

**KARAÇAM (MİHALIÇÇIK, ESKİŞEHİR) DEMİR-NİKEL
CEVHERLEŞMESİNİN TENÖR VE REZERV DAĞILIMININ
BELİRLENMESİ**

**DETERMINATION OF GRADE AND RESERVE
DISTRIBUTION OF KARAÇAM (MİHALIÇÇIK, ESKİŞEHİR)
IRON-NICKEL MINERALIZATION**

ELİF TURAN

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

2011

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

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

Başkan :.....
Prof. Dr. Taner ÜNLÜ

Üye(Danışman) :.....
Prof. Dr. Cem SARAÇ

Üye :.....
Prof. Dr. A. Erhan TERCAN

Üye :.....
Prof. Dr. İ. Hakkı DEMİREL

Üye :.....
Yrd. Doç. Dr. Biltan KÜRKÇÜOĞLU

ONAY

Bu tez, Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/2011 tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulunca .../.../2011 tarihinde kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Adil DENİZLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

KARAÇAM (MİHALIÇÇIK, ESKİŞEHİR) DEMİR-NİKEL CEVHERLEŞMESİNİN TENÖR VE REZERV DAĞILIMININ BELİRLENMESİ

Elif TURAN

ÖZ

Bu tez çalışması kapsamında, değerlendirme sahası olarak Karaçam, Eskişehir sahası seçilmiş, MTA Genel Müdürlüğü' nün 1978 yılında gerçekleştirdiği sondaj çalışmaları süresince topladıkları sondaj numuneleri analiz için uygun görülmüştür.

Tezin ana konusunu Karaçam (Mihaliççık, Eskişehir) demir-nikel tenör ve kaynak dağılımının belirlenmesi oluşturmaktadır. Tez kapsamında, belirtilen alanda MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan 6 adet sondajdan elde edilen demir (Fe) ve nikel (Ni) analiz sonuçları jeostatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Veriler öncelikle jeostatistiksel açıdan modellenmiş ve külçe etkisi, varyans ve etki mesafesi parametreleri belirlenmiştir. Daha sonra veriler kompozit edilmiş ve elde edilen bu veriler yardımıyla jeostatistiksel uygulamalara geçilmiştir. Çeşitli yazılımlar kullanılarak cevherleşmenin 3 boyutlu değerlendirmesi yapılmıştır. Cevherleşmenin yatay ve düşey yönde variogramları hesaplanmış, yatağın anizotropisi incelenmiş ve sonuçta da yatak küresel olarak modellenmiştir. Model parametreleri Fe için; $C_0 = 30$, $C = 60$, $a = 75$ m ve Ni için; $C_0 = 0.2$, $C = 0.5$, $a = 75$ m olarak belirlenmiştir. 50 x 50 x 50 m boyutlarındaki blokların ortalama tenörleri, jeostatistiksel blok kriging yöntemi ile kestirilmiştir. Model parametrelerinin cevherleşmeye uygunluğu çapraz doğrulama teknikleri ile test edilmiştir. 50x9 m (x), 50x6 m (y), 50x4 m (z) olarak yapılan kestirim işlemi sonucunda cevherleşme bölgesindeki Fe ve Ni için tenör-tonaj dağılımları hesaplanmıştır. Fe için toplam 182 blok kestirilerek ortalama tenörü %26.26, varyansı 1.59 ve Ni için de 216 blok kestirilerek ortalama tenörü %0.66, varyansı 0.01 olarak hesaplanmıştır. Değişik eşik tenörlere karşılık gelen kaynak miktarları hesaplanmış ve Fe için, %17-31 aralığında eşik tenöre karşılık gelen kaynak değeri ~66 milyon ton ile 725 bin ton arasında değişim gösterirken; Ni için, bu değerler %0.3-1.1 aralığında ~67 milyon ton ile 625 bin ton arasında değişmektedir. Değişimlere ilişkin sonuçlar grafikler şeklinde sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Jeostatistik, variogram, kriging, maden yatakları, Karaçam.

Danışman: Prof. Dr. Cem SARAÇ, Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maden Yatakları ve Jeokimya Anabilim Dalı.

DETERMINATION OF GRADE AND RESERVE DISTRIBUTION OF KARAÇAM (MİHALIÇCIK, ESKİŞEHİR) IRON-NICKEL MINERALIZATION

Elif TURAN

ABSTRACT

Karaçam, Eskişehir has been chosen as the evaluation area under the scope of this thesis and drilling samples collected during the drilling executed by the General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) in 1978 are found to be suitable.

The main topic of this thesis is the determination of grade and resource distribution of Karaçam (Mihalıçık, Eskişehir) iron-nickel mineralization. Iron (Fe) and nickel (Ni) analysing results of the 6 number of drilling samples evaluated in terms of geostatistics.

As a first step the datas of the drilling sample were modelled and the nugget effect, variance and influence distance parameters were calculated in terms of geostatistics. In the next step, data were composited and geostatistical applications were applied. By using some special softwares for this database, the mineralization were assessed in 3D. The variograms of mineralization were computed for the vertical and horizontal directions, anisotropy of deposit was investigated and the deposit was spherically modelled. Model parameters were determined to be Fe; $C_0=30$, $C=60$, $a=75$ m and Ni; $C_0=0.2$, $C=0.5$, $a=75$ m. The suitability of model parameters of mineralization were tested with back-kriging technique. These parameters were mainly used for the estimation of average grade for the 50x50x50 m blocks by using geostatistical block kriging technique. Grade-tonnage distribution was applied to the 50x9 m (x), 50x6 m (y), 50x4 m (z) blocks in the area. The calculated results of mean grade and variance are %26.26 and 1.59 respectively in 182 blocks for Fe and %0.66, 0.01 in 216 blocks for Ni. With different sill grade values, the resource amount were calculated and for Fe, resource values are changeable ~66 million ton and 725000 ton on between %17-31 sill grade values; for Ni these values are changeable ~67 million ton and 625000 ton on between %0.3-1.1. Estimated results of levels were presented in graphics.

Keywords: Geostatistics, variogram, kriging, mineral deposits, Karaçam.

Advisor: Prof. Dr. Cem SARAÇ, Hacettepe University, Engineering Geology Faculty, Department of Geological Engineering, Ore Deposit and Geochemistry Division

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmalarım sũresince, mesleki bilgi, öneri ve yorumlarını esirgemeyen, bana çalıőmalarım için gerekli her türlü ortamı ve olanağı sağlayan, güvenini ve desteğini her zaman hissettiğim danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cem SARAÇ' a;

Çalıőmamın çeşitli aőamalarındaki değerli bilimsel katkılarından dolayı Prof. Dr. İsmail Hakkı DEMİREL' e;

Tezin değerlendirilme aőamasındaki önerileri ile bana yardımcı ve yol gösterici olan değerli tez jũri üyeleri Prof. Dr. Taner ÜNLÜ' ye, Prof. Dr. A. Erhan TERCAN' a ve Yrd. Doç. Dr. Biltan KÜRKÇÜOĞLU' na;

Tez çalışmasının yürütũlmesi aőamasındaki yardım ve desteklerinden dolayı Jeoloji Mũhendisi Dr. Bũlent AKIL' a, Jeoloji Mũhendisi Elif UZ' a ve Harita Yũksek Mũhendisi Bediha ÇOLAK' a;

Çalıőmalarımın her aşamasında manevi desteklerini hissettiğim, çalıőmam için her türlü ortamı sağlayan ve hiçbir fedakarlığı esirgemeyen değerli aileme;

teşekkür ederim.

Elif TURAN

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZ	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışma Alanına İlişkin Genel Bilgiler	2
1.2. Demir Cevheri ve Türkiye’de Bulunan Demir Yatakları.....	5
1.2.1. Türkiye’deki demir cevheri ve rezervi	5
1.2.2. Karaçam demir-nikel cevherleşmesi.....	9
1.3. Önceki Çalışmalar	10
2. ESKİŞEHİR-MİHALIÇÇIK-KARAÇAM VE YAKIN ÇEVRESİNİN JEOLOJİSİ	12
2.1. Karaçam Alanının Jeolojisi	12
2.2. Stratigrafi	15
2.2.1. Sivrihisar mermerleri	15
2.2.2. Karkın formasyonu	15
2.2.3. Ofiyolitler	18
2.2.4. Zeyköy formasyonu.....	19
2.2.5. Mamuca formasyonu	20
2.2.6. Porsuk formasyonu	21
2.2.7. Kuvaterner çökelleri	23
2.3. Yapısal Jeoloji	23
2.4. Metamorfizma	24
2.5. Ekonomik Jeoloji	24
3. KARAÇAM (MİHALIÇÇIK-ESKİŞEHİR) FE-Nİ CEVHERLEŞMESİNİN VE JEOİSTATİSTİKSEL MODELLENMESİ	26
3.1. Tanımlayıcı İstatistiksel Bilgiler	27
3.2. Kümeleme/Salkımlama Analizi	27

3.3. Faktör Analizi	28
3.4. Korelasyon Analizi.....	30
4. JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER	32
4.1. Variogram (Uzaklığa Bağlı İlişki) Fonksiyonu	32
4.1.1.Variogram fonksiyonunun özellikleri	33
4.1.2.Variogram modelleri	33
4.2. Verilerin Modellenmesi ve Modellerin Geçerliliği	36
5. JEOİSTATİSTİKSEL BLOK KRİGİNG YÖNTEMİ VE KARAÇAM FE-Nİ CEVHERLEŞMESİNDE UYGULANMASI	45
5.1. Kriging	45
5.2. Blok Kriging Yönteminin Karaçam Fe-Ni Cevherleşmesine Uygulanması	47
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	54
7. KAYNAKLAR DİZİNİ	57
ÖZGEÇMİŞ	60

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası	4
Şekil 1.2. Türkiye’de işletilen demir yataklarının dağılımı	8
Şekil 2.1. Çalışma alanı ve yakın çevresinin 1/100000’lik jeoloji haritası	14
Şekil 2.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin stratigrafik istifi.....	16
Şekil 3.1. Karaçam (Mihalıççık-Eskişehir) Fe-Ni cevherleşme sahasındaki sondajların lokasyonları.....	26
Şekil 3.2. Değişkenlerin Kümeleme analizi ile çizilmiş dendogram grafiği	28
Şekil 3.3. Faktör analizi grafiği.....	29
Şekil 4.1.Orjinal sondaj verileri ve 10 m aralıklarla kompozit edilmiş veriler	37
Şekil 4.2. Fe ve Ni için yönsel variogramlar	40
Şekil 4.3. Karaçam Fe-Ni cevherleşmesindeki deneysel ve model variogramlar a) Fe, b) Ni, c) Al, d) Si.	42
Şekil 5.1. İnceleme alanında rezerv-tenör dağılımında dikkate alınan sınırlar ve temsili bir bloğun sınırları.....	47
Şekil 5.2. Çalışma alanındaki sondajların şematik gösterimi	49
Şekil 5.3. Fe’ye ait şematik tenor blok diyagramı	50
Şekil 5.4. Ni’ye ait şematik tenor blok diyagramı	51
Şekil 5.5. Fe’ye ait tenor-tonaj dağılım grafiği.....	52
Şekil 5.6. Ni’ye ait tenor-tonaj dağılım grafiği	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Türkiye’de bulunan görünür, muhtemel ve mümkün demir cevheri rezervleri.....	7
Çizelge 3.1. İncelenen element ve bileşiklere ait tanımlayıcı istatistiksel bilgiler ..	27
Çizelge 3.2. Faktör analizi skor değerleri	29
Çizelge 3.3. İncelenen element ve bileşiklere ait korelasyon katsayıları	31
Çizelge 4.1. Variogram modelleri	35
Çizelge 4.2. Fe ve Ni için elde edilen modellere uygulanan çapraz doğrulama tekniği sonuçları	44
Çizelge 5.1. Fe ve Ni için blok kriging sonuçları	48
Çizelge 5.2. Farklı eşik tenör değerleri için rezerv dağılımı (Fe).....	52
Çizelge 5.3. Farklı eşik tenör değerleri için rezerv dağılımı (Ni)	53

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Fe	Demir
Ni	Nikel
Mg	Magnezyum
Co	Kobalt
Al ₂ O ₃	Alüminyum oksit
SiO ₂	Silisyum oksit
MTA	Maden Tetkik Arama
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
ÖİK	Özel İhtisas Komisyonu
TDÇİ	Türkiye Demir Çelik İşletmeleri
cm	Santimetre
m	Metre
km	Kilometre
KB	Kuzeybatı
K-G	Kuzey-Güney
D-B	Doğu-Batı
KD-GB	Kuzeydoğu-Güneybatı
<i>r</i>	Korelasyon Katsayısı
$\gamma(h)$	Variogram Değeri
C ₀	Külçe Etkisi
<i>a</i>	Yapısal Uzaklık
C	Variogramın En Yüksek Değeri
μ	Lagrange Sabiti
SGeMS	Stanford Geostatistical Modeling Software

1. GİRİŞ

Jeoistatistik, "bölgesel değişken" kavramı üzerine kurulmuş, uygulamalı istatistiğin bir dalı olup, 1951 yılında Danie G. Krige tarafından ortaya atılmış, 1971 yılında ise Fransa' da George Matheron tarafından geliştirilmiştir. Bölgesel değişkenler rastgele ve deterministik değişkenler arasındaki özellikleri gösterir ve rastgele değişkenlerin tersine noktadan noktaya değişkenlik gösterirler (Matheron, 1963; Journel ve Huijbregts, 1978; Cressie, 1991).

Maden yatağındaki bir değişkene ait verileri bağımlı olarak ele alan jeoistatistik, bu verilerin otokorelasyon özelliğini, etki alanını ve örnekle ilgili değişkenin yönsel değişimini hesaba kattığı için, bilinen klasik istatistik yöntemlerine göre daha duyarlı ve ayrıntılı sonuçlar vermektedir.

Jeoistatistikle herhangi bir kaynak/rezerv kestirimine eşlik eden kestirim varyansını hesaplamak mümkündür. Royle (1977)'ye göre bu özelliği ile jeoistatistik, rezervleri sınıflamada da kullanılan bir bilim dalıdır.

Bir cevherleşme sahasının ekonomik olarak işletilip işletilemeyeceğinin belirlenmesi herşeyden önce bu cevherleşmenin, rezervinin sağlıklı bir şekilde hesaplanmasına bağlıdır. Bu amaçla maden yataklarının ayrıntılı jeolojik etütlerinin tamamlanmasından sonra maden yatağının rezervi, tenör-tonaj ilişkileri ve işletilebilirlik sınırları belirlenir. Böylece cevherleşmenin ekonomikliği, işletmeye açılıp açılmayacağı ve hangi oranda yatırım yapılabileceği tam olarak açıklığa kavuşturulmuş olur. Rezerv hesaplarının başarılı ve doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi; yatakta yapılan sondaj, galeri ve yarma çalışmalarıyla elde edilen verilerin yeterli olmasına ve rezerv hesaplama yöntemine bağlıdır (Tercan ve Saraç, 1998).

Özellikle son yıllarda bilgisayar sistemlerindeki gelişmelere paralel olarak jeoistatistiksel yöntemler daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Geoistatistiksel rezerv hesaplama yöntemleri, bir maden yatağının jeolojik özelliklerini dikkate alan ve aynı zamanda rezerv hesabının güvenilirliğine ilişkin ölçü veren tekniklerdir.

Bu tez çalışmasının amacı, Karaçam (Mihalıççık, Eskişehir) Fe-Ni cevherleşmesinin tenör ve rezerv değerlerinin jeostatistiksel yöntemler kullanılarak belirlenmesidir. Bunun için öncelikle Fe ve Ni verileri istatistiksel olarak analiz edilmiş, daha sonra da variogramlar hesaplanarak cevherleşmedeki modeller elde edilmiştir. Sahada 6 adet sondajdan elde edilen veriler kullanılmıştır.

Tez çalışmasının amaç ve kapsamı, Türkiye'deki demir cevher rezervi ve yatakları Bölüm 1'de; bölgenin ve cevherleşmenin jeolojisine ilişkin bilgiler Bölüm 2'de sunulmuştur. Cevherleşmenin veri analizi ve jeostatistiksel modellenmesi Bölüm 3'te; variogram fonksiyonu ve hesaplamalar Bölüm 4'te; kriging yöntemi ve bu yöntemin verilere uygulanması Bölüm 5'te verilmektedir. Tez çalışması kapsamında yer alan sonuçlar öneriler ve kaynaklar kısımları ise sırası ile Bölüm 6 ve 7'de sunulmuştur.

2010 yılında yürürlüğe giren 5995 sayılı Maden Kanunu'na göre 'rezerv' tanımı için işletme projesinin yapılmış olma şartı getirildiğinden, bu tez kapsamında rezerv yerine 'kaynak' teriminin kullanılması daha doğru olacaktır.

1.1. Çalışma Alanına İlişkin Genel Bilgiler

Çalışma alanı az engebeli olup, genellikle yumuşak topografyalı sırtlar ve birkaç tepeden oluşmaktadır. Sahadaki en önemli yükselti 1513 m ile Sarnıç Tepedir. Diğer önemli yükselti ise Karasivri, Eşme, Tekeli, Killik, Çobankaya ve Ada tepeleridir.

Çalışma alanı Mihalıççık ilçesinin 30 km güneyindedir. Sahada ulaşım sorunu yoktur ve saha Yunusemre tren istasyonuna 8 km uzaklıktadır.

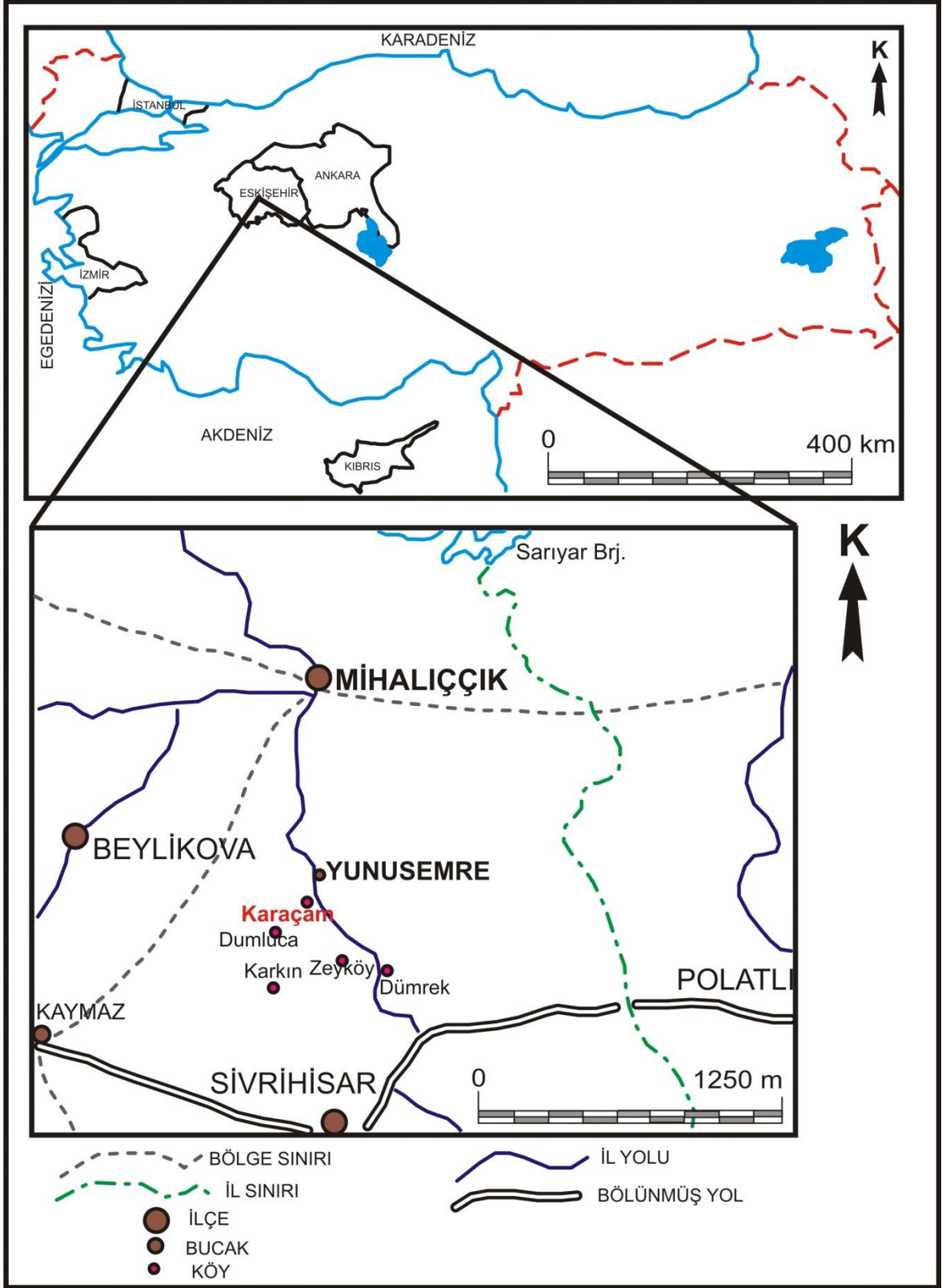
İnceleme alanındaki morfoloji, çalışmalara tesir etmeyecek kadar hafif engebelidir. Sahanın en önemli akarsuyu güneyde Porsuk çayı olup, bunun dışında yazın kuruyan küçük dereler mevcuttur.

Bölgenin iklimi tipik karasal iklimdir. Mevsimler arasında önemli ısı farkları olduğu gibi gece-gündüz arasında da ısı farkı fazladır. Yağışlar kışın kar ve yağmur şeklinde; Nisan ve Mayıs aylarında yağmur olarak görülür. Çalışma alanını

oluşturan tepelerde seyrek olarak am, meşe ve ardı gibi ağaçlar görülmektedir. Sahanın güneyindeki Sarnıç Tepe ve Karasivri Tepe ormanlıktır.

Çalışma alanının KB'sında, 90 km uzaklıkta, Sakarya nehri üzerinde Türkiye'nin büyük ve önemli barajlarından biri olan Sarıyar Barajı bulunmaktadır. Ayrıca Eskişehir ve çevresinde irili-ufaklı, elektrik üretiminde kullanılan toprak dolgu barajlar da mevcuttur.

Karaçam sahası MTA Genel Müdürlüğü'nün 1/25000 lekli Eskişehir İ26-c₂ paftasında yer almakta olup sahanın yer bulduru haritası Şekil 1.1'de verilmektedir.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

1.2. Demir Cevheri ve Türkiye’de Bulunan Demir Yatakları

1.2.1. Türkiye’deki demir cevheri ve rezervi

İç Anadolu demir yatakları, Türkiye’nin en önemli demir provensini oluşturmaktadır. Türkiye Cumhuriyetinin ilk dönemlerinde demir cevheri üretimi, Karabük Demir ve Çelik Fabrikasının kurulması ile başlamıştır. 1935 yılında kurulan MTA Enstitüsü tarafından 1937 yılında Divriği’de saha etütlerine başlanmış ve 1938 yılından itibaren üretime geçilmiştir (Ünlü ve Stendal, 1986).

Bu tarihten sonra demir cevheri üretimi demir ve çelik tesislerinin gereksinimine paralel olarak artmış, günümüze kadar bu tesislerin hammadde gereksinimlerinin önemli bir bölümünü karşılamıştır (DPT IX. Beş Yıllık Kalkınma Planı ÖİK. Raporu, 2007).

Türkiye’de bugüne kadar yaklaşık 900 adet demir cevherleşmesi saptanmış, bunlardan ekonomik olabileceği düşünülen 500 kadarının etüdü yapılmıştır. Ülkemizde entegre demir-çelik fabrikalarında kullanılacak özellikteki demir cevheri rezervleri Sivas-Erzincan, Kayseri-Adana, Malatya, Kırşehir-Ankara ve Balıkesir bölgelerinde yer almaktadır. Günümüzde, entegre demir-çelik fabrikalarında kullanılabilir ve ortalama demir tenörü % 55 civarında olan yataklardan devlet ve özel sektör tarafından yılda yaklaşık 5 milyon ton üretim gerçekleştirilmektedir. Demir cevheri üretimimizin yaklaşık 2 milyon tonu Divriği-Hekimhan A.Ş.’nin sahip olduğu tesislerde zenginleştirilmekte, bu tesislerden yılda yaklaşık 1 milyon ton civarında pelet, 700.000 ton sinterlik konsantre üretilmektedir (DPT IX. Beş Yıllık Kalkınma Planı ÖİK. Raporu, 2007).

Ülkemizde silis, kükürt, bakır, karbonat, titan, fosfor, arsenik içeren ve sektörde maliyeti, kaliteyi ve üretimi doğrudan etkileyen sorunlu demir cevheri yataklarımız da mevcuttur. Demir tenörleri % 20-54 arasında olan bu yataklar Malatya-Sivas, Erzincan-Bingöl, Kayseri- Kahramanmaraş, Balıkesir-Aydın ve Ankara-Kırşehir bölgelerinde yer almaktadır. Bu sorunlu yataklardan Fe içeriği % 39, Mn içeriği % 4 olan Malatya - Hekimhan siderit yatağından yılda 500-600.000 ton üretilerek özellikle İsdemir’de % 20 oranlarında sinter harmanında kullanılmaktadır (MTA Genel Müdürlüğü Demir Envanteri, 1994)

Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü' nün yaptığı arama çalışmaları sonucunda ülkemizde belirlenen 900 civarında demir cevherleşmesinin büyük bir kısmı Sivas, Kayseri, Malatya, Erzincan, Adana, Ankara, Balıkesir ve Sakarya illerinde yer almaktadır. Divriği, Hasan Çelebi, Deveci, Çamdağ, Bizmişen, Avnik, Attepe gibi önemli demir yatakları MTA Genel Müdürlüğü çalışmaları sonucunda bulunmuş ve geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonrası belirlenen demir cevheri rezervleri demir çelik fabrikalarının kullanımları esas alınarak 3 grupta toplanmıştır:

a) Görünür demir cevheri rezervi

Bugüne kadar hemen hepsinde belirli düzeyde sınırlı arama çalışmaları ve üretim yapılmış yataklardır. Cevher tenörleri %51-62 Fe arasında değişmektedir. 23 adet yatağın bulunduğu zamanki rezervleri 137 milyon ton civarındadır.

b) Muhtemel demir cevheri rezervi

Bu tür yatakların arama çalışmaları yapılmış ve görünür+muhtemel rezerv potansiyeli belirlenmiş, ancak entegre tesislerin istemedikleri bazı safsızlıkları içermesi nedeniyle yataklar belirli dönemlerde kısmen işletilmiştir. Bugün için bu yatakların önemli bir bölümü çalışmamaktadır. Cevher tenörleri %19-54 Fe arasında değişmektedir .

c) Mümkün demir cevheri rezervi

Ülkemizde yeteri kadar arama faaliyetleri yapılmamış 27 adet sahada toplam yaklaşık 320 milyon ton mümkün rezerv belirlenmiştir. Bu yatakların tenörleri %14-52 Fe arasında değişmektedir. Kesin olarak cevher rezervi belirlenmeden ve teknolojik sorunları da çözülmeden işletilmeleri mümkün değildir.

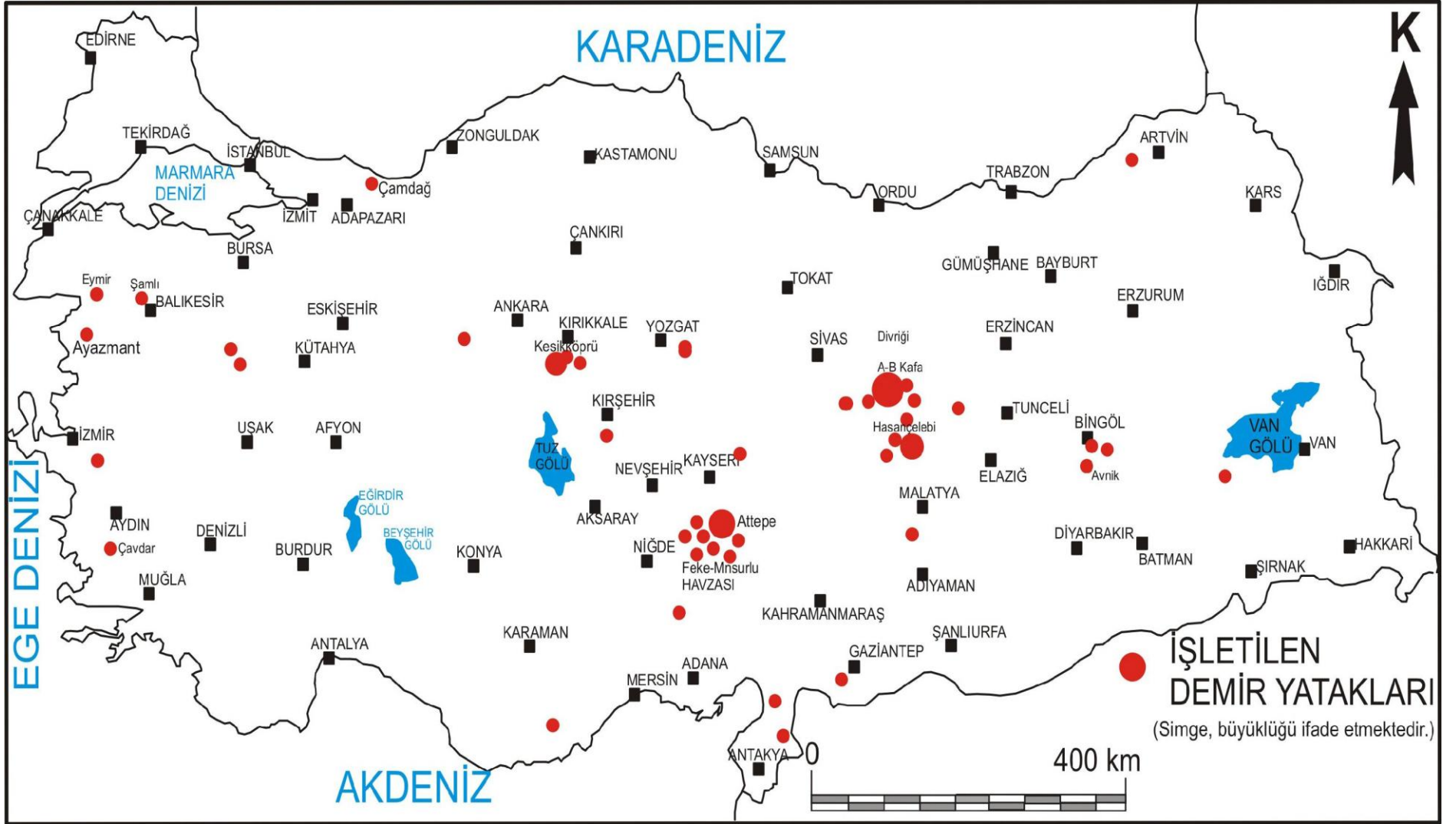
Çizelge 1.1'de Ülkemizde bulunan görünür, muhtemel ve mümkün demir cevher rezervleri ve buldukları yerler gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Türkiye’de bulunan görünür, muhtemel ve mümkün demir cevher rezervleri (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, DPT, 2007).

YATAK ADI	İLİ	REZERV (1000 TON)				%Fe
		GÖRÜNÜR	MUHTEMEL	MÜMKÜN	TOPLAM	
Divriği	Sivas	36300	2700	5000	44000	59,00
Çetinkaya	Sivas	10200	1000	-	11200	52,10
Otlukilise	Sivas	7400	-	200	7600	52,80
Karakuz	Malatya	6000	2500	2000	10500	45,00
Deveci	Malatya	10200	3200	-	13400	50,50
Kesikköprü	Ankara	1200	-	-	1200	60,00
Deveci	Malatya	9500	16300	-	25800	38,10
Karamadazı	Kayseri	2200	800	-	3000	53,30
Payas	Hatay	-	6100	24000	30100	35,50
Çamdağ	Sakarya	9000	-	43000	52000	31,10
Eğmir	Balıkesir	10000	7000	-	17000	46,00
Ayazmant	Balıkesir	500	800	1500	2800	55,00
Diğerleri		2400	11900	13100	27400	61,00
TOPLAM		104900	52300	88800	246000	55,00

Türkiye’de demir cevheri oluşumuna ve yatakların genel dağılımına bakıldığında coğrafik dağılım yönünden; Kayseri - Adana, Balıkesir - Kütahya, Sivas - Malatya ve Kırşehir- Yozgat bölgelerinde, metal demir içerik dağılımları yönünden ise Hekimhan ve Divriği Havzalarında yoğunlaşmalar görülmektedir (MTA Genel Müdürlüğü Demir Envanteri, 1994).

Ülkemizde işletilen demir yataklarının dağılımı Şekil 1.2’de görülmektedir.



Şekil 1.2. Türkiye’de işletilen demir yataklarının dağılımı (MTA Genel Müdürlüğü Demir Envanteri, 1994).

1.2.2. Karaçam demir-nikel cevherleşmesi

Lateritik ve tortul nikel yataklarında, peridotit ve gabroların lateritleşmeleri sonucunda oluşan demirli lateritlerde nikel ve kobalt zenginleşmeleri söz konusudur. Karaçam cevheri, peridotitlerin bozunmasıyla bünyesindeki demir elementinin hidroksit ve daha ileri safhada oksit halinde yerinde zenginleşmesiyle meydana gelmiştir.

Kalıntı (lateritik) yatakların esası, kayaların tamamen dış etkenlerle ayrışıp faydasız element ve element gruplarının ortamdaki uzaklaşarak arta kalan faydalı minerallerin toplaşmasıdır. Kalan mineraller ağır mineraller olarak adlandırılır.

Bu tip yatakların oluşum mekanizması; atmosfer koşullarında kayacı oluşturan elementlerin yeni kimyasal bileşiklere dönüşerek göçmesi veya yerinde kalmasıdır.

Kalıntı tipteki Fe-Ni yataklarının oluşumunda iki önemli koşul gerekmektedir. Bunlar; atmosferik şartların uygun olması, sıcak ve nemli yani tropikal iklimin varlığı ve rölyefin az çıkıntılı, tamamen veya bir kısmı ile peneplenleşmiş olmasıdır.

Saha Üst Kretase yaşlı peridotitlerle kaplıdır. Bilindiği gibi peridotitlerin esas elementleri silisyum-magnezyum ve demirdir (Si-Mg-Fe). Peridotitler daha önce de belirtilen koşullarla bozunmaya uğrayarak saha da tavan kuşağı adı verilen kabuğu meydana getirmektedir. Mg taşınabilmiş, bir kısmı da dolomit halinde karbonatlaşmış peridotitleri oluşturmaktadır. İyon potansiyeli +3 olan ortam bulunamadığından silis çözelti haline geçememiş ve tamamen taşınamamıştır.

Tavan kuşağının altındaki orta kuşak, cevher minerallerinin toplandığı ve zenginleştiği kısımdır. Sondaj logları ve jeoloji kesitleri incelendiğinde demir cevherleşmesinin bulunduğu bu kuşakta oldukça iyi tenörde nikel zenginleşmesi olduğu görülecektir. Bu kuşakta silisleşmiş, karbonatlaşmış, killeşmiş, tamamen bozunmuş peridotit bulunmaktadır.

Bu kuşaktan alınan sondaj örneklerinin mineralojik incelemesinde; birincil mineral olarak mikro oluşumlar halinde eser miktarda kromit bütün örneklerde görülmüş, bazılarında da magnetit ve piroluzit saptanmıştır. İkincil mineralleşme ürünü olarak

yine mikro oluşumlar halinde kuvars, demirhidroksit, hematit, serpantin, kalsit, dolomit ve kil mineralleri görülmektedir. Kalsit ve dolomit kısmen diğer mineralleri kat eden damar dolgusu şeklindedir (Karaaslan, 1978).

Demir mineralleri olan limonit ve hematit bazı yerlerde masif, fakat genellikle fiziksel özelliğinden dolayı toprağımsı karakterdedir.

Cevherin konumu yataya yakın ve tabandaki serpantinleşmiş kütlelerin rölyefine uygun yayılım göstermektedir. Tabanın çukurlaştığı kısımlarda cevher de derinleşmekte, tabanın yükseldiği kısımlarda ise yüzeye yakın olmaktadır.

Lateritik zenginleşmenin en iyi görüldüğü bu orta kuşakta, silis miktarı az killi, karbonatlı, demirhidroksitli, kısımlarda nikel birikimi görülmektedir. Orta kuşakta nikel tenörü tabana doğru artmaktadır.

1.3. Önceki Çalışmalar

Çoğullu (1965), Mihaliççık bölgesindeki glokofanlı şistler ve asbest zuhurları üzerinde çalışmalar yapmıştır. Bölgede ultrabazikler ile bunları batı ve doğudan örten metamorfik kayalar yer almaktadır. Glokofanlı şistler bölgede zengin asbest oluşumlarına sahiptir. Ultrabazikler; dünit, lertzolit, harzburjit, piroksenit ve gabrolardan oluşmakta olup, genel olarak serpantinleşmişlerdir.

Mısırlıoğlu (1975), Karaçam köyü yakınındaki lateritik yataklar ile ilgili prospeksiyon çalışması yapmıştır. Karaçam lateritik demir yatakları ile ilgili ikinci çalışma 1977 yılında Ada Tepe dolayında yapılan 1/1000 ölçekli jeoloji haritasıdır.

Sincan (1978), Eskişehir-Mihaliççık arasında kalan bölgenin detay jeolojik harita alımını gerçekleştirerek alanın stratigrafisini ortaya koymuş, ayrıca kaolen yataklarının ekonomik olarak değerlendirmesini yapmıştır.

Karaaslan (1978) tarafından Eskişehir-Mihaliççık-Karaçam sahasında demir-nikel cevherleşmesi raporu hazırlanarak demir ve nikel rezervleri belirtilmiştir.

Ada Tepe'de demir aramalarına yönelik sondajlar yapılmış olup, bu sondajlardan alınan örneklerin analizlerinde ekonomik değerde Ni ve Co elementlerine

rastlanması sonucu Yunusemre- Karaçam-Dumluca köyleri arasında kalan alanın 1984 yılında prospeksiyonu yapılarak lateritik alanlar belirtilmiştir (Boyalı, 1984).

Gözler ve Cevher, (1987) tarafından Eskişehir-İ26 paftasının 1/100000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanarak bölgenin jeolojisine yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Gözler vd. (1996), İnceleme alanı ve çevresini kapsayan Orta Sakarya ve güneyinin ayrıntılı jeolojisini irdemişlerdir. Daha önceki araştırmacılar tarafından Siluriyen–Devoniyen yaşı verilen birimin Triyas yaşlı Karkın Formasyonu olduğu tespit edilmiş ve detay jeolojisi verilmiştir.

2. ESKİŞEHİR –MİHALIÇCIK – KARAÇAM VE YAKIN ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ

2.1. Karaçam Alanının Jeolojisi

Karaçam sahası peridotit ve bunların bozunmasıyla meydana gelmiş kaya birimlerinden oluşmaktadır. Peridotitler tamamen serpantinleşmiştir. Peridotitlerin bozunmasıyla meydana gelen kaya birimleri; silişleşmiş peridotit, karbonatlaşmış, killeşmiş ve demirhidroksite dönüşmüş peridotitlerdir. Yer yer opalleşmeler mevcuttur.

Yunusemre, Karaçam köyleri arasında, çalışmanın amacını oluşturan silisli lateritik zonlar bulunmaktadır. Silisli lateritik kesimler ve sahanın çeşitli yerlerinde izlenen - ayrılmış serpantinlin üzerinde gelişmiş- limonitik toprak zonları nikel birikimi için elverişli yerleri oluşturmaktadır (Boyalı ve Arıkan, 1986).

Silişleşmiş peridotit yüzeyde kabuk halindedir. Bünyesinde karbonatlaşma ve opalleşme gösteren mercekler bulunmaktadır. Silis kabuğun rengi genellikle gri, özellikle incelen kenar kısımlarda kirli kırmızı olmaktadır (Boyalı ve Arıkan, 1986).

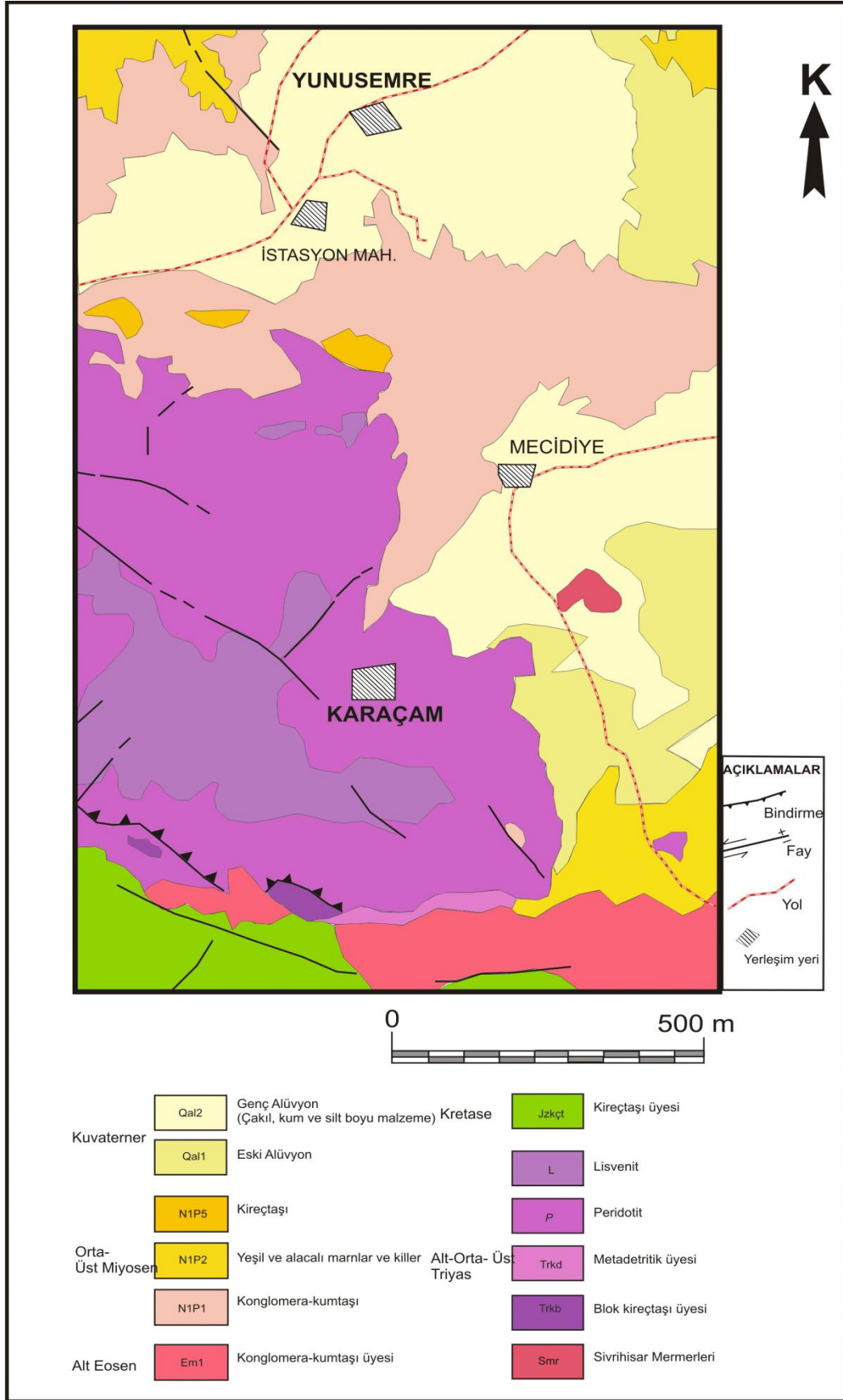
Lateritik cevher zenginleşmesinin görüldüğü tamamen bozunmuş peridotitler silis kabuğun altında olup sondaj ve ocaklarda görülebilmektedir. Killeşmiş kısımlar sarı, kırmızı ve yeşile kadar değişebilen renklerde. Sarı ve kırmızı kısımlar demirce zengindir. Karaaslan (1978) buradaki kaya birimlerini yukarıdan aşağıya doğru üç kuşağa ayırarak incelemiştir.

Tavan Kuşağı: Tamamen silişleşmiş peridotitten oluşmuştur. Daha önce belirtildiği gibi silis kabukta yer yer görülen opalleşmiş ve karbonatlaşmış peridotit mercekleri bulunmaktadır. Kuşağın kalınlığı 10-40 m arasında değişmektedir.

Lateritik zenginleşmenin görüldüğü Orta Kuşak: Fe ve Ni zenginleşmesi görülen bu kuşakta silişleşmiş, karbonatlaşmış, killeşmiş tamamen bozunmuş peridotit mevcuttur. Kuşak ortalama 30 m kalınlıktadır.

Taban Kuşağı: Bu kısım cevherleşmenin olmadığı, taban kayacı serpantinleşmiş peridotittir.

İnceleme alanı ve yakın çevresinin 1/100000'lik jeoloji haritası Karaaslan (1978) ve Gözler vd. (1996)'nın araştırmaları göz önünde bulundurularak hazırlanmış olup, Şekil 2.1'de sunulmaktadır.



Şekil 2.1. Çalışma alanı ve yakın çevresinin 1/100000'lik jeoloji haritası (Karaaslan, 1978 ; Gözler vd., 1996).

2.2. Stratigrafi

Mihalıççık-Karaçam sahasında yüzeylenen stratigrafi birimlerine bakıldığında en yaşlı birim olan Sivrihisar Mermerleri (Alt Triyas), ve sırasıyla Karkın Formasyonu - Ayrılmamış Ofiyolitler (Orta-Üst Triyas), Zeyköy Formasyonu (Kretase), Mamuca Formasyonu (Alt Eosen), Porsuk Formasyonu (Orta- Üst Miyosen) ve güncel sedimanlar olarak da Kuvaterner yaşlı kaba kum ve çakıllardan oluşan alüvyonlar gözlenmektedir.

İnceleme alanı ve çevresinin istifi hazırlanırken Karaaslan (1978), Sincan (1978) ve Gözler vd. (1996)'nın yaptığı çalışmalardan yararlanılmıştır.

2.2.1. Sivrihisar mermerleri

Sivrihisar metamorfiklerinin en üst seviyesini oluşturan, yer yer metabazitler ile görülen birimdir. Eskişehir paftasında D-B istikametinde uzanan kuşak boyunca geniş yayılım alanı sunan mermerler beyaz, gri ve siyahımsı gri renkte olup çok çatlaklı ve kırıklıdır. Sivrihisar Mermerleri çalışma alanı olan Karaçam köyünün kuzeydoğusunda görülmektedir.

Sivrihisar metamorfiklerinin ofiyolitler ile dokanağı tektonik konumludur. Sivrihisar metamorfiklerinin Jura ile olan dokanak ilişkisi hiçbir yerde izlenememiştir. Üst Kretase, Eosen, Miyosen çökelleri Sivrihisar metamorfikleri üzerine diskordansla gelir (Gözler vd., 1996).

2.2.2. Karkın formasyonu

Gri, açık gri, siyah, yeşil, haki yeşil metakonglomera, metakumtaşı ve fillitlerden oluşan Alt Karbonifer-Üst Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları ve yaş vermeyen kristalize kireçtaşı blokları ihtiva eden metadetritikler, yeşil, açık yeşil, morumsu pembe renklerde spilit-diyabaz-bazalt ve bunların hafif metamorfizmaya uğramış eşdeğerleri ve Orta-Üst Triyas yaşlı veren yarı kristalize ve kristalize kireçtaşları ile son bulan bu birim Karkın köyü kuzeyinde görüldüğünden bu isim altında incelenmiştir (Gözler vd., 1996).

Karaçam sahası ve çevresinde bulunan farklı litolojilerin stratigrafik istiflenmesi Şekil 2.2'de sunulmuştur.

ÜST SİSTEM	SERİ	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
SENOZOYİK	T E R S İ Y E R	ORTA-ÜST MİYOSEN	PORSUK FORMASYONU	Qal2 : Çok fazla siltli, hafif killi, kumlu ve ince çakıllı genç alüvyon
				Qal1 : Gevşek tutturulmuş konglomeralı, kumtaşı, çamurtaşı eski alüvyon
				<i>Açısal uyumsuzluk</i>
		ALT EOSEEN	MAMUCA FORMASYONU	N1P5 : Gri, bej renkli, killi kireçtaşları
N1P2 : Yeşil renkli marn ve açık kahve renkli kiltası ardalanması				
MESOZOYİK	KRETASE	ZEYKÖY FORMASYONU	N1P1 : Sarımsı-kahve renkli konglomera ve sarı - açık kahve renkli kumtaşı ardalanması	
			<i>Açısal uyumsuzluk</i>	
		ALT-ORTA ÜST TRIYAS	AYRILMAMIŞ OFİYOLİTLER	Em1 : Kalın tabakalı konglomera ve orta katmanlı kumtaşı ardalanması içeren konglomera- kumtaşı üyesi
				<i>Açısal uyumsuzluk</i>
KARKIN FORMASYONU	Jzkçt : Gri, krem, beyaz renkli, masif görünüşlü sık dokulu kireçtaşı üyesi			
	<i>Açısal uyumsuzluk</i>			
	L : Sarımsı kahverenginde lisvenitler			
SİVRİHİSAR METAMORFİKLERİ	P : Dunit ve harzburgit içeren, yeşil renkli peridotitler			
	Trkd : Metakonglomera, metakumtaşı ve fillitlerden oluşan, kireçtaşı blokları içeren metadetritik üyesi			
	Trkb : Açık gri, krem, beyaz renkli, ileri derecede kristalize olmuş blok kireçtaşı üyesi			
	<i>Açısal uyumsuzluk</i>			
	Smr : Sivrihisar Mermerleri			

Şekil 2.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin stratigrafik istifi (Karaaslan, 1978 ; Sincan, 1978; Gözler vd., 1996)

Birim en güzel şekilde, D-B uzanımlı bir hat boyunca Karkın köyü kuzeyi, Dumluca köyü civarı, Zeyköy batısı, Kızılcaören batısı ve Karaçam köyünün güney kısımlarında görülmektedir.

Karkın Formasyonuna ait birimlerin litolojik özellikleri aşağıda ayrıntılı bir şekilde sırasıyla anlatılmaktadır.

Metadetritik üyesi

Gri, açık gri, yeşil, haki yeşil ve bej renkli olan bu kayaçların içinde bir metre ile onlarca metre büyüklüğünde değişen beyaz, açık gri renkli kristalize kireçtaşı blokları ile siyah, koyu gri renkli, bol çatlaklı Alt Karbonifer-Üst Permiyen yaşları veren kireçtaşı blokları görülmektedir (Gözler vd., 1996).

Metakonglomera ve kumtaşları Karkın köyü batısına doğru, Kızılcaören köyü güneyinde fillitlere yanal geçiş gösterirler.

Metakonglomera ve metakumtaşları melanji oluşturan birimlerin sedimanter orijinli üyeleri olup, kırmızı renkli çamurtaşları, kireçtaşları ve radyolaritler ile tektonik ilişki halinde görülürler.

Kireçtaşı blokları

Çalışma alanında sadece metakonglomera ve metakumtaşları arasında bir metre ile onlarca metre büyüklüğünde bloklar halinde görülen kireçtaşlarının dikkat çekici iki özelliği bulunmaktadır. Açık gri, krem, beyaz renkli olanlar ileri derecede kristalize olmuşlardır ve yaş vermemektedirler. Koyu gri, siyah renkli, çok çatlaklı ve çatlakları kalsit dolgulu olan kireçtaşları ise yaş vermektedirler. Alt Karbonifer-Üst Permiyen yaşları veren bu kireçtaşı blokları Dumluca köyü doğusunda ve Kızılcaören köyü civarında yani çalışma alanının güneyinde görülmektedir (Gözler vd., 1996).

Karkın Formasyonu peridotitler üzerinde Karkın civarında 30 cm kalınlığındaki sarımsı, kahverengimsi sarı renkte, kalın bir lisvenit zonunun olduğu hat boyunca tektonik olarak yer alır. Kuzeye doğru Karkın Formasyonu üzerinde Zeyköy Formasyonunun kumtaşları ve kireçtaşları diskordansla gelir. Dumluca köyü civarında peridotitler üstte tektonik olarak görülürler.

Adahisar civarında melanj içinde bloklar halinde kireçtaşları ve radyolaritler ile tektonik konumlu olarak yan yana bulunurlar.

Çalışma alanında allokton olarak görülen Karkın Formasyonu, Liyas yaşlı detritiklerle veya Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları ile diskordansla örtülürler. Orta-Üst Triyas yaşlı kireçtaşlarıyla son bulduklarından ve bu birim üzerine Liyas yaşlı detritikler diskordansla geldiğinden birimin yaşı için Triyas denebilir (Gözler vd., 1984).

2.2.3. Ofiyolitler

Çalışma alanı ve çevresinde ayrıca Sivrihisar, Mihaliççık, Eskişehir kuzey ve güneyinde görülürler. Yaklaşık KD-GB istikametinde bir uzanım gösteren ve metamorfik birimler üzerini bir nap şeklinde örten ofiyolitler; melanj ve ultramafikler başlığı altında incelenmektedir.

Melanj

Çalışma alanı ve çevresinde düzenli bir istif göstermeyen, değişik litolojik birimleri içeren karışık bir kütledir. Herhangi bir hamurdan yoksun, farklı kökenlerde kayaçların tektonik yolla bir araya gelmesinden oluşmuşlardır. Radyolaritler, kristalize kireçtaşı ve mermerler, diyabazlar, serpantinitle, metamorfikler, peridotitler ve gabro bloklarının karışımından oluşurlar.

Ultramafikler

Yeşil, koyu yeşil renkli kromit ve kromit taneleri içeren dunit, sütlü kahverengindeki dış görünüşleriyle ve güneş ışığında parlak piroksen mineralleriyle belirgin harzburjit, piroksenit bantlı görünüşte gabrolar ile izotropik gabrolardan oluşmuş, yer yer serpantinleşmiş kısımların görüldüğü okyanus kabuğu malzemesini teşkil eden ultramafik toplulukların birkaçını bir arada görmek mümkündür (Gözler vd., 1984). Çalışma alanında KD-GB doğrultusunda uzanan bir yayılım gösterirler.

Ultramafikleri oluşturan kayaçlar arasında en önemlileri çalışma alanında son derece geniş bir yayılım gösteren gabrolar, serpantinitle, peridotitler ve lisvenitlerdir.

Gabrolar: Peridotitler içinde kafalar halinde görülen gabrolar izotropik gabrolar olup, peridotitler ile olan kontaklarında tektonizma etkisiyle serpantinitleşmeler meydana gelmiştir.

Serpantinitleşmeler: Ultramafikler içinde yer alan serpantinitleşmeler çoğunlukla yeşil renkte ve tektonik olayların etkin olduğu yerlerde görülürler.

Peridotitler: Yeşil, açık yeşil renkli, kromit taneleri ve bantları içeren dunitler ile dış görünüşleri sütlü kahverenginde, parlak piroksenler ihtiva eden harzburjitlerden oluşmaktadır.

Lisvenitler: Silisleşmiş, karbonatlaşmış, ultrabazik kayalar özellikle büyük tektonik hatlara rastlayan yerlerde oluşmuşlardır. Sarımsı kahverenginde, kirli sarı renkte, uzaktan kolaylıkla fark edilebilen bu kayalara çalışma alanında çok sık rastlanmaktadır.

Ofiyolit napı altındaki metamorfik birimlerden elde edilen yaş bulgusu Orta-Üst Triyas'tır (Gözler vd., 1996). Bu verilere göre ofiyolitlerin yerleşim yaşı için Triyas sonu-Erken Jura öncesi denebilir. Oluşum yaşı yorumsal olarak Karakaya denizinin açılmaya başladığı zamanla eş yaşı olmalıdır. Dolayısıyla da Triyas denebilir.

2.2.4. Zeyköy formasyonu

Taban konglomasına sahip, sarımsı boz, açık yeşil renkli kumtaşları ile üste doğru çoğunlukla masif görünümlü, gri, krem, beyaz renkli kireçtaşlarına geçen, ince ve orta tabakalanmalı bol fosilli kireçtaşları ile son bulan bu birim Zeyköy civarında en güzel şekilde görüldüğünden, Kulaksız (1981) tarafından yapılan formasyon adlandırmasına sadık kalınmıştır.

Bu formasyon, konglomera-kumtaşı üyesi ve kireçtaşı üyesi adı altında incelenmektedir.

Kireçtaşı üyesi

Gri, krem, beyaz renkli masif görünüşlü, tabakalanması belirsiz sık dokulu, midye kabuğumsu kırılğan fosilsiz kireçtaşları üste doğru bol fosil içeren (gastropod, lamelli ve alg) kalkarenitik, mikritik, ince dolomitik kireçtaşlarıyla devam eder ve ince-orta tabakalı ve bol fosilli mikritik, sparitik, pelletmikritik kireçtaşları ile son bulur.

Zeyköy Formasyonu, kendisinden yaşlı Karkın Formasyonu ve ofiyolitler üzerine (toprak örtüden dolayı çok net gözlenmeyen) taban konglomerası ile diskordansla gelir. Bu formasyonu Zeyköy ve Dümrek köyü kuzeyinde Mamuca Formasyonu (Alt Eosen) diskordansla örter.

2.2.5. Mamuca formasyonu

Mor, kırmızı, gri boz renklere konglomera ve kumtaşları ile başlayan birim üzerine yeşil renkli killer gelir. Üst seviyelere doğru sarı killi, kumlu kireçtaşlarıyla son bulur. Bu birim Mamuca köyü civarında görüldüğünden ve karakteristik olduğundan bu ad verilmiştir.

Mamuca Formasyonu, konglomera-kumtaşı, kil-marn ve kireçtaşı üyelerinden oluşmaktadır. Fakat çalışma alanı ve yakın çevresinde görülen kaya türü konglomera-kumtaşı üyesidir.

Konglomera-kumtaşı üyesi

Kalın ve çok kalın tabakalı, kırmızı, mor, şarabi, sarımsı boz, gri ve açık gri renklere, çoğunlukla kırmızı, mor renklerin hakim olduğu bu birim üzerine kendisinden daha yaşlı birimlerin çakıl boyutundan blok boyutuna kadar değişen parçalarını içeren konglomera ile başlar. Konglomeraların çakılları çoğunlukla şist, mermer, radyolarit, çört, gabro, diyabaz, serpantin ve kireçtaşlarından meydana gelmektedir.

Konglomeralar kumtaşları ile aralanmalı olarak görülürler. Kumtaşları ve konglomeralar arasında yer yer ince tuf ve tufit seviyeleri ile 3-20 cm arasında değişen kömür seviyelerini Dümrek köyünde ve Mihaliççik kuzeydoğusundaki

konglomera ve kumtaşları arasında görmek mümkündür. Konglomera ve kumtaşlarının en güzel ve en kalın gözlendiği yer Mamuca köyü civarındır. Konglomera ve kumtaşlarının çakılları çok sıkı tutturulmuş olup çimento çoğunlukla kırmızı renkli kildir. Bazen çimento karbonat ve demiroksit olarak görülmektedir.

Konglomeraların tane boyları çok değişik büyüklüklerde olup boylanma çoğunlukla kötüdür. Kumtaşı seviyelerinde boylanma iyidir. Konglomeralarla ardalanmalı olan kumtaşları orta katmanlıdır.

Bu üyenin üst seviyelerinde kumtaşları hakim duruma geçmekte olup kil ve marnlara geçiş gösterirler.

Mamuca Formasyonu çalışma alanında Mihaliççik kuzeydoğusundaki metamorfikler üzerine açısız uyumsuzlukla gelmektedir. Dümrek köyü kuzeyinde Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları üzerine diskordansla gelmekle birlikte, Eosen sonrası bölgeyi etkileyen tektonizmadan etkilenmiştir (Gözler vd., 1996).

2.2.6. Porsuk formasyonu

Konglomera, kumtaşı, kiltası, marn ve gölsel kireçtaşlarından meydana gelen akarsu ve gölsel çökeller Porsuk çayı boyunca görüldüklerinden Gözler vd., (1996) tarafından Porsuk Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Eskişehir'den itibaren yaklaşık D-B istikametine akan Porsuk çayı boyunca bu formasyon konglomera, kumtaşı, kil, marn ve kireçtaşı litolojileri bir arada gözlenmektedir.

Birim, çalışma alanı dışında gözlenen kendisinden yaşlı metamorfik, ultramafik, granit ve Eosen birimleri üzerine uyumsuzlukla gelmektedir. Geniş bir alanda yapılan çalışmalar ile mukayesesi sonucunda gerek litolojik yönden çalışma alanının dışında gözlenen Höyükü Formasyonuna benzememesi, gerekse Pliyosen yaşlı Ilica formasyonunun bazaltları altında yer almalarından dolayı Orta-Geç Miyosen yaşı verilmiştir (Gözler vd., 1996).

Konglomera kumtaşı

Kırmızı kahverenginde, boz, sarımsı boz, gri, yeşilimsi gri renklerde görülürler. Çoğunlukla geldikleri kayaçların cinsi ve rengi ile ilgili olarak değişen renkler alırlar. Eosen konglomeralarına yakın yerlerde çökelen birimler genellikle kırmızımsı kahverenginde, granit ve karbonatlı kayaçlara yakın yerlerde çökelen birimlerde genellikle boz ve sarımsı boz renktedir. Ultramafiklere yakın yerlerde de gri ve yeşilimsi gri renklerde görülürler. Genellikle irili-ufaklı taneler hep bir arada görülürler. Tanelerde yuvarlaklaşma genel olarak zayıftır.

Konglomeraların çimentosu ultramafiklere yakın yerlerde genellikle dolomittir. Lisvenitleşmenin yoğun olduğu yerlerin yakınındaki konglomeralarda çimento kalsedon ve limonit, metamorfik ve karbonatlara yakın yerlerdeki konglomeralarda ise çimento CaCO_3 olarak görülür. Kumtaşları tane açısından konglomeralardan farklılık göstermemesine rağmen çimento açısından farklıdırlar. Kumtaşlarında çimento genellikle limonit, kil ve CaCO_3 olarak görülür.

Konglomeralar kendisinden yaşlı tüm birimler üzerine diskordansla gelirler. Kumtaşları konglomeralar arasında bantlar halinde veya onlarla düşey ve yanal geçişli olarak görülürler. Marn ve killer ile geçişlidirler.

Marn ve killer

Genellikle yeşil, sarı, boz, yer yer alacalı renklerde olan bu birimler havzanın en derin kesiminde görülürler. Marn ve killer arasında yer yer çok ince bantlar halinde kireçtaşlarını görmek mümkündür. Konglomera veya kumtaşları üzerine geldiği marn ve killerin alt seviyelerinde kömür oluşumlarına rastlamak mümkündür. Porsuk Formasyonunun en kalın birimidir.

Jips ihtiva etmeyen marn ve kil birimleri, Eosen birimleri üzerine uyumsuz gelirler. Konglomera, kumtaşı, birimleri ile düşey ve yanal geçişli olarak görülürler.

Kireçtaşı

Beyaz, gri, sarımsı bej renklerde, batıda silisifiye olmuş ve yer yer silis arabantlı, doğuda poroziteli killi ve tüflü kireçtaşları şeklinde görülürler. Jipslerin olmadığı yerlerde Neojen havzası çökellerinin en son üyesini teşkil ederler.

Kireçtaşı ultramafik, metamorfik, mermer, Jura-Eosen birimleri üzerine uyumsuz gelir. Konglomera ve kumtaşları üzerine de uyumsuz gelir. Marn ve killerin üzerine uyumlu gelirler.

2.2.7. Kuvaterner çökelleri

2-3 m güncel "çayır balçığı", çok fazla siltli, hafif killi, kumlu ve ince çakıllı, tabakalı kum, çakıllı ve kalkerli kahverengi tonlarına sahiptir.

Eski alüvyon

Miyosen formasyonları üzerinde küçük taneli çakıl taşlarının oluşturduğu konglomera ve kumtaşı tabakaları ile başlayan birim içinde çamurtaşları ve kireçtaşları da yer almaktadır. Konglomeralar gevşek tutturulmuş olup, daha eski formasyonlara ait çakılları ihtiva etmektedir.

Genç alüvyon

Özellikle Porsuk ırmağı ve diğer küçük ırmaklar boyunca çok gevşek olarak tutturulmuş çakıl ve kum tanelerinden oluşmuştur.

2.3. Yapısal Jeoloji

İnceleme alanında Triyas sonunda kapanan bir okyanusta (kuzeyde dalan) gelişen olayların tektonik sonuçları Karkın kuzeyinde ekaylı yapılar ve bindirmeler şeklinde kendini göstermektedir (Gözler vd., 1996). Ancak Triyas sonunda oluşumunu tamamlamış bu ekaylı sistem, daha sonraki yapısal hareketlerden de etkilenmiştir.

Bu dönemde hakim olan K-G istikametindeki sıkışmalar neticesinde D-B yönlü fay sistemleri gelişmiştir. Üst Kretase veya sonrasında inceleme alanının dışında gelişen yine K-G yönlü sıkışmalar bölgeyi etkilemiş ve de özellikle Jura-Üst Kretase birimlerinde doğrultu atımlı faylar gelişmiştir (Karaaslan, 1978). Ancak bu fayların oluşum yaşını kesin olarak belirlemek mümkün olmamıştır. Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ile yaşıt olabileceği tahmin edilmektedir (Gözler vd., 1984).

2.4. Metamorfizma

Çalışma alanı Tetis kuşağı içinde, Tetis'in kuzey kolunun kapanması (Şengör ve Yılmaz, 1981) ile ilişkili bir dizi tektonik olaya sahne olmuştur. Bugün bütünüyle bir çarpışma olarak tanımlanabilecek çalışma alanı, gelişen deformasyonlara uygun olarak, gerek pasif kıta kenarının ve gerekse ofiyolitli melanjlerin metamorfizma geçirmiş parçalarının dilimlerini içerir. Bu nedenle çalışma alanı içinde yüksek basınç ve düşük sıcaklık metamorfizması içeren ofiyolitli melanj kökenli metamorfikleri, bütünüyle kıyı çökelleri ya da resifal karbonatların metamorfizmasıyla olabilecek topluluklarla yan yana veya üst üste dilimler halinde görebilmek mümkündür.

2.5. Ekonomik Jeoloji

Si, Mg ve Fe içeren ultramafiklerin bileşimlerinin % 80'ini MgO ve SiO₂ oluşturur. Bunların içinde ayrıca Mg ile aynı iyonik yarıçapa sahip, ortalama % 0,25 oranında Ni ve % 0,02 oranında Co bulunur.

Tropik ve subtropik iklimlerde, ultramafiklerin fiziksel ve kimyasal olarak ayrışması sonucu Mg, Si vb., gibi elementler farklı yollar izleyerek ortamdan uzaklaşırken geride Fe, Ni ve Co bakımından zengin bir kısım kalmakta ve Fe hidroksit şeklinde çökelmektedir. Böylece ultramafiklerin üzerinde demirli laterit gelişimi başlamaktadır. Oluşan bu lateritlerin rengi, tabanda yeşilimsi sarı renkten başlayıp üste doğru kırmızı, kahverengi renge doğru değişim göstermektedir. Yüzeyde yumrulu, sert bir görünüm kazanırlar ve buna silisli kabuk adı verilmektedir. Ortamda değerli element olarak kalan nikelin davranışı çok değişiktir. Bir kısım nikel hareketli olup ortamı terk etmektedir. Diğer bir kısım nikel ise demirli lateritlerin taban kısımlarında dağınık bir şekilde yerleşmiş olarak bulunmaktadır. Taşınan nikel arit bölgelerde sedimenter nikel yataklarını, ortamda kalan nikel ise demirli lateritler içerisinde ekonomik boyutta birikerek lateritik nikel yataklarını oluşturmaktadırlar (Özkoçak, 1980).

Genellikle gevşek dokulu, topraksı yapıda olan lateritik nikel yatakları belirli bir şekil sunmadıklarından yan kayaçtan kesin sınırlarla ayrılmaları olanaksızdır.

Yunusemre-Karaçam köyleri arasındaki serpantinlerin ayrışması sonucunda lateritik zonlar oluşmuştur. Kalınlığı 1-150 m arasında değişen lateritik zon, çalışma sahasında 5,5 km²'lik bir alanda yayılım göstermektedir. Lateritik alanlar Sarnıç Tepe, Karasivri Tepe ve Ada Tepe'de yoğunlaşmıştır. Sahada yapılan sondajlarda yapılan gözlemlere ve kimyasal analizler sonucu elde edilen verilere göre, alttaki ayrışmış serpantinit ile üstteki silisli kabuk arasındaki zonda nikel-kobalt zenginleşmesi beklenmektedir (Karaaslan, 1978). Bu nikel ve kobaltca zengin kısmın oluşumu lateritleşme ile açıklanmaktadır.

Gözler vd. (1996); Civardaki Fe cevherleşmesinin lateritleşmeden ziyade ofiyolitler içinde oluşan büyük tektonik hatlar boyunca lisvenitleşmeye bağlı olarak gelişmiş yersel Fe zenginleşmeleri olabileceğine de dikkat çekmişlerdir.

Çalışma bölgesinde gerek lateritleşmeye, gerekse ultramafik kayalardaki tektonik hatlar boyunca lisvenitleşmeye bağlı olarak gelişmiş nikel cevherleşmeleri üzerinde durulmuştur.

3.1. Tanımlayıcı İstatistiksel Bilgiler

Çalışma bünyesinde değerlendirilen 6 sondaj kapsamında 72 adet Fe-Al₂O₃-SiO₂-Ni elementlerine ait en küçük ve en büyük değerler, ortalama değerler ve bunların standart hataları, standart sapma, varyans, çarpıklık ve basıklık değerleri Çizelge 3.1’de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. İncelenen element ve bileşiklere ait tanımlayıcı istatistiksel bilgiler.

DEĞİŞKEN	EN KÜÇÜK DEĞER (%)	EN BÜYÜK DEĞER (%)	ORTALAMA DEĞER STD.HATA		STD. SAPMA	VARYANS	ÇARPIKLIK	BASIKLIK
Fe	6,83	53,42	27,64	1,83	12,57	157,94	0,25	-0,65
Al ₂ O ₃	0,20	71,55	4,71	1,85	11,55	133,42	5,45	31,47
SiO ₂	0,78	85,45	39,98	3,63	23,27	541,25	0,09	-0,92
Ni	0,02	4,05	0,80	0,11	0,96	0,93	2,14	4,28

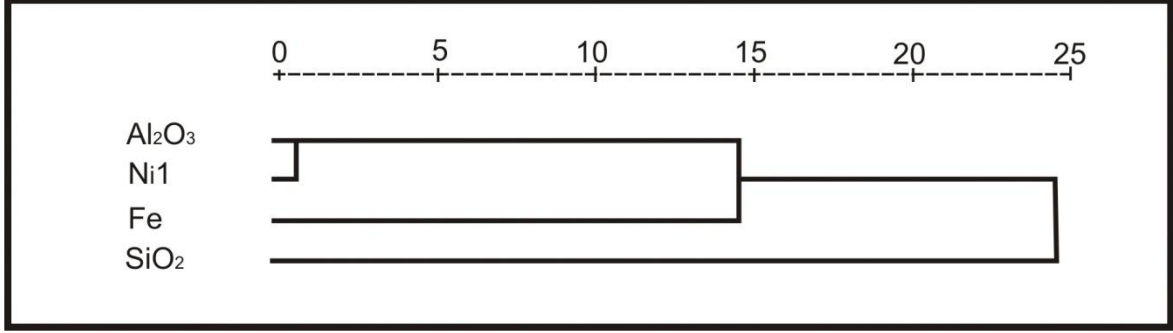
3.2. Kümeleme / Salkımlama Analizi

Kümeleme / salkımlama analizi, birimleri ya da değişkenleri birbirinden farklı homojen sınıflara ayırabilme tekniklerinden biridir. Birimleri ve değişkenleri sınıflandırma tekniklerinin başlıcaları; ayırma yöntemleri, kökensel yöntemler, karşılıklı benzerlik işlemleri ve en yaygın kullanılan kademeli (hiyerarşik) salkımlama yöntemleridir (Davis, 1986; Tüysüz ve Yaylalı, 2005).

Kademeli-aşamalı kümeleme yöntemi, verilerin başlangıç aşamasında kaç küme oluşturduğuna ve küme elemanlarının belirlenmesinde ilk olarak hangi kriterin dikkate alınacağı durumuna göre “Birleştirici aşamalı kümeleme yöntemi” ve “Ayırıcı aşamalı kümeleme yöntemi” olmak üzere iki gruba ayrılır.

En yaygın olarak kullanılan birleştirici kümeleme yönteminde uygulanan değişik yaklaşımlar; ağırlıklı ortalama bağlantı kümeleme yöntemi (Average linkage method), tek bağlantı kümeleme yöntemi (Single linkage method), küresel ortalama bağlantı kümeleme yöntemi (Centroid linkage method) ve tüm bağlantı kümeleme yöntemi (Complete linkage method) dir.

Tez çalışması kapsamında, yukarıda özet olarak anlatılan kümeleme analiz yöntemlerinden, birleştirici aşamalı kümeleme yöntemi ağırlıklı ortalama bağlantı kümeleme metodu kullanılarak elde edilen salkımlama grafiğine göre (Şekil 3.2); Al_2O_3 ve Ni birlikte davranmakta, Fe ve SiO_2 ise bunlardan bağımsız hareket etmektedir.



Şekil 3.2. Değişkenlerin Kümeleme Analizi ile çizilmiş dendogram grafiği.

3.3. Faktör Analizi

Faktör analizi birçok bilim dalında yaygın olarak kullanılan, çok değişkenli analiz yöntemlerinden birisidir. Faktör analizi, p değişkenli bir olayda (p boyutlu uzay) birbiri ile ilişkili değişkenleri bir araya getirip, az sayıda ilişkisiz değişken bularak, boyut indirgemeyi ve bağımlılık yapısını yok etmeyi amaçlar (Davis, 1986).

Sonuç olarak, faktör analizi değişken sayısını azaltırken, aynı zamanda değişkenler arasındaki ilişkilerden yararlanarak yeni yapıların ortaya çıkmasını amaçlamaktadır.

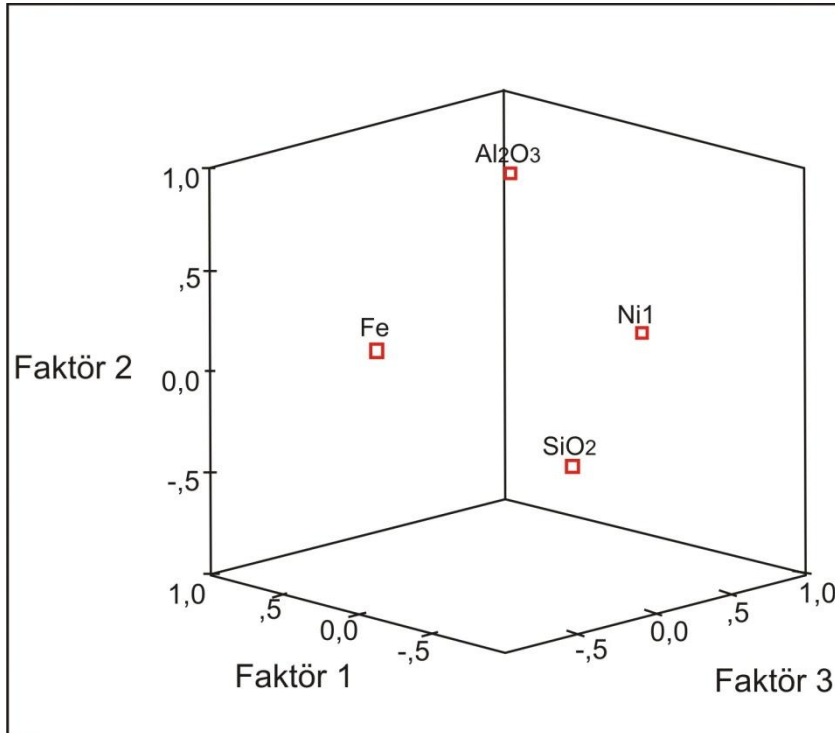
Tez çalışması kapsamında incelenen sondaj örneklerine ait Fe-Ni- Al_2O_3 - SiO_2 verilerinin analiz sonuçları için hazırlanan faktör analizi skor değerleri Çizelge 3.2'de ve faktör analizi grafiği Şekil 3.3'de sunulmuştur.

Elde edilen çizelge ve grafiğe göre Fe elementi 0,96'lık faktör skoru ile birinci faktörün etkisinde iken, Al_2O_3 bileşiğinin 0,98'lik skorla ikinci faktörün, SiO_2 bileşiğinin 0,75'lik skorla dördüncü ve Ni elementinin de 0,99'luk bir skorla üçüncü faktörden etkilendiği söylenebilir. Bu faktörler, mineral oluşum süreçlerini destekleyen farklı basınç – sıcaklık değerleri ve baz metal birlikteliği gibi unsurları

içerebilir. Birinci faktörün açıkladığı varyans %31, ikinci faktörün açıkladığı varyans %27, üçüncü faktörün açıkladığı varyans %25 ve dördüncü faktörün açıkladığı varyans %16 olup, toplamı %99'dur.

Çizelge 3.2. Faktör analizi skor değerleri.

	FAKTÖRLER			
	1	2	3	4
Fe	0,963	-0,090	0,089	-0,237
Al ₂ O ₃	-0,045	0,985	-0,025	-0,163
SiO ₂	-0,566	-0,329	-0,125	0,746
Ni	0,087	-0,021	0,994	-0,069



Şekil 3.3. Faktör analizi grafiği.

3.4. Korelasyon Analizi

Yer bilimlerinde iki ya da daha fazla değişken arasındaki ilişkinin büyüklüğünü, yönünü ve önemini ortaya koyabilmek için kullanılan en yaygın analizlerden birisi korelasyon analizidir. Korelasyon katsayısı X ve Y değişkenleri için doğrusal ilişkinin derecesini gösterir (Tüysüz ve Yaylalı, 2005). X ve Y değişkenleri için korelasyon katsayısı;

$$r = \frac{\text{kovaryans}(X, Y)}{[\text{varyans}(X)\text{varyans}(Y)]^{1/2}}$$

denklemleri ile hesaplanır. Bu denklemde kovaryans ifadesi X ve Y değişkenlerinin ortak varyansını göstermektedir ve;

$$\text{kovaryans}(X, Y) = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{(n-1)}$$

şeklinde bulunur.

Korelasyon katsayısı, r -1,0 ve +1,0 arasında değişmektedir ($-1 \leq r \leq +1$). r^2 ise iki değişken arasındaki ilişkinin, toplam varyansı ne ölçüde temsil ettiğini göstermektedir.

Değişkenler arası ilişki, değişken değerlerinin aynı yöne doğru yönelimleri saptandığında yani, aynı anda artması ya da azalması halinde "pozitif korelasyon", farklı yönlerde doğru yönelimleri gözlemlendiğinde yani, bir değişken azalırken diğerinin artması halinde "negatif korelasyon" tanımlarıyla açıklanmaktadır (Till, 1995).

Çalışma kapsamında değerlendirilen element ve bileşiklerin %99 ve %95 güvenilirlikte yapılan korelasyon analizi sonuçları Çizelge 3.3'te görülmektedir. Çizelgeden de anlaşılacağı gibi, Fe ile SiO₂ arasında %76 oranında, Al₂O₃ ile SiO₂ arasında ise %39 oranında negatif doğrusal bir ilişki saptanmıştır.

Çizelge 3.3. İncelenen element ve bileşiklere ait korelasyon katsayıları.

	Fe	Al₂O₃	SiO₂	Ni
Fe	1,00	-0,09	-0,76**	0,23
Al₂O₃	-0,09	1,00	-0,39*	-0,04
SiO₂	-0,76**	-0,39*	1,00	-0,28
Ni	0,23	-0,04	-0,28	1,00

* %95 güvenilirlikte korelasyon seviyesi

** %99 güvenilirlikte korelasyon seviyesi

4. JEOİSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER

4.1. Variogram (Uzaklığa Bağlı İlişki) Fonksiyonu

Belirli bir olasılığa göre değerler alan değişkenler, rastlantı değişkenleri olarak tanımlanır. Rastlantı değişkenlerinin tanımladığı noktalar arası uzaklık ile bu noktalardaki değerler arasında bir ilişki vardır. Normal olarak uzaklık azaldıkça, değerlerin birbirine benzemesi; uzaklık arttıkça da benzerliğin azalması beklenmektedir. Yani, bölgesel değişkenlerin değerleri arasındaki fark, bu değerler arasındaki uzaklığın bir fonksiyonudur (Tercan ve Saraç, 1998).

Variogram fonksiyonu jeostatistikte, bölgesel değişkenin değerleri arasındaki farkın uzaklığa bağlı değişimleri olarak tanımlanır ve $2\gamma(h)$ simgesi ile ifade edilerek, rastlantı değişkeninin değerleri arasındaki farkın varyansı şeklinde aşağıdaki formülasyon kullanılarak hesaplanabilir (Journel ve Huijbregts, 1978).

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

$2\gamma(h)$: variogram fonksiyonu

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

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

Yukarıdaki eşitlikte verilen variogram fonksiyonu, cevherleşmedeki incelenen bölgesel değişkenin ne tür özellikler gösterdiğini belirlemekte kullanılır. Variogram fonksiyonu üretildiğinde, incelenen değişkenin homojenlik ve izotropluk dereceleri, düzenliliği ve bir örneğin etki mesafesi, sayısal olarak belirlenebilmektedir (Saraç ve Tercan, 1996).

Uzaklığın sifıra eşit olduğu durumlarda variogramın değeri de sifıra eşittir [$\gamma(0)=0$]. Ayrıca, uzaklığa bağlı değişimin verilerden belirlenebileceği sınır bir uzaklık bulunmaktadır. Bu da tüm örnekler içinde yer alan, birbirine en yakın iki örnek arasındaki uzaklığa eşittir. Sınır uzaklıktan daha az bir uzaklıkta veri bulunmadığı için bu uzaklıktan daha küçük mesafelerde bu değer belirlenemez ve bu durum variogramın orijininde bir süreksizliğe neden olur. Bu süreksizliğin bir başka nedeni de, örnekleme ve analiz sırasında yapılan hatalardır. Süreksizliğe neden olan bu

kaynakları birbirinden ayırmak mümkün değildir ve bu durum variogramda külçe etkisi (nugget effect) şeklinde bilinir ve C_0 simgesi ile gösterilir.

4.1.1. Variogram fonksiyonunun özellikleri

Variogram fonksiyonunun temel özellikleri maddeler halinde düzenlenmiş aşağıda özet olarak sunulmuştur.

- Uzaklığın sıfıra eşit olduğu durumlarda variogram değeri de sıfıra eşittir (Isaacs ve Srivastava, 1989).

$$\gamma(0)=0$$

Bu sonuç eşitlikte h yerine 0 değeri verilerek elde edilebilir.

- Variogram iki rastlantı değişkeni arasındaki farkın varyansı olarak tanımlandığı için, hiçbir zaman negatif değerler almaz. Eğer varyans ifadesi negatif çıkıyorsa kullanılan variogram fonksiyonu uygun seçilmemiş demektir (Journel ve Huijbregts, 1978).

$$\gamma(h) \geq 0$$

- Variogram simetrik özellik gösteren bir fonksiyondur (Isaacs ve Srivastava, 1989).

$$\gamma(h) = \gamma(-h)$$

4.1.2. Variogram modelleri

Araziden elde edilen ya da hesaplanan deneysel variogramlarda, variogram değerleri belirli uzaklıklar için hesaplanır ve bunun dışındaki uzaklıklarda variogram değerleri bilinmemektedir. Bölgesel değişkenin özelliklerinin belirlenmesinde ve örneklenmemiş noktadaki değerlerin kestiriminde variogram değerinin bütün uzaklıklarda bilinmesi gerekmektedir. Bu ise variogram

modellemeyi yani deneysel variogram değerlerine bir fonksiyon uyarlamayı gerektirir.

Variogram her zaman pozitif değerler aldığından seçilecek fonksiyonun da pozitif tanımlı bir fonksiyon olması gerekmektedir.

Günümüzde kullanılan variogram modelleri eşik (sill) değerinin bulunup bulunmamasına göre iki temel gruba ayrılır (Journel ve Huijbregts, 1978).

- Eşik Değerli / Silli Modeller
- Eşik Değeri Olmayan / Silsiz Modeller

En yaygın olarak kullanılan variogram modelleri Çizelge 4.1'de sunulmaktadır.

Çizelge 4.1. Variogram modelleri (İnal ve Yiğit, 2003).

	Variogram Modeli	Parametreler	Durum	Grup
1	Gauss modeli	$\gamma(h) = C_0 + C [1 - \exp (-h^2 / a^2)]$		Silli model
2	Üssel model	$\gamma(h) = C_0 + C [1 - \exp (-h / a)]$		Silli model
3	Küresel model	$\gamma(h) = C_0 + C [(3h / 2a) - (h^3 / 2a^3)]$	$0 \leq h \leq a$	Silli model
		$\gamma(h) = C_0 + C$	$h \geq a$	
4	Lineer model	$\gamma(h) = C_0 + C.h$		Silsiz model
5	Logaritmik model	$\gamma(h) = C_0 + C \log(h)$	$h > 0$	Silsiz model

Bu modellerde bahsedilen C_0 , C , a ve h değerlerinin tanımları aşağıda verilmiştir.

C_0 : Külçe etkisi (Nugget effect) olarak adlandırılan C_0 , teorik eğrinin $h=0$ noktasında düşey eksenini kestiği noktadır.

C : Variogramın yapısal bileşenleri için düşey ölçek değeridir.

a : Yapısal uzaklık (Range) olarak adlandırılan a değeri variogramın uzaklığıdır. Bu uzaklıktan sonra veriler artık birbirleri ile korelasyonsuzdur. Variogram ya da kovaryans değerleri bu uzaklıktan sonra sabit kalır.

h : Örnek noktaları arasındaki uzunluktur.

$C+C_0$: Tenör değeri (Sill) olarak adlandırılır. Variogram fonksiyonunun toplam düşey ölçek değeridir. Yaklaşık örnek varyansına eşittir. Kestirim değerini etkilemez, sadece kriging varyansında değişime sebep olur (İnal ve Yiğit, 2003).

Çizelge 4.1’de açıklanan variogram modellerinden küresel model, orijinden başlayarak artan h uzaklığı ile artar. Yapısal uzaklığa ulaşıldığında artışını durdurur ve bu uzaklıkta, variogramın değeri C_0+C ’ye eşit olur (Isaacs ve Srivastava, 1989). Gauss modeli ise, orijinde parabolik davranış gösteren tek variogram modelidir.

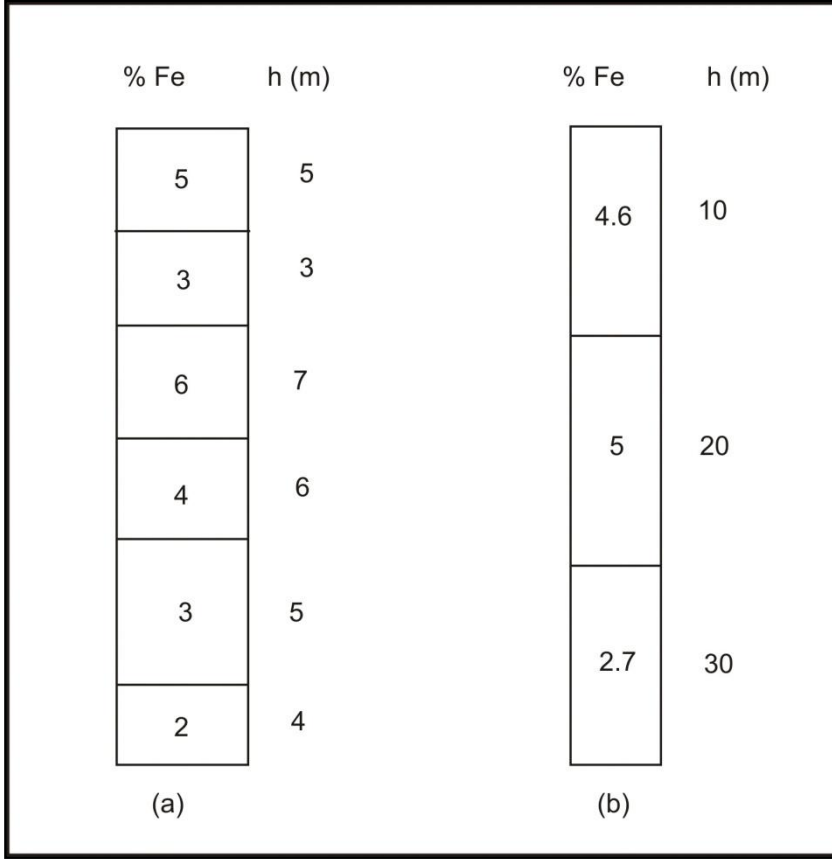
4.2. Verilerin Modellenmesi ve Modellerin Geçerliliği

Jeoistatistik, aynı uzunluktaki örnekler üzerinde çalıştığından değişken uzunluktaki karot örneklerinin, eşit uzunluktaki karot örneklerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Kompozit adı verilen dönüştürme işlemi için “kompoz” isimli bir yazılım, tez kapsamında kullanılmıştır. Bu yazılım belirli formatta bilgisayara girilmiş sondaj bilgilerini içeren dosyayı okuyup, sondaj boyunca edinilen tenör bilgileri sistemli bir şekilde eşit aralıklara bölüp, her kısım için değerleri ağırlıklı ortalama olarak hesaplamıştır. Şekil 4.1’ de örnek bir hesaplama görülmektedir.

Program çalıştırıldığında; sondaj veri dosyası, kompozit uzunluğu, çıktı kütüğünün ismi bilgileri girilmektedir.

Bu bilgiler doğrulandıktan sonra program çıktı dosyasına kompozit edilmiş değerler atanmaktadır. Tenör değeri olmayan yerlere –99 sembolü atanmış ve cevher kesen sondajlarda ortalama karot uzunluğu 1.8 metre olarak hesaplanmıştır. Kompozit uzunluğu, ortalama cevher kesen karot uzunluğuna göre belirlenmiştir. Kompozit uzunluğu ortalama kalınlıktan daha yüksek bir değer olmalıdır. Veriler bu şekilde kompozit edildikten sonra her biri 2.4 metre olan eşit

uzunluktaki karot örneklerine dönüştürülmüştür. Eşitleme işlemi Fe ve Ni için 91 adet karot örneği vermiştir.



Şekil 4.1. a) orijinal sondaj verileri, b) 10m. aralıklarla kompozit edilmiş veriler.

Bu bölümde kompozit edilmiş veriler kullanılarak her bir element için üç boyutlu olarak variogram hesapları yapılmıştır. Bu hesaplamalar için SGeMS yazılımı kullanılmıştır (Boucher vd., 2009). Düşey yönde variogram grafikleri çizilmiştir. Bu grafikler yardımıyla yatağın anizotropisi incelenmiştir. Variogram hesaplamalarında seçilecek iki uzaklık parametresi vardır. Variogram birim uzaklık ve katları için hesaplanır. Bu adım (lag) uzaklığı olarak bilinir. Eğer örnekler düzenli bir grid üzerinde yer alıyorsa, grid aralığı adım uzaklığı olarak alınabilir. Rastgele örnekleme yapılmışsa, örnekler arasındaki ortalama uzaklık adım uzaklığı olarak kullanılabilir. Bu uzaklık, örneklerin kapsadığı toplam alanın örnek sayısına bölümünden çıkan değerın karekökü alınarak hesaplanır. İkinci parametre ise birim uzaklık için kullanılacak toleranstır. Bu uzaklık, adım uzaklığının yarısı kadar veya daha küçük alınabilir. Cevherleşme sahasında düşey yönde adım uzaklığı 2 m.

uzaklık toleransı 1 m., yatay yönde ise adım uzaklığı 20 m. uzaklık toleransı 10 m. olarak alınmıştır. Hesaplarda kullanılan açı toleransı 11.5° alınmıştır.

İzotrop bir variogramda, tenör değerlerinin uzaklığa bağlı ilişkisi yönlere göre değişmeyecek, sabit kalacaktır. Karaçam Fe-Ni cevherleşmesindeki anizotropinin araştırılması için variogramlar 30° aralıklarla hesaplanmıştır. Genel olarak yapısal uzaklık (a değeri) yönlere göre değişim gösteriyorsa tenör değerlerinde, “geometrik anizotropi” nin olduğu, yapısal uzaklığın sabit kaldığı ama sill değerinin (C değeri) değiştiği durumlarda da “zonal anizotropi” nin olduğu söylenilebilir. Elde edilen düşey yöndeki variogramlar ve 30° aralıklı variogramlar incelenerek, inceleme bölgesindeki variogramlar izotrop olarak belirlenmiştir. Bu nedenle çalışma kapsamında “omni-directional” variogramlar gösterilmiştir.

Cevherleşmedeki deneysel variogramlar aşağıdaki eşitliğin uygulanmasıyla hesaplanmıştır.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (z(x_i) - z(x_i + h))^2$$

Yukarıdaki eşitlikte N(h), h uzaklığına karşılık gelen örnek çifti sayısını göstermektedir. Eşitliğin uygulanmasından elde edilen her bir h uzaklığına karşılık gelen deneysel variogram değerlerinin ($\gamma(h)$) grafikleri çizilmiştir. Elde edilen deneysel variogramlar küresel (spherical) olarak modellenmiştir. Küresel modele ilişkin bilgiler Çizelge 4.1’ de ayrıntılı olarak verilmektedir.

Fe, Ni, Al ve Si değişkenleri için C_0 , C ve a değerlerinden oluşan model parametreleri belirlenmiştir.

Buna göre Fe için;

$$C_0 = 30 \quad \gamma(h) = 30 + 60 (1/5h / a(75) - \frac{1}{2} (h / a(75))^3), \quad h \leq a(75)$$

$$C = 60 \quad \gamma(h) = 90 \quad h > a(75)$$

$$a = 75 \text{ m} \quad \gamma(h) = 0 \quad h = a(75)$$

Ni için;

$$\begin{array}{lll} C_0 = 0,2 & \gamma(h) = 0,2 + 0,5 (1/5h / a(75) - \frac{1}{2} (h / a(75))^3), & h \leq a(75) \\ C = 0,5 & \gamma(h) = 0,7 & h > a(75) \\ a = 75 \text{ m} & \gamma(h) = 0 & h = a(75) \end{array}$$

Al için;

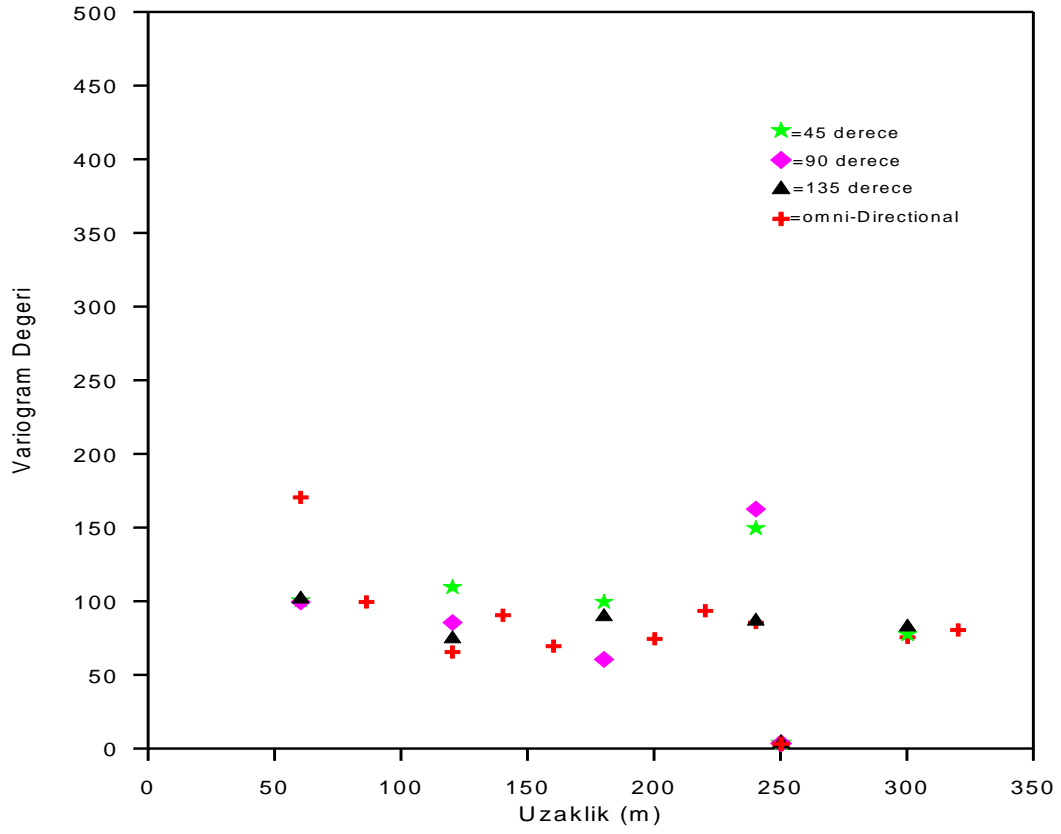
$$\begin{array}{lll} C_0 = 30 & \gamma(h) = 30 + 40 (1/5h / a(75) - \frac{1}{2} (h / a(75))^3), & h \leq a(75) \\ C = 40 & \gamma(h) = 70 & h > a(75) \\ a = 75 \text{ m} & \gamma(h) = 0 & h = a(75) \end{array}$$

Si için;

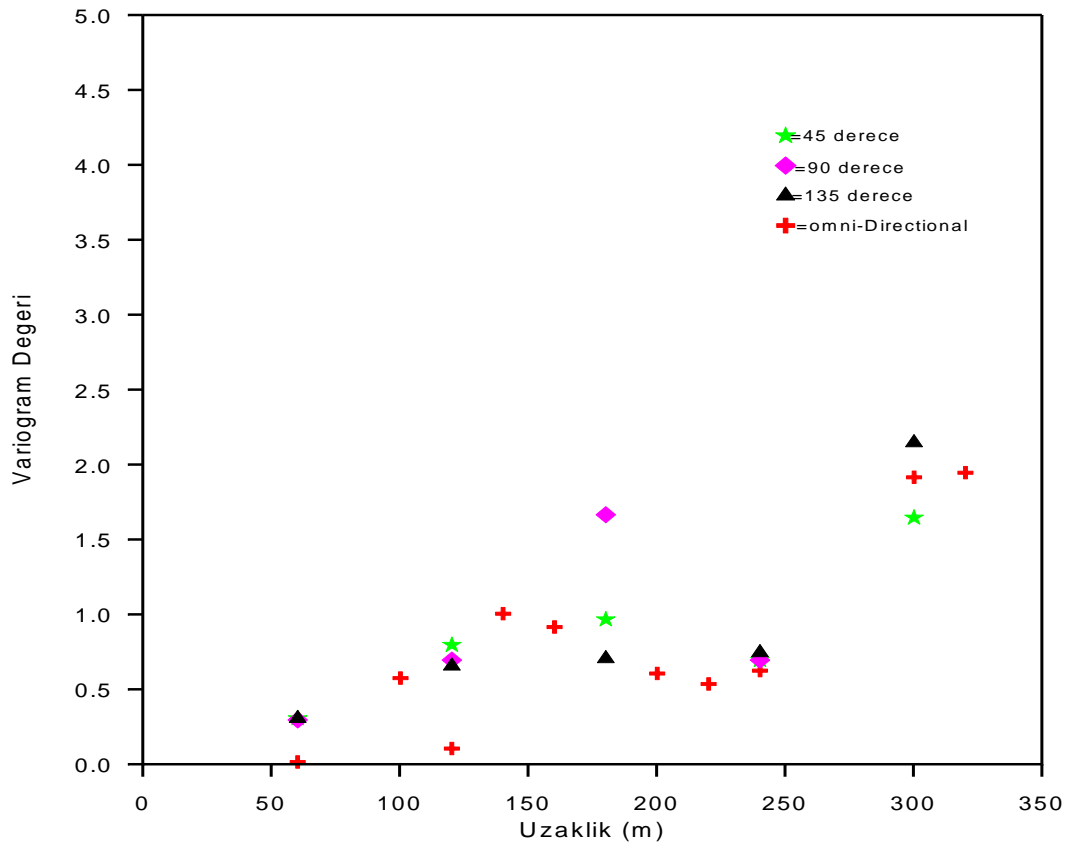
$$\begin{array}{lll} C_0 = 90 & \gamma(h) = 90 + 200 (1/5h / a(75) - \frac{1}{2} (h / a(75))^3), & h \leq a(75) \\ C = 200 & \gamma(h) = 290 & h > a(75) \\ a = 75 \text{ m} & \gamma(h) = 0 & h = a(75) \end{array}$$

olarak hesaplanmıştır.

Tez kapsamında Fe ve Ni ayrıntılı olarak incelendiği ve yalnız Fe ve Ni için kaynak/tenör dağılımları hesaplanacağından 0, 45, 90 ve 135⁰ için hesaplanan variogramlar Şekil 4.2.'de sunulmuştur. Belirlenmiş olan C₀, C ve a parametrelerine göre Fe, Ni, Al ve Si' ye ait deneysel ve model variogram grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.3.).

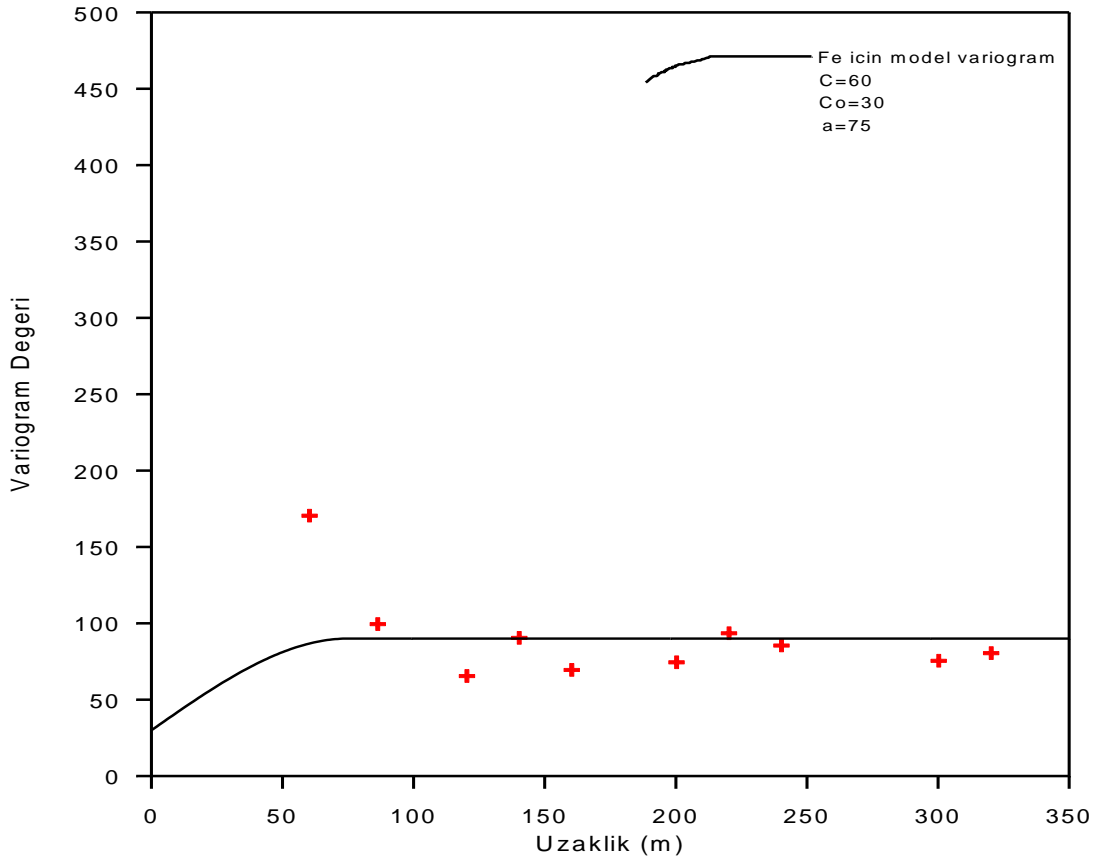


a)

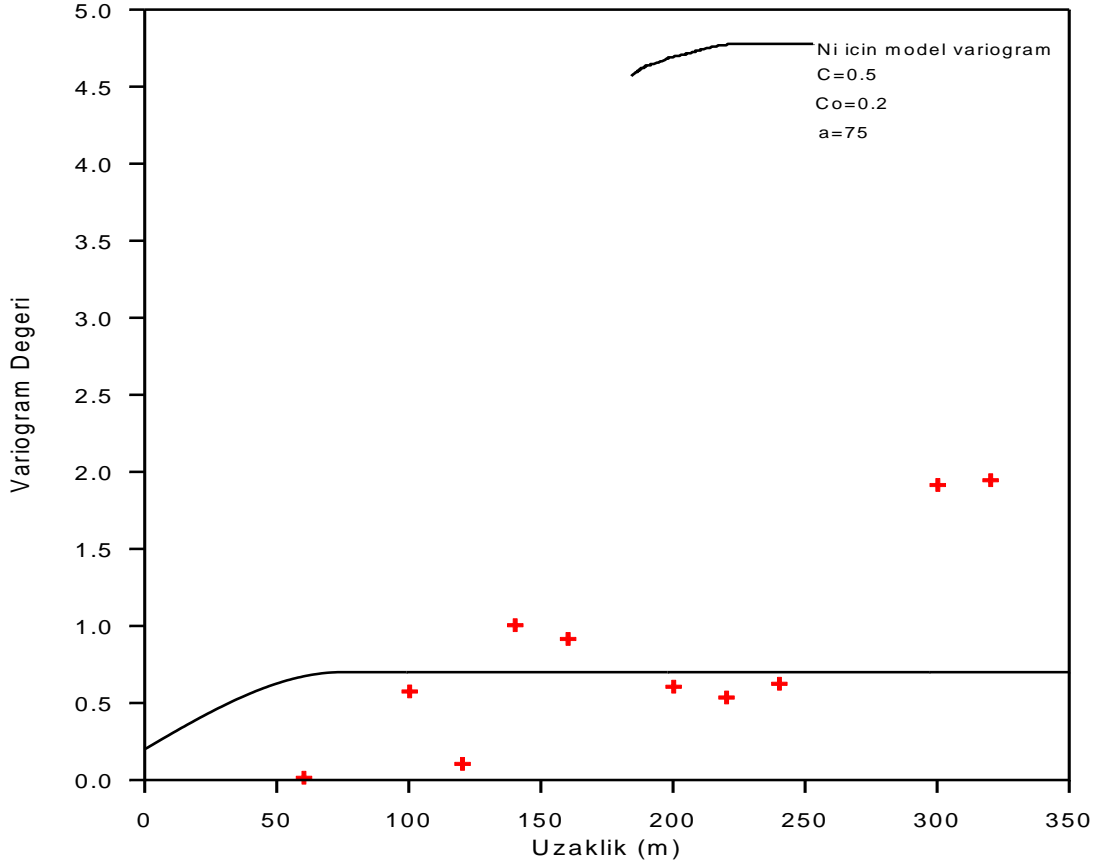


b)

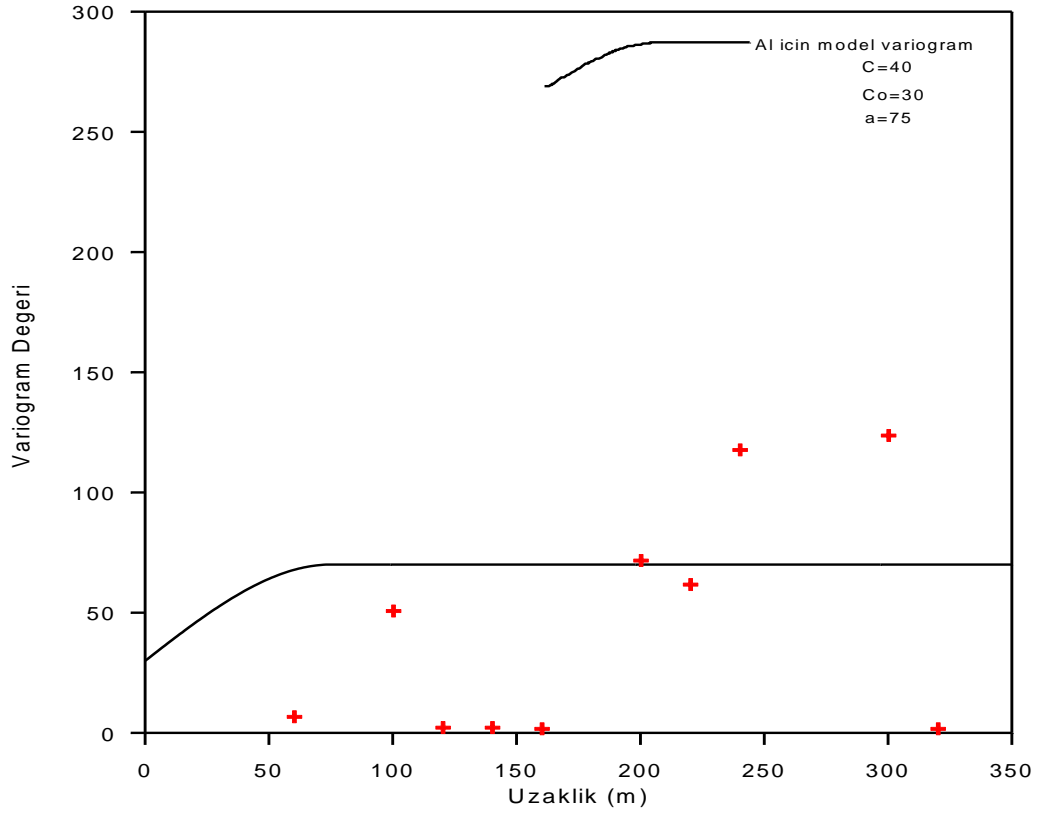
Şekil 4.2. Fe ve Ni için yönsel variogramlar a)Fe, b)Ni.



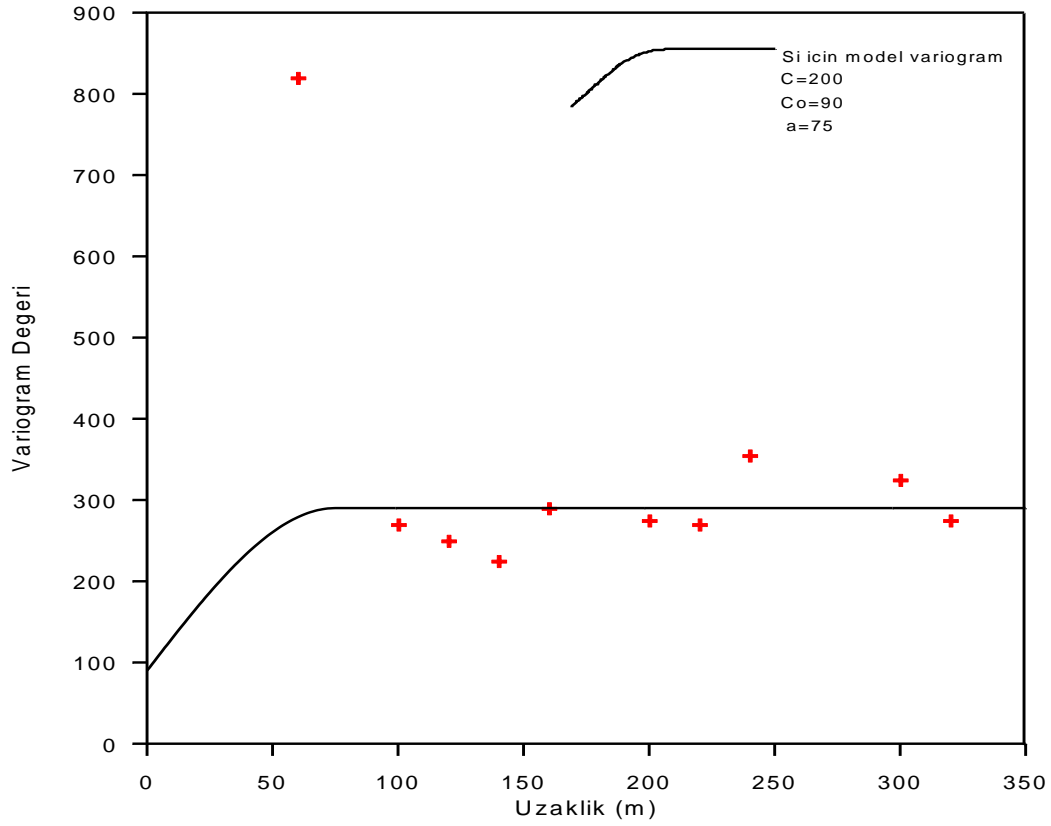
a)



b)



c)



d)

Şekil 4.3. Karaçam Fe-Ni cevherleşmesindeki deneysel ve model variogramlar
a) Fe, b) Ni, c) Al, d) Si.

- İdeal bir uyum için kestirim hatalarının ortalaması sıfır ve varyansı en küçük olmalıdır.

$$E [Z (x) - Z^* (x)] = 0$$

$$E [Z (x) - Z^* (x)]^* = \text{minimum}$$

- Gerçek veriler ve kestirilen değerler arasındaki korelasyonun 1' e yakın olması gerekmektedir.

$$r Z (x), Z^* (x) \approx 1$$

- Kestirim hatalarının kareler ortalaması, kriging varyansının ortalamasına yakın olmalıdır.

$$\text{Var} [Z (x) - Z^* (x)]^* \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_{ki}$$

Elde edilen modellerin Karaçam cevherleşmesine uygunluğunun belirlenmesi amacı ile “modellerin doğrulanması” çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda variogram modellerine çapraz doğrulama tekniği (Tercan ve Saraç, 1998) uygulanmıştır. Bu teknikte variogram fonksiyonuna ilişkin model ve model parametreleri seçildikten sonra, bütün veriler sırası ile tek tek veri setinden çıkarılarak, bu değer seçilen variogram modeli ve geri kalan veriler kullanılarak tekrar hesaplanmaktadır. Bu şekilde tekrar hesaplanan/kestirilen değerle, gerçek değer arasındaki fark (kestirim hatası) bulunarak aşağıdaki özellikler doğrultusunda incelenmiştir.

Cevherleşme bölgesinden Fe ve Ni için elde edilen modellere uygulanan çapraz doğrulama tekniği sonuçları Çizelge 4.2.' de sunulmaktadır.

Çizelge 4.2. Fe ve Ni için elde edilen modellere uygulanan çapraz doğrulama tekniği sonuçları.

	Kest. Hat. Ort.	Kest. Hat. σ^2	r	(Kest. Hat.)² Ort.	Krig. σ^2 Ort.
Fe	0.034	0.43	0.71	88.53	152.13
Ni	0.072	0.61	0.54	25.11	47.58

5. JEOİSTATİSTİKSEL BLOK KRİĞİNG YÖNTEMİ VE KARAÇAM FE-Nİ CEVHERLEŞMESİNDE UYGULANMASI

5.1. Kriging

Variogram fonksiyonu, bölgesel değişkenin çeşitli özelliklerinin sayısal olarak belirlenmesinin yanında, örneklenmemiş noktalardaki bilinmeyen değerlerin kestirimi amacıyla da kullanılabilir. Genel olarak kestirim işlemi, bilinen değerlerin ağırlıklı ortalaması alınarak yapılır ve matematiksel olarak bu işlem;

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

şeklinde ifade edilir (Journel ve Huijbregts, 1978).

Yukarıda verilen eşitlikte:

$z^*(x_0)$: X_0 noktasında bilinmeyen ancak kestirilen değeri,

$z(x_i)$: X_0 noktasının kestiriminde kullanılacak verileri,

λ_i : bu verilere atanacak ağırlıkları göstermektedir.

Normal olarak x_i , $i = 1, \dots, n$ noktalarındaki değişkenin değerleri belirlidir. Ancak bunlara verilecek ağırlıkların hesaplanması gerekmektedir. Jeostatistikte bu ağırlıklar, kestirim hatalarının ortalaması "0" ve varyansı en küçük olacak şekilde belirlenir. Ağırlıkların bu koşullar altında belirlenmesi işlemine kriging adı verilmektedir.

Kriging sistemi matris formunda;

$$\begin{vmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \dots & \gamma_{1n} & 1 \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \dots & \gamma_{2n} & 1 \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \dots & \gamma_{nn} & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \lambda_n \\ \mu \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \gamma_{01} \\ \gamma_{02} \\ \cdot \\ \cdot \\ \gamma_{0n} \\ 1 \end{vmatrix}$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Eşitlikte;

γ : $X_{(ilk)}$ ve $X_{(sonraki)}$ noktaları arasındaki uzaklığa ilişkin variogram değerini,

μ : Lagrange sabitini göstermektedir.

$Z_{(x_0)}$, kriging yöntemi ile kestirildiğinde yapılan hatanın varyansı kriging varyansı olarak adlandırılır ve bunun değeri (σ_k^2);

$$\sigma_k^2 = \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(x_0 - x_i) + m$$

ile ifade edilmektedir. Kriging denklemler sistemi, kriging yöntemi ile kestiriminde veri dağılımı üzerinde hiçbir kısıtlamanın olmadığını ve yalnızca variogram fonksiyonunun değerlerinin bilinmesi gerektiğini göstermektedir (Tercan ve Saraç, 1998).

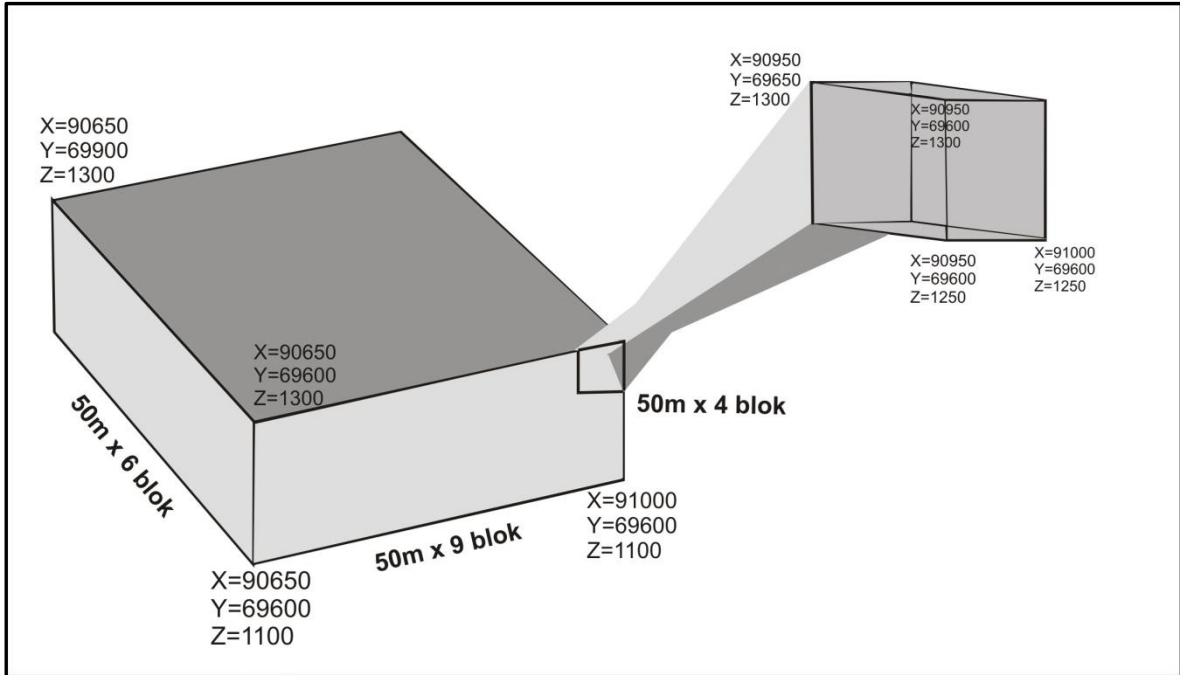
Kriging yönteminin diğer kestirim yöntemlerine göre en önemli üstünlüğü, ağırlıkların gelişigüzel kurallara göre belirlenmemesi, yani ağırlıkların belirli matematiksel işlemlerle bulunmasıdır. Veriler sistemli ve objektif bir şekilde önceden analiz edilir ve bu analiz sonucunda variogram fonksiyonunda kullanılacak olan ağırlıklar hesaplanır (David, 1977).

Kriging yönteminin başka bir üstünlüğü de kriging varyansı aracılığıyla kestirim hatasını vermesidir. Kriging varyansı, verilerin gerçek değerlerine bağlı değildir, veri sayısının ve veriler arasındaki uzaklığın bir fonksiyonudur. Kriging varyansı bu özelliğinden dolayı, gerçekte sondaj yapılmadan önce olası lokasyonları test edip, bunlar arasından optimum olanları belirlemek amacıyla da kullanılabilir (Tercan, 1996).

5.2. Blok Kriging Yönteminin Karaçam Fe-Ni Cevherleşmesine Uygulanması

Çalışmanın bu bölümünde, küresel olarak modellenen ve model parametreleri Bölüm 4’ de ayrıntılı olarak verilen cevherleşmeye, blok kriging yöntemi uygulanmıştır.

Blok boyutları, cevherleşme bölgesinin üç boyutlu olarak sınırları dikkate alınarak x koordinat sisteminde 50 m, y koordinat sisteminde 50 m, z koordinat sisteminde 50 m olarak saptanmıştır. Buna göre, x yönünde 9 blok, y yönünde 6 blok ve z yönünde de 4 blok kestirim için belirlenmiştir. İnceleme alanındaki kestirim sınırları ve temsili bir bloğun sınırı Şekil 5.1.’ de gösterilmektedir. Buna göre toplam 216 adet blok (9x6x4) kestirim işleminde kullanılmıştır.



Şekil 5.1. İnceleme alanında rezerv / tenör dağılımında dikkate alınan sınırlar ve temsili bir bloğun sınırları.

Jeoistatistiksel blok kriging hesaplamalarında SGeMS (Boucher vd., 2009) da önerilen yazılım kullanılmıştır. Aşağıda verilen matris sisteminde her bir blok için

kriging ağırlıkları hesaplanarak, en az 4, en fazla 16 örnek kullanılarak kestirim yapılmıştır.

$$\begin{vmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \cdot & \gamma_{1n} & 1 \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \cdot & \gamma_{2n} & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \cdot & \gamma_{nn} & 1 \\ 1 & 1 & \cdot & 1 & 0 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \cdot \\ \lambda_n \\ m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \gamma_{v1} \\ \gamma_{v2} \\ \cdot \\ \gamma_{vn} \\ 1 \end{vmatrix}$$

Fe ve Ni için ayrı ayrı yapılan kestirimlerde Fe için toplam 4kat (1100 m - 1300m) için 182 blok ve Ni için 216 blok kestirilmiştir. Kestirim işleminde elde edilen sonuçlar Çizelge 5.1.' de sunulmaktadır.

Çizelge 5.1. Fe ve Ni için blok kriging sonuçları.

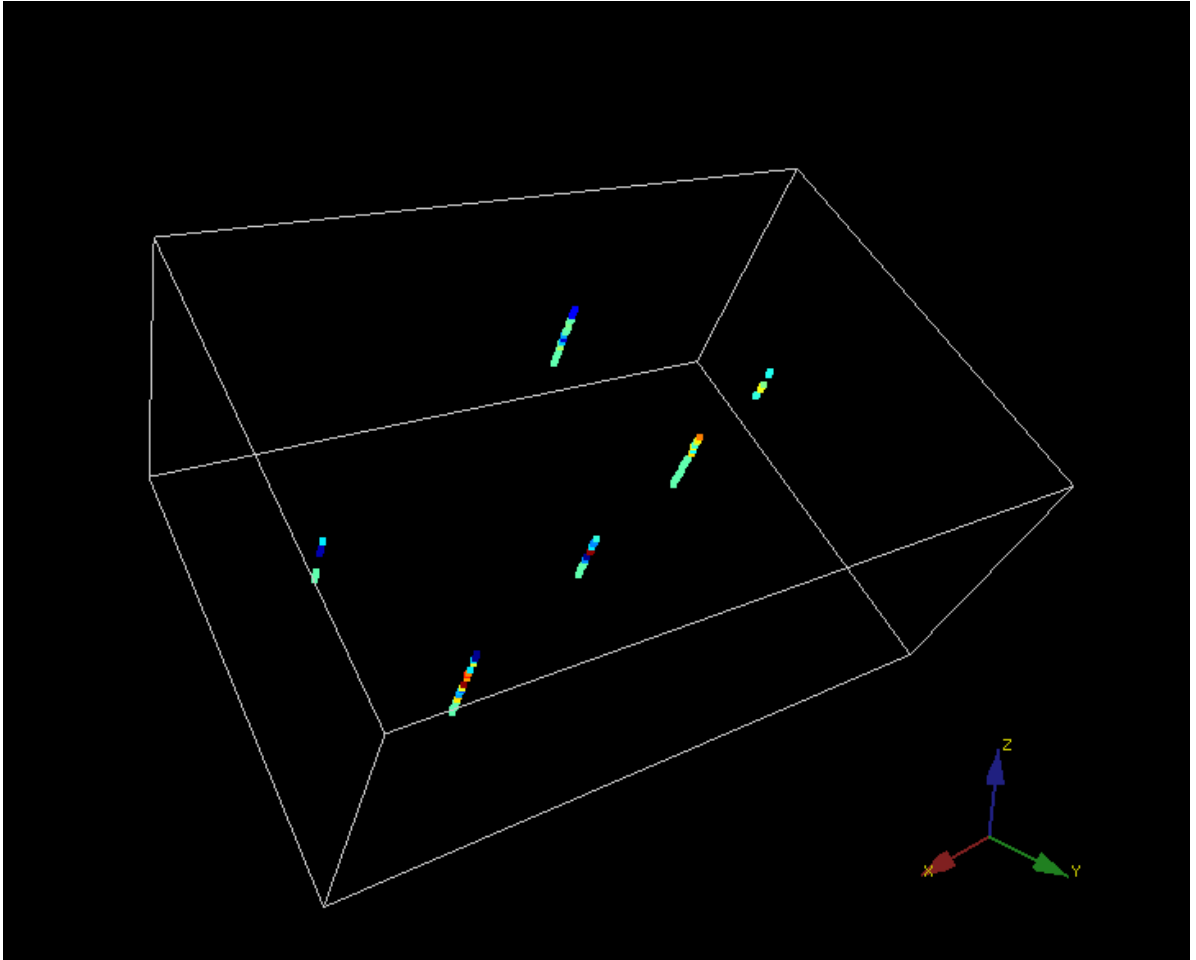
	Fe	Ni
Kestirilen blok sayısı	182	216
Kestirilen blokların ortalama tenörü	26.26 %	0.66 %
Kestirilen blok değerlerinin varyansı	1.59	0.01
Ortalama kestirim hatası varyansı	68.64	0.01

Al ve Si değerlerinin son derece küçük ve yetersiz olmasından dolayı, Al ve Si elementleri için herhangi bir kestirim yapılmamıştır. Blok üzerinde sondajların şematik gösterimi Şekil 5.2'de, kestirim işleminde her bir blok için elde edilen sonuçlar Fe için Şekil 5.3'te ve Ni için Şekil 5.4'te sunulmaktadır. Fe için yapılan kestirimde ortalama kestirim hatası varyansı 68.64 olarak hesaplanmıştır.

Kestirim işleminden sonra tenör-tonaj eğrileri hazırlanmıştır. Tenör-tonaj grafikleri her kat için ayrı ayrı hesaplanmayıp, tüm katlar için toplam olarak hazırlanmıştır.

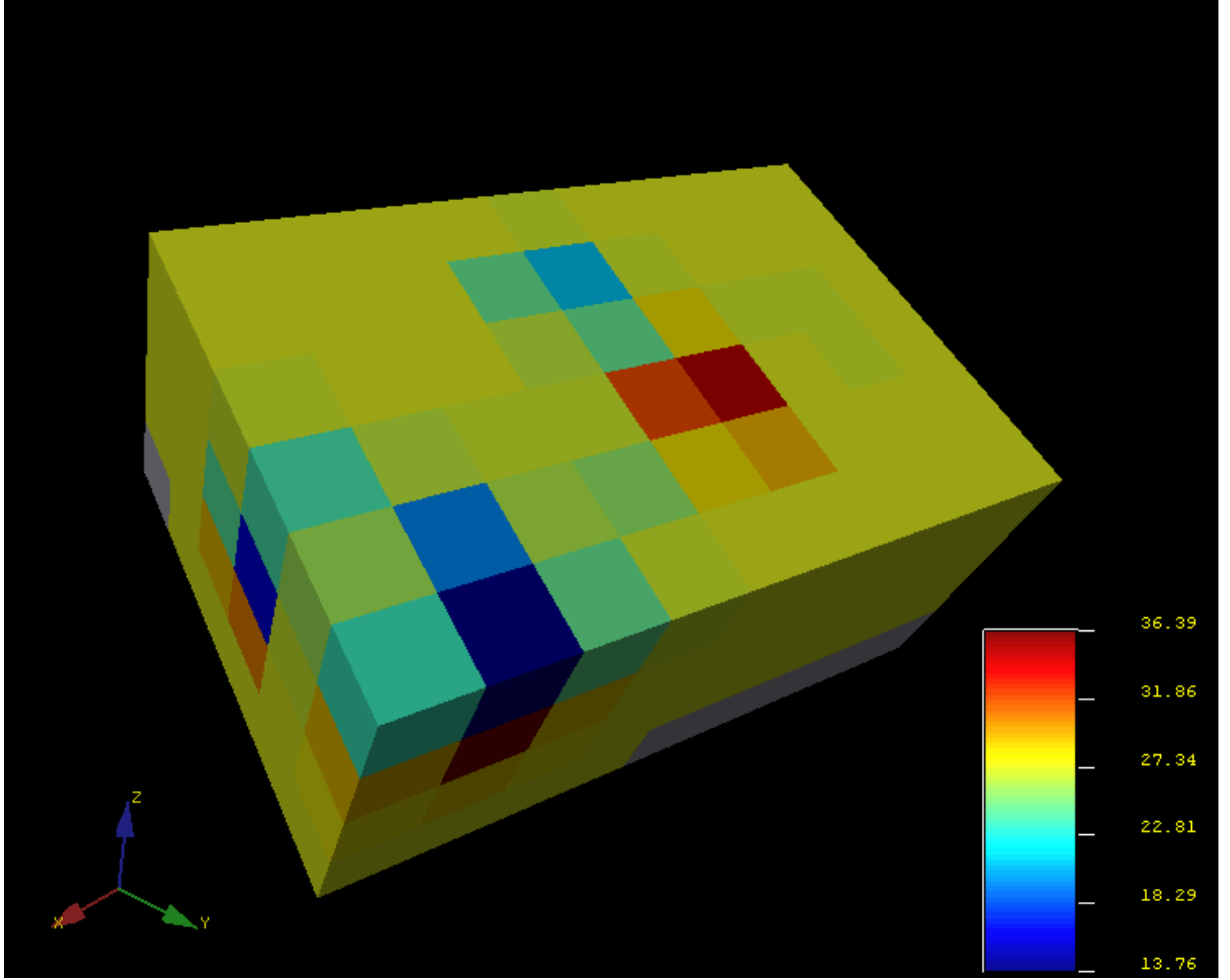
Fe' ye ilişkin tenör-tonaj dağılımı Şekil 5.5.' te ve farklı eşik değerler için rezerv dağılımı da Çizelge 5.2.'de gösterilmektedir. Ni elementi içinde Şekil 5.6.'da tenör-tonaj dağılımı ve Çizelge 5.3.'te farklı eşik değerler için rezerv miktarı verilmektedir.

Rezerv hesaplamalarında Fe elementinin minerali olan limonit $[(Fe, Ni)O(OH)]$ için yoğunluk 2.9 ton/m^3 ve Ni elementinin minerali olan garniyerit $[(Ni, Mg)_3 Si_2O_5(OH)]$ için yoğunluk 2.5 ton/m^3 alınmıştır (Vikipedi, 2011).

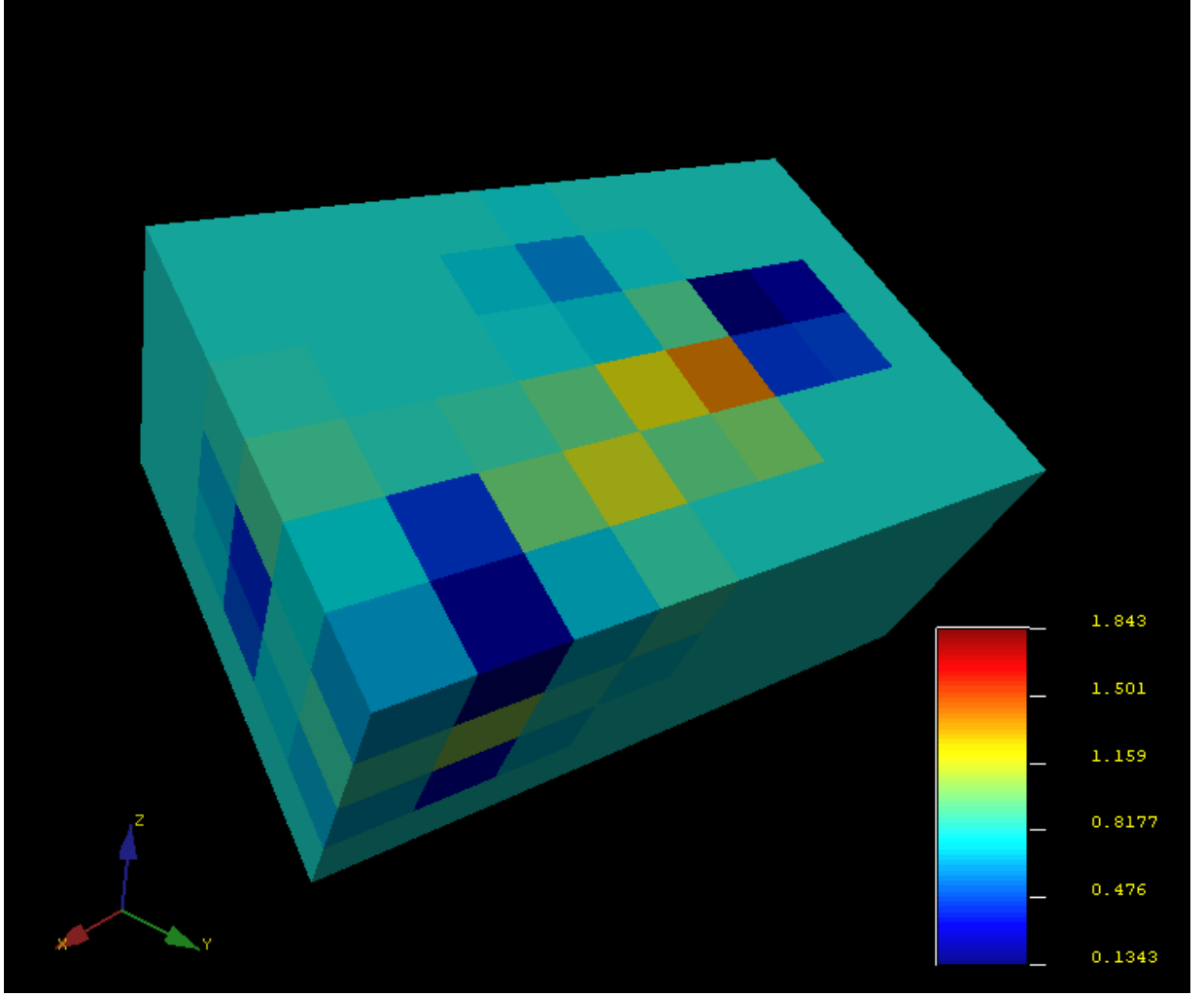


Şekil 5.2. Çalışma alanındaki sondajların şematik gösterimi.

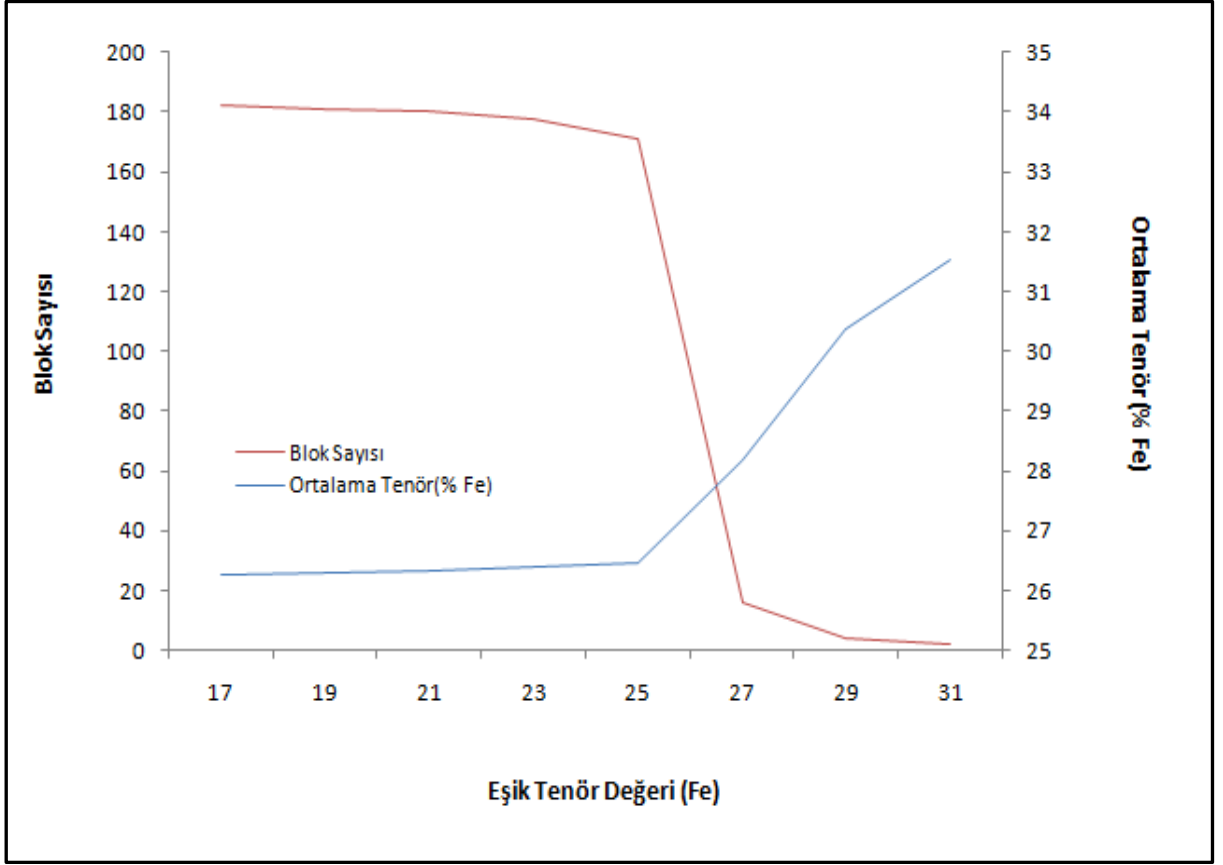
Cevherleşmede blok tenör değerleri ve tenör blok diyagramları hazırlanarak Fe ve Ni elementi için Şekil 5.3' te ve Şekil 5.4.'te verilmektedir.



Şekil 5.3. Fe'ye ait şematik tenör blok diyagramı.



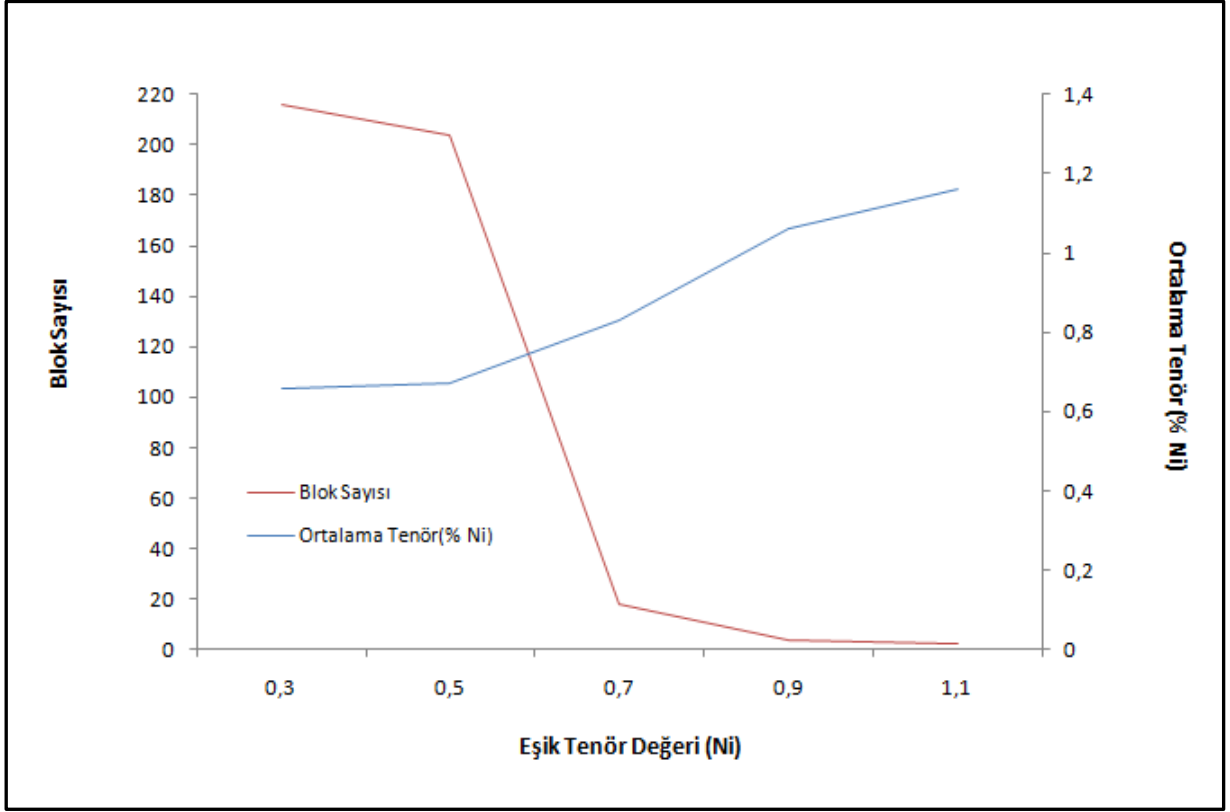
Şekil 5.4. Ni'ye ait şematik tenör blok diyagramı.



Şekil 5.5. Fe' ye ait tenör – tonaj dağılım grafiği.

Çizelge 5.2. Farklı eşik tenör değerleri için rezerv dağılımı (Fe).

Eşik Tenör (% Fe)	Blok Sayısı	Ortalama Tenör (% Fe)	Hacim (m ³)	Rezerv (ton)
>17	182	26.26	22750000	65975000
>19	181	26.30	22625000	65612500
>21	180	26.34	22500000	65250000
>23	178	26.39	22250000	64525000
>25	171	26.48	21375000	61987500
>27	16	28.18	2000000	5800000
>29	4	30.37	500000	1450000
>31	2	31.52	250000	725000



Şekil 5.6. Ni' ye ait tenör-tonaj dağılım grafiği.

Çizelge 5.3. Farklı eşik tenör değerleri için rezerv dağılımı (Ni).

Eşik Tenör (% Ni)	Blok Sayısı	Ortalama Tenör (% Ni)	Hacim (m ³)	Rezerv (ton)
>0.3	216	0.66	27000000	67500000
>0.5	204	0.67	25500000	63750000
>0.7	18	0.83	2250000	5625000
>0.9	4	1.06	500000	1250000
>1.1	2	1.16	250000	625000

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bir maden yatağının ekonomik olarak işletilmesi herşeyden önce, rezervinin sağlıklı bir şekilde hesaplanmasına bağlıdır. Bu nedenle maden yataklarının detay etütleri tamamlandıktan sonra yapılan kaynak/rezerv hesaplamaları oldukça önem kazanmaktadır. Rezerv hesaplamalarında kullanılacak yöntem yatağın şekline, özelliklerine, devamlılığına, yapılan arama çalışmalarının özelliklerine, cevherin cinsine vb. gibi özelliklere göre seçilmelidir ve yöntemin güvenilirliği yüksek olmalıdır. Günümüzde bilgisayarların kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte, maden yataklarının modellenmesi ve rezerv hesaplama işlemleri daha da kolaylaşmış ve daha hassas ve yüksek güvenilirlikte sonuçlar elde edilmeye başlanmıştır.

Karaçam (Mihalıççık, Eskişehir) Fe-Ni yatağı peridotit lateritleşmesi ve lisvenitleşmesine bağlı olarak oluşmuş, yüksek basınç, düşük sıcaklık metamorfizması içeren kalıntı bir yatak olarak kabul edilmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında Karaçam (Mihalıççık, Eskişehir) Fe-Ni cevherleşmesinin kaynak-tenör değerlendirmesi, jeostatistiksel blok kriging yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Çalışma bölgesinde MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan 6 adet sondajın tamamı cevher kesmiştir. Toplam 440 m sondaj yapılan sahada, cevher kesen sondajlardan elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılarak değerlendirilmiştir.

Bilgisayara aktarılan veriler önce kompozit işlemine tabi tutulmuştur. Veriler kompozit edildikten sonra her biri 2.4 metre olan eşit uzunluktaki karot örneklerine dönüştürülmüştür. Eşitleme işlemi Fe ve Ni için 91 adet karot örneği vermiştir. Buna göre ortalama %26.26 Fe (σ : 1.59) ve %0.66 Ni (σ : 0.01) değerleri elde edilmiştir. Al_2O_3 ve SiO_2 değerlerinin az ve oldukça küçük olmasından dolayı bu değişkenler için yalnız veri analizi ve modelleme çalışmaları yapılmış olup, kestirim işlemlerinde yalnız Fe ve Ni değişkenleri dikkate alınmıştır.

Cevherleşmedeki Fe ve Ni değerlerinin alansal dağılımının matematiksel olarak incelenmesi için variogram fonksiyonu kullanılmış ve öncelikli olarak cevherleşmedeki anizotropinin araştırılması için yatay ve düşey yöndeki her 30^0 de bir variogramlar hesaplanmıştır.

Cevherleşme, Fe için $C_0 = 30$, $C = 60$, $a = 75$ m, Ni için $C_0 = 0.2$, $C = 0.5$, $a = 75$ m, Al için $C_0 = 30$, $C = 40$, $a = 75$ m ve Si için $C_0 = 90$, $C = 200$, $a = 75$ m parametreleriyle küresel olarak modellenmiştir. Geri kestirim tekniği uygulanarak model parametreleri test edilmiş ve cevherleşmeye uygunluğu belirlenmiştir. Ayrıca Al_2O_3 , SiO_2 için de variogramlar hesaplanmıştır. Ancak Al ve Si verilerinin yetersizliği nedeniyle yalnız Fe ve Ni dikkate alınmıştır.

İncelenen cevherleşmede Fe ve Ni değerleri için külçe etkisinin (C_0) başlıca nedenleri, örnek sayısının yeterli olmayışı, eşdeğer karot mesafesinden daha kısa mesafelerdeki ölçülemeyen Fe ve Ni tenör değişimleri, örnekleme ve analiz hataları olarak yorumlanabilir.

Yatağın boyutları ve sondaj lokasyonları göz önüne alınarak inceleme alanı bloklara bölünmüştür. Her bir bloğun boyutları 50 (x) x 50 (y) x 50 (z) m olacak şekilde belirlenerek, kriging yöntemi uygulanmıştır. X boyutunda 9, y boyutunda 6 ve z boyutunda 4 blok olacak şekilde toplam 216 blok için kestirim, Fe ve Ni değerleri için ayrı ayrı uygulanmıştır. Fe için 182 ve Ni için 216 blok değeri kestirilmiştir. Kestirilen bu değerlerden Fe ve Ni için tenör-tonaj dağılımı belirlenmiştir. Çizilen tenör-tonaj grafikleri yardımıyla farklı eşik tenör değerlerine karşılık gelen kaynak miktarı ve ortalama tenör hesaplanabilmektedir. Buna göre örneğin, eşik tenör %31 Fe alındığında %31.52 Fe ortalama tenöre sahip 725000 ton kaynak miktarı, aynı şekilde eşik tenör %1.1 Ni için %1.16 Ni ortalamaya sahip 625000 ton kaynak miktarı hesaplanabilmektedir. Eşik tenör arttıkça blok sayısı azalmakta ve ortalama tenör yükselmektedir.

Hesaplanan tenör-tonaj grafikleri cevherleşme bölgesinde yapılacak olan madencilik faaliyetlerinde önemli bir kısmı oluşturacaktır. Bu tez çalışması kapsamında işletilebilir rezerv hesabı yapılmamıştır. Ülkemiz madencilik ekonomisinin öngördüğü Fe ve Ni için eşik tenör değerler dikkate alınarak, işletilebilir rezervin Fe ve Ni için ayrı ayrı hesaplanması, ayrıca Fe ve Ni değerlerinin işletilebilir oranda olan “ortak blokların” belirlenmesi ve fizibilite çalışmalarının yapılması ekonomik jeoloji çalışmaları açısından oldukça yararlı olacaktır.

Cevherleşmede, değişik periyotlarda meydana gelebilecek tenör değerlerindeki değişimin, koşullu simülasyon teknikleri uygulanarak incelenmesi, tez kapsamında hesaplanan modeller ve gerçek veriler kullanılarak her bir işletilebilir birimdeki tenör değerlerinin simüle edilmesi, oldukça kapsamlı olup, fizibilite çalışmalarında yararlı sonuçlar verecektir.

7. KAYNAKLAR DİZİNİ

- Boucher, A., Remy, N. ve Wu, J., 2009, Applied Geostatistics with SGeMS, Cambridge University Press, London, 260 s.
- Boyalı, İ., 1984, Yunusemre-Karaçam-Doğray-Karkın (Mihalıççık, Sivrihisar Eskişehir) Yöresi Ni-Co Prospeksiyon Raporu, MTA, Derleme No: 7589, Ankara.
- Boyalı, İ. ve Arıkan, R.T., 1986, Yunusemre-Karaçam-Dumluca (Mihalıççık-Sivrihisar-Eskişehir) Yöresinin Ni-Co Maden Jeoloji Raporu, MTA, Derleme No: 8032, Ankara.
- Cressie, N.A.C., 1991, Statistics for spatial data, John Wiley and Sons, NewYork, 920.
- Çoğullu, E., 1965, Mihalıççık Bölgesindeki Glokofanlı Şistler ve Asbest Zuhurları Hakkında MTA Enst. Raporu No:4145, Ankara.
- David, M.,1977, Geostatistical Ore Reserve Estimation, Elsevier, Amsterdam.
- Davis, J.C., 1986, Statistics and data analysis in geology, second edition, Wiley, New York, 638 s.
- DPT, 2007-2013, Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Metal Madenler Alt Komisyonu Demir Çalışma Grubu Raporu, <http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/metalmad/oik635.pdf>
- DPT, 2007-2013 Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Metal Madenler Alt Komisyonu Diğer Metal Madenler Çalışma Grubu Raporu, <http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/metalmad/oik640.pdf>
- Gözler, M. Z., Cevher, F., Küçükoyman, A., Taşanyürek, M., Asutay, H. J. ve Acar, Ş., 1984, Kızılcaören (Sivrihisar-Eskişehir) Kompleks (flourit, barit, toryum ve nadir toprak elementleri) Cevher Yatağı ile Yunusemre Nikel Cevherleşmesinin Jeolojisi, MTA, Derleme No: 7718, Ankara
- Gözler, M.Z. ve Cevher, F., 1987, Eskişehir-İ26 paftasının 1/100000 ölçekli jeoloji haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Gözler, M.Z., Cevher, F., Ergül, E. ve Asutay, H.J., 1996, Orta Sakarya ve güneyinin jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, Rapor No:9973, 87 s.
- 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.177-185.

- Isaacs, E.H. ve Srivastava, M.R., 1989, An introduction to applied geostatistics, Oxford University press, 561 s.
- Journel, A.G. ve Huijbregts, C.J., 1978, Mining Geostatistics, Academic Press, London, 600 s.
- Karaaslan, N., 1978, Eskişehir-Mihalıççık-Karaçam Demir-Nikel Cevherleşmesi Jeoloji Raporu, MTA, Derleme No: 6356, Ankara.
- Kulaksız, S., 1981, Sivrihisar Kuzeybatı Yöresinin Jeolojisi, H.Ü. Yer Bilimleri Dergisi, Sayı 8, Ankara, s. 103-124.
- Matheron, G., 1963, Principles of Geostatistics, Economic Geology, vol. 58, 1246-1266.
- MTA, 1994, Türkiye Demir Envanteri, MTA Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Özkoçak, O., 1980, Sedimanter Demir Manganez ve Alüminyum Yataklarının Özellikleri ve Oluşum Koşulları, MTA Yayınları Eğitim Serisi, Sayı 22, Ankara, s. 19.
- Royle, A.G., 1977, Feb., How to use geostatistics for ore reserve classification, World Mining, 52-56.
- Saraç, C., 1998, Geology and ore reserve estimation at Sivrihisar sepiolite mine, Eskişehir, Turkey, Transactions of the Institution of Mining & Metallurgy, Section A-Mining Industry, England, vol. 107, A6-A12.
- Saraç, C. ve Tercan, A.E., 1996, Grade and reserve estimation of the Tulovası borate deposit by block kriging, International Geology Review, vol. 38, no: 9, USA, 832-837.
- Sincan, M., 1978, Eskişehir-Mihalıççık Kaolen Etüd Raporu, MTA Enst. Raporu No:6129, Ankara (yayınlanmamış).
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey : a plate tectonic approach: Tectophysics, 181 -241.
- Tercan, A.E., 1996, Maden Yatakları Isınır Belirsizliğinin İndikatör Kriging ile Değerlendirilmesi ve Sivas-Kangal-Kalburçayırı Kömür Yatağında Bir Uygulama, Madencilik Dergisi, Aralık sayısı, s. 3-11.
- Tercan, A.E. ve Saraç, C., 1998, Maden yataklarının değerlendirilmesinde jeostatistiksel yöntemler, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No: 48, Ankara, 137s.
- Till, R., 1995, Statistical Methods For The Earth Scientist, Macmillan, 147 s.

Tüysüz, N. ve Yaylalı, G., 2005, Jeostatistik: Kavramlar ve Bilgisayarlı Uygulamalar, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 382 s.

Ünlü, T. ve Stendal, H., 1986, Divriği Bölgesi Demir Yataklarının Element Korelasyonu ve Jeokimyası, Türkiye Jeoloji Bülteni, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, sayı 28, 5-19.

Wikipedi, 2011, Özgür Ansiklopedi, http://wikipedi.com/yogunluk_metal/fe_ni.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Elif TURAN

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Yılı : 1984

Medeni Hali : Bekar

Eğitim ve Akademik Durumu :

Lise, 1998-2002 Deneme Süper Lisesi

Lisans, 2002-2007 Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Yabancı Dil: İngilizce

İş Tecrübesi:

2011 Mart – devam ediyor: T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü -
Jeoloji Mühendisi