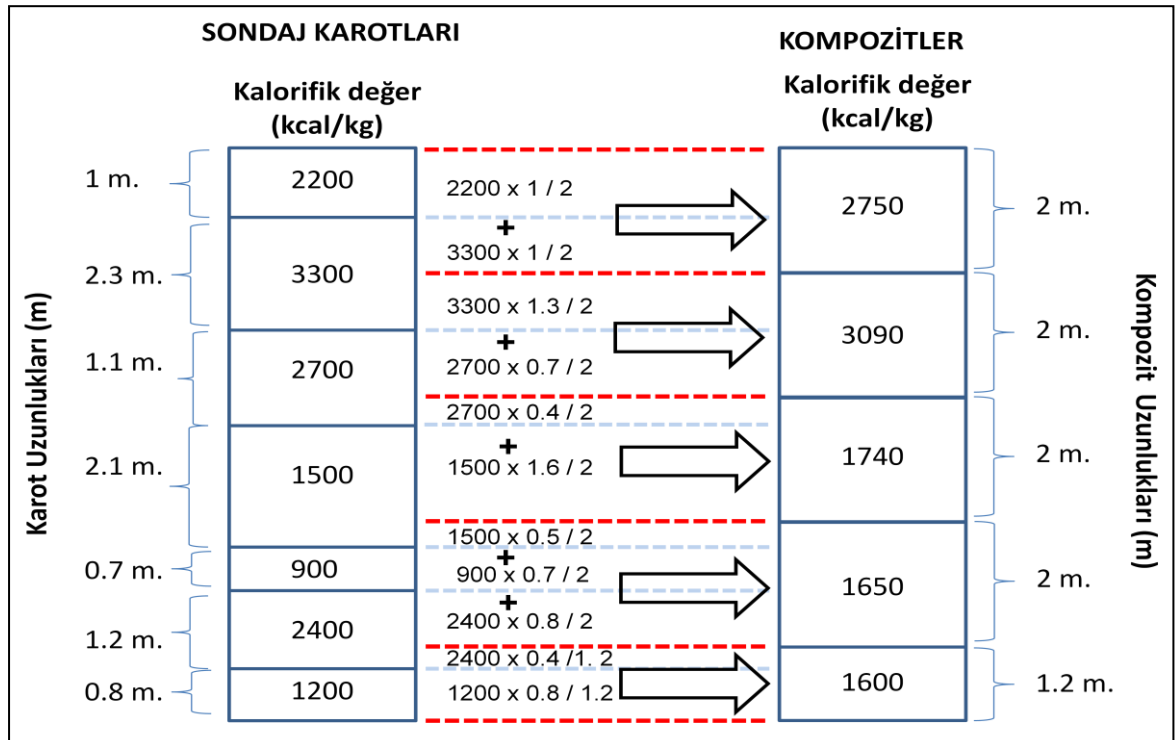
Şekil 4.3.b. B panosu katı modeli



Şekil 4.3.c. K panosu katı modeli

4.3. Kompozitlerin Oluşturulması ve İstatistiksel Özellikleri

Sondaj çalışmaları esnasında elde edilen karot uzunlukları değişken bir yapıya sahiptir. Bu durum, gerek uzaklığa bağlı ilişkinin tespiti esnasında, gerekse diğer jeostatistiksel tahmin süreçlerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Uzun bir karotu temsil eden değişken ile kısa bir karotu temsil eden değişkenin hesaplamalara aynı miktarda etki etmesi istenmeyen bir durumdur. Bu problemin üstesinden gelmek için ve daha düzenli bir veri kümesi oluşturmak amacıyla sondaj karotlarının eşit uzunluktaki kompozitlere dönüştürülmesi yolu izlenmiştir. Verilerin kompozitlere dönüştürülmesi işleminde Surpac yazılımı kullanılmıştır.



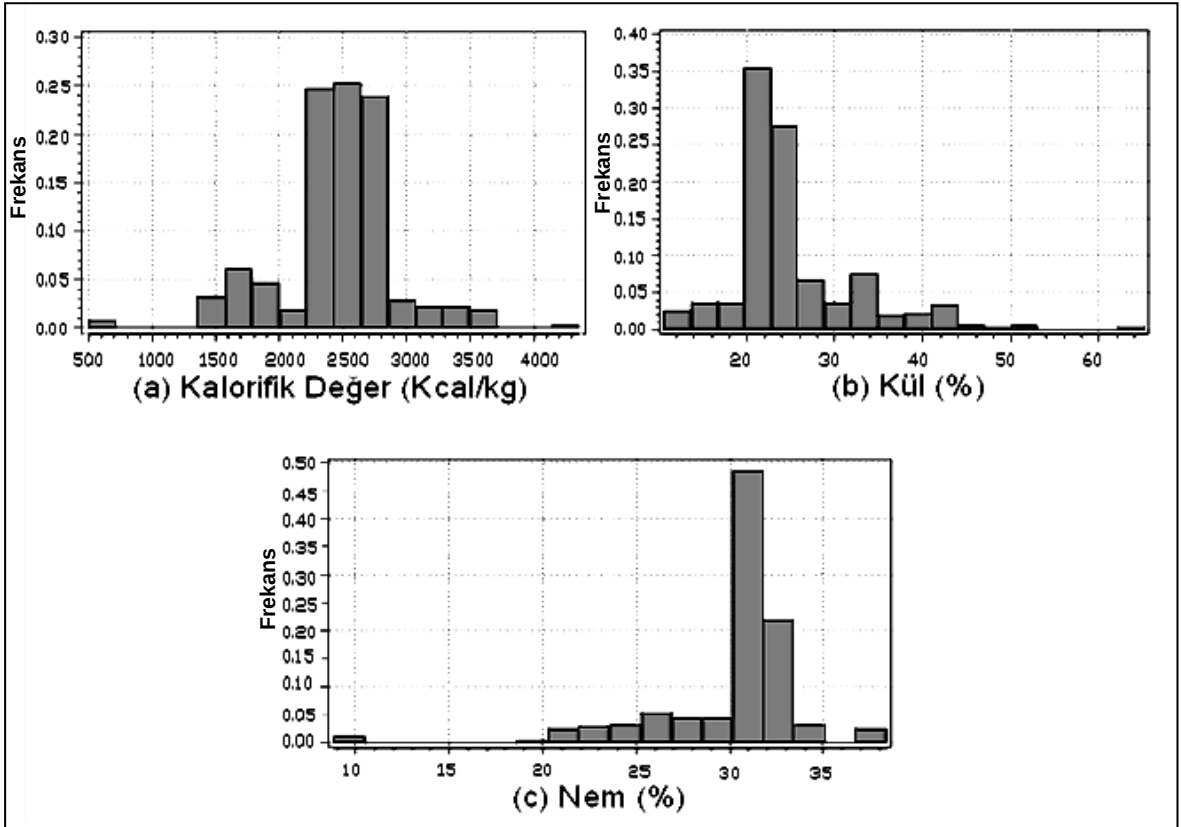
Şekil 4.4. 9.2 m kömür kalınlığına sahip bir sondajın ısı değer değişkeni için 2 m'lik kompozitleştirme örneği

Tez çalışmasında bütün sondajların ortalama karot uzunluğu da göz önünde bulundurularak kompozit boyu 2 m. olarak alınmıştır. Sondajlar için karotların kompozitlere dönüştürülmesi işlemi, Şekil 4.4'te verilen örnekte gösterildiği gibi yapılmıştır. Jeostatistiksel değerlendirme sürecinin tüm adımlarında kompozitlere dönüştürülmüş veriler kullanılmış olup, bu verilerin istatistiksel özellikleri Çizelge 4.4'te, histogramları ise Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Kompozitleştirilmiş ısı değeri, kül ve nem değişkenlerinin istatistiksel özellikleri (A Panosu)

	Isıl Değer	Kül	Nem
Kompozit Sayısı	276	279	279
En Küçük Değer	495.00	10.51	8.80
En Büyük Değer	4349.00	65.18	38.35
Aritmetik Ortalama	2450.15	25.11	30.26
Ortanca	2517.00	23.49	31.33
Geometrik Ortalama	2395.36	24.20	29.92
Varyans	218632	53.57	15.07
Standart Sapma	467.58	7.32	3.88
Değişim Katsayısı	0.19	0.29	0.13

Şekil 4.5'te verilmiş olan histogramlarda, değişkenlerin ortanca değerleri civarında, frekansların oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Ortanca civarında gözlenen bu yüksek frekans yoğunlaşması, sondaj verilerinin bir kısmında karot boylarının yüksek tutulmuş olmasından ileri gelmektedir.



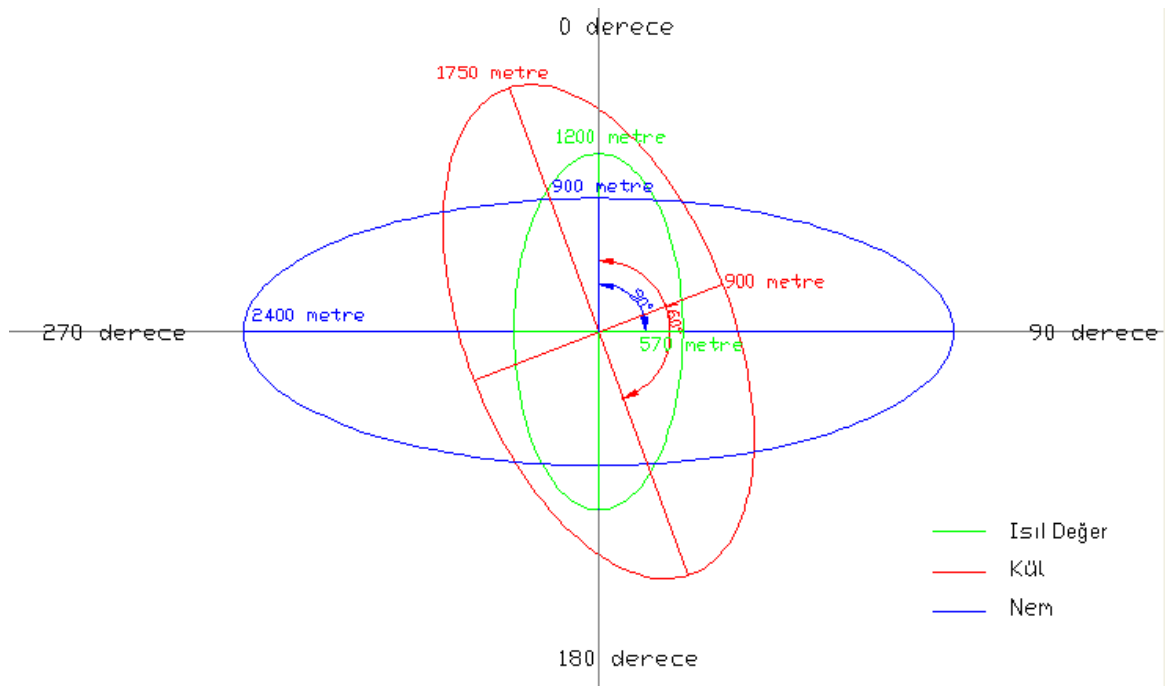
Şekil 4.5. Kompozitleştirilmiş (a) Isıl değeri, (b) Kül, (c) Nem değişkenlerinin histogramları

4.4. Variogram Analizleri, Kestirimler ve Kalite-Tonaj Eğrileri

4.4.1. Variogram Analizleri

Isıl değer, kül ve nem değişkenlerine ilişkin deneysel variogram değerleri 18 farklı yönde incelenmiş ve üç değişkenin de anizotropik yapıya sahip olduğu görülmüştür. Bu değişkenlerin, en yüksek ve en düşük etki mesafelerine sahip oldukları yönler belirlenerek bu yönlerde variogram modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan variogram modelleri çapraz doğrulama yöntemi ile test edilmiştir. Tüm bu işlemler Surpac yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

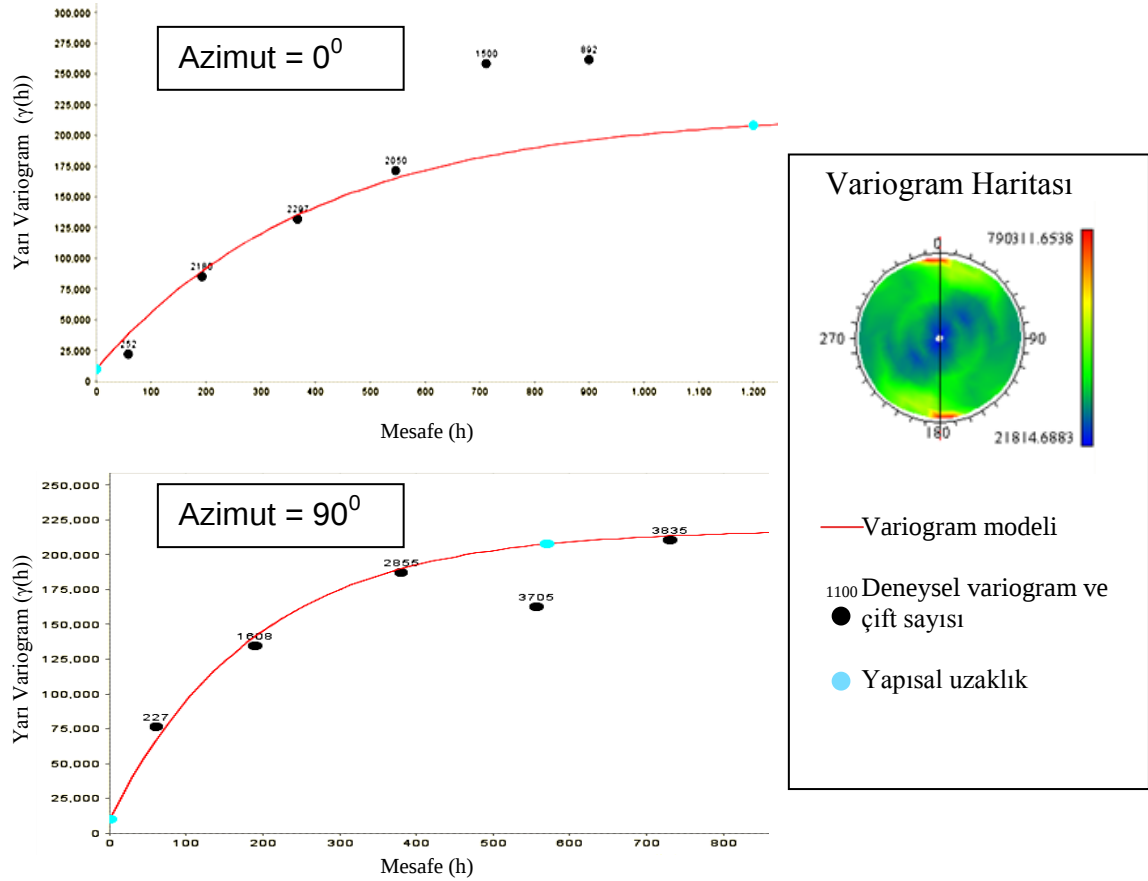
Verilerin variogramları incelendiğinde ısı değer ve kül değişkenlerinin anizotropi yönlerinin (sırasıyla azimut 0^0 ve 160^0) birbirlerine yakın olduğu görülmüştür. En yüksek etki mesafeleri; ısı değer için kuzey-güney (azimut 0^0) yönünde 1200 metre, nem için doğu-batı (azimut 90^0) yönünde 2400 metre ve kül için kuzeybatı-güneydoğu (azimut 160^0) yönünde 1750 metredir (Şekil 4.6).



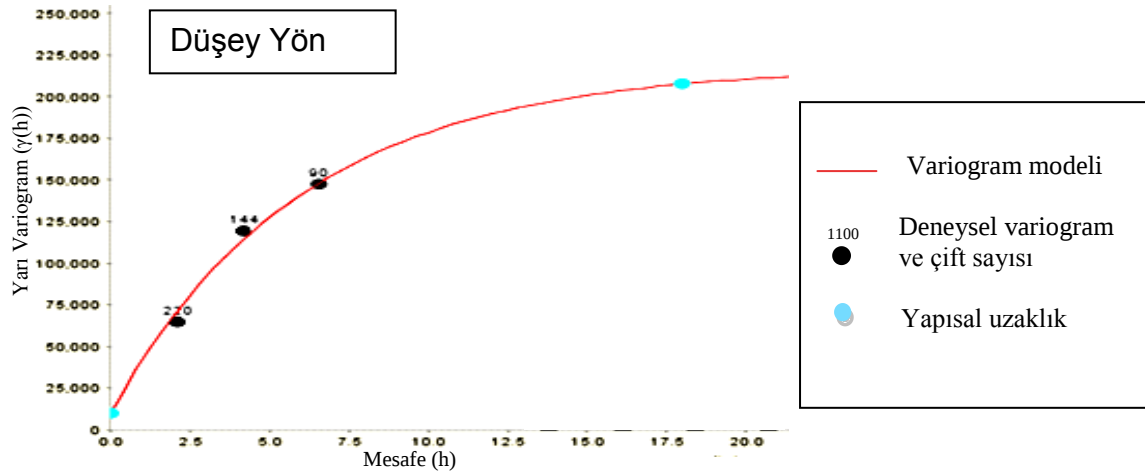
Şekil 4.6. Isıl değer, nem ve kül değişkenlerinin anizotropi elipsleri

4.4.1.1. Isıl Değer Değişkeninin Variogram Analizi

Şekil 4.7’de görüldüğü üzere ısı değer değişkeni için hesaplanmış olan deneysel variogram değerleri modellendiğinde, bu modeller 0 derecede en yüksek, 90 derecede en düşük etki mesafesine sahip olmaktadır. En yüksek ve en düşük yapısal uzaklığın var olduğu yönlerde variogram modelleri oluşturulmuştur. Ayrıca, ısı değer değişkeni için 18 farklı yöndeki ve farklı mesafedeki variogramlar yine Şekil 4.7’de variogram modellerinin yanında bulunan variogram haritasında, düşey yöndeki deneysel variogramlar ve variogram modeli ise Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Isıl değer değişkeninin yatay yöndeki deneysel variogramları, variogram modelleri ve variogram haritası



Şekil 4.8. Isıl değer değişkeninin düşey yöndeki deneysel variogramları ve variogram modeli

Çizelge 4.5'te; 0, 90 derece ve düşey yöndeki variogram modellerinin oluşturulması sürecinde kullanılan parametreler ve değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.5. Isıl değer değişkeni için variogram parametreleri

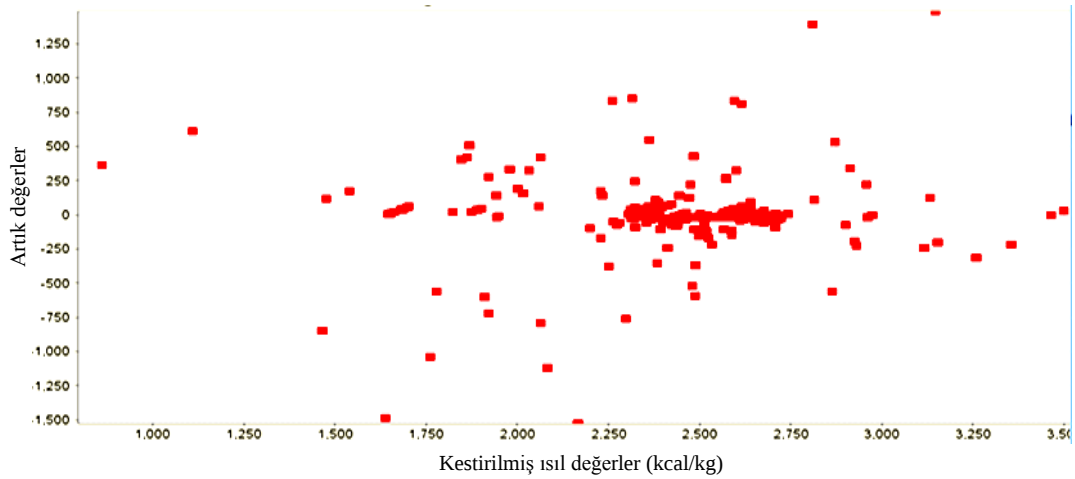
		Yatay Yönler		Düşey Yön
		Azimut 0 Derece	Azimut 90 Derece	
Deneysel Variogram Parametreleri	Adım Uzaklığı	183	183	2.3
	Tolerans Açısı	25	25	3
	Bant Genişliği	350	350	3
Variogram Modeli Parametreleri	Variogram Modeli		Üssel Model	
	Yapısal Uzaklık (a)	1200	570	18
	Külçe Etkisi (C_0)		10000	
	Eşik Değeri (C)		208000	

Oluşturulan bu variogram modelleri çapraz doğrulama yöntemi ile test edilmiştir (Çizelge 4.6).

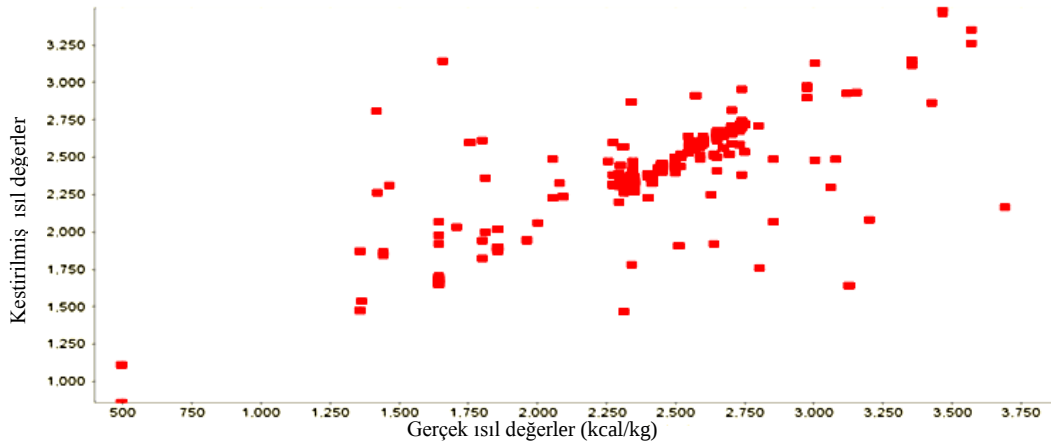
Çizelge 4.6. Isıl değer değişkenine ilişkin variogram modelinin çapraz doğrulama sonuçları

	Aritmetik Ortalama (kcal/kg)	Varyans	Kestirim Hataları Varyansı	Hataların Ortalaması	Hataların Karelerinin Ortalaması	Kriging Varyansı Ortalaması	Korelasyon
Gerçek Değerler	2450	218632	84520	-2.45	84206	89744	0.75
Kestirilen Değerler	2436	124191					

Çizelge 4.5'te verilen variogram modeli parametreleri çapraz doğrulama testine tabi tutulduğunda, gerçek ısı değer değişkenleri ile kestirilmiş değerlerin birbirlerine yakın aritmetik ortalamalara sahip oldukları, gerçek ve kestirilen değerler arasındaki ortalama hatanın ortalama ısı değere oranla ihmal edilebilecek küçüklükte (sıfıra yakın) olduğu, korelasyonun ise yüzde 75 civarında olduğu, dolayısıyla bu variogram parametrelerinin jeostatistiksel tahmin sürecinde kullanılabilir olduğu görülmektedir (Çizelge 4.6).



Şekil 4.9. Isıl değer değişkenleri için oluşturulmuş variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin, artık değerlerle (gerçek ve kestirilmiş değer farkı) ilişkisi

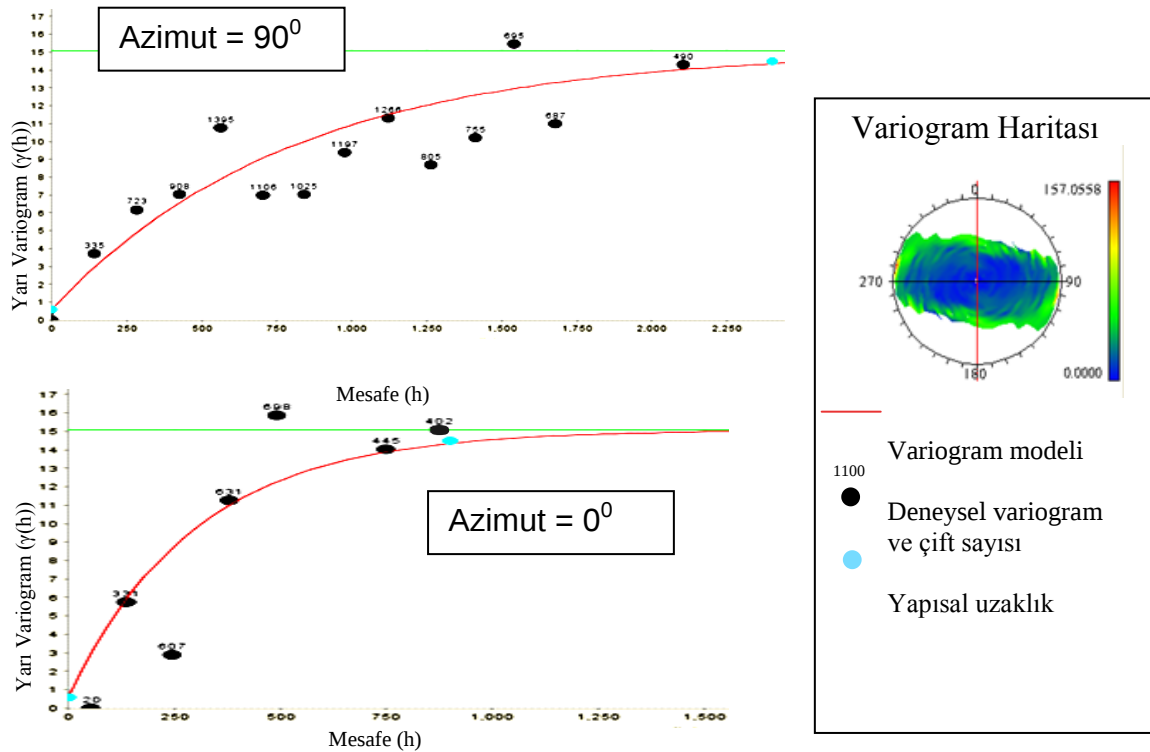


Şekil 4.10. Gerçek ısı değerleri ile ısı değeri değişkenleri için oluşturulmuş variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin ilişkisi

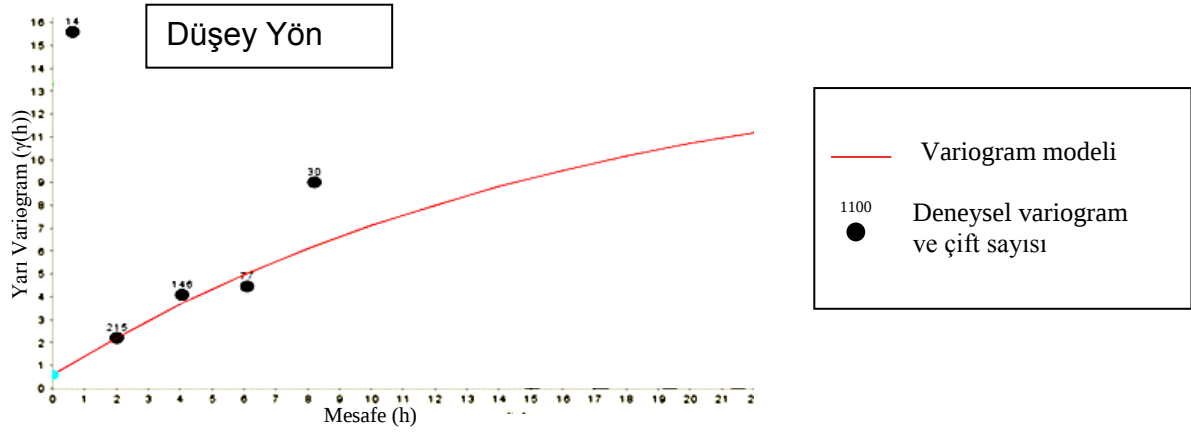
Çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerler ile artık ve gerçek değerler arasındaki ilişkiler Şekil 4.9 ve 4.10'da gösterilmiştir.

4.4.1.2. Nem Değişkeninin Variogram Analizi

Nem değişkeninin minimum etki mesafesine sahip olduğu 0 derece ve maksimum etki mesafesine sahip olduğu 90 derece yönlerindeki variogram modelleri Şekil 4.11'de, düşey yöndeki variogram modeli ise Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Nem değişkeninin yatay yöndeki deneysel variogramları, variogram modelleri ve variogram haritası



Şekil 4.12. Nem değişkeninin düşey yöndeki deneyisel variogramları ve variogram modeli

Şekil 4.11 ve 4.12'deki deneyisel variogramlar ve modellenen variograma ilişkin parametreler Çizelge 4.7'de verilmiştir. Ayrıca bu çizelgedeki parametrelere sahip variogram modelinin çapraz doğrulama yöntemiyle test edilmesi sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Nem değişkeni için variogram parametreleri

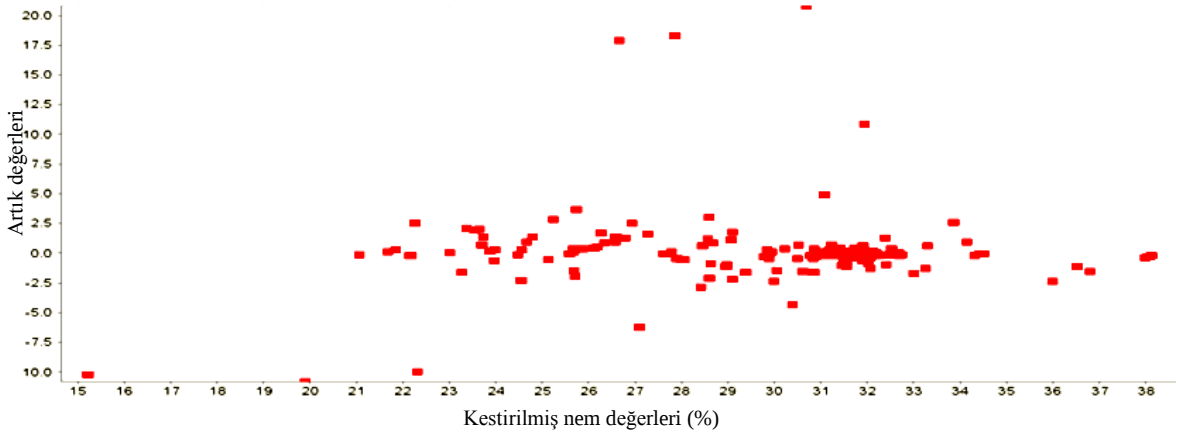
		Yatay Yönler		Düşey Yön
		Azimet 0 Derece	Azimet 90 Derece	
Deneyisel Variogram Parametreleri	Adım Uzaklığı	125	140	2.1
	Tolerans Açısı	25	25	3
	Bant Genişliği	350	350	3
Variogram Modeli Parametreleri	Variogram Modeli		Üssel Model	
	Yapısal Uzaklık (a)	900	2400	50
	Külçe Etkisi (C_0)		0.57	
	Eşik Değeri (C)		14.5	

Çizelge 4.8. Nem değişkenine ilişkin variogram modelinin çapraz doğrulama sonuçları

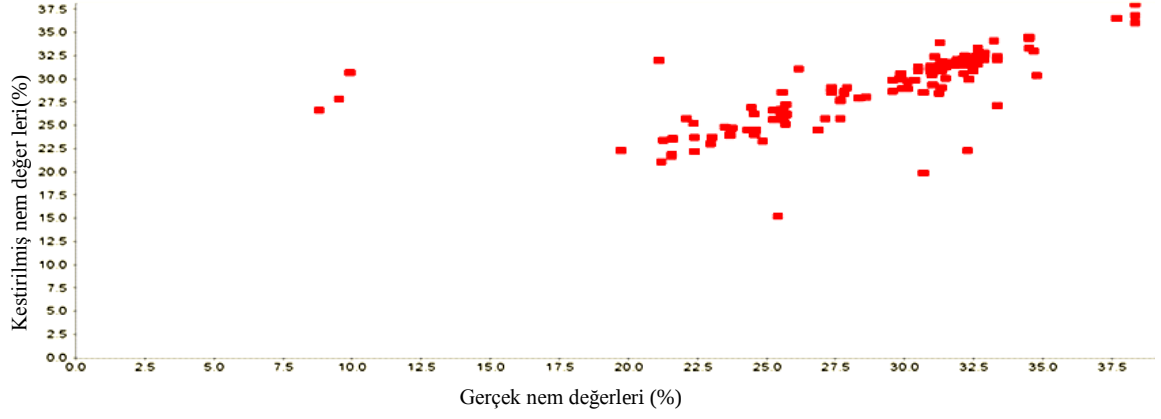
	Aritmetik Ortalama (%)	Varyans	Kestirim Hataları Varyansı	Hataların Ortalaması	Hataların Karelerinin Ortalaması	Kriging Varyansı Ortalaması	Korelasyon
Gerçek Değerler	30.26	15.08	6.38	0.10	6.36	3.16	0.76
Kestirilen Değerler	30.36	9.60					

Gerçek değerlerle çapraz doğrulama yöntemi ile elde edilen kestirim değerlerinin yüzde 75'in üzerinde korelasyona sahip olmaları ve aritmetik ortalama bakımından birbirlerine yakın nitelikte olmaları göz önünde bulundurulduğunda, Çizelge 4.7'de verilen variogram parametrelerinin kestirim açısından uygulanabilir olduğu görülür. Ayrıca kestirim hatalarının ortalamasının sıfıra yakın bir değerde olması da, oluşturulan variogram modelinin yanlış olmadığına işaret etmektedir.

Gerçek değerler ile çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerler arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler Şekil 4.13 ve 4.14'te verilmiştir.



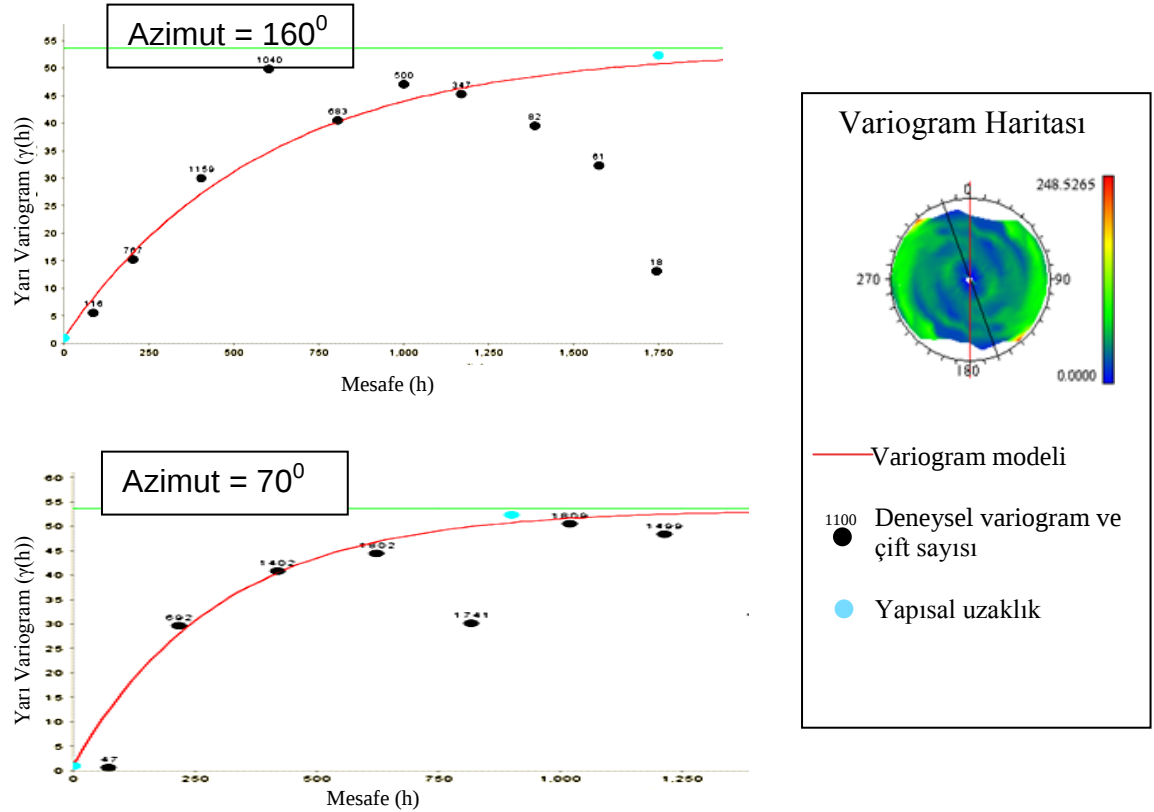
Şekil 4.13. Nem değişkenleri için oluşturulmuş variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin, artık değerlerle (gerçek ve kestirilmiş değer farkı) ilişkisi



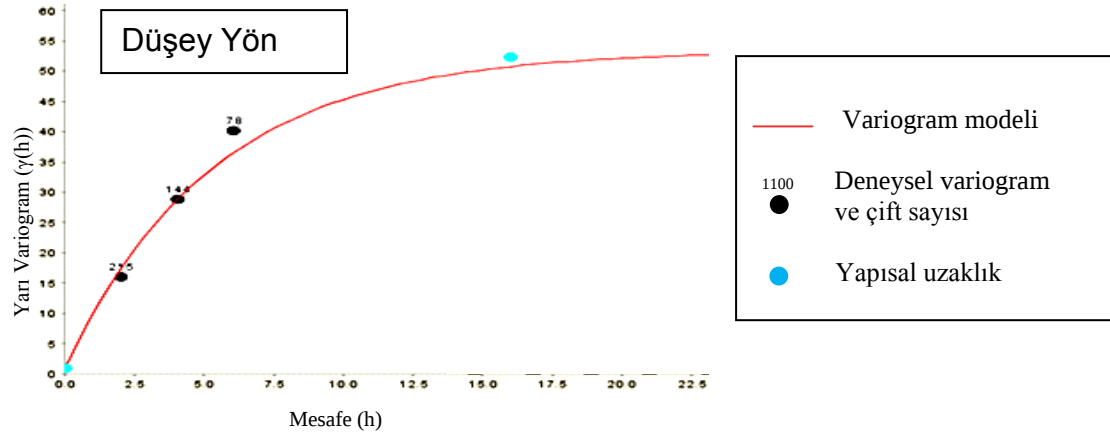
Şekil 4.14. Gerçek nem değişkeni değerleri ile nem değişkenleri için oluşturulmuş variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin ilişkisi

4.4.1.3. Kül Değişkeninin Variogram Analizi

160° yönünde en yüksek, 70° yönünde en düşük yatay etki mesafesine sahip olan kül değişkeninin yatay ve düşey variogram modelleri Şekil 4.15 ve 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Kül değişkeninin yatay yöndeki deneysel variogramları, variogram modelleri ve variogram haritası



Şekil 4.16. Kül değişkeninin düşey yöndeki deneysel variogramları ve variogram modeli

Şekil 4.15'te, 160⁰ yönünde hesaplanmış olan deneysel variogram değerlerinin 1000 m. den sonra eşik değerine ulaşmadan düşüş eğilimi gösterdiği gözlenmektedir. Ancak, bu variogram değerleri, 1000 m'den kısa mesafedeki değerlere kıyasla daha az miktarda çift sayısı kullanılarak hesap edilmiş olduklarından dolayı variogram modellenmesi esnasında göz önüne alınmamışlardır.

Kül verileri için bu variogram modelleri oluşturulurken kullanılan parametreler Çizelge 4.9'da verilmiştir.

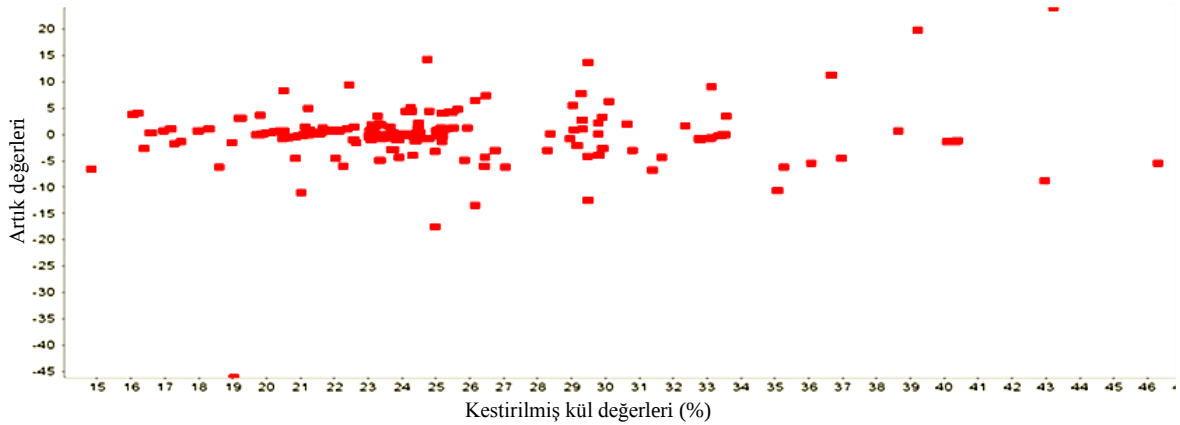
Çizelge 4.9. Kül değişkeni için variogram parametreleri

		Yatay Yönler		Düşey Yön
		Azimet 70 Derece	Azimet 160 Derece	
Deneysel Variogram Parametreleri	Adım Uzaklığı	204	199	2.1
	Tolerans Açısı	25	25	3
	Bant Genişliği	350	350	3
Variogram Modeli Parametreleri	Variogram Modeli		Üssel Model	
	Yapısal Uzaklık (a)	900	1750	16
	Külçe Etkisi (C ₀)		1	
	Eşik Değeri (C)		52.38	

Çizelge 4.10. Kül değişkenine ilişkin variogram modelinin çapraz doğrulama sonuçları

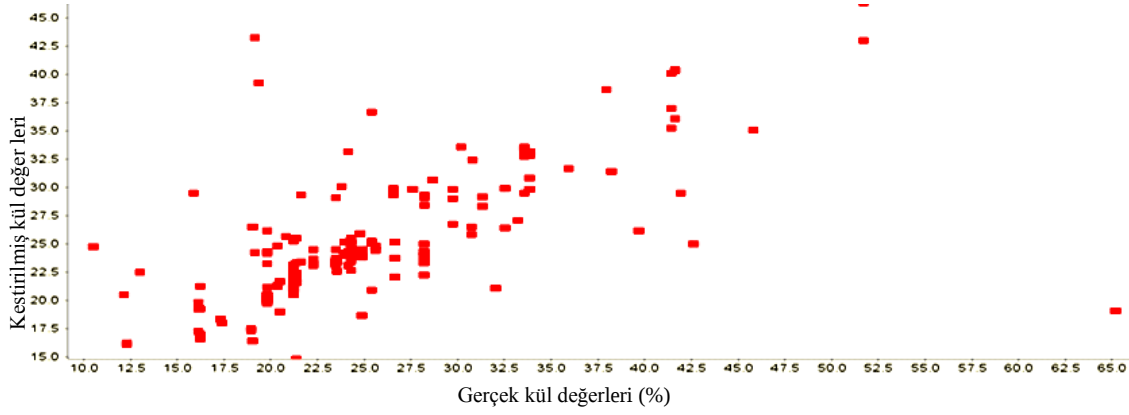
	Aritmetik Ortalama (%)	Varyans	Kestirim Hataları Varyansı	Hataların Ortalaması	Hataların Karelerinin Ortalaması	Kriging Varyansı Ortalaması	Korelasyon
Gerçek Değerler	25.11	53.57	23.99	-0.05	23.90	20.47	0.69
Kestirilen Değerler	24.48	25.81					

Kül değişkeni için oluşturulan variogram modeli çapraz doğrulama yöntemiyle test edilmiştir. Çizelge 4.10'dan da görüldüğü üzere, sonuçlar nem ve ısı değer değişkenleri için üretilen variogram modelinin testine kıyasla daha olumsuzdur. Bunun en önemli sebebi, kül verilerinin değişim katsayısının ısı değer ve nem verilerine kıyasla yüksek olmasından (Çizelge 4.4), bir başka deyişle kül verilerinin daha düzensiz bir yapıya sahip olmasından ileri gelmektedir. Ancak, çapraz doğrulama testi ile; gerçek değerlere yakın ortalama kestirim değerleri üretildiğinden, hataların ortalaması sıfıra yakın olduğundan ve yüzde 70 civarında gerçek değer- kestirim değeri korelasyonu sağlandığından, Çizelge 4.9'da verilen variogram parametreleri kestirim için uygulanabilir niteliktedir.



Şekil 4.17. Kül değişkenleri için oluşturulmuş variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin, artık değerlerle (gerçek ve kestirilmiş değer farkı) ilişkisi

Şekil 4.17 ve 4.18'de çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerler ile gerçek değerler ve artık değerler arasındaki ilişki gösterilmiştir.



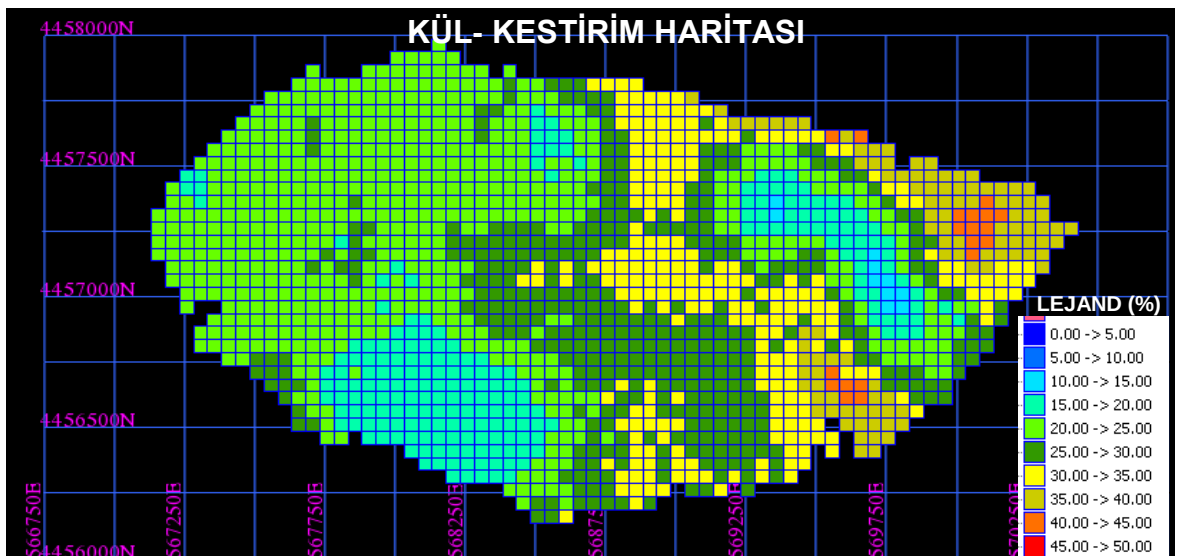
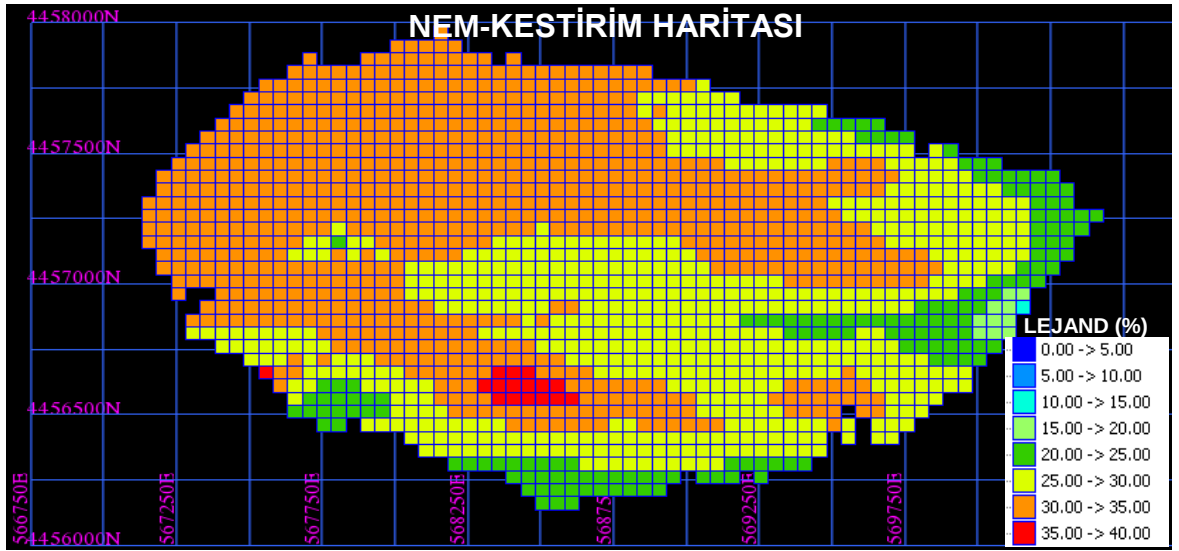
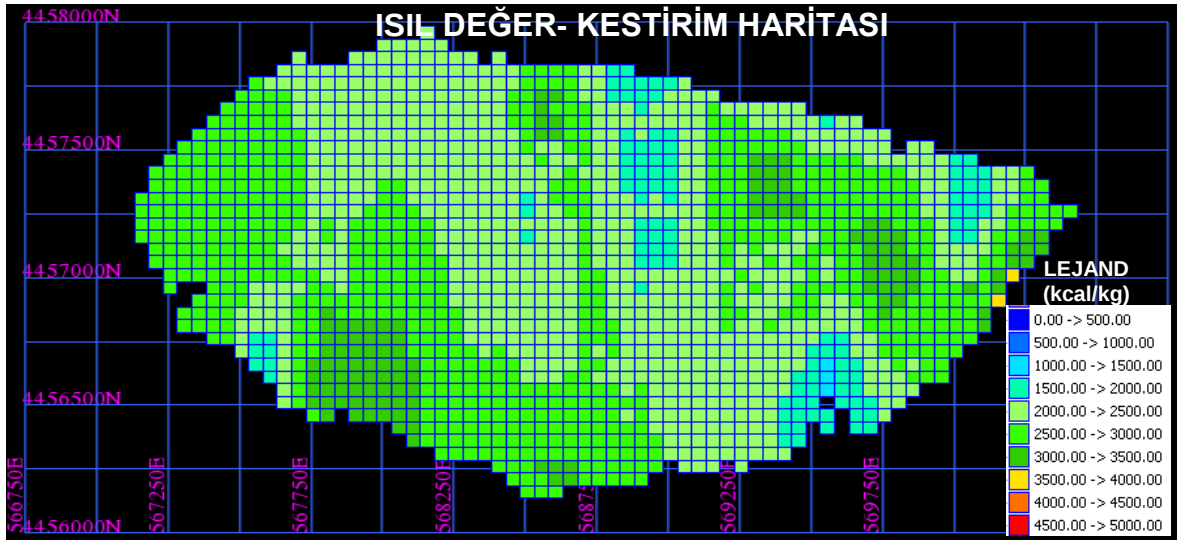
Şekil 4.18. Gerçek kül değişkeni değerleri ile kül değişkenleri için oluşturulmuş variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin ilişkisi

4.4.2. Kestirimler ve Kalite - Tonaj Eğrileri

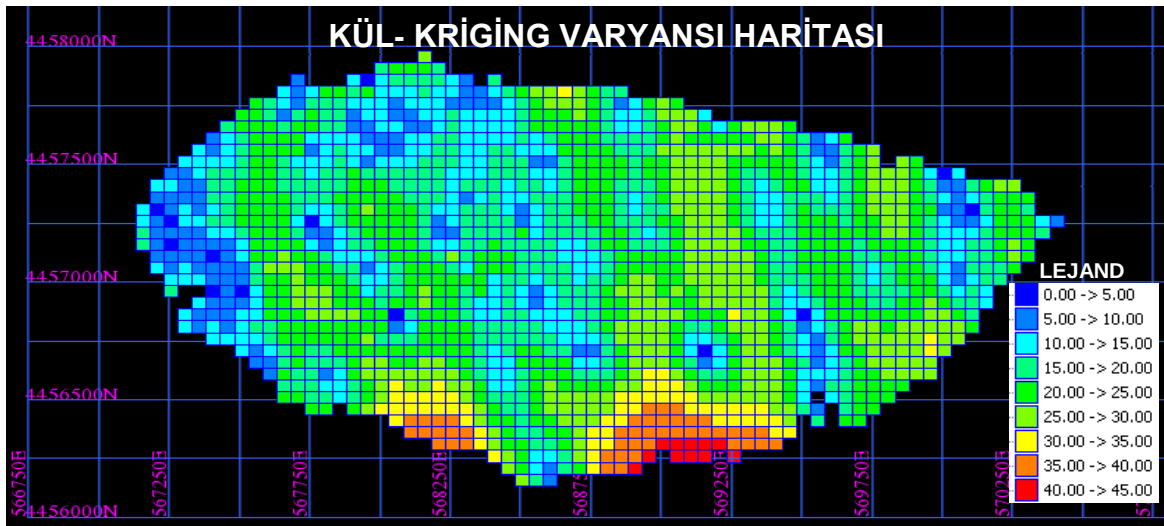
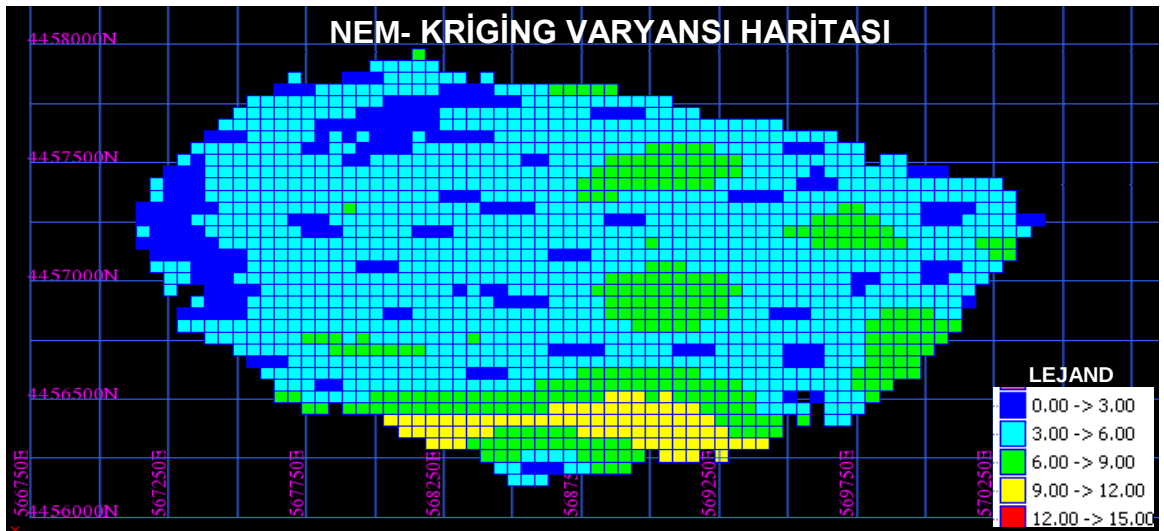
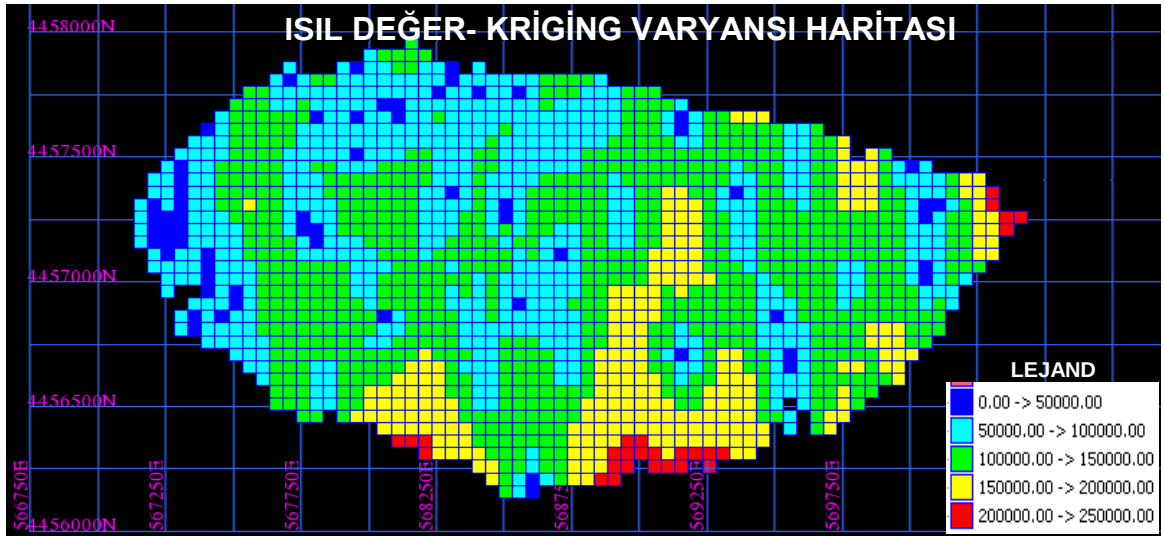
Himmetoğlu Linyit Sahası A Panosunda, öncelikle değişkenlere ilişkin veri içeren bölgenin sınırları belirlenmiştir (Şekil 4.1). Bu sınırlar esas alınarak pano 50 m x 50m x 2 m boyutlarında bloklara bölünmüştür. Kompozitlerin, veri sınırlarının ve blokların oluşturulması işlemleri Surpac yazılımıyla; kestirim işlemi Sgems yazılımı ile yapılmıştır.

Isıl değer, nem ve kül değişkenleri için sırasıyla Çizelge 4.5, 4.7 ve 4.9'da verilen variogram parametreleri kullanılarak, ortalamasız kriging yöntemiyle yapılan kestirimler Şekil 4.19'da, bu kestirimlerin kriging varyansları Şekil 4.20'de verilmiştir.

Şekil 4.19'da gösterilen ve ekte verilen kestirim haritalarının göz önünde bulundurulması üretilcek linyitin kullanım alanına göre üretim planının oluşturulmasına katkı sağlayacaktır. Örneğin, eğer 2200 kcal/kg ısıl değere sahip linyitle beslenen bir termik santral için madencilik planlaması söz konusu ise; sahanın orta-kuzey, güney doğu ve kuzey doğu kesimindeki 1000-1500 kcal/kg ısıl değere sahip linyitin, 2500-3000 kcal/kg ısıl değere sahip linyit ile birlikte üretilmesi ve uygun oranda karıştırılarak santrale beslenmesi önerilebilir. Benzer şekilde kül ve nem değişkenleri için yapılan kestirimlerin de üretim planlaması aşamasında değerlendirilmesi olumlu olacaktır. Değişkenlerin kriging varyansı haritalarını gösteren Şekil 4.20'de, yüksek kriging varyansı değerine sahip bölgelerin veri sıklığı açısından zayıf bölgeler olduğu söylenebilir.



Şekil 4.19. Ortalamasız kriging yöntemiyle yapılan kestirimlerin haritaları



Şekil 4.20. Ortalamasız kriging yöntemiyle yapılan kestirimlerin kriging varyansı haritaları

Yüksek kriging varyansına sahip olan bölgelerde yapılacak ilave sondajlar, bu bölgelere dair daha güvenilir kestirim değerleri üretmeye olanak sağlayacaktır. Isıl değer ve kül değişkenleri için yapılan kestirimlerden bu iki değişkenin arasında negatif ilişki olduğu görülmektedir. Şekil 4.19'da kül kestirim değerlerinin düşük olduğu bölgelerde ısı değer kestirimlerinin yüksek olduğu, ısı değer kestirimlerinin düşük olduğu bölgelerde ise kül kestirimlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca nem kestirimleri (Şekil 4.19), batı-doğu yönünde ilerledikçe nem değerinin azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bunun en önemli sebepleri, doğu yönünde ilerlendikçe A panosunun batı kısmını kuzey-güney yönünde kat eden Boyalıca deresinden uzaklaşıyor olması ve Ovaçay deresinin güney doğu yönünde ilerledikçe panodan uzaklaşıyor olmasıdır (Şekil 4.21).



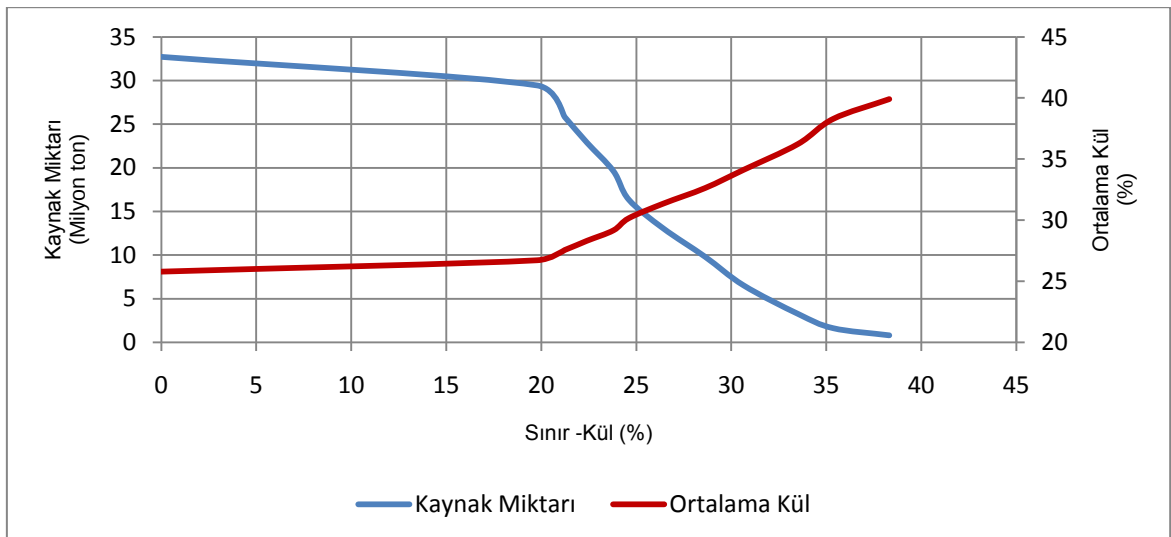
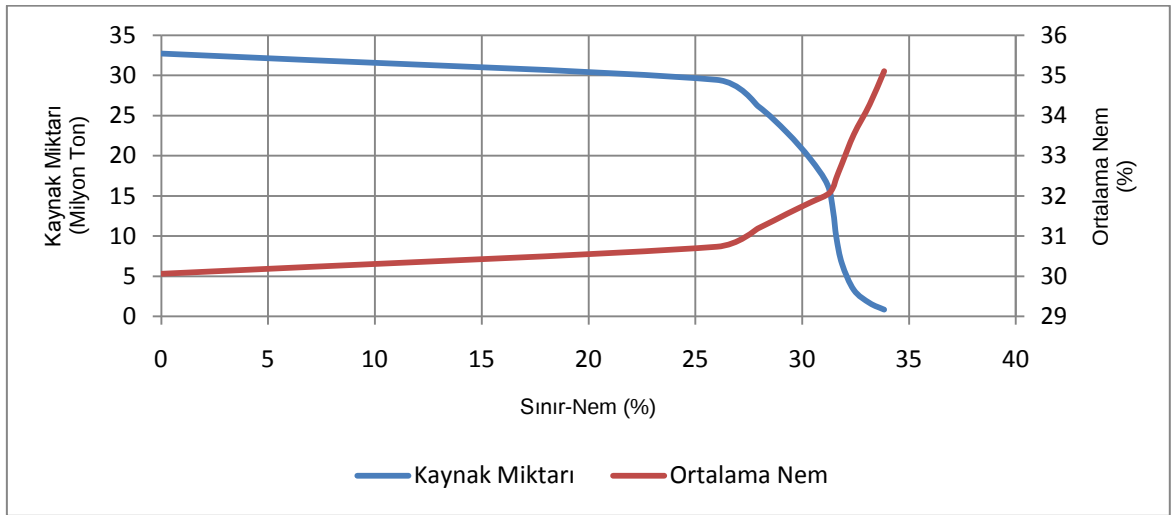
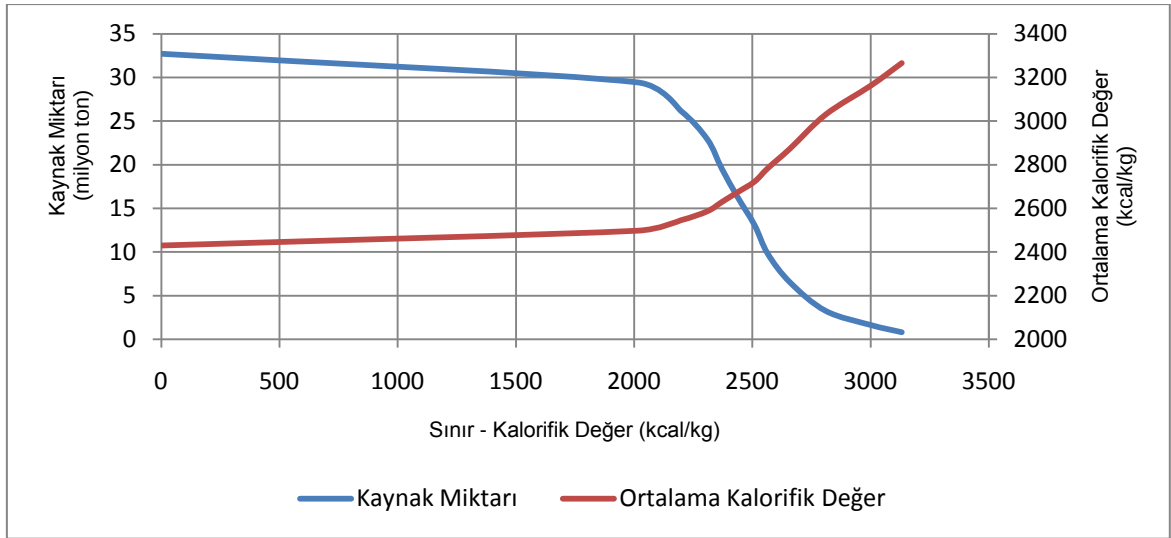
Şekil 4.21. A panosu ve dere yatakları

Ortalamasız kriging yöntemi kullanılarak yapılmış olan bu kestirimlere ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Kestirimlerin istatistiksel özellikleri

	Isıl Değer	Nem	Kül
Blok Sayısı	4512	4512	4512
En Küçük Değer	925.00	13.17	12.73
En Büyük Değer	3554.64	38.14	12.73
Aritmetik Ortalama	2430.39	30.06	25.79
Ortanca	2436.42	31.19	24.60
Varyans	105676.90	7.60	30.26
Standart Sapma	325.08	2.76	5.47
Ortalama Kriging Varyansı	104613.90	4.56	18.48

4512 adet blok için kestirilmiş ve Şekil 4.18’de haritalandırılmış olan değerler, her bir değişken için kalite-tonaj eğrilerini üretmek amacıyla kullanılmıştır. Bu maksatla, değişkenler küçükten büyüğe sıralanarak her bir ondalık (percentile) değeri için, bu değerden büyük kestirim değerine sahip olan blokların sayısı ve toplam hacmi hesap edilmiş, 1.45 gr/cm^3 ortalama yoğunluk değeri kullanılarak tonaj hesaplanmıştır. Isıl değer, kül ve nem değerlerinin kestirimlerinden yararlanılarak oluşturulan kalite - tonaj eğrileri Şekil 4.22’de gösterilmiştir.



Şekil 4.22. Ortalamasız kriging yöntemiyle kestirilmiş kalite değerleriyle (ısııl değer, nem ve kül) tonaj arasındaki ilişki

4.5. Dönüştürülmüş Veriler, Variogram Analizleri, Simülasyonlar ve Kalite-Tonaj Eğrileri

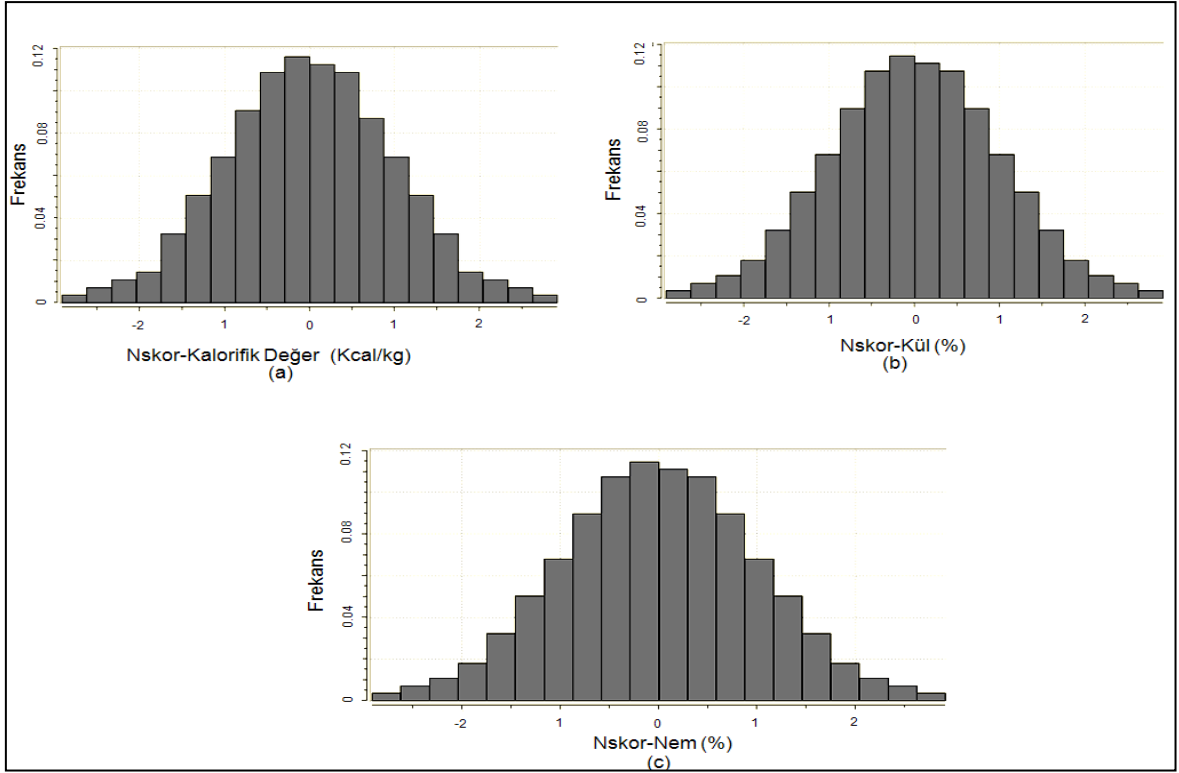
4.5.1. Normal Skorlara Dönüştürülmüş Verilerin Özellikleri

Ardışık normal benzetim yöntemiyle simülasyonların (benzetimlerin) yapılabilmesi için öncelikle verilerin normal skorlara (standart normal değerlere) dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlem SGems yazılımı kullanılarak yapılmış olup, dönüştürülmüş verilerin istatistiksel özellikleri Çizelge 4.12’de, histogramları Şekil 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Normal skorlara dönüştürülmüş; ısı değer, kül ve nem değişkenlerinin istatistiksel özellikleri

	Isıl Değer	Kül	Nem
Kompozit Sayısı	276	279	279
En Küçük Değer	-2.91	-2.91	-2.91
En Büyük Değer	2.91	2.91	2.91
Aritmetik Ortalama	0.00	0	0
Medyan	-0.01	0	0
Varyans	0.98	1.00	1.00
Standart Sapma	0.99	1.00	1.00

Normal skorlara dönüştürülmüş verilerin istatistiksel bilgileri (Çizelge 4.12) ve histogramları (Şekil 4.23) göz önünde bulundurulduğunda, verilerin standart normal değerlere dönüştürülmesi işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştirildiği görülmektedir.

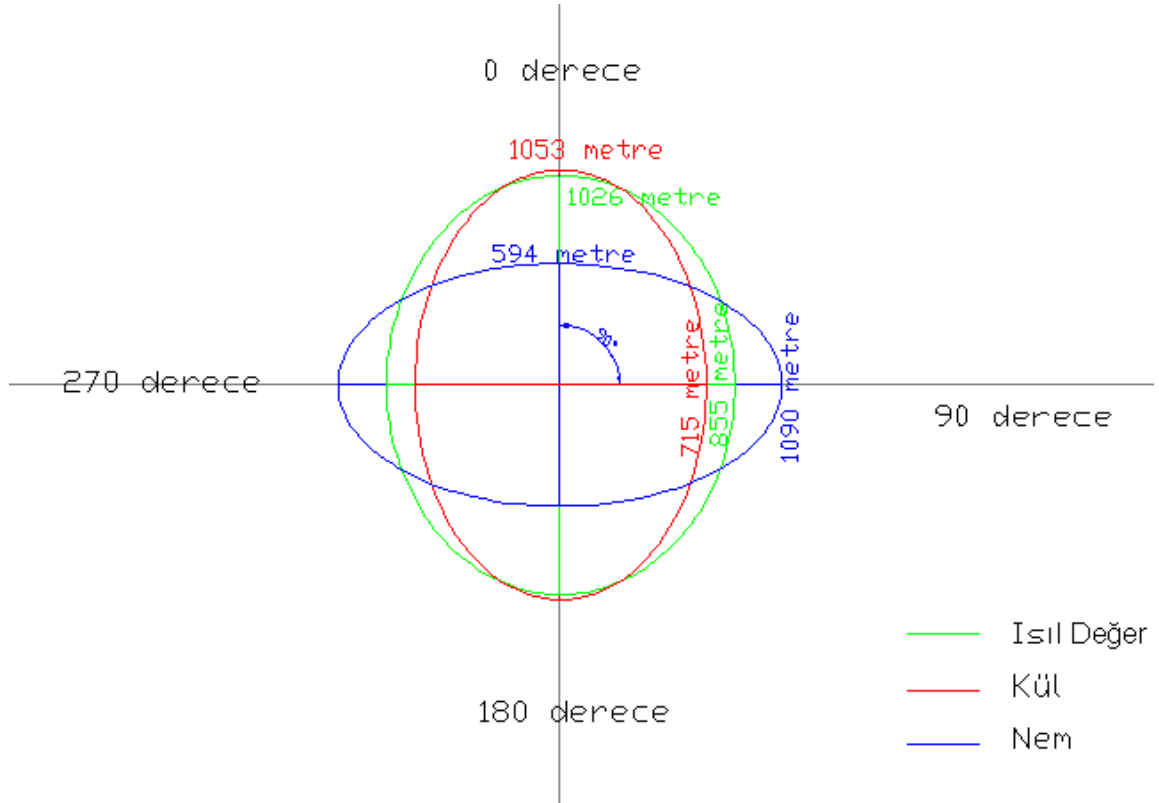


Şekil 4.23. Normal skora dönüşürülmüş; (a) ısı değeri, (b) Kül, (c) Nem değişkenlerinin histogramları

4.5.2. Normal Skora Dönüşürülmüş Verilerin Variogram Analizleri

Ham verilerde olduğu gibi; ısı değeri, nem ve kül değişkenlerinin herbiri için normal skora dönüşürülmüş verilerin variogramları 18 farklı yönde ve düşey yönde incelenmiş, 3 değişken için de dönüşürülmüş verilerin anizotropik yapıya sahip olduğu anlaşılmıştır. Düşey yönde ve en yüksek - en düşük yapısal uzaklığın olduğu yatay yönlerde variogramlar modellenmiş, bu modellerin doğrulukları çapraz doğrulama yöntemiyle test edilmiştir.

Normal skora dönüşürülmüş değişkenlerin maksimum yapısal uzaklıkları ısı değeri için K-G yönünde (azimut 0^0) 1026 m, nem için D-B yönünde (azimut 90^0) 1090 m, kül için ise K-G yönünde (azimut 0^0) 1053 m olmuştur (Şekil 4.24). Üç değişken için de hesaplanan deneysel variogramları en iyi modelleyen variogram modeli küresel model olarak tayin edilmiştir.

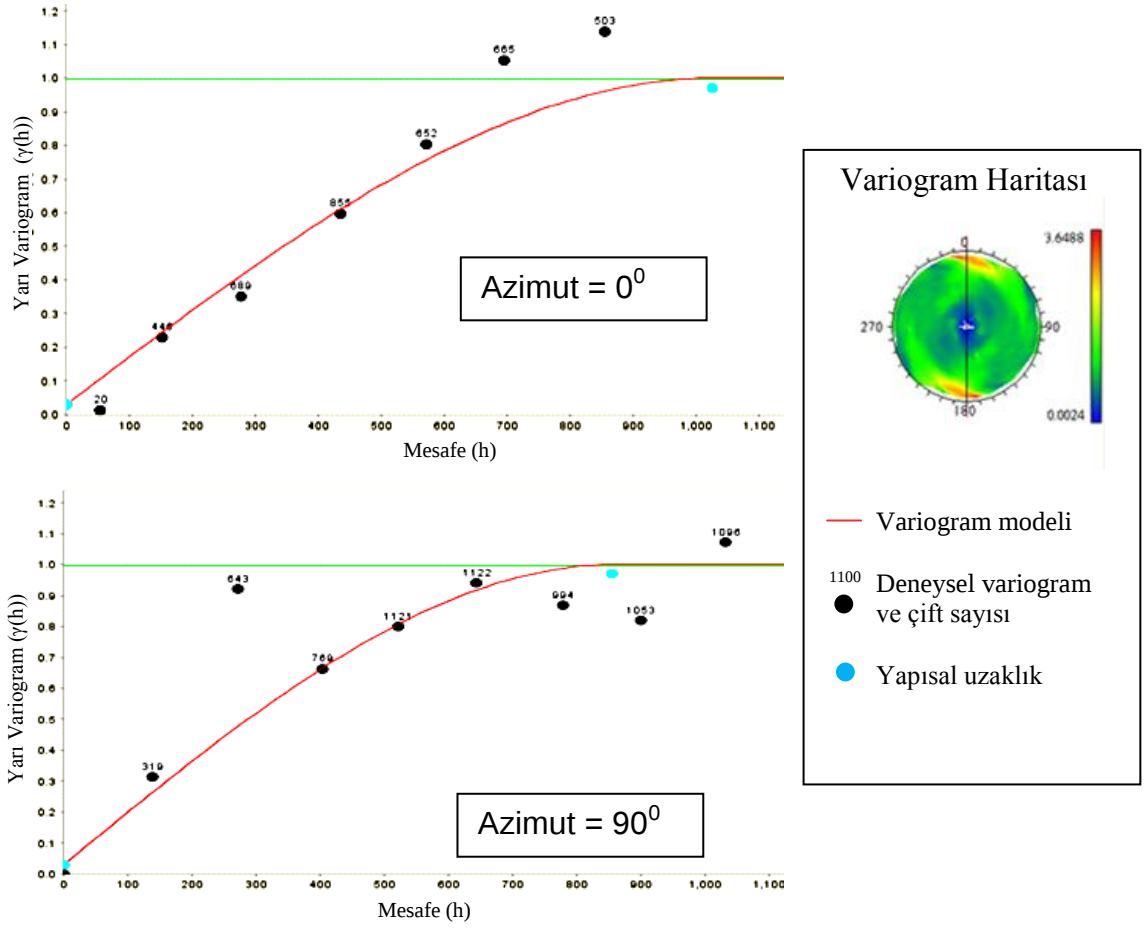


Şekil 4.24. Normal skorlara dönüştürülmüş ısı, nem ve kül değişkenlerinin anizotropi elipsleri

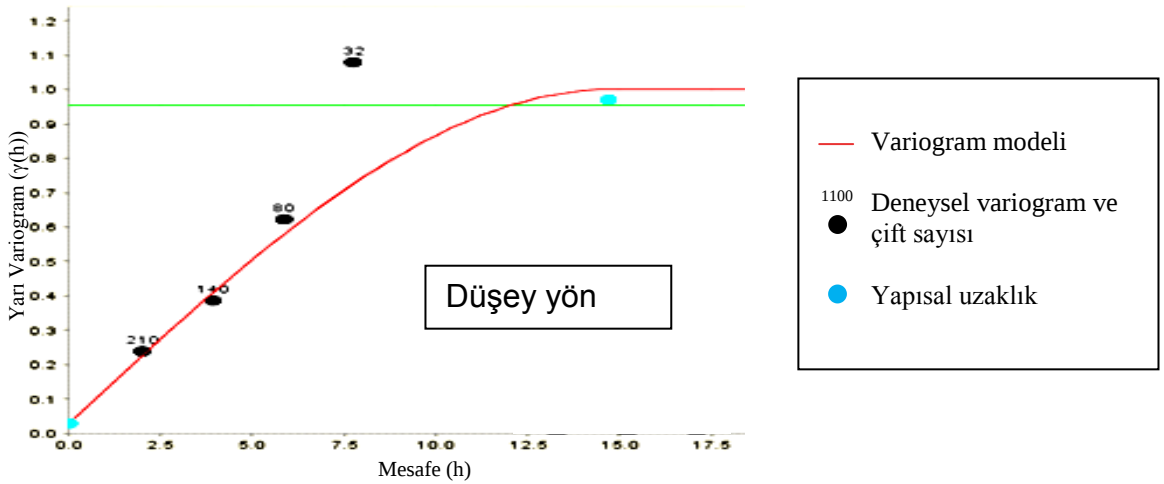
Standart normal değerlere dönüştürülmüş verilerin variogramları ile kompozitleştirilmiş verilerin variogramları farklı özelliklere sahiptir . Veriler normal değerlere dönüştürüldüğünde etki mesafelerinin azaldığı gözlenmiştir (Şekil 4.6, Şekil 4.24). Bunun sebebi, normal değerlere dönüştürme işleminin verilerin düzenliliğini değiştirmesidir. Verilerin normal skorlara dönüştürülmesiyle uç değerlerinin yumuşatılması ve normal dağılıma sahip daha düzenli bir yapıya kavuşturulmuş olması gerçek değerlerle normal skorlara dönüştürülmüş değerler arasındaki variogram farkının sebebidir.

4.5.2.1. Normal Skorlara Dönüştürülmüş Isıl Değer Değişkeninin Variogram Analizi

0 derecede en yüksek, 90 derecede en düşük yapısal uzaklığa sahip olan normal skorlara dönüştürülmüş ısı değer verilerine ait yatay yöndeki variogram modelleri Şekil 4.25’de ve düşey yöndeki variogram modeli Şekil 4.26’da gösterilmiştir.



Şekil 4.25. Normal skora dönüştürülmüş ısı değer verilerinin yatay yöndeki deneysel variogramları, variogram modelleri ve variogram haritası



Şekil 4.26. Normal skora dönüştürülmüş ısı değer verilerinin düşey yöndeki deneysel variogramları ve variogram modeli

Şekil 4.25 ve 4.26’da gösterilen deneysel variogramların hesaplanması, variogram modellerinin oluşturulması sürecinde kullanılan parametreler Çizelge 4.13’te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Normal skora dönüşürülmüş ısı değer değişkeni için variogram parametreleri

		Yatay Yönler		Düşey Yön
		Azimet 0 Derece	Azimet 90 Derece	
Deneysel Variogram Parametreleri	Adım Uzaklığı	142	129	1.9
	Tolerans Açısı	25	25	3.0
	Bant Genişliği	350	350	3.0
Variogram Modeli Parametreleri	Variogram Modeli		Küresel	
	Yapısal Uzaklık (a)	1026	855	14.7
	Külçe Etkisi (C_0)		0.03	
	Eşik Değeri (C)		0.97	

Bu variogram parametreleri kullanılarak yapılan çapraz doğrulama testi sonuçları Çizelge 4.14’te verilmiştir.

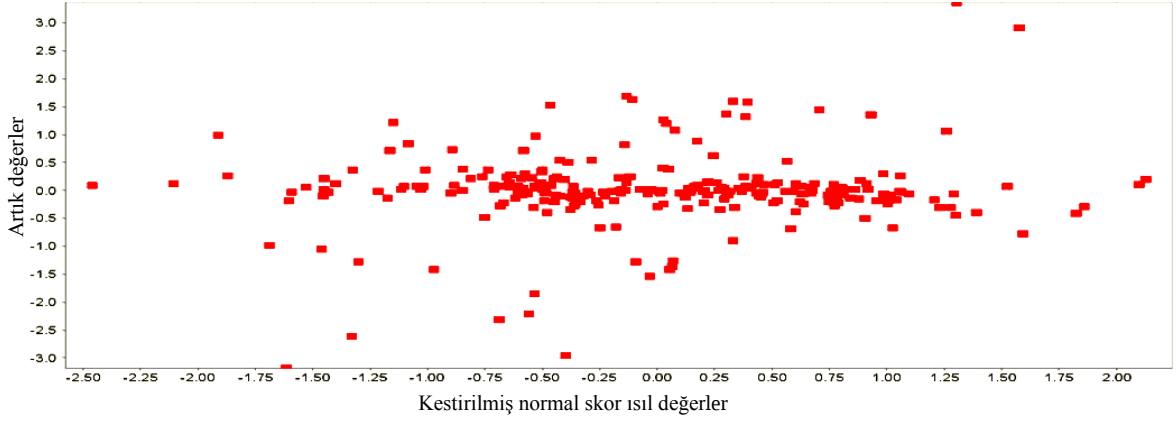
Çizelge 4.14. Normal skora dönüşürülmüş ısı değer değişkenine ilişkin variogram modelinin çapraz doğrulama sonuçları

	Aritmetik Ortalama	Varyans	Kestirim Hataları Varyansı	Hataların Ortalaması	Hataların Karelerinin Ortalaması	Kriging Varyansı Ortalaması	Korelasyon
Gerçek Değerler	0.00	0.98	0.44	0.00	0.44	0.28	0.73
Kestirilen Değerler	-0.02	0.61					

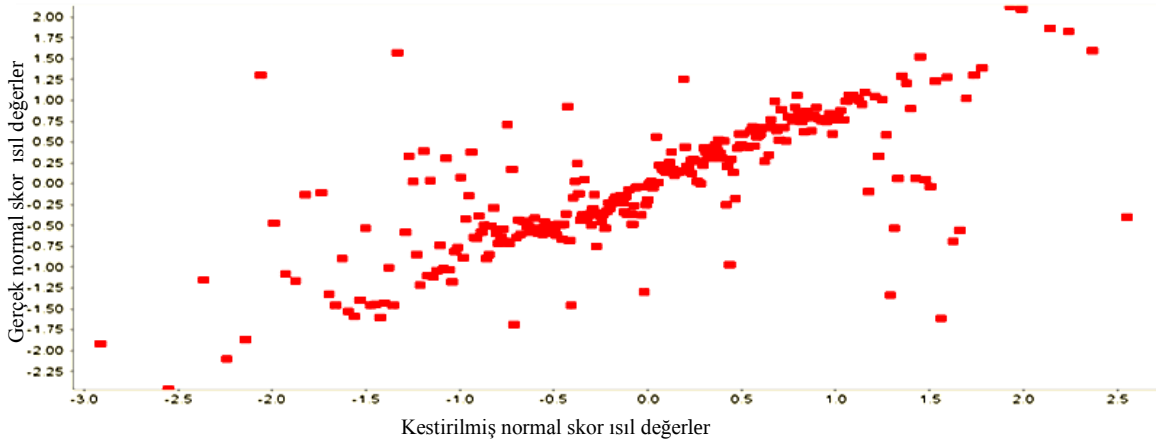
Normal skora dönüşürülmüş ısı değer verileri için, Çizelge 4.13’te verilen variogram modeli parametreleri kullanılarak elde edilen kestirim değerlerinin gerçek değerlerle arasında yüksek korelasyon olması, gerçek değerlere yakın ortalamada kestirim değerleri üretilmesi ve kestirim hataları varyansı ile hataların karelerinin ortalamalarının birbirleriyle aynı olması gibi etkenler göz önüne

alındığında çapraz doğrulama test sonucunun olumlu olduğu ve bu variogram modeli ve parametrelerinin ardışık normal benzetim için uygulanabilir olduğu görülmektedir.

Yapılan kestirimlerle gerçek değerlerin ilişkileri Şekil 4.27 ve 4.28'deki grafiklerde gösterilmiştir.



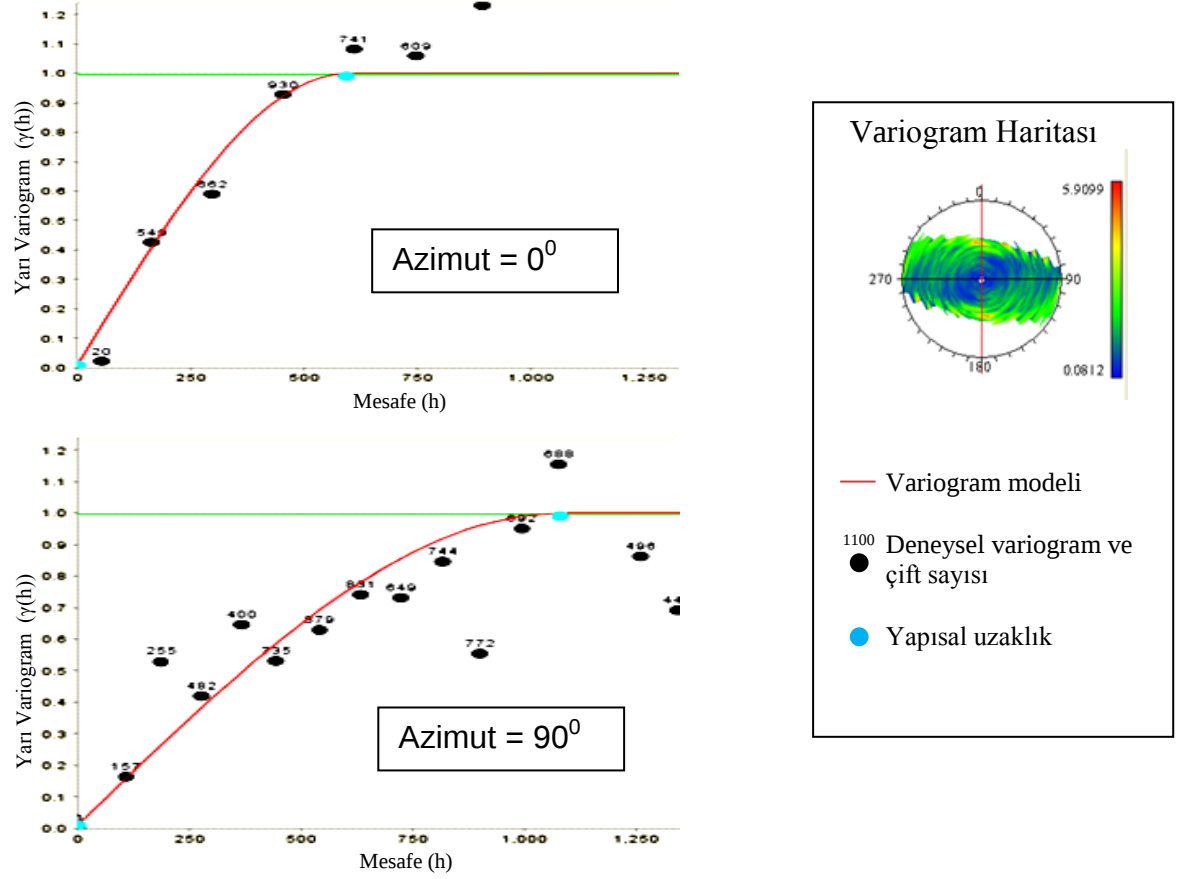
Şekil 4.27. Normak skora dönüştürülmüş ısı değer değişkenleri için oluşturulan variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin, artık değerlerle (gerçek ve kestirilmiş değer farkı) ilişkisi



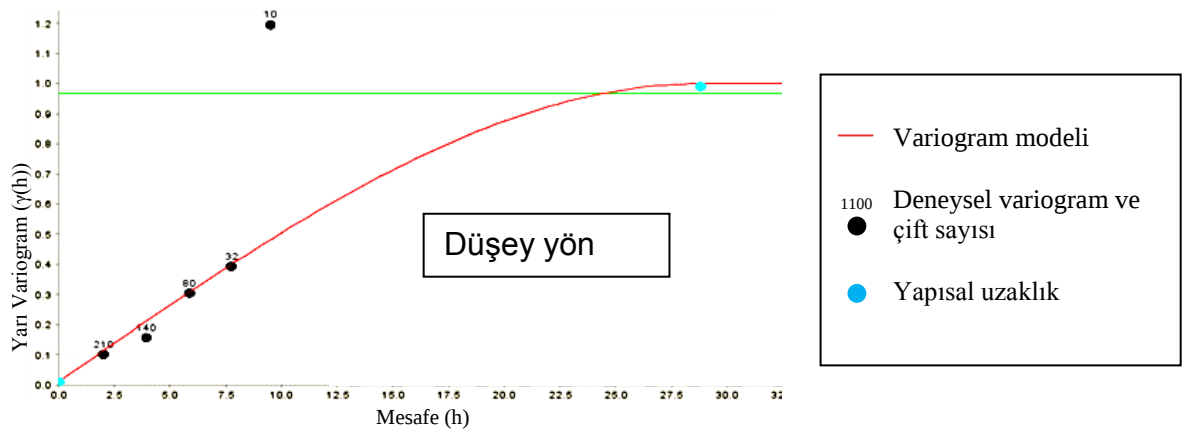
Şekil 4.28. Normal skora dönüştürülmüş ısı değer değişkenleri ile bu değişkenler için oluşturulmuş variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin ilişkisi

4.5.2.2. Normal Skorlara Dönüştürülmüş Nem Değişkeninin Variogram Analizi

Nem değişkeninin normal skorlara dönüştürülmesiyle elde edilen verilerin variogramları Şekil 4.29 ve 4.30'da verilmiştir.



Şekil 4.29. Normal skorlara dönüştürülmüş nem verilerinin yatay yöndeki deneysel variogramları, variogram modelleri ve variogram haritası



Şekil 4.30. Normal skorlara dönüştürülmüş nem verilerinin düşey yöndeki deneysel variogramları ve variogram modeli

Normal skorlara dönüştürülmüş nem değişkenleri için deneysel variogramların hesaplanması ve variogram modellerinin oluşturulması sürecinde kullanılan parametreler Çizelge 4.15'te verilmiştir. Ayrıca bu variogram modelleri çapraz doğrulama yöntemi ile test edilmiş ve testin sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.15. Normal skorlara dönüştürülmüş nem değişkeni için variogram parametreleri

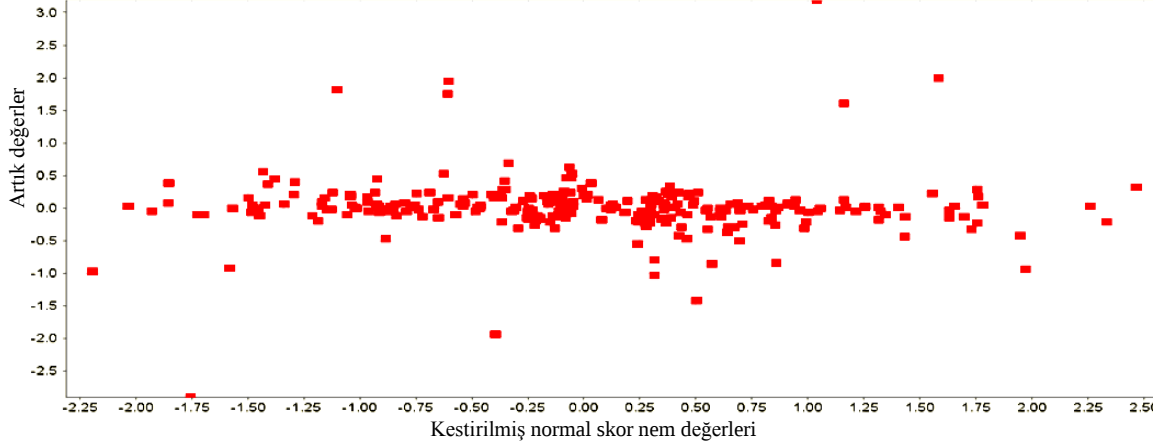
		Yatay Yönler		Düşey Yön
		Azimut 0 Derece	Azimut 90 Derece	
Deneysel Variogram Parametreleri	Adım Uzaklığı	151	90	1.9
	Tolerans Açısı	25	25	3
	Bant Genişliği	350	350	3
Variogram Modeli Parametreleri	Variogram Modeli		Küresel	
	Yapısal Uzaklık (a)	594	1090	28.8
	Külçe Etkisi (C _o)		0.01	
	Eşik Değeri (C)		0.99	

Çizelge 4.16. Normal skorlara dönüştürülmüş nem değişkenine ilişkin variogram modelinin çapraz doğrulama sonuçları

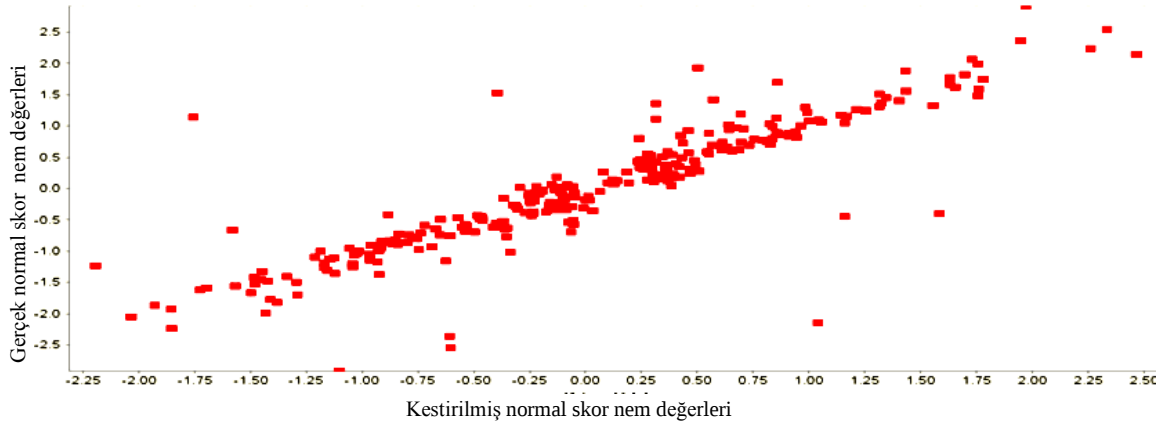
	Aritmetik Ortalama	Varyans	Kestirim Hataları Varyansı	Hataların Ortalaması	Hataların Karelerinin Ortalaması	Kriging Varyansı Ortalaması	Korelasyon
Gerçek Değerler	0.00	1.00	0.21	0.01	0.20	0.16	0.89
Kestirilen Değerler	0.02	0.78					

Çapraz doğrulama sonuçları, modellenmiş olan variogramların uygulanabilir nitelikte olduğunu göstermektedir. Bu sonucu destekleyen en önemli göstergeler, kestirim değerlerinin gerçek değerlere yakın ortalamada olması, kestirim hatalarının ortalamasının sıfıra yakın olması ve gerçek değerlerle kestirim değerleri arasında yüksek korelasyondur.

Şekil 4.31 ve 4.32’de normal skora dönüştürülmüş nem değişkenleri için çapraz doğrulama yöntemi ile kestirilen değerler ile gerçek değerler arasındaki ilişki verilmiştir.



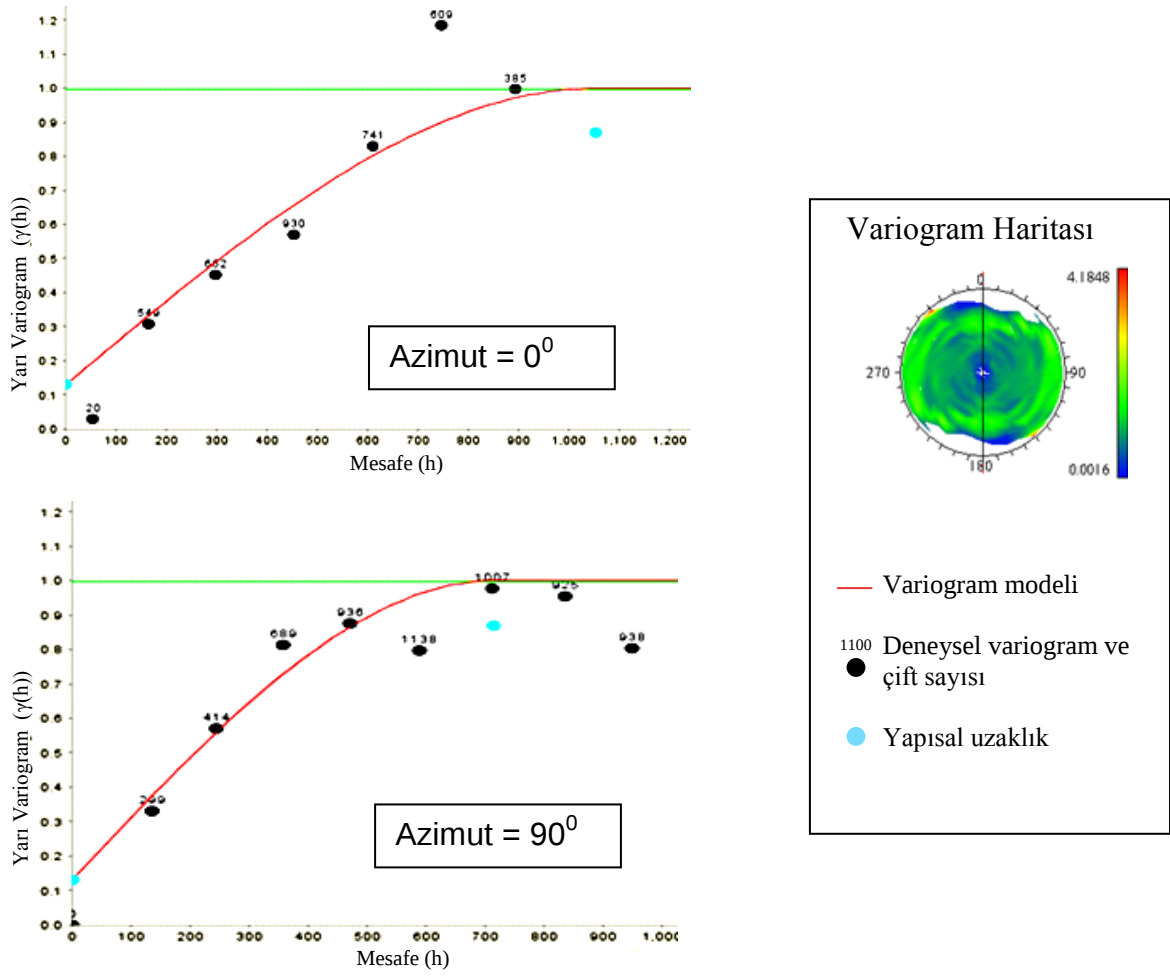
Şekil 4.31. Normak skora dönüştürülmüş nem değişkenleri için oluşturulan variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin, artık değerlerle (gerçek ve kestirilmiş değer farkı) ilişkisi



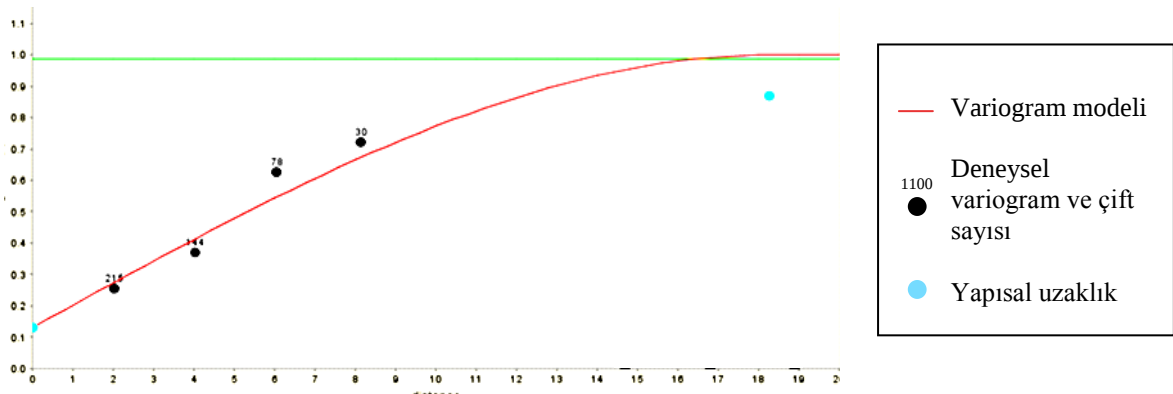
Şekil 4.32. Normal skora dönüştürülmüş nem değişkenleri ile bu değişkenler için oluşturulmuş variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin ilişkisi

4.5.2.3. Normal Skora Dönüştürülmüş Kül Değişkeninin Variogram Analizi

Normal skora dönüştürülmüş kül değişkeni için yatay yönlerde, en yüksek etki mesafesi 0 derecede en düşük etki mesafesi 90 derecede görülmüştür. Yatay ve düşey yönde hesaplanan deneysel variogramlar ve variogram modelleri Şekil 4.33 ve 4.34’te gösterilmiştir.



Şekil 4.33. Normal skora dönüştürülmüş kül verilerinin yatay yöndeki deneysel variogramları, variogram modelleri ve variogram haritası



Şekil 4.34. Normal skora dönüştürülmüş kül verilerinin düşey yöndeki deneysel variogramları ve variogram modeli

Şekil 4.33 ve 4.34'te gösterilen deneysel variogramların hesaplanması ve variogramların modellenmesi için kullanılan parametreler Çizelge 4.17'de, modellenen variogramın uygulanabilirliğinin kontrol edilmesi için çapraz doğrulama yöntemiyle yapılan testin sonuçları ise Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Normal skora dönüşürülmüş kül değişkeni için variogram parametreleri

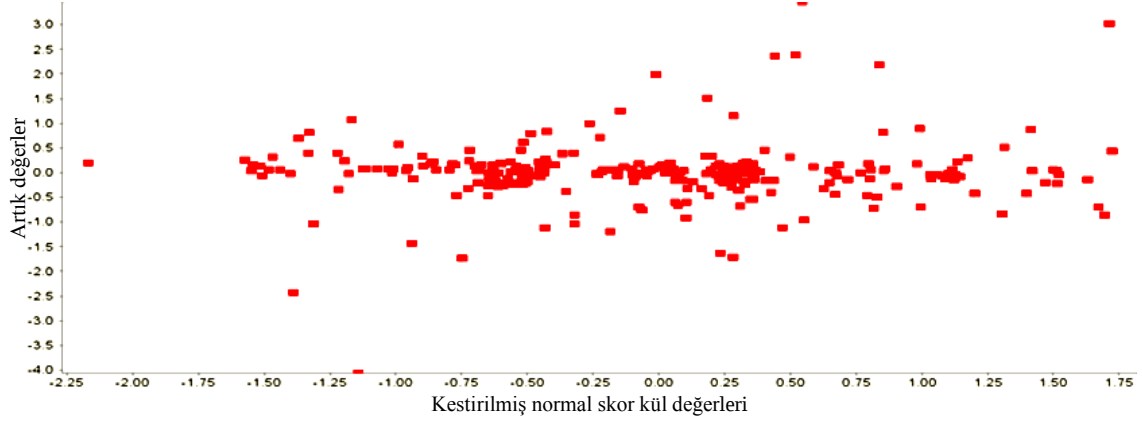
		Yatay Yönler		Düşey Yön
		Azimet 0 Derece	Azimet 90 Derece	
Deneysel Variogram Parametreleri	Adım Uzaklığı	151	119	2.1
	Tolerans Açısı	25	25	3
	Bant Genişliği	350	350	3
Variogram Modeli Parametreleri	Variogram Modeli		Küresel	
	Yapısal Uzaklık (a)	1053	715	18.27
	Külçe Etkisi (C_0)		0.13	
	Eşik Değeri (C)		0.87	

Çizelge 4.18. Normal skora dönüşürülmüş kül değişkenine ilişkin variogram modelinin çapraz doğrulama sonuçları

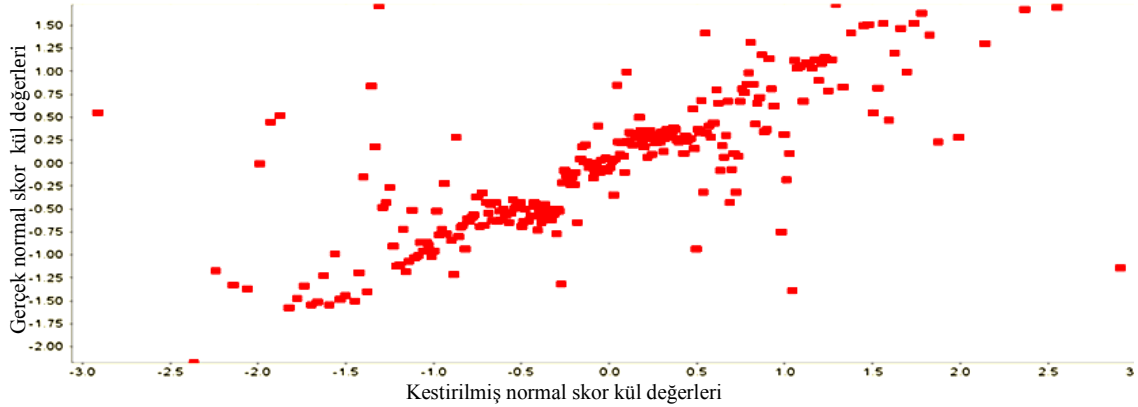
	Aritmetik Ortalama	Varyans	Kestirim Hataları Varyansı	Hataların Ortalaması	Hataların Karelerinin Ortalaması	Kriging Varyansı Ortalaması	Korelasyon
Gerçek Değerler	0.00	1.00	0.42	0.00	0.42	0.36	0.74
Kestirilen Değerler	-0.04	0.58					

Çapraz doğrulama sonuçlarından görüldüğü gibi, normal skora dönüşürülmüş kül değişkeni için belirlenmiş olan variogram modeli (Çizelge 4.17); sıfır hata, gerçek değerlerle kestirim değerlerinin yüksek korelasyona sahip olması ve gerçek değerlerinkine yakın ortalama değere sahip kestirim değerleri üretmesi nedeniyle uygulanabilir bir modeldir.

Çizelge 4.17’de verilen variogram modeli parametreleri kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle üretilen kestirim değerleri ve gerçek değerlerin ilişkisi Şekil 4.35 ve 4.36’da verilmiştir.



Şekil 4.35. Normak skorlara dönüştürülmüş kül değişkenleri için oluşturulan variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin, artık değerlerle (gerçek ve kestirilmiş değer farkı) ilişkisi



Şekil 4.36. Normal skorlara dönüştürülmüş kül değişkenleri ile bu değişkenler için oluşturulmuş variogram modeli kullanılarak çapraz doğrulama yöntemiyle kestirilmiş değerlerin ilişkisi

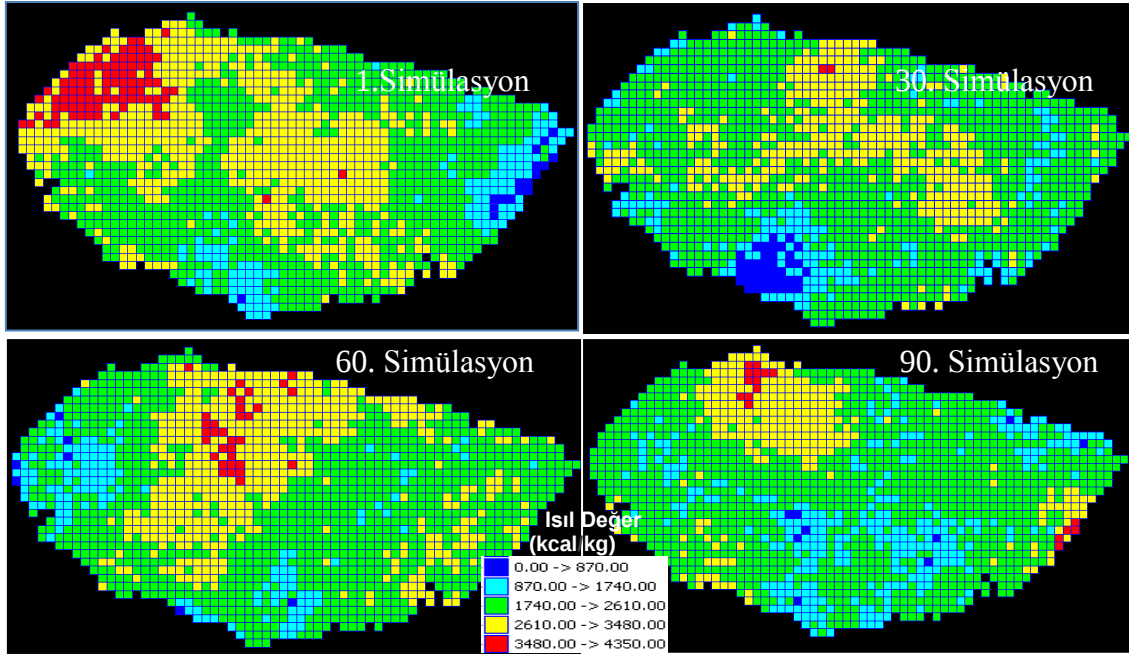
4.5.3. Simülasyonların Analizleri

Kestirimlerde olduğu gibi, simülasyonlarda da; ısı değer, nem ve kül değişkenlerine ilişkin veri içeren bölge, 50m x 50m x 2m boyutlarında bloklara bölünmüştür. Bu bloklara koşullu ardışık normal benzetim yöntemi kullanılarak 100 kez kalite değeri atanmış , böylece linyit yatağının her bir değişken için 100 adet simülasyonu elde edilmiştir.

100 adet simülasyondan 1'inci, 30'uncu, 60'ıncı ve 90'ıncı simülasyonların haritaları, histogramları, istatistiksel özellikleri ve birbirleriyle ilişkileri her bir değişken için incelenmiştir. Ayrıca her bir değişken için 20 adet simülasyonun variogramı, gerçek verilerin variogramı ile kıyaslanmıştır.

4.5.3.1. Isıl Değer Değişkeni-Simülasyon Analizi

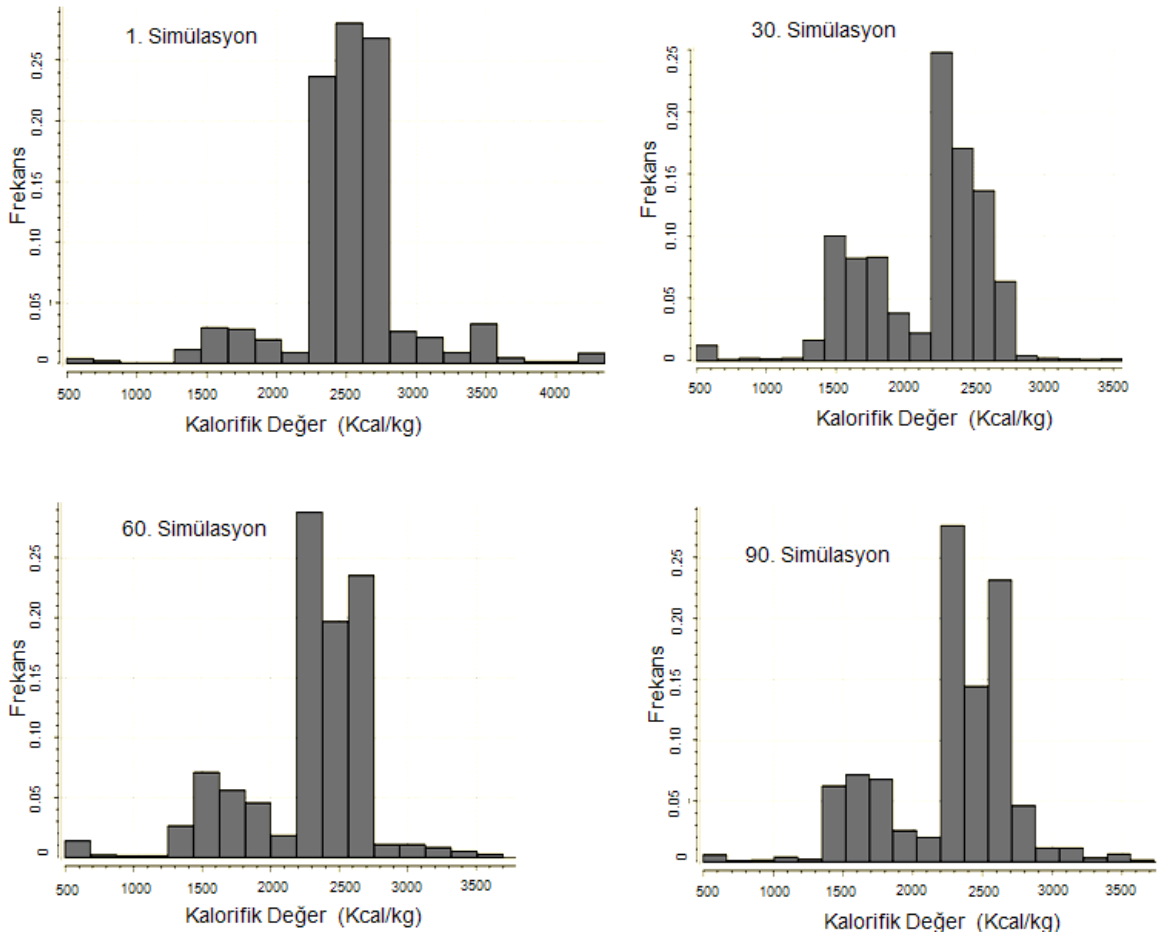
Normal skora dönüştürülmüş ısı değer verileri için belirlenen ve parametreleri Çizelge 4.13'te verilen variogram modeli kullanılarak ısı değer değişkeni Himmetoğlu Linyit Sahası A panosu için 100 kez modellenmiştir. Bu 100 modelden 1'nci, 30'ncü, 60'ncı ve 90'ncü benzetimlerin haritaları Şekil 4.37'de gösterilmiştir.



Şekil 4.37. Koşullu ardışık normal benzetim yöntemiyle modellenmiş 1'nci, 30'ncü, 60'ncü ve 90'ncü ısı değer simülasyonları

Isıl değer, kül ve neme ilişkin 100 adet benzetimin ortalamalarının davranışını incelemek ilginç olabilir. Bu konuda, Armstrong ve Dowd (1993), kuramsal olarak benzetim ortalamalarının krigleme ile kestirilen değere yaklaşık bir şekilde eşit olduğunu göstermiştir. Bu nedenle benzetim ortalamalarına ilişkin haritalar tez içinde gösterilmemiştir.

1'nci, 30'ncü, 60'ncü ve 90'ncü ısı değer simülasyonlarının histogramları Şekil 4.38'de, istatistiksel özellikleri Çizelge 4.19'da birbirleri arasındaki ilişkiler ise Çizelge 4.20'de verilmiştir.



Şekil 4.38. Koşullu ardışık normal benzetim yöntemi ile üretilen ısı değeri değişkenine ilişkin simülasyonlardan 1’nci, 30’ncü, 60’ncü ve 90’ncü simülasyonların histogramları

Çizelge 4.19. Isı değeri değişkenine ilişkin 1’nci, 30’ncü, 60’ncü ve 90’ncü simülasyonların istatistiksel özellikleri

	1’nci Simülasyon	30’ncü Simülasyon	60’ncü Simülasyon	90’ncü Simülasyon
Blok Sayısı	4512	4512	4512	4512
En Küçük Değer	495.00	495.00	495.00	495.00
En Büyük Değer	4349.00	3686.85	4349.00	4349.00
Aritmetik Ortalama	2519.45	2299.92	2416.08	2330.11
Ortanca	2549.71	2354.66	2475.10	2343.35
Standart Sapma	447.73	439.72	472.58	455.74
Varyans	200461.47	193353.72	223325.82	207700.44
Değişim Katsayısı	0.18	0.19	0.20	0.20

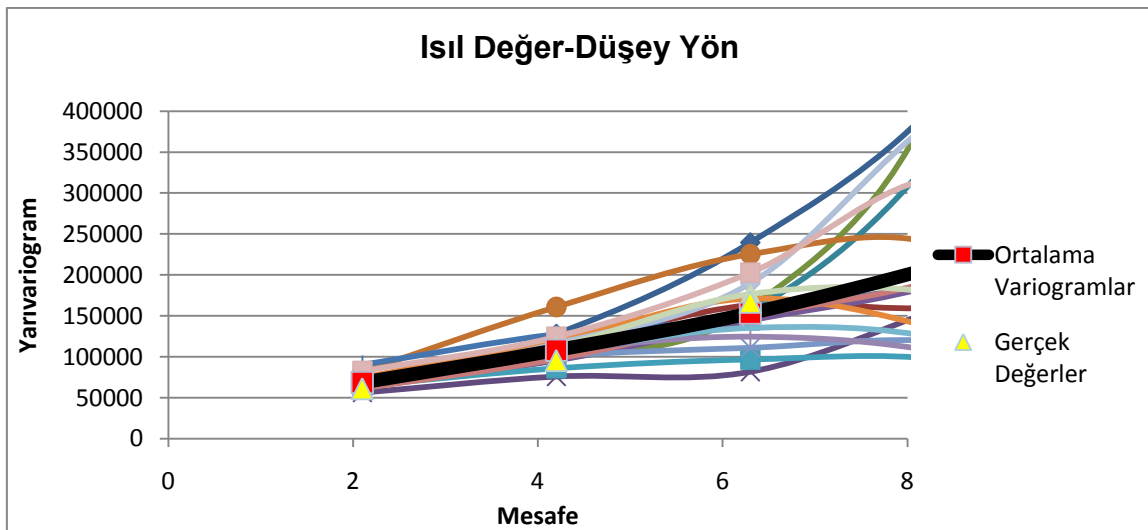
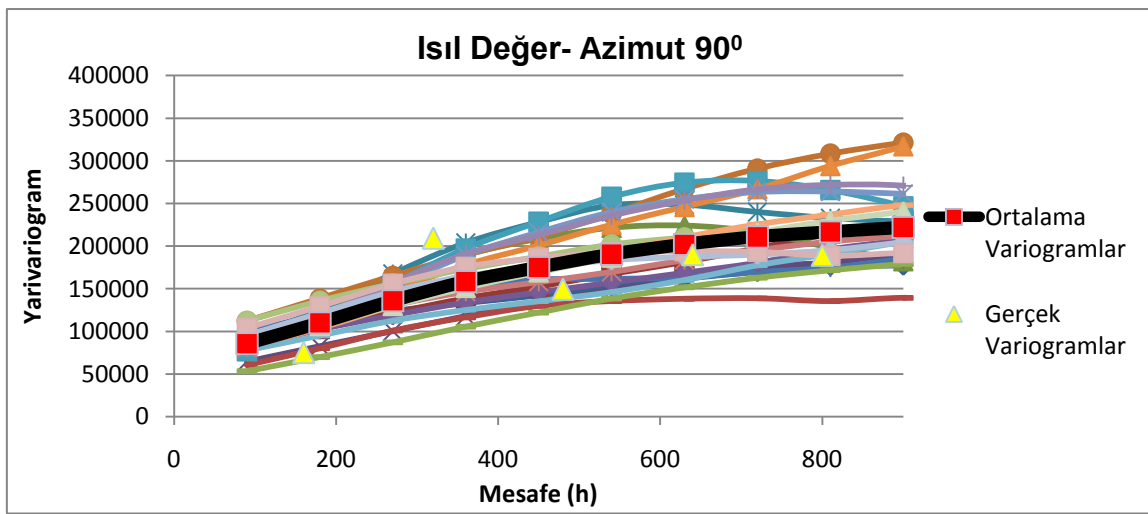
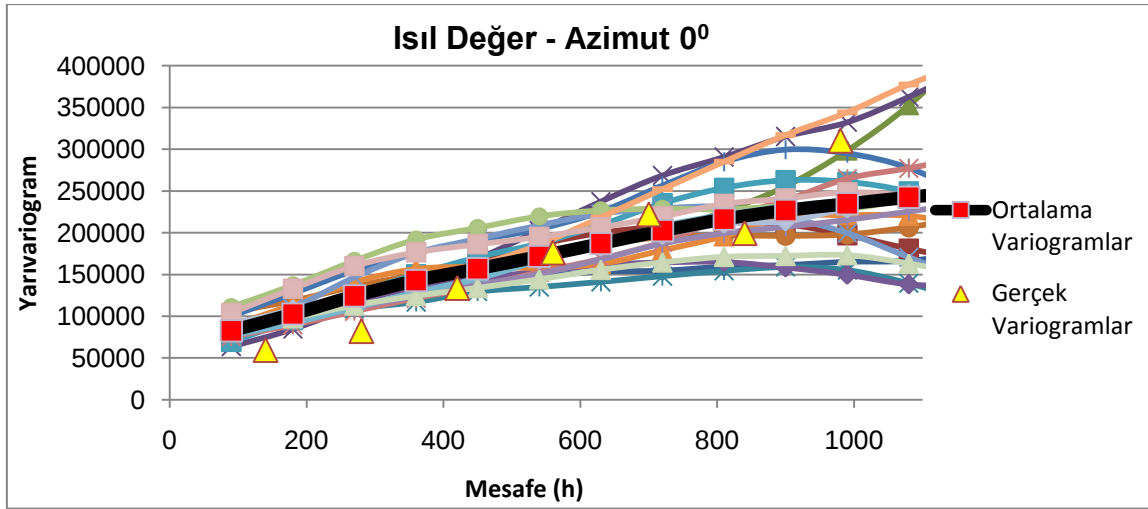
Çizelge 4.20. Isıl değer değişkenine ilişkin 1'nci, 30'ncu, 60'ncı ve 90'nci simülasyonların birbirleri arasındaki ilişki katsayısı

	1'nci Simülasyon	30'ncu Simülasyon	60'ncı Simülasyon	90'nci Simülasyon
1'nci Simülasyon	1	0.22	-0.13	0.06
30'ncu Simülasyon	0.22	1	0.18	0.16
60'ncı Simülasyon	-0.13	0.18	1	0.21
90'nci Simülasyon	0.06	0.16	0.21	1

Üretilen simülasyonların, gerçek ısı değer histogramlarına benzer histogramlara ve istatistiksel özelliklere, ayrıca birbirleri arasında düşük korelasyona sahip oldukları görülmektedir.

Isıl değer değişkeni için üretilmiş olan 100 adet simülasyondan; 5'nci, 10'ncu, 15'nci, ..., 99'ncu benzetimler olmak üzere toplam 20 adet simülasyonun deneysel variogramları hesaplanmış, bu variogramlarla gerçek ısı değer (kompozitleştirilmiş) değişkeninin variogramları; 0 derecede, 90 derecede ve düşey yönde karşılaştırılmıştır (Şekil 4.39).

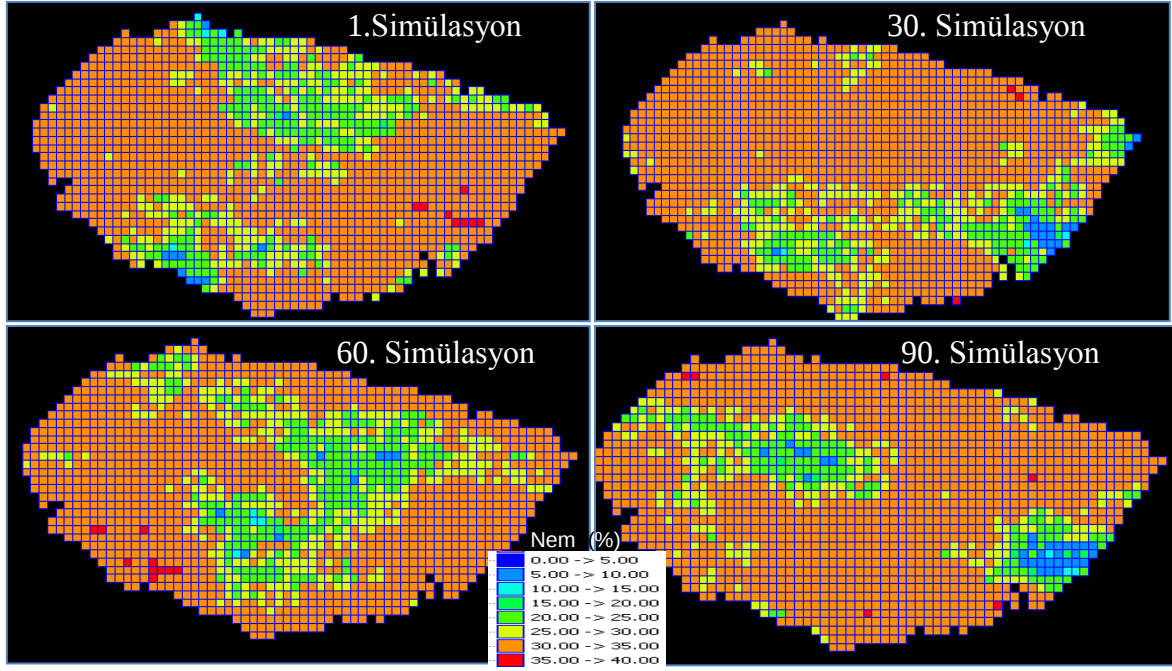
Şekil 4.39'da, sarı üçgen şeklinde işaretlenmiş değerler, gerçek ısı değer değişkeni için hesaplanmış deneysel variogramları; siyah çizgi üzerinde kırmızı kare işaretli değerler ise 20 adet simülasyon için belirli lag mesafesinde hesap edilmiş deneysel variogram değerlerinin ortalamalarını göstermektedir.



Şekil 4.39. Isıl değer değişkeni için koşullu ardışık normal benzetim yöntemiyle modellenmiş simülasyonların variogramları ile gerçek değerlerin variogramları

4.5.3.2. Nem Değişkeni - Simülasyon Analizi

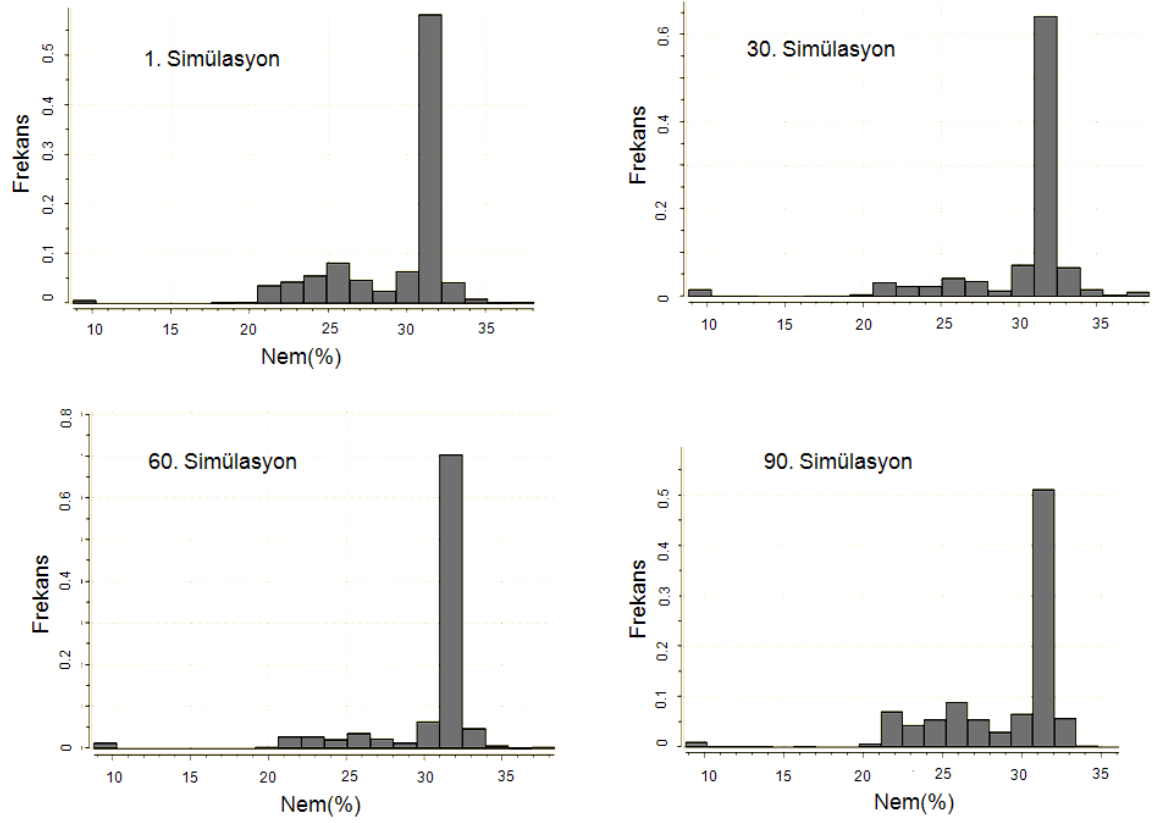
Nem değişkeni için koşullu ardışık normal benzetim yöntemi ile yapılmış 100 adet simülasyondan 1'nci, 30'ncu, 60'ncı ve 90'ncı benzetimlerin haritaları Şekil 4.40'da, bu benzetimlerin istatistiksel özellikleri Çizelge 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.40. Nem değişkenine ilişkin koşullu ardışık normal benzetim yöntemiyle modellenmiş 1'nci, 30'ncü, 60'ncü ve 90'ncü simülasyonların haritaları

Çizelge 4.21. Nem değişkenine ilişkin 1'nci, 30'ncü, 60'ncü ve 90'ncü simülasyonların istatistiksel özellikleri

	1'nci Simülasyon	30'ncü Simülasyon	60'ncü Simülasyon	90'ncü Simülasyon
Blok Sayısı	4512	4512	4512	4512
En Küçük Değer	8.80	8.80	8.80	8.80
En Büyük Değer	38.04	37.84	38.31	38.05
Aritmetik Ortalama	29.31	30.14	29.19	29.68
Ortanca	31.28	31.33	31.28	31.31
Standart Sapma	3.75	3.63	3.73	4.10
Varyans	14.03	13.21	13.91	16.83
Değişim Katsayısı	0.13	0.12	0.13	0.14

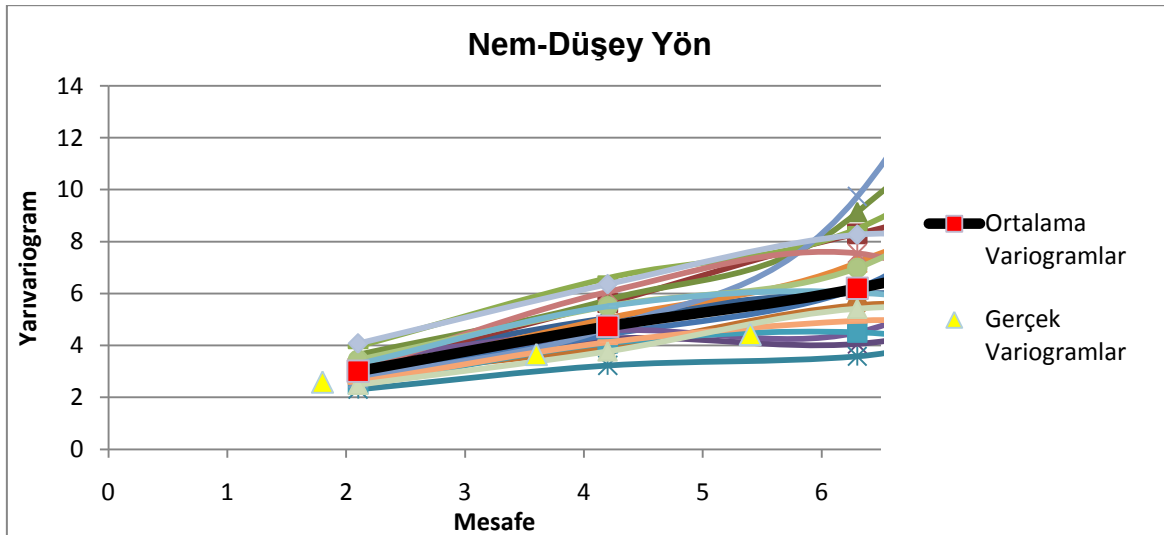
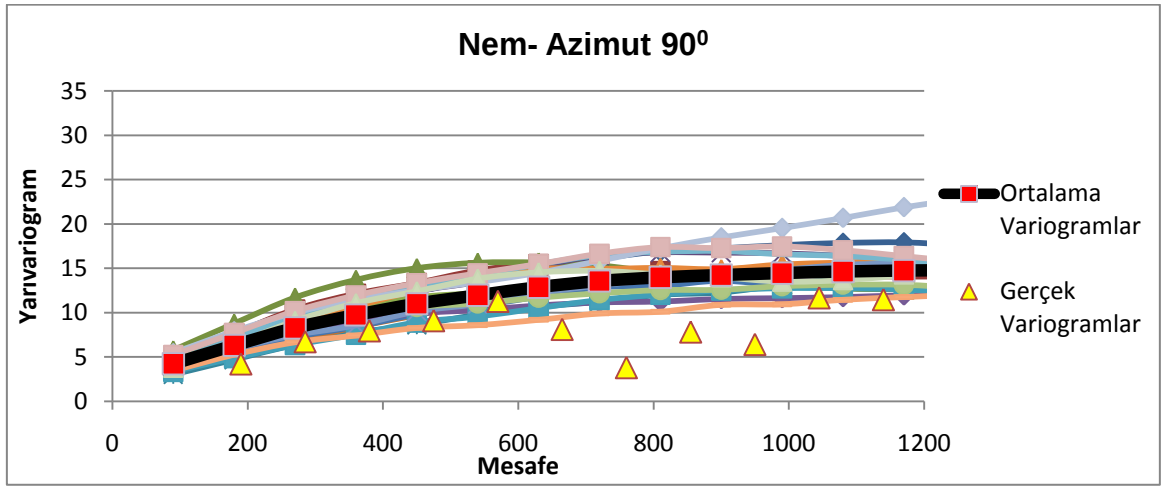
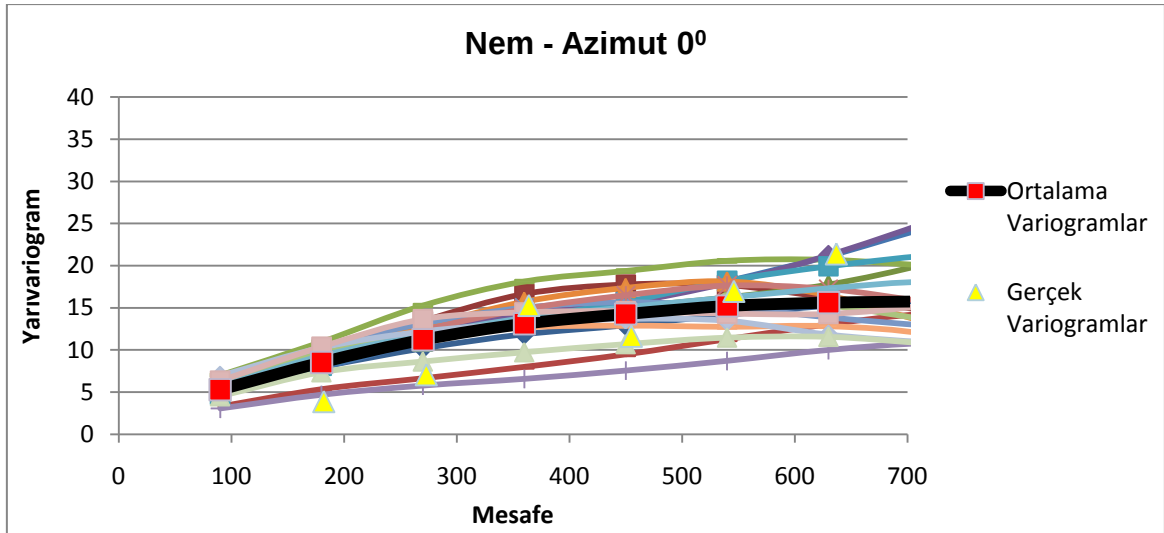


Şekil 4.41. Koşullu ardışık normal benzetim yöntemi ile üretilen nem değişkenine ilişkin simülasyonlardan 1'nci, 30'ncu, 60'ncı ve 90'ncı simülasyonların histogramları

Bu simülasyonların istatistiksel özellikleri Çizelge 4.21'de, birbirleriyle ilişki katsayısı Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Nem değişkenine ilişkin 1'nci, 30'ncu, 60'ncı ve 90'ncı simülasyonların birbirleri arasındaki korelasyon katsayıları

	1'nci Simülasyon	30'ncu Simülasyon	60'ncı Simülasyon	90'ncı Simülasyon
1'nci Simülasyon	1	-0.05	0.19	-0.17
30'ncu Simülasyon	-0.05	1	-0.0879	0.3186
60'ncı Simülasyon	0.19	-0.0879	1	-0.2327
90'ncı Simülasyon	-0.17	0.3186	-0.2327	1

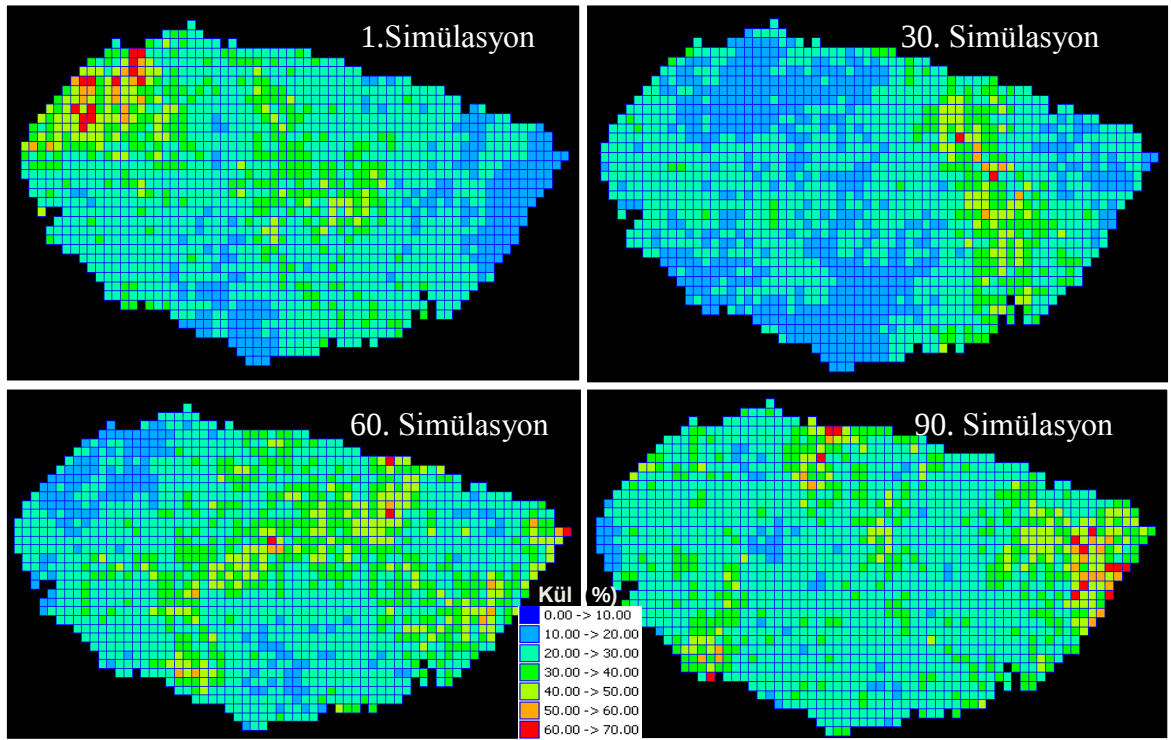


Şekil 4.42. Nem değişkeni için koşullu ardışık normal benzetim yöntemiyle modellenmiş simülasyonların variogramları ile gerçek değerlerin variogramları

Şekil 4.42’de, gerçek nem değışkeni için; 0, 90 derece azimut yönlerinde ve düşey yönde hesaplanan deneysel variogramlarla, koşullu ardışık normal benzetim yöntemiyle modellenmiş 100 adet simülasyondan; 5’nci, 10’ncu, 15’nci, ..., 99’ncu olmak üzere toplam 20 adet simülasyonun variogramları bir arada gösterilmiştir. Şekilde, sarı üçgenler gerçek değerler için hesaplanan deneysel variogramları, siyah çizgi üzerinde kırmızı kareler ise 20 adet simülasyonun her bir lag mesafesi için hesaplanmış ortalama variogram değerini ifade etmektedir.

4.5.3.3. Kül Değişkeni - Simülasyon Analizi

Ardışık normal benzetim yöntemi kullanılarak, Himmetoğlu Linyit Sahası A panosunun kül değışkeni için üretilmiş 100 farklı modelden; 1’nci, 30’ncu, 60’nci, 90’nci benzetimlerin haritaları Şekil 4.43’te verilmiştir.

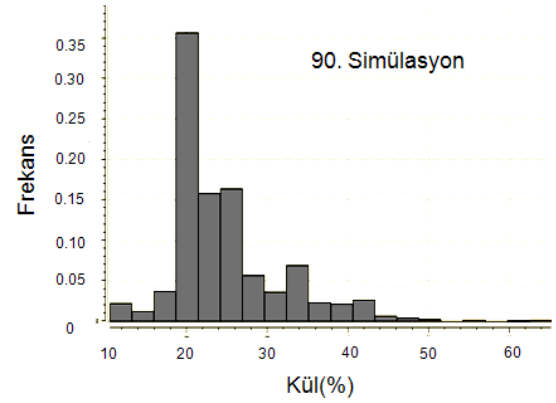
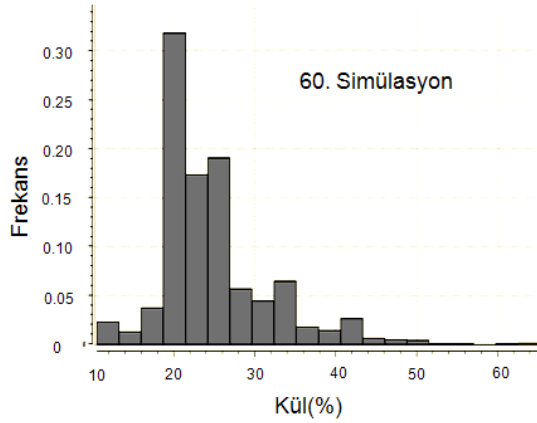
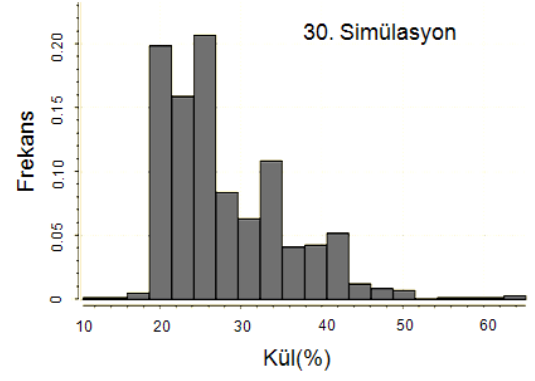
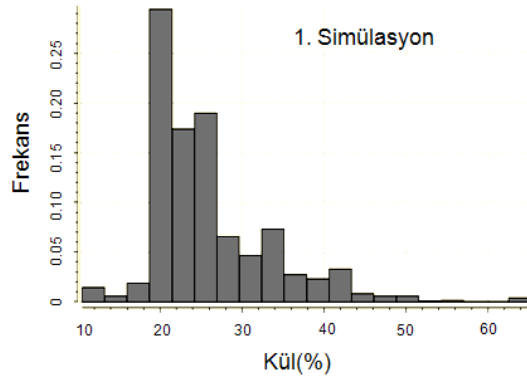


Şekil 4.43. Kül değışkenine ilişkin koşullu ardışık normal benzetim yöntemiyle modellenmiş 1’nci, 30’ncu, 60’nci ve 90’nci simülasyonların haritaları

Bu simülasyonların histogramları Şekil 4.44’te, istatistiksel özellikleri Çizelge 4.23’te ve birbirleriyle korelasyonlarını gösteren tablo Çizelge 4.24’te verilmiştir.

Çizelge 4.23. Kül değişkenine ilişkin 1'nci, 30'ncu, 60'ncı ve 90'ncı simülasyonların istatistiksel özellikleri

	1'nci Simülasyon	30'ncu Simülasyon	60'ncı Simülasyon	90'ncı Simülasyon
Blok Sayısı	4512	4512	4512	4512
En Küçük Değer	10.51	10.51	10.51	10.51
En Büyük Değer	65.18	65.18	65.18	65.18
Aritmetik Ortalama	26.18	22.79	26.75	27.06
Ortanca	24.17	21.23	24.21	24.24
Standart Sapma	7.59	7.01	7.69	6.96
Varyans	57.64	49.18	59.08	48.43
Değişim Katsayısı	0.29	0.31	0.29	0.26

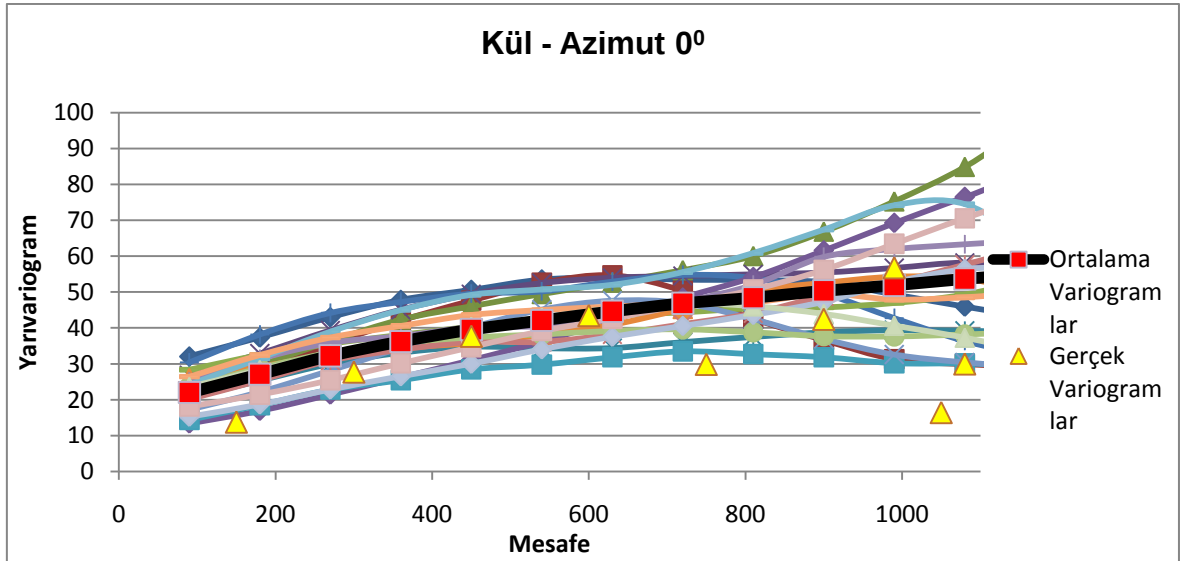


Şekil 4.44. Koşullu ardışık normal benzetim yöntemi ile üretilen kül değişkenine ilişkin simülasyonlardan 1'nci, 30'ncu, 60'ncı ve 90'ncı simülasyonların histogramları

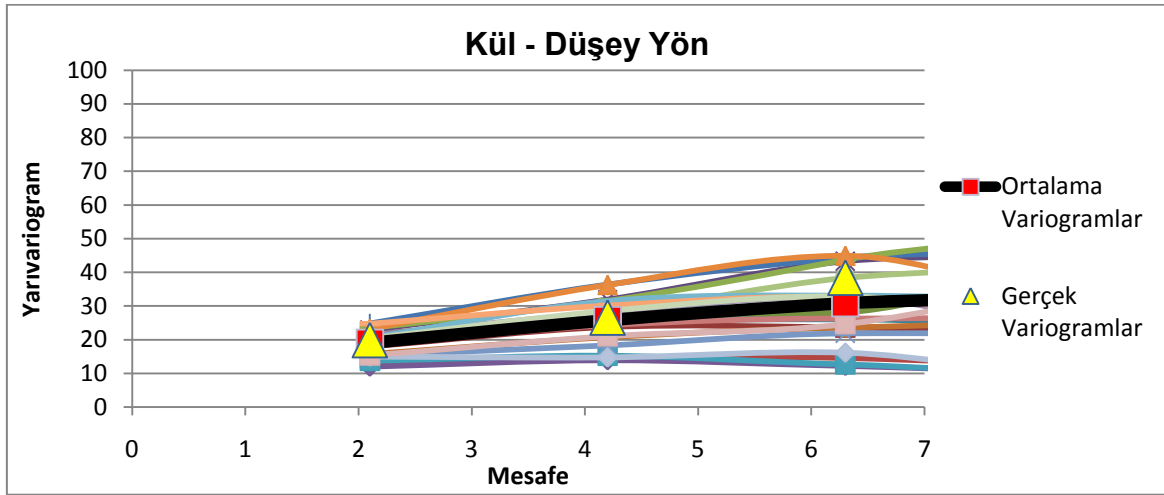
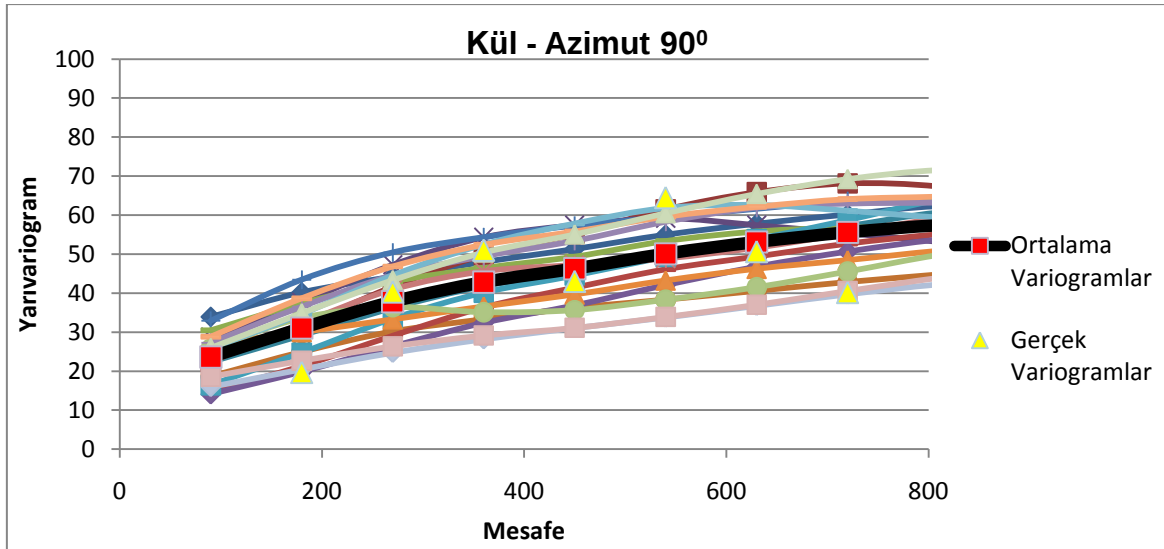
Çizelge 4.24. Kül değişkenine ilişkin 1'nci, 30'ncu, 60'nci ve 90'nci simülasyonların birbirleri arasındaki korelasyon katsayıları

	1'nci Simülasyon	30'ncu Simülasyon	60'nci Simülasyon	90'nci Simülasyon
1'nci Simülasyon	1	-0.07	-0.19	-0.11
30'ncu Simülasyon	-0.07	1	0.33	-0.03
60'nci Simülasyon	-0.19	0.33	1	0.05
90'nci Simülasyon	-0.11	-0.03	0.05	1

Himmetoğlu Linyit Sahası A panosu için koşullu ardışık normal benzetim yöntemi kullanılarak oluşturulmuş kül değişkenine ilişkin 100 adet simülasyondan; 5'nci, 10'ncu, 15'nci, ..., 99'ncu benzetimlerin (20 adet benzetimin) deneysel variogram değerlerini ve gerçek kül değişkeninin deneysel variogram değerlerini içeren grafikler Şekil 4.45'de verilmiştir. Şekilde; 0 derece, 90 derece yönlerinde ve düşey yöndeki variogramlar incelenmiştir.



Şekil 4.45. Kül değişkeni için koşullu ardışık normal benzetim yöntemiyle modellenmiş simülasyonların variogramları ile gerçek değerlerin variogramları



Şekil 4.45. (devam ediyor) Kül değişkeni için koşullu ardışık normal benzetim yöntemiyle modellenmiş simülasyonların variogramları ile gerçek değerlerin variogramları

100 farklı simülasyondan 20'sinin variogramı 0 derece, 90 derece azimutlarda ve düşey yönlerde incelenmiş ve gerçek değerlerin deneysel variogramlarıyla kıyaslanmıştır. Variogramların büyük ölçüde gerçek değerleriyle benzerlik gösterdiği ancak gerçek değerler için düşük adım uzaklığında hesap edilen deneysel variogram değerlerinin, benzetimlerden hesap edilen deneysel variogram değerlerinden düşük olduğu görülmüştür. Bunun sebebi, A panosunun batı kısmında; ısı, nem ve kül değişkenlerine ilişkin analiz değerleri var olan sondajların birbirlerine çok yakın mesafeye sahip olmalarıdır (Şekil 4.1). Başka bir ifadeyle, gerçek veriler için düşük adım uzaklığında hesap edilen deneysel variogramlar panonun sadece batı kesimini temsil etmekte, bu durum bu adım

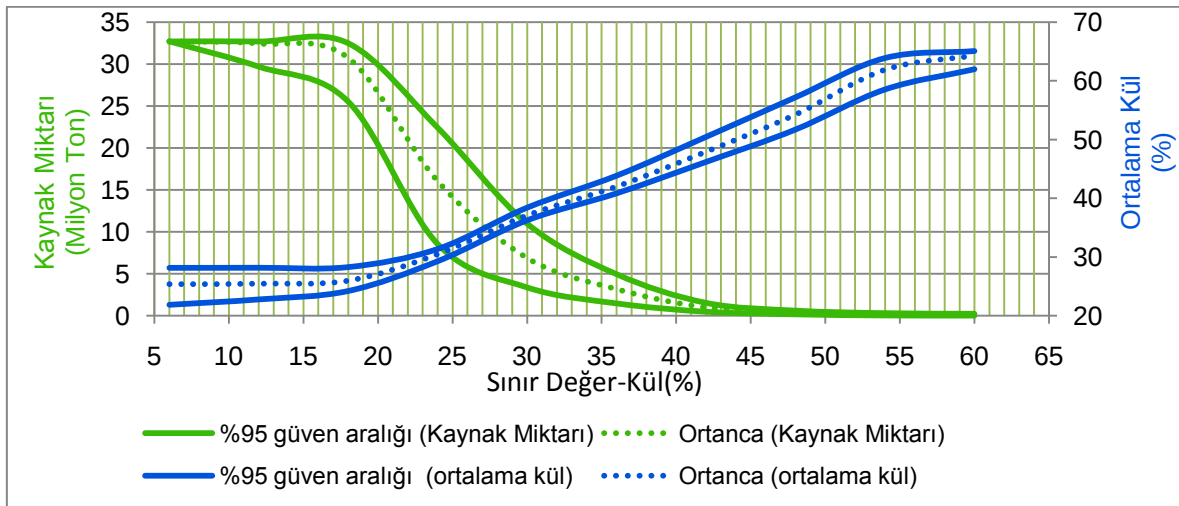
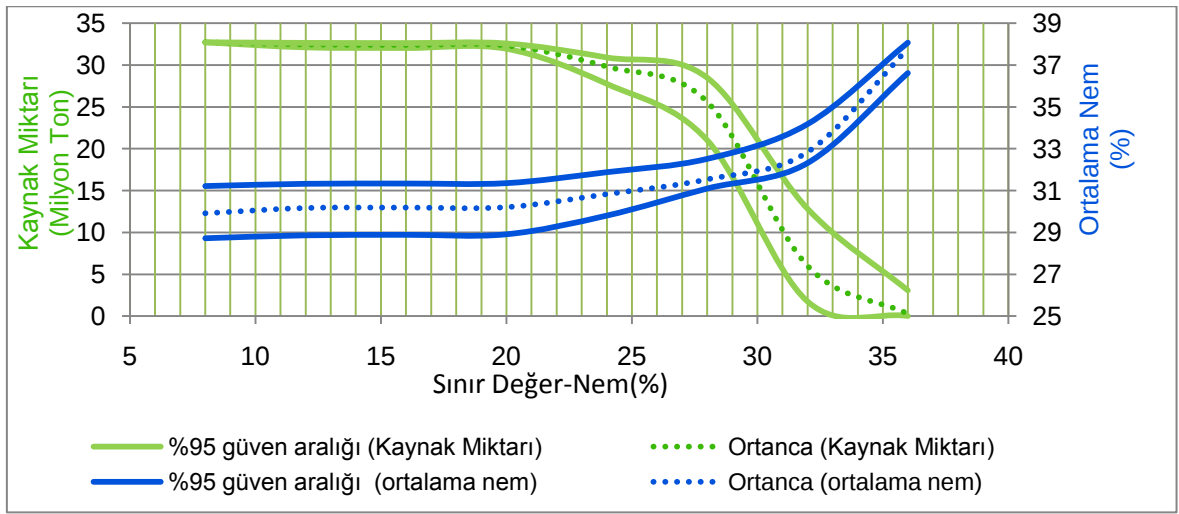
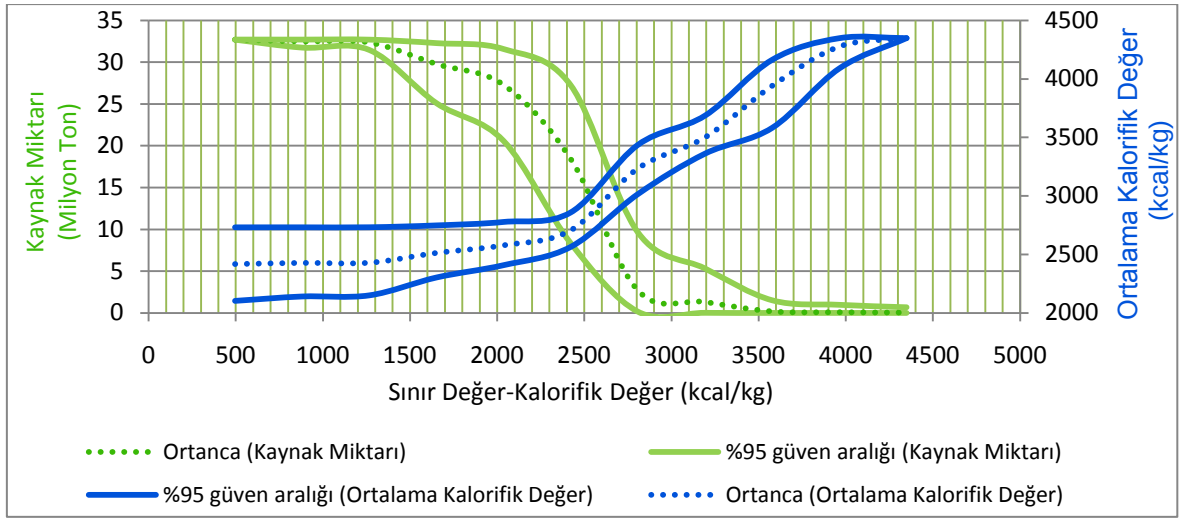
uzaklığında verilerin arasındaki varyansın azalmasına sebep olmaktadır. Sondaj verilerindeki bu kümeleşmeye rağmen, simülasyonların variogramlarıyla gerçek değerlerin variogramlarının genel olarak benzer yapıya sahip oldukları söylenebilir.

4.5.4. Koşullu Ardışık Normal Benzetim Yöntemiyle Üretilen Simülasyonlardan Kalite – Tonaj Eğrilerinin Oluşturulması

Koşullu ardışık normal benzetim yöntemi ile; ısı değer, nem ve kül değişkenleri için üretilen 100 adet simülasyonun herbirinin tonaj ve ortalama değişken kalitesi, değişkenlerin en büyük ve en küçük değerleri göz önünde bulundurularak belirlenen herbir sınır değeri (cut-off) için hesaplanmıştır.

Örneğin, 1. Simülasyon kullanılarak 2037 kcal/kg sınır değeri için, bu değerden yüksek ısı değerine sahip herbir 50m x 50m x 2m boyutundaki bloğun hacminden tonaj hesap edilmiş (1.45 ton/m^3 kömür yoğunluğu kullanılarak) ve bu blokların sahip oldukları kalite değerlerinin ortalaması hesap edilmiştir. Aynı sınır değeri için diğer 99 simülasyon için de tonaj ve ortalamalar belirlenmiştir. 100 farklı simülasyon için elde edilen sınır değeri üzerindeki tonajlar ve ortalama değerleri küçükten büyüğe sıralanmış; 2. ve 3. sıradaki tonaj ve ortalama kalite değerlerinin ortalaması (%95 güven aralığı alt sınırı) ile 97. ve 98. sıradaki tonaj ve ortalama kalite değerlerinin ortalaması (%95 güven aralığı üst sınırı) hesap edilmiştir. Sonuç olarak, A panosunda %95 güven aralığında 2037 kcal/kg' dan daha yüksek ısı değerinde 20,586,375 ton – 31,573,750 ton arasında kaynak miktarı olduğu, bu kaynağın %95 güven aralığında 2408 kcal/kg – 2778 kcal/kg arasında ortalama ısı değerine sahip olduğu hesaplanmıştır. Bu işlem belirlenen diğer sınır değerler için ve diğer değişkenler için de tekrar edilerek herbir sınır değeri için tonaj ve ortalama ile ilgili %95 güven aralıkları oluşturulmuştur.

Isı değeri, nem ve kül değişkenlerine ilişkin tonaj- kalite eğrileri Şekil 4.46'da verilmiştir. Bu eğrilerden yeşil renkli olanlar %95 güven aralığında tonaj miktarının sınır değere göre değişimini, mavi renkli olanlar ise %95 güven aralığında kalitenin sınır değere göre değişimini göstermektedir.



Şekil 4.46. Isıl değer, nem ve kül değişkenleri için koşullu ardışık normal benzetim yöntemiyle üretilen simülasyonlar kullanılarak %95 güven aralığında hesaplanan kalite-tonaj ve kalite-ortalama kalite eğrileri

Ortalama ısı değere ilişkin güven aralığının genişliği sınır değere ve ısı değerinin dağılımına bağlıdır (Şekil 4.5.a). Dağılımın şekline bağlı olarak %95 güven aralığının daralması ya da genişlemesinin nedeni dağılımın uçlarındaki aykırı değerlerdir. Isıl değere ilişkin dağılım sol uçta çok düşük, sağ uçta ise çok yüksek değerlerin bulunduğu bir dağılımdır. Düşük sınır değerinde sol uçtaki çok sayıda aykırı değer, aralığın genişlemesine neden olmaktadır. Ortanca sınır değere doğru ortalamaya yakın değerlerin sayısı artıp, aykırı değerlerin etkisi azalmakta ve bunun bir sonucu olarak %95 güven aralığı daralmaktadır. Aralıktaki daralma sağ uçtaki aykırı değerlerin etkisini göstermeye başladığı belirli bir sınır değere kadar devam etmektedir. Bu sınır değerden sonra çok sayıda aykırı değer etkisi ile aralığın genişliği yükselmektedir.

Alt ısı değere benzer şekilde ortalama küle ilişkin güven aralığındaki değişim de sınır değere ve kül dağılımına (Şekil 4.5.b) bağlıdır. Alt ısı değeri için yapılan yorumlar kül için de yapılabilir.

Nem ise sola çarpık bir dağılım gösterdiği için (Şekil 4.5.c) aykırı değerler sol uçta yer almaktadır. Bu nedenle sınır değeri yükseldikçe ortalama neme ilişkin aralığın genişliği azalmaktadır.

Tonaja ilişkin %95 güven aralığının genişliği, sınır değere bağlıdır. Tüm değişkenler için aralığın genişliği, ortanca sınır değerinde en yüksekken çok küçük ve çok büyük değerlere gidildikçe azalmaktadır. Ortanca değer çevresinde tonaja ilişkin güven aralığının genişlemesi, bu genişlemenin görgül birikimli dağılım fonksiyonları (empirical cumulative distribution functions) ile modellenmesiyle açıklanabilir. Görgül birikimli dağılım fonksiyonu, $F_n(z_k)$, z_k' ya eşit yada daha az olan verilerin oranını gösterir;

$$F_n(z_k) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n I(z_k) \quad (4.1)$$

Üstte verilen eşitlikte $I(z_k)$, indikatör değişkeni tanımlamaktadır:

$$I(z_k) = \begin{cases} 1, & z \geq z_k \\ 0, & z < z_k \end{cases} \quad (4.2)$$

$n \cdot F_n(z_k)$, binomal bir rastlantı değişkenidir. Güven aralığının genişliğinin ölçüsü olarak varyans kullanıldığında;

$$\text{Var}[F_n(z_k)] = \frac{1}{n} F(z_k) [1 - F(z_k)] \quad (4.3)$$

elde edilir. Sınır değer z_k , ortancaya eşit olduğunda $\text{Var}[F_n(z_k)]$ maksimumdur. Çok küçük ve çok büyük sınır değerlere doğru gidildikçe varyans azalır. Bu nedenle tonaja ilişkin aralığın genişliği ortanca ve çevresinde artış göstermektedir.

5. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında Himmetoğlu Linyit Sahasının A, B ve K panolarının katı modelleri oluşturulmuş, A panosunun ısı değer, kül ve nem değişkenleri ortalamasız kriging yöntemi ve ardışık normal benzetim yöntemi kullanılarak jeostatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Kestirim ve simülasyonlardan kalite – tonaj eğrileri üretilmiş, simülasyon değerleri kullanılarak bu eğrilerdeki belirsizlikler ortaya konulmuştur.

Sahanın tümü için, hem bugüne kadar yapılan üretimlerin hem de mevcut kaynak miktarının katı modeli oluşturulmuştur. 1.45 gr/cm^3 kömür yoğunluğu kullanılarak katı modellerin hacimlerinden toplam 35,5 milyon ton civarında kaynak miktarı hesap edilmiştir.

Ham verilerin variogramları incelendiğinde ısı değer ve kül değişkenlerinin anizotropi yönlerinin (sırasıyla azimut 0° ve 160°) birbirlerine yakın olduğu görülmüştür. En yüksek etki mesafeleri; ısı değer için kuzey-güney (azimut 0°) yönünde 1200 metre, nem için doğu-batı (azimut 90°) yönünde 2400 metre ve kül için kuzeybatı-güneydoğu (azimut 160°) yönünde 1750 metre olarak saptanmıştır.

Çapraz doğrulama yöntemiyle yapılan testler, belirlenen variogram modellerinin jeostatistiksel kestirim için kullanılabilir nitelikte olduğunu göstermiştir.

50m x 50m x 2m boyutlarındaki bloklara bölünen A panosunun, ortalamasız kriging yöntemi kullanılarak kestirilen ısı değer, nem ve kül değerlerinin ortalamaları sırasıyla 2430.39 kcal/kg, %30.06, %25.79 olarak hesap edilmiştir. Yapılan kestirimlere ilişkin kriging varyansının veri yoğunluğunun azaldığı bölgelerde yükseldiği görülmektedir. Yüksek kriging varyansına sahip olan bölgelerde yapılacak ilave sondajlar, bu bölgelere dair daha güvenilir kestirim değerleri üretmeye olanak sağlayacaktır. Isı değer ve kül değişkenleri için yapılan kestirimlerden bu iki değişkenin arasında negatif ilişki olduğu görülmektedir. Ayrıca nem kestirimleri, batı-doğu yönünde ilerledikçe nem değerinin azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Normal skorlara dönüştürülmüş değişkenlerin maksimum yapısal uzaklıkları ısı değer için K-G yönünde (azimut 0^0) 1026 m, nem için D-B yönünde (azimut 90^0) 1090 m, kül için ise K-G yönünde (azimut 0^0) 1053 m olmuştur.

Isıl değer, nem ve kül değişkenleri için koşullu ardışık normal benzetim yöntemi kullanılarak, 50m x 50m x 2m boyutlarındaki bloklara bölünmüş olan A panosunun 100 farklı simülasyonu oluşturulmuştur. Benzetim değerlerinin gerçek değerlerle benzer dağılım ve istatistiksel özelliklere sahip olmaları, ayrıca simülasyonların birbirleri arasındaki ilişki katsayılarının çok düşük olması yapılan benzetimlerin sağlıklı olduğuna işaret etmektedir.

100 farklı simülasyondan 20'sinin variogramı 0 derece, 90 derece azimutlarda ve düşey yönlerde incelenmiş ve gerçek değerlerin deneysel variogramlarıyla kıyaslanmıştır. Variogramların büyük ölçüde gerçek değerlerinkiyle benzerlik gösterdiği ancak gerçek değerler için düşük adım uzaklığında hesap edilen deneysel variogram değerlerinin, benzetimlerden hesap edilen deneysel variogram değerlerinden düşük olduğu görülmüştür.

Kestirim haritaları 2200 kcal/kg ısı değere sahip linyitle beslenen bir termik santral için sahanın orta-kuzey, güneydoğu ve kuzey doğu kesimindeki 1000-1500 kcal/kg ısı değere sahip linyitin, 2500-3000 kcal/kg ısı değere sahip linyit ile birlikte üretilmesi ve uygun oranda karıştırılarak santrale beslenmesi gerektiğini göstermektedir. Özellikle verilerin ortanca değerleri civarında belirsizliğin azaldığı dikkat çekmektedir. Ayrıca, nem değişkenine ilişkin kalite-ortalama kalite eğrisinde yalnız ortanca değer civarında değil sınır değer arttıkça belirsizliğin genel bir azalış eğiliminde olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

Armstrong, M., 1998, Basic linear geostatistics, Springer, 153p.

Armstrong, M. and Dowd, P. A., 1993, Reminders on the conditional kriging, Geostatistical simulation, Fouquet, Ch. (eds.), Kluwer Academic Publishers, pp. 131-145.

Besbelli, B., 1991, Adapazarı H25 b1, b4, c1 paftalarının jeolojisi ve petrol olanaklar, MTA Raporu (yayımlanmamış).

Bulkan, Ö., 2003, Himmetoğlu (Göynük-Bolu) yöresindeki kömür-bitümlü şist birlikteliğinin paleoekolojik nedenleri, İst. Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi

Clark, I. and Harper, W., 2000, Practical geostatistics, Greyden Press, Ohio, 342p.

Clark, I., 1979, Practical geostatistics, Applied Science Publishers Ltd., London, England.

Dowd, P.A., 1992, Basic geostatistics for the mining industry, The University of Leeds, 226p.

Efron, B., 1979, Bootstrap methods: another look at the jackknife, Annals of Statistics, 7, 1-26.

Eroskay, O., 1965, Paşalar Boğazı-Gölpazarı sahasının jeolojisi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Seri B, Cilt 30, 3-4, 135-170.

Isaacs, E.H. and Srivastava, M.R., 1989, An introduction to applied geostatistics, Oxford University press, 561p.

İnal, C. ve Yiğit, C.Ö., 2003, Jeodezik uygulamalarda kriging enterpolasyon yönteminin kullanılabilirliği, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, 24-26 Eylül 2003, Konya, s.177-179.

Köse, A., 2004, Bootstrap'a dayalı rezerv kestirim yöntemlerinin geliştirilmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara

Olea, R.A., 1999, Geostatistics for engineers and earth scientists, Kluwer Academic Publishers, Massachussetts, USA, 303p.

Saner, S., 1977, Geyve-Osmaneli-Gölpazarı-Taraklı alanının jeolojisi, eski çökelme ortamları ve çökelmenin evrimi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi.

Saner, S. 1980, Mudurnu-Göynük havzasının Jura ve sonrası çökelim nitelikleriyle paleocoğrafya yorumlaması, TJK Bülteni, 23, (1), 39-53.

Sonel, N., Sarı, A. ve Tozlu, E., 1987, Himmetoğlu-Bolu-Göynük yöresinin jeolojisi ve linyit oluşumları, S.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 2, 51-67.

Şener, M., 1992, Himmetoğlu (Bolu-Göynük) Neojen baseninin jeolojik-mineralojik ve jeokimyasal incelemesi, Doktora Tezi, H.Ü. Müh. Fak., Jeoloji Müh. Böl., 145 s (yayımlanmamış).

Taka, M., 1988, Himmetoğlu (Göynük-Bolu) sahasının bitümlü şeyl olanakları ve sondajları, MTA Raporu, Derleme No:8533 (yayımlanmamış).

Tercan, A.E., 1996, Maden yatakları sınır belirsizliğinin indikatör kriging ile değerlendirilmesi ve Sivas-Kangal-Kalburçayırı kömür yatağında bir uygulama. Madencilik Dergisi, No. 35-4, 3-11.

Tercan, A.E. ve Saraç, C., 1998, Maden yataklarının değerlendirilmesinde jeostatistiksel yöntemler, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, no: 48, Ankara, 137s.

Tercan A.E., 2003, The ranked tile resampling in assessing accuracy for global coal reserve estimates, Energy Sources, No. 25-1, 93-102.

Tercan, A.E. ve Özçelik, Y., 2004, Bir andezit ocağında bazı mekanik özelliklerin jeostatistiksel benzetimi, 7. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, Sivas, 119-123.

Tercan, A.E. ve Akcan, E., 2005, Linyit kalitesi-rezerv eğrilerindeki belirsizliğin jeostatistiksel benzetimle değerlendirilmesi: Örnek bir çalışma, Madencilik, Cilt 44, Sayı 2, 3-16.

TKİ, 2005, Bolu-Göynük linyit sahası değerlendirme raporu, 2005, TKİ Etüd Proje ve Tesis Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Tuncalı, E., Gürsoy, N. ve Gürsoy, B., 1987, Bolu-Göynük-Himmetoğlu sahasının sondajlı kömür aramaları raporu, MTA Raporu, 16s (yayımlanmamış).

Turgut, A. ve Dümenci, S., 1980, Bolu-Göynük linyit havzasına ait jeolojik rapor, MTA Raporu, Derleme No:6885 (yayımlanmamış).

Tüysüz, O., 2007, Göynük (Bolu) Himmetoğlu kömür sahasının jeolojisi, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ulusay, R., Ekmekçi, M., Gökçeoğlu, C., Sönmez, H., Tuncay, E., Erdoğan, S., 1998, TKİ Himmetoğlu (Göynük-Bolu) linyit açık işletmesi şev duraylılığı projesi, Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara.

Webster, R. and Oliver, M.A., 2001, Geostatistics for environmental scientists, John Wiley&Sons, Chichester, England.

Zhang, Y., 2008, Introduction to Geostatistics – Course Notes, University of Wyoming, <http://faculty.gg.uwyo.edu/yzhang/files/Geosta1.pdf>, 29p.

EK- 1

JEOİSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRMEDE KULLANILAN

HİMMETOĞLU LİNYİT SAHASI

A PANOSUNUN

KOMPOZİTLEŞTİRİLMİŞ VERİLERİ

Komp. No	X	Y	Z	ISIL DEĞER		NEM		KUL	
				HAM VERİ	NSKOR	HAM VERİ	NSKOR	HAM VERİ	NSKOR
1	567199	4457309	479	2703	0.83269	31.33	-0.13518	21.23	-0.49575
2	567199	4457309	481	2703	0.74678	31.33	-0.24501	21.23	-0.62184
3	567199	4457309	483	2703	0.88465	31.33	-0.04494	21.23	-0.39647
4	567199	4457309	485	2703	0.78289	31.33	-0.18066	21.23	-0.54722
5	567199	4457309	487	2703	0.99652	31.33	0.05393	21.23	-0.29158
6	567205	4457183	488	2703	0.80754	31.33	-0.15333	21.23	-0.51617
7	567205	4457183	490	2703	0.85838	31.33	-0.06293	21.23	-0.41599
8	567205	4457183	492	2703	0.92524	31.33	0.00000	21.23	-0.34832
9	567205	4457183	494	2703	0.77074	31.33	-0.18980	21.23	-0.55768
10	567235	4457098	472	2703	0.96742	31.33	0.02696	21.23	-0.31982
11	567235	4457098	474	2703	0.89802	31.33	-0.01797	21.23	-0.36748
12	567235	4457098	476	2703	0.71162	31.33	-0.31038	21.23	-0.70009
13	567235	4457098	478	2703	0.95317	31.33	0.01797	21.23	-0.32929
14	567235	4457098	480	2703	0.67731	31.33	-0.35788	21.23	-0.75871
15	567245	4457150	480	2703	0.93912	31.33	0.00898	21.23	-0.33879
16	567245	4457150	482	2703	1.01139	31.33	0.06293	21.23	-0.28222
17	567245	4457150	484	2703	0.84547	31.33	-0.07194	21.23	-0.42580
18	567245	4457150	486	2703	0.82005	31.33	-0.14425	21.23	-0.50593
19	567249	4457249	473	2703	0.98187	31.33	0.04494	21.23	-0.30097
20	567249	4457249	475	2703	0.87144	31.33	-0.05393	21.23	-0.40621
21	567249	4457249	477	2703	0.68866	31.33	-0.33879	21.23	-0.73496
22	567249	4457249	479	2703	0.65488	31.33	-0.39647	21.23	-0.80754
23	567249	4457249	481	2703	0.75871	31.33	-0.20813	21.23	-0.57880
24	567284	4457442	493	2669	0.61097	32.14	1.02649	19.79	-0.96742
25	567284	4457442	495	2669	0.60018	32.14	0.99652	19.79	-0.99652
26	567284	4457442	497	2669	0.58946	32.14	0.91155	19.79	-1.08938
27	567284	4457442	499	2669	0.57880	32.14	0.89802	19.79	-1.10579
28	567284	4457442	501	2669	0.56821	32.14	0.84547	19.79	-1.17463
29	567301	4457288	468	2600	0.38677	32.14	0.96742	19.79	-1.02649
30	567301	4457288	470	2600	0.39647	32.14	0.98187	19.79	-1.01139
31	567301	4457288	472	2600	0.30097	32.14	0.80754	19.79	-1.23016
32	567301	4457288	474	2600	0.37711	32.14	0.95317	19.79	-1.04183
33	567301	4457288	476	2600	0.35788	32.14	0.92524	19.79	-1.07326
34	567321	4457175	487	2650	0.55768	31.33	0.03595	21.23	-0.31038
35	567321	4457175	489	2650	0.48562	31.33	-0.29158	21.23	-0.67731
36	567321	4457175	491	2650	0.50593	31.33	-0.22653	21.23	-0.60018
37	567321	4457175	493	2650	0.54722	31.33	-0.03595	21.23	-0.38677
38	567332	4457372	470	2550	0.07194	32.14	0.82005	19.79	-1.21123
39	567332	4457372	472	2550	0.09899	32.14	0.85838	19.79	-1.15690
40	567332	4457372	474	2550	0.08095	32.14	0.83269	19.79	-1.19273
41	567332	4457372	476	2550	0.10802	32.14	0.87144	19.79	-1.13953
42	567332	4457372	478	2550	0.12611	32.14	0.93912	19.79	-1.05741

Komp. No	X	Y	Z	ISIL DEĞER		NEM		KUL	
				HAM VERİ	NSKOR	HAM VERİ	NSKOR	HAM VERİ	NSKOR
43	567335	4457501	505	2582	0.22653	29.85	-0.77074	23.53	0.02696
44	567335	4457501	507	2582	0.20813	29.85	-0.79516	23.53	0.00898
45	567335	4457501	509	2582	0.21732	29.85	-0.78289	23.53	0.01797
46	567335	4457501	511	2582	0.23576	29.85	-0.75871	23.53	0.03595
47	567341	4456847	475	2703	0.91155	31.33	-0.00898	21.23	-0.35788
48	567341	4456847	477	2703	0.79516	31.33	-0.16243	21.23	-0.52646
49	567380	4456695	480	3118	1.53230	25.42	-1.23016	20.81	-0.87144
50	567380	4456695	483	3154	1.59322	8.80	-2.91261	32.02	0.98187
51	567402	4456980	438	2703	0.70009	31.33	-0.31982	21.23	-0.71162
52	567402	4456980	440	2703	0.66605	31.33	-0.38677	21.23	-0.79516
53	567402	4456980	442	2703	0.72324	31.33	-0.28222	21.23	-0.66605
54	567402	4456980	444	2703	0.73496	31.33	-0.26357	21.23	-0.64379
55	567403	4457096	457	2650	0.49575	31.33	-0.25427	21.23	-0.63277
56	567403	4457096	459	2650	0.52646	31.33	-0.09899	21.23	-0.45551
57	567403	4457096	461	2650	0.51617	31.33	-0.17154	21.23	-0.53681
58	567403	4457096	463	2650	0.53681	31.33	-0.08996	21.23	-0.44556
59	567403	4457096	465	2650	0.47553	31.33	-0.30097	21.23	-0.68866
60	567409	4457286	458	2550	0.06293	31.33	-0.37711	21.23	-0.78289
61	567409	4457286	460	2550	0.08996	31.33	-0.23576	21.23	-0.61097
62	567409	4457286	462	2550	0.11706	31.33	-0.12611	21.23	-0.48562
63	567417	4457599	523	2567	0.14425	31.84	0.62184	21.37	-0.24501
64	567417	4457599	525	2567	0.15333	31.84	0.63277	21.37	-0.23576
65	567417	4457599	527	2567	0.17154	31.84	0.65488	21.37	-0.21732
66	567417	4457599	529	2567	0.13518	31.84	0.60018	21.37	-0.26357
67	567417	4457599	531	2567	0.18066	31.84	0.67731	21.37	-0.19896
68	567417	4457599	533	2567	0.16243	31.84	0.64379	21.37	-0.22653
69	567436	4456858	454	2650	0.46549	31.33	-0.32929	21.23	-0.72324
70	567436	4456858	456	2650	0.45551	31.33	-0.34832	21.23	-0.74678
71	567482	4457082	465	2600	0.36748	31.33	-0.08095	21.23	-0.43566
72	567482	4457082	467	2600	0.31982	31.33	-0.21732	21.23	-0.58946
73	567482	4457082	469	2600	0.32929	31.33	-0.19896	21.23	-0.56821
74	567482	4457082	471	2600	0.31038	31.33	-0.27288	21.23	-0.65488
75	567508	4456943	433	2600	0.29158	31.33	-0.36748	21.23	-0.77074
76	567508	4456943	435	2600	0.34832	31.33	-0.10802	21.23	-0.46549
77	567508	4456943	437	2600	0.33879	31.33	-0.11706	21.23	-0.47553
78	567508	4456943	439	2600	0.40621	31.33	-0.02696	21.23	-0.37711
79	567579	4456650	453	1443	-1.87399	37.68	2.05971	30.73	0.89802
80	567579	4456650	455	1443	-1.92874	37.68	1.98996	30.73	0.88465
81	567674	4457671	527	2521	0.02696	31.49	0.32929	23.48	-0.04494
82	567674	4457671	529	2521	0.00898	31.49	0.17154	23.48	-0.10802
83	567674	4457671	531	2521	0.03595	31.49	0.43566	23.48	-0.02696
84	567674	4457671	533	2521	0.01797	31.49	0.24501	23.48	-0.07194

Komp. No	X	Y	Z	ISIL DEĞER		NEM		KUL	
				HAM VERİ	NSKOR	HAM VERİ	NSKOR	HAM VERİ	NSKOR
85	567711	4457822	570	2439	-0.21732	31.49	0.13518	24.27	0.13518
86	567711	4457822	572	2439	-0.20813	31.49	0.15333	24.27	0.15333
87	567711	4457822	574	2439	-0.18980	31.49	0.51617	24.27	0.44556
88	567711	4457822	576	2439	-0.19896	31.49	0.38677	24.27	0.32929
89	567726	4457567	492	2500	-0.05393	31.49	0.30097	23.48	-0.05393
90	567726	4457567	494	2500	-0.04494	31.49	0.35788	23.48	-0.03595
91	567726	4457567	496	2500	-0.02696	31.49	0.52646	23.48	-0.00898
92	567726	4457567	498	2500	-0.06293	31.49	0.21732	23.48	-0.08095
93	567726	4457567	500	2500	-0.09899	31.49	0.12611	23.48	-0.11706
94	567752	4457255	430	2500	-0.07194	32.14	0.88465	19.79	-1.12250
95	567752	4457255	432	2500	-0.10802	32.14	0.77074	19.79	-1.28976
96	567752	4457255	434	2500	-0.03595	32.14	1.01139	19.79	-0.98187
97	567752	4457255	436	2500	-0.08996	32.14	0.78289	19.79	-1.26939
98	567752	4457255	438	2500	-0.08095	32.14	0.79516	19.79	-1.24953
99	567800	4457674	520	2450	-0.13518	31.49	0.44556	24.27	0.37711
100	567800	4457674	522	2450	-0.11706	31.49	0.50593	24.27	0.43566
101	567800	4457674	524	2450	-0.17154	31.49	0.22653	24.27	0.20813
102	567800	4457674	526	2450	-0.16243	31.49	0.29158	24.27	0.26357
103	567800	4457674	528	2450	-0.14425	31.49	0.36748	24.27	0.31038
104	567807	4457199	432	2272	-0.89802	30.99	-0.53681	28.19	0.72324
105	567807	4457199	434	2272	-0.88465	30.99	-0.52646	28.19	0.73496
106	567807	4457199	436	2272	-0.91155	30.99	-0.54722	28.19	0.71162
107	567807	4457199	438	2272	-0.92524	30.99	-0.55768	28.19	0.70009
108	567807	4457199	440	2272	-0.93912	30.99	-0.56821	28.19	0.68866
109	567807	4457199	441	2854	1.33220	30.68	-0.65488	19.13	-1.33220
110	567807	4457199	442	2854	1.31069	30.68	-0.66605	19.13	-1.35434
111	567807	4457199	443	1417	-2.05971	9.92	-2.36724	65.18	2.91261
112	567825	4456577	399	3570	2.24002	21.60	-1.82434	18.94	-1.45038
113	567825	4456577	401	3465	1.92874	22.40	-1.62603	17.31	-1.53230
114	567825	4456577	403	3465	1.98996	22.40	-1.59322	17.37	-1.50386
115	567825	4456577	405	3570	2.36724	21.60	-1.77882	18.94	-1.42512
116	567932	4457658	510	2338	-0.63277	31.49	0.19896	24.27	0.18980
117	567932	4457658	512	2338	-0.55768	31.49	0.33879	24.27	0.29158
118	567932	4457658	514	2338	-0.57880	31.49	0.31038	24.27	0.27288
119	567932	4457658	516	2338	-0.64379	31.49	0.18980	24.27	0.18066
120	567932	4457658	518	2338	-0.44556	31.49	0.54722	24.27	0.46549
121	567943	4457478	446	2450	-0.18066	31.84	0.61097	21.37	-0.25427
122	567943	4457478	448	2450	-0.15333	31.84	0.66605	21.37	-0.20813
123	567943	4457478	450	2450	-0.12611	31.84	0.68866	21.37	-0.18980
124	567951	4457861	572	2338	-0.66605	31.49	0.16243	24.27	0.16243
125	567951	4457861	574	2338	-0.49575	31.49	0.45551	24.27	0.38677
126	567951	4457861	576	2338	-0.52646	31.49	0.39647	24.27	0.33879

Komp. No	X	Y	Z	ISIL DEĞER		NEM		KUL	
				HAM VERİ	NSKOR	HAM VERİ	NSKOR	HAM VERİ	NSKOR
127	567951	4457861	578	2338	-0.54722	31.49	0.34832	24.27	0.30097
128	567976	4457046	439	1812	-1.17463	27.35	-0.98187	38.22	1.50386
129	567976	4457046	440	1812	-1.15690	27.35	-0.96742	33.22	1.02649
130	567976	4457046	442	3060	1.47659	31.25	-0.41599	15.85	-1.87399
131	567976	4457046	444	2801	1.26939	29.91	-0.74678	21.60	-0.18066
132	568032	4457579	484	2400	-0.27288	31.90	0.72324	23.48	-0.06293
133	568032	4457579	486	2400	-0.26357	31.90	0.73496	23.48	-0.01797
134	568032	4457579	488	2400	-0.29158	31.90	0.70009	23.48	-0.09899
135	568032	4457579	490	2400	-0.28222	31.90	0.71162	23.48	-0.08996
136	568050	4456850	393	2975	1.40075	32.47	1.21123	16.11	-1.73672
137	568050	4456850	395	2975	1.35434	32.47	1.17463	16.11	-1.82434
138	568050	4456850	397	2975	1.37717	32.47	1.19273	16.11	-1.77882
139	568071	4457734	522	2338	-0.51617	31.49	0.41599	24.27	0.35788
140	568071	4457734	524	2338	-0.58946	31.49	0.28222	24.27	0.25427
141	568071	4457734	526	2338	-0.56821	31.49	0.31982	24.27	0.28222
142	568071	4457734	528	2338	-0.47553	31.49	0.47553	24.27	0.40621
143	568121	4457667	504	2338	-0.60018	31.49	0.27288	24.27	0.24501
144	568121	4457667	506	2338	-0.53681	31.49	0.37711	24.27	0.31982
145	568121	4457667	508	2338	-0.48562	31.49	0.46549	24.27	0.39647
146	568121	4457667	510	2338	-0.68866	31.49	0.11706	24.27	0.12611
147	568224	4457213	425	2415	-0.24501	31.53	0.56821	25.61	0.57880
148	568224	4457213	427	2415	-0.25427	31.53	0.55768	25.61	0.56821
149	568224	4457213	429	2415	-0.23576	31.53	0.57880	25.61	0.58946
150	568224	4457213	431	2415	-0.22653	31.53	0.58946	25.61	0.60018
151	568242	4457740	525	2338	-0.61097	31.49	0.26357	24.27	0.23576
152	568242	4457740	527	2338	-0.62184	31.49	0.25427	24.27	0.22653
153	568242	4457740	529	2338	-0.67731	31.49	0.14425	24.27	0.14425
154	568296	4457346	425	2300	-0.83269	31.43	0.07194	22.28	-0.15333
155	568296	4457346	427	2300	-0.75871	31.43	0.09899	22.28	-0.12611
156	568296	4457346	429	2300	-0.78289	31.43	0.08095	22.28	-0.14425
157	568296	4457346	431	2300	-0.77074	31.43	0.08996	22.28	-0.13518
158	568318	4457912	568	2338	-0.65488	31.49	0.18066	24.27	0.17154
159	568321	4457810	527	2338	-0.50593	31.49	0.42580	24.27	0.36748
160	568321	4457810	529	2338	-0.45551	31.49	0.53681	24.27	0.45551
161	568321	4457810	531	2338	-0.46549	31.49	0.49575	24.27	0.42580
162	568332	4457595	484	495	-2.55063	30.50	-0.67731	51.71	2.55063
163	568332	4457595	485	495	-2.91261	30.50	-0.68866	51.71	2.36724
164	568332	4457595	487	2313	-0.71162	32.65	1.35434	25.38	0.54722
165	568332	4457595	489	2313	-0.73496	32.65	1.31069	25.38	0.52646
166	568332	4457595	491	2313	-0.70009	32.65	1.37717	25.38	0.55768
167	568332	4457595	492	2313	-0.72324	32.65	1.33220	25.38	0.53681
168	568332	4457595	495	3079	1.50386	34.68	1.87399	12.99	-1.98996

Komp. No	X	Y	Z	ISIL DEĞER		NEM		KUL	
				HAM VERİ	NSKOR	HAM VERİ	NSKOR	HAM VERİ	NSKOR
169	568332	4457595	496	2572	0.18980	33.23	1.47659	21.35	-0.27288
170	568366	4456953	393	2300	-0.80754	27.67	-0.92524	29.72	0.84547
171	568366	4456953	395	2300	-0.79516	27.67	-0.91155	29.72	0.85838
172	568366	4456953	397	2300	-0.82005	27.67	-0.93912	29.72	0.83269
173	568416	4456620	375	2588	0.28222	38.35	2.91261	16.22	-1.56204
174	568416	4456620	377	2588	0.27288	38.35	2.55063	16.22	-1.59322
175	568416	4456620	377	2588	0.24501	38.35	2.14120	16.22	-1.69748
176	568416	4456620	380	2588	0.25427	38.35	2.24002	16.22	-1.66070
177	568416	4456620	381	2588	0.26357	38.35	2.36724	16.22	-1.62603
178	568417	4457750	521	2344	-0.37711	30.94	-0.62184	26.63	0.65488
179	568417	4457750	523	2344	-0.36748	30.94	-0.61097	26.63	0.66605
180	568417	4457750	525	2344	-0.38677	30.94	-0.63277	26.63	0.64379
181	568417	4457750	527	2344	-0.39647	30.94	-0.64379	26.63	0.63277
182	568417	4457750	529	2256	-0.95317	31.00	-0.51617	21.62	-0.16243
183	568505	4457292	449	1856	-1.13953	32.18	1.04183	23.93	0.05393
184	568505	4457292	451	1856	-1.12250	32.18	1.05741	23.93	0.06293
185	568505	4457292	453	1856	-1.08938	32.18	1.08938	23.93	0.08095
186	568505	4457292	455	1856	-1.10579	32.18	1.07326	23.93	0.07194
187	568563	4457761	518	2750	1.23016	30.95	-0.58946	20.36	-0.93912
188	568563	4457761	520	2750	1.21123	30.95	-0.60018	20.36	-0.95317
189	568563	4457761	521	2750	1.24953	30.95	-0.57880	20.36	-0.92524
190	568563	4457761	522	2738	1.13953	32.21	1.10579	20.48	-0.89802
191	568563	4457761	523	2738	1.15690	32.21	1.12250	20.48	-0.88465
192	568563	4457761	525	3355	1.73672	32.01	0.75871	12.28	-2.05971
193	568563	4457761	526	3355	1.69748	32.01	0.74678	12.28	-2.14120
194	568567	4456906	384	2295	-0.87144	33.35	1.50386	24.13	0.08996
195	568567	4456906	386	2295	-0.84547	33.35	1.56204	24.13	0.10802
196	568567	4456906	388	2295	-0.85838	33.35	1.53230	24.13	0.09899
197	568567	4456906	389	2079	-0.98187	21.10	-2.14120	42.61	1.98996
198	568575	4457524	462	2340	-0.41599	32.89	1.45038	24.86	0.50593
199	568575	4457524	464	2340	-0.43566	32.89	1.40075	24.86	0.48562
200	568575	4457524	466	2340	-0.42580	32.89	1.42512	24.86	0.49575
201	568575	4457524	468	3690	2.55063	31.09	-0.44556	10.51	-2.91261
202	568605	4456193	342	2744	1.19273	19.73	-2.24002	31.47	0.95317
203	568605	4456193	344	3442	1.82434	21.19	-2.05971	23.49	0.00000
204	568712	4457101	411	2730	1.02649	25.60	-1.13953	28.23	0.74678
205	568712	4457101	413	2730	1.05741	25.60	-1.10579	28.23	0.77074
206	568712	4457101	414	2730	1.04183	25.60	-1.12250	28.23	0.75871
207	568712	4457101	416	2545	0.04494	25.26	-1.26939	31.32	0.92524
208	568712	4457101	418	2545	0.05393	25.26	-1.24953	31.32	0.93912
209	568730	4456722	373	1756	-1.26939	24.45	-1.37717	39.68	1.59322
210	568730	4456722	375	2627	0.41599	24.56	-1.35434	28.64	0.78289

Komp. No	X	Y	Z	ISIL DEĞER		NEM		KUL	
				HAM VERİ	NSKOR	HAM VERİ	NSKOR	HAM VERİ	NSKOR
211	568730	4456722	377	2672	0.62184	27.12	-0.99652	24.77	0.47553
212	568730	4456722	378	2575	0.19896	25.56	-1.15690	24.90	0.51617
213	568734	4457593	479	2350	-0.33879	31.49	0.23576	24.27	0.21732
214	568734	4457593	481	2350	-0.31982	31.49	0.48562	24.27	0.41599
215	568734	4457593	483	2350	-0.32929	31.49	0.40621	24.27	0.34832
216	568734	4457593	485	2350	-0.35788	31.49	0.10802	24.27	0.11706
217	568734	4457593	487	2350	-0.34832	31.49	0.20813	24.27	0.19896
218	568873	4457716	519	1643	-1.37717	31.02	-0.46549	33.83	1.24953
219	568873	4457716	521	1643	-1.69748	31.02	-0.50593	33.83	1.17463
220	568873	4457716	522	1643	-1.47659	31.02	-0.47553	33.83	1.23016
221	568873	4457716	524	1643	-1.35434	31.02	-0.45551	33.83	1.26939
222	568873	4457716	525	1643	-1.53230	31.02	-0.48562	33.83	1.21123
223	568873	4457716	526	1643	-1.62603	31.02	-0.49575	33.83	1.19273
224	568873	4457716	528	2511	-0.01797	26.16	-1.02649	27.59	0.67731
225	568934	4457272	441	1643	-1.40075	34.51	1.82434	33.56	1.15690
226	568934	4457272	442	1643	-1.45038	34.51	1.73672	33.56	1.12250
227	568934	4457272	443	1643	-1.42512	34.51	1.77882	33.56	1.13953
228	568934	4457272	443	1643	-1.66070	34.51	1.59322	33.56	1.05741
229	568934	4457272	445	1643	-1.56204	34.51	1.66070	33.56	1.08938
230	568934	4457272	446	1643	-1.59322	34.51	1.62603	33.56	1.07326
231	568934	4457272	448	1643	-1.50386	34.51	1.69748	33.56	1.10579
232	568934	4457272	451	2803	1.28976	31.27	-0.40621	23.80	0.04494
233	569158	4456700	368	2517	-0.00898	28.59	-0.84547	26.56	0.61097
234	569158	4456700	370	2517	0.00000	28.59	-0.83269	26.56	0.62184
235	569162	4457640	564	1801	-1.19273	27.67	-0.95317	38.70	1.53230
236	569162	4457640	564	2639	0.43566	25.70	-1.05741	28.70	0.80754
237	569162	4457640	566	2639	0.42580	25.70	-1.07326	28.70	0.79516
238	569162	4457640	568	2639	0.44556	25.70	-1.04183	28.70	0.82005
239	569360	4457342	469	2055	-1.01139	27.82	-0.89802	32.52	0.99652
240	569360	4457342	470	2055	-0.99652	27.82	-0.88465	32.52	1.01139
241	569360	4457342	472	3003	1.42512	29.56	-0.82005	19.02	-1.40075
242	569360	4457342	474	3003	1.45038	29.56	-0.80754	19.02	-1.37717
243	569360	4457342	476	3427	1.77882	30.37	-0.70009	12.15	-2.24002
244	569389	4457095	410	1657	-1.33220	34.77	1.92874	33.43	1.04183
245	569389	4457095	417	3200	1.66070	32.33	1.15690	15.24	-1.92874
246	569499	4456862	361	2306	-0.74678	22.39	-1.66070	35.92	1.33220
247	569499	4456862	363	2694	0.64379	22.98	-1.56204	30.79	0.91155
248	569499	4456862	364	2739	1.17463	23.03	-1.53230	30.18	0.87144
249	569556	4456499	333	1494	-1.73672	32.27	1.13953	34.61	1.31069
250	569560	4456685	366	1358	-2.36724	30.12	-0.72324	41.61	1.73672
251	569560	4456685	368	1358	-2.24002	30.01	-0.73496	41.63	1.82434
252	569560	4456685	370	1363	-2.14120	30.12	-0.71162	41.61	1.77882

Komp. No	X	Y	Z	ISIL DEĞER		NEM		KUL	
				HAM VERİ	NSKOR	HAM VERİ	NSKOR	HAM VERİ	NSKOR
253	569560	4456685	372	1463	-1.82434	27.92	-0.87144	41.94	1.87399
254	569560	4456685	374	3127	1.56204	28.34	-0.85838	19.35	-1.31069
255	569583	4457574	547	1422	-1.98996	24.31	-1.40075	45.81	2.14120
256	569583	4457574	549	2342	-0.40621	24.57	-1.33220	33.98	1.28976
257	569583	4457574	551	2092	-0.96742	23.49	-1.50386	37.52	1.37717
258	569585	4457425	485	2737	1.12250	32.49	1.28976	21.22	-0.82005
259	569585	4457425	486	2737	1.07326	32.49	1.23016	21.22	-0.85838
260	569585	4457425	489	2737	1.08938	32.49	1.24953	21.22	-0.84547
261	569585	4457425	489	2737	1.10579	32.49	1.26939	21.22	-0.83269
262	569770	4456988	395	3562	2.05971	31.18	-0.43566	11.35	-2.55063
263	569770	4456988	398	3562	2.14120	31.18	-0.42580	11.35	-2.36724
264	569895	4456333	339	1696	-1.31069	21.25	-1.98996	45.42	2.05971
265	569895	4456333	342	2360	-0.30097	21.56	-1.87399	37.57	1.42512
266	569895	4456333	343	2360	-0.31038	21.56	-1.92874	37.57	1.40075
267	570009	4457451	538	1961	-1.05741	23.68	-1.47659	37.93	1.45038
268	570009	4457451	540	1961	-1.04183	23.68	-1.45038	37.93	1.47659
269	570038	4457275	490	1707	-1.28976	25.52	-1.17463	41.41	1.69748
270	570046	4457037	434	1783	-1.24953	24.63	-1.31069	42.31	1.92874
271	570046	4457037	435	1936	-1.07326	25.69	-1.08938	36.17	1.35434
272	570046	4457037	437	3181	1.62603	26.87	-1.01139	20.41	-0.91155
273	570099	4457309	485	1800	-1.23016	25.52	-1.21123	41.41	1.62603
274	570099	4457309	487	1800	-1.21123	25.52	-1.19273	41.41	1.66070
275	570197	4456899	434	4349	2.91261	9.52	-2.55063	21.61	-0.17154
276	570247	4456223	405			22.10	-1.73672	18.70	-1.47659
277	570392	4457277	530	2000	-1.02649	23.76	-1.42512	38.82	1.56204
278	570546	4456719	511			22.35	-1.69748	47.80	2.24002
279	570546	4456719	516			24.86	-1.28976	31.83	0.96742

EK- 2

HİMMETOĞLU LİNYİT SAHASI - A PANOSU

1/15000 ÖLÇEKLİ

ISIL DEĞER DEĞİŞKENİ KESTİRİM HARİTASI

EK- 3

HİMMETOĞLU LİNYİT SAHASI - A PANOSU

1/15000 ÖLÇEKLİ

NEM DEĞİŞKENİ KESTİRİM HARİTASI

EK- 4

HİMMETOĞLU LİNYİT SAHASI - A PANOSU

1/15000 ÖLÇEKLİ

KÜL DEĞİŞKENİ KESTİRİM HARİTASI

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hamza KIVRAK

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Yılı : 07/07/1982

Medeni Hali : Bekar

Eğitim ve Akademik Durumu :

Lise 1997 -1999 : Ankara Gazi Lisesi

Lisans 1999-2005 : Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği

Yabancı Dil :

İngilizce

İş Tecrübesi :

2006 - 2007 : Eti Bakır A.Ş. Küre/KASTAMONU

2007 - ... : TKİ Göynük Kontrol Müdürlüğü, Göynük/BOLU