



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



BALIKESİR /BALYA HASTANETEPE
BÖLGESİ KURŞUN-ÇİNKO-GÜMÜŞ
YERALTI OCAĞI REZERVİNİN
JEOİSTATİSTİK YÖNTEMLERLE
DEĞERLENDİRİLMESİ

Onur GÜNAYDIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Onur Günaydın tarafından hazırlanan “Balıkesir /Balya Hastanetepe Bölgesi Kurşun-Çinko-Gümüş Yeraltı Ocağı Rezervinin Jeostatistik Yöntemlerle Değerlendirilmesi” adlı tez çalışması 28/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Dr.Öğr.Üyesi Ali Ekrem ARITAN

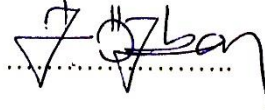
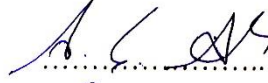
Danışman

Dr.Öğr.Üyesi Hakan ÖZŞEN

Üye

Prof.Dr. İhsan ÖZKAN

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup KARA
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



Onur GÜNAYDIN

Tarih: 28/06/2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BALIKESİR /BALYA HASTANETEPE BÖLGESİ KURŞUN-ÇİNKO-GÜMÜŞ YERALTI OCAĞI REZERVİNİN JEOİSTATİSTİK YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Onur GÜNAYDIN

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hakan ÖZŞEN

2019, 65 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Hakan ÖZŞEN
Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI
Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

Bu çalışmanın amacı, karmaşık cevherleşme yapısı gösteren metal maden yataklarından olan Balıkesir İli Balya İlçesi'ndeki bir kurşun-çinko-gümüş maden yatağının jeoistatistik metotlarla; rezerv parametrelerini (yoğunluk, alan, kalınlık, tenör vb.) uygulayarak yeraltındaki tenör dağılımını, rezervini modellenmesi ve hesaplanmasıdır. Bu modelleme, yatağın üretim planlamasına ve işletme dizaynına da faydalı olacaktır. Saha çalışmaları kapsamında, yüzey jeolojisi ve maden yatağı ile ilgili çalışmaların yapılması, sondaj çalışmaları sonucunda ortaya çıkan bilgiler, sahada geçmiş dönemdeki çalışmaların incelenmesi ve uygulanması ilk yapılan işlemlerdir. Saha çalışmalarının ardından sahada elde edilen veriler ile veri tabanının oluşturulması gerekmektedir. Çalışma, tenör ve rezerv analizinin yapılacağı alanın tanımlanması ve poligonların oluşturulması ile devam etmektedir. Sonuçta da Inverse Distance Weighting-IDW (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon) yöntemi yardımıyla tahmin ve yanında iki-üç boyutlu diyagramlarla tenör dağılımı ile rezervin modellenmesini kapsamaktadır. Bu çalışma sonucunda ise toplam 13 milyon ton Kurşun-Çinko-Gümüş cevheri tespit edilmiş ve bu cevherlerin ortalama tenörleri Pb % 3.09, Zn % 3.58 ve Ag ise 17.83 gr/t olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kurşun-çinko-gümüş yatağı, jeoistatistik modelleme, rezerv-tenör tahmini.

ABSTRACT

MS THESIS

BALIKESİR/BALYA HASTANETEPE LOCAL OF LEAD-ZINC-SILVER UNDERGROUND MINING RESERVE BY GEOSTATISTICAL METHODS EVALUATION

Onur GÜNAYDIN

Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Mining Engineering

Advisor: Assist.Prof.Dr. Hakan ÖZŞEN
2019, 65 Pages

Jury

Assist.Prof.Dr. Hakan ÖZŞEN
Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI
Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

The aim of this study is to investigate the fact that a lead-zinc-silver mineral deposit in the district of Balya, Balıkesir, which is one of the metal mineral deposits with a complex mineralization structure, is represented by geostatistical methods; It is the modeling and calculation of the distribution and reserve of the underground by using reserve parameters (density, area, thickness, grade etc.). This modeling will also assist in the production planning and operation design of the ore deposit. Within the scope of the field works, the necessary studies on surface geology and mineral deposits are made, and the drilling operations and the previous studies are seen and implemented in the first place. After the field studies, the data obtained in the field and the database should be created. The study continues with the identification of the area where the grade and reserve analysis will be conducted and the creation of polygons. The result is the estimation by using Inverse Distance Weighting-IDW (Reverse Distance Weighted Interpolation) method and the modeling of the reserve by two-three-dimensional diagrams. As a result of this study, a total of 13 million tons of lead-zinc-silver ore were identified and the average tenors of these ores were calculated as Pb 3.09%, Zn 3.58% and Ag 17.83 gr/t.

Keywords: Lead-zinc-silver mineral deposit, geostatistical modeling, reserve-tenor estimation

ÖNSÖZ

Madencilik büyük yatırımlar gerektiren ve büyük riskler taşıyan bir operasyondur. Böyle bir işe başlamadan önce işletmeyi karlı kılmak için işletme sınırlarının ve işletilebilir cevher miktarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada Balıkesir/Balya Kurşun–Çinko–Gümüş maden cevherleşmesinin rezerv ve tenör çözümlenmelerinin jeostatistik metot ile modellenmesini içermektedir.

Sahada yapılan sondaj çalışmaları için bir veri tabanı oluşturulacak, sondaj kuyularında cevherli olan bölgeler yorumlanıp cevherleri temsil eden alanlar belirlenecek, üç boyutlu madencilik yazılımından faydalanarak cevherlerin katı modeli ortaya koyulacaktır.

Çalışma alanında maden yatağının rezerv ve tenör tahminleri yapılacak, cevherlerin topoğrafyadaki dağılımları madencilik yazılım programı kullanılarak üç boyutlu harita ile modellenmesi yapılacaktır.

Onur GÜNAYDIN
KONYA-2019

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez çalışmamda bana her konuda yardımcı olan, çalışmalarım da tecrübelerini esirgemeyip bana yol gösteren, danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hakan ÖZŞEN'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Yüksek Lisans tez konum için çalışmakta olduğum işletme sahasında gerekli imkânları şahsıma sağlayan Dedeman Madencilik A.Ş. Ar-Ge Direktörü Sayın Adil ALKU, Proje Müdürü Sayın Zafer EREL, Balya Kurşun-Çinko İşletme Müdürü Sayın Erhan ARI, sondaj faaliyetlerini yürüten jeoloji mühendisi Sayın Selahattin KUZUYAKA ve değerli çalışma arkadaşım maden mühendisi Sayın Arif Gökhan SARAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezi inceleyen, değerlendiren ve katkılarını koyan yüksek lisans jüri üyeleri Prof. Dr. İhsan ÖZKAN ve Dr. Öğr. Üyesi Ali Ekrem ARITAN'a teşekkür ederim.

Ayrıca tez çalışma dönemimde bana büyük bir sabır gösterip, desteğini hiç esirgemeyen sevgili eşim Nurgül GÜNAYDIN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ.....	v
TEŞEKKÜR	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Jeoistatistik ile İlgili Yapılan Çalışmalar	3
2.2. Balıkesir/Balya Bölgesinde Yapılan Çalışmalar	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	8
3.1. Giriş.....	8
3.2. Çalışma Alanı.....	8
3.3. Tarihçe	9
3.4. Jeoloji.....	11
3.5. Cevherleşme.....	14
3.6. Dedeman Madencilik Balya Kurşun-Çinko İşletmesi.....	15
3.7. Sondaj Bilgileri	18
3.8. Jeoistatistik Yöntemler.....	21
3.8.1. Verilerin Hazırlanması	23
3.8.2. Jeoistatistik Yöntemlerin Üstünlükleri.....	24
3.8.3. Jeoistatistik Yöntemlerin Olumsuz Tarafları	24
3.8. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (Inverse Distance Weighting) Yöntemi	24
3.9. Çalışmada Kullanılan Yazılım	26
4. IDW (TERS MESAFE AĞIRLIKLIL ENTERPOLASYON) YÖNTEMİ İLE JEOİSTATİKSEL ANALİZ	26
4.1. Veri Tabanı Hazırlama.....	27
4.2. Sondajların Görüntülenmesi ve Renklendirilmesi	29
4.3. Lokasyonlardan Kesit Alma.....	30
4.4. Sondajların Kompozit Edilmesi	30
4.5. Tanımlayıcı İstatiksel Analiz	32
4.6. Cevherin Katı Modelinin Oluşumu	43
4.7. Cevherin Blok Modelinin Hazırlanması	44
4.8. Tenör Tahmini.....	47

4.9. Tenör Haritaları.....	50
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	58
5.1. Sonuçlar	58
5.2. Öneriler	59
KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ.....	65



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Pb: Kurşun elementi

Zn: Çinko elementi

Ag: Gümüş elementi

C : Bulunan kompozit değeri

A_i :i numaralı analiz bloğunun değeri

L_i :i numaralı analiz bloğunun kalınlığı

Kısaltmalar

m³: Metreküp

m: Metre

t : Ton

kg: Kilogram

MTA: Maden Teknik Arama

IDW: Inverse Distance Weighting (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon)

1. GİRİŞ

1.1. Genel

Bir ülkenin dışa bağılı olmaması, diğer ülkelere göre daha ileri düzeyde olması için maden rezervlerinin bilimsel yöntemler kullanılarak değerlendirilmesi ile mümkündür. Madenler sanayi için hammadde kaynağıdır. Maden rezervlerinin ve tenör dağılımlarının doğru olarak hesaplanması, yeraltı kaynaklarının iyi bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Madenlerin ekonomik olarak kazandırılması için iki önemli parametre vardır. Bunlar rezerv ve tenör değerleridir. Bu iki parametre doğru hesaplanmaması, işletmeleri ekonomik olmaktan çıkaracaktır.

Madencilik faaliyetleri; sondaj çalışmaları ile cevherin aranması, rezerv parametrelerinin belirlenmesi, sahaya uygun olarak üretim yönteminin seçilmesi, çıkarılan cevherin zenginleştirilerek endüstriye hazırlanması gibi uzun bir süreci kapsamaktadır. Bu çalışmalar büyük yatırım maliyeti gerektirir ve bu da finansal olarak risk taşımaktadır.

Madencilik çalışmalarında en önemli hususların başında maden varlığının tespiti gelmektedir. Maden arama çalışmaları sonucunda kaynakların miktarları ortaya çıkarılmaktadır. Belirlenen kaynakların değerlendirilmesi ve farklı sınıflara ayrılması gerekmektedir. Bu kaynakların ekonomik olarak işletilebilmesi rezervlerinin doğru bir şekilde hesaplanmasına bağlıdır. Bunun için sahada ilk olarak jeolojik ve jeofizik çalışmalar yapılmalıdır. Takibinde detaylı sondaj çalışmaları gerçekleştirilir. Yapılan bu çalışmalar sonrasında maden yatağının sınırları belirlenir. Böylece yatağın ekonomik olup olmadığı ve yatırım konusu belirlenir.

Klasik yöntemler herhangi bir maden ocağının yerinin belirlenmesinde istenilen sonucu verebilir. Ancak jeostatistik yöntemler tercih edilerek rezerv hesabı yapılacak olunursa, jeolojik formasyonlar dikkate alınarak rezerv hesabı yapılacağından dolayı yapılacak hesaplama sonucu daha güvenli olacağı, hesaplanan cevher tenörlerinin standart sapma oranının diğer yöntemlere göre daha az olacağından tahmin sonrasında hata oranının düşük olması sebebiyle jeostatistik yöntemler, diğer rezerv hesaplama yöntemlere göre daha başarılı sonuçlar verdiği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Ülkemizde genel olarak maden yatağındaki üretim veya tesis ile zenginleştirme işlemi planlanırken cevherlerin rezerv, tenör, modelleme ve diğer parametrelerin hesaplanmasına bağlı, maden yatağının modellenmesi klasik yöntemler ile

hesaplanmaktadır. Klasik yöntemler ile cevherlerin durumunun tahminini çalışmalarında hata payları yüksek olmaktadır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan jeostatistik yöntemler, ülkemizde yeteri kadar kullanılmadığından maden yataklarının rezerv ve tenör değerlerinin hesaplanmasında klasik yöntemler daha fazla tercih edilmektedir. Fakat, klasik yöntemlerde tenör ve formasyon gibi değişimlerinin istikamet ve uzaklığa göre değişmediği esas aldığından hesaplama sonunda hata oranı beklenenden daha fazla çıkabilmektedir.

Jeoistatistik yöntemler, klasik yöntemlere göre madenlerin sürekliliği hakkında bilgi vermektedirler. Cevherlerin düzensizlik dağılımlarını belirlerler, yapılan örneklemelerin gerçekliğini ve optimal örnekleme tasarımını yapmaktadırlar.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, seçilen jeostatistik yöntem ile Balıkesir / Balya polimetallik maden yatağının rezerv ve tenör değerlerinin modellenip ortaya çıkarılmasıdır. Bu modelleme ile üretim planlamasına katkı sağlanması hedeflenmektedir. Bu çalışmanın amaçlarını aşağıdaki maddeler ile özetlenebilir:

- Inverse distance weighting yöntemi (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon) ile rezerv ve tenör dağılımlarının tahmini, ilişkileri,
- Cevherin seçilen doğrultularda kesitlerinin oluşturulması, bu kesitlerin üç boyutlu olarak gösterilmesi,
- Maden yatağındaki formasyonların modellenmesi,
- Maden yatağının üç boyutlu modelinin hazırlanması,
- Teorik bilgilerin, sahada yapılan çalışmaların ve bilgisayar ortamındaki madencilik yazılımıyla yorumlanıp, değerlendirilmesidir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Jeostatistik ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Dünyada 1970 yılların sonlarına doğru jeostatistiğin madencilğe uygulanmaya başlandığı görülmüştür (David, 1977; Journel ve Huijbregts, 1978; Clark, 1979). Jeostatistik, gelişmesine madencilik alanında başlamış, çevre problemleri ve petrol rezervlerinin modellenmesi dallarında devam ettirmektedir (Journel, 1984; Issaks ve Srivastava, 1989; Cressie, 1991; Weber ve Englund, 1992; Verhoef ve Barry, 1998; Yao ve Journel, 2000).

Ülkemizde jeostatistik, madencilik faaliyetlerindeki çalışmalarda akademik araştırmalar, diğer ülkelere oranla çok fazla sayıda bulunmamaktadır. Yapılan çalışmaların ise bazılarının teorik, geri kalanının da özel sahalardaki çalışmalar şeklinde olduğu görülmüştür (Kürkçü vd., 1993; Saraç ve Tercan, 1996; Tercan, 1999; Tercan ve Özçelik, 2000; Tercan ve Saraç, 2001; Tercan ve Karayığit, 2001).

Madenlerin yeraltındaki konumu, davranışları yani fay hareketleri ile hangi taraflara atılım yaptıkları gibi durumların daha fazla önem kazanması sebebiyle bilimsel çalışmaların önemi artmıştır. Fakat klasik yöntemlerin sonucunda oluşan istatistiklerin gerekli sonuçlara ulaşmada eksik kaldığı gözlemlenmiştir. Sadece matematiksel istatistikler ile doğru sonuca ulaşamadığı anlaşılmıştır (Matheron, 1963).

Madencilikte istatistiklerin uygulanması geçmiş tarihlere dayanmaktadır. Bir süredir, jeostatistik jeoloji ve esasında yer bilimlerine tatbik edilen istatistikler olarak algılanmıştır. 1960'lı yılların ilk dönemlerinde, bilhassa 1970'lerin ortasında, Profesör Georges Matheron, konuyla ilgilenerek jeostatistik biliminin popülerliğini arttırmaya başlamıştır. 1975'te NATO ASI (NATO İleri Araştırma Enstitüsü) aracılığı ile bölümün akademik temeli oluşturulmuş ve Madencilikte İleri Jeo-İstatistik konulu konferansın tanıtımıyla güçlendirilmiştir (Erel, 2011).

Dumitrescu (2008), Kanada'daki petrol rezervuarının gözeneklilik haritası üzerinde bazı coğrafi istatistik çalışmaları yapmıştır. Sayımlamalarda kriging ve cokriging metotlar kullanılmıştır. Gözeneklilik haritası yapılırken sondaj kütükleri ve sismik veriler kullanılmıştır. Neticede, rezervuarın gözeneklilik haritası, alakalı petrol rezervuarına tatbik edilen kriging metodu ile daha realist bir tarzda oluşturulmuştur.

Hindistan'daki petrol rezervuarının sondajı hakkındaki verileri kullanan Sarkar vd. (2009), uygun variogram modelleri oluşturmuş ve petrol yataklarını içerecek biçimde

blok model faaliyetlerini yürütmüştür. Oluşturulan blok modelde, jeostatistik metotlardan kriging yöntemi tercih edilmiştir. Sonuç olarak petrol birikintisinin gözenekliliği, yaklaşık petrol içeriği ve rezerv kalınlığını gösteren dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Zelenika ve diğ. (2010), petrol rezervleri için yapılan modellemede mühim rolü olan fasiyes modellemesi üzerine bir araştırma yapmıştır. Fasiyelerin ilgili petrol rezervuarının gözenekliliği ve geçirgenliği üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Bu araştırmaya göre, Hırvatistan'da bulunan petrol rezervinde 19 adet sondaj çalışmasından alınan örnekler kullanılmıştır. Jeostatistik yöntemlerden biri olan IK (Gösterge Kriging), ilgili sondaj deliklerinden alınan numunelere uygulanmıştır.

Saraç (1994), cevher yataklarının yorumlanmasında geoistatistik simülasyon metotların kullanılmasında kullanılan genel metotlardan ve sırasıyla şartlı, şartsız ve öteki simülasyon metotlarından bahsetmiştir.

Kriging kestirim yönteminde mühim bir değişken olan örnekleme tasarımı Groenigen (2000) tarafından yapılmıştır. Araştırmada, örnekleme tasarımının kestirim neticelerin nasıl tesir ettiği belirtilmiştir. Araştırma, verimli bir örnekleme kestirimi için iyi bir örnekleme yapılması gerektiğini ve örnekleme tasarımının kalitesini değerlendirmek için örnekleme varyansının kullanılabileceğini belirtmektedir.

Koçer (2001), Ilıcadere (Bayındır-İzmir) Kurşun-Çinko madenlerinin rezerv dereceli değerlendirmesini jeostatistik metotlardan olan kriging ile yapmıştır.

Öztürk (2001), Maden yataklarının kriging jeokimyasal değerlendirmesi ve PCSV (nokta kümülatif semivariogram) ile ilgili bir alanda incelenen değişkenlerin karşılaştırılması çalışmalarının yapıldığını ve değişkenlerin dağılımının nasıl yapıldığını belirlemiştir. Başvurular neticesinde, bazı varsayımlarda kriging yöntemiyle bir tahmin yapmak mümkün olmuş, ancak PCSV tekniği ile incelenen değişkenin ne ölçüde değiştiğini belirlemek mümkün olmuştur.

Açık (2002), Karlıktepe kalker modellemesini sayısal yöntemlerle yapmıştır. Bu araştırmada, Karlıktepe (Sivas) kireçtaşı alanında sondaj çalışmaları sonucunda 41 adet kuyunun verilerini kullanmıştır.

Yurdağül ve Saraç (2002), Adıyaman bölgesindeki rezervuar kayalarındaki gözeneklilik ve hidrokarbon satürasyon değerlerini jeostatistik simülasyon yöntemini kullanarak incelemiştir. Çalışmanın bitiminde, alakalı rezervuar kayaçlarında jeostatistik simülasyon metodunun geçerliliği gösterilmiştir.

Murat (2003), Sivas kangal kömür sahası kömür kalite modellemesini Ordinary kriging yöntemi ile yapmıştır.

Kishne ve diğ. (2003), çevre kirliliği çözümlemesinde kriging kullanmıştır. Bu araştırmada, topraktan elde edilen ve bozuk bir dağılıma sahip olan toplam kadmiyum değerinin dağılımı, veri dağılımının bozulması nedeniyle lognormal kriging ve normal kriging ile karşılaştırılmıştır.

Deraisme ve Farrow (2004) Kimberlite yatakları ve örnekleme stratejileri için jeo-istatistiksel simülasyon uygulama tekniklerini incelemiştir. Bu araştırmada, jeoloji modellemesini yapmak için Surpac yazılımını kullanılmış ve türlü simülasyon metotlarının başlıkları ortaya çıkarılmıştır. Isatis yazılımı ile yapılan jeostatistik çalışması neticesinde kimberlit yataklarının jeolojik modellemesinde jeo-istatistiksel simülasyon metodu kullanılmıştır.

Tercan ve Akcan (2005), jeostatistik simülasyon çalışmasında, belirsizliğin linyit kalitesindeki etkisini araştırmıştır. Kalite-rezerv eğrileri jeostatistik simülasyon yöntemi kullanılarak oluşturulmuş ve tercih edilen üretim panellerinin yaklaşık kalitesi ardışık normal simülasyon metodu ile modellenmiştir. Çalışmanın bitiminde, bütün nitelik parametrelerinin eş simülasyon metotlarının eğrilerin tahmininde tercih edilebileceği sonucuna ulaşmıştır.

Ersoy ve ark. (2006), Çimento hammadde rezervlerinin belirlenmesinde jeostatistik metotlardan kriging metodu ile modelleme işlemi yapılmıştır.

Olea (2006) yarı variogram modellemesi yapmıştır. Bu araştırmada, veri hazırlamada yarı analize dek bir süreç incelenmiştir. Bulunan verilere en uygun modelin yapısını tayin etmek için altı etap verilmiştir. Araştırmada, yarı modelleme konusunda çok araştırma olmasına karşın, bu mevzunun uygulama zorluklarından bahsedilmiştir.

Ersoy ve ark. (2008), çalışma faaliyetleri sonlandırılan metal madenindeki çevreye verilen zararın hesaplanmasını jeostatistik metotlardan şartlı simülasyon metodu ile incelemiştir.

Ersoy ve Yünel (2009) linyit kömür kalitesi parametrelerinin değerlendirilmesinde bilinmeyen ve kullanışlı yeni bir yaklaşım getirmişlerdir. Bu araştırmada, kömür kalitesi değişkenlerinin tayin edilmesinde yumuşatma etkisinden dolayı kriging ve mesafelerin tersi gibi metotların yetersiz kaldığı ve ardışık gauss simülasyonu üzerine çalışmalar yapıldığı belirtilmiştir. Çalışmanın sonunda; doğru ve güvenilir bir tahminde bulunmak için yeterli, iyi kalitede araştırma verileri gerektiği

vurgulanmıştır. Kömür nitelik parametrelerinin geometrik veya zonal anizotropi davranışında bulunmadığı tespit edilmiştir.

Atalay (2011) Türkiye'deki Tersiyer döneme ait kömür yataklarının kül, nem ve ısı değerleri arasındaki mesafeye bağlı değişkenliği araştırmış ve bütün Tersiyer sahalarındaki kömür dağılımını kriging metodu ile tahmin etmiştir.

Taç (2013) Erzincan-Kemaliye'de bulunan bir altın sahasında jeostatistiksel yöntemleri kullanarak cevherlerin birbirleri ile ilişkilerini ve bölgesel dağılımlarını ortaya çıkarmıştır.

Aksoy (2018) bir mermer yatağındaki seleksiyonların değerlendirmesini jeostatistik yöntemleri kullanarak yapmıştır.

2.2. Balıkesir/Balya Bölgesinde Yapılan Çalışmalar

Madencilik geçmişi cumhuriyetten öncesine dayanan Balya madeni ile ilgili birçok jeolojik çalışma mevcuttur. Balya bölgesi ile ilgili literatür çalışmaları aşağıda özetlenmiştir.

Maden yatağı ile ilgili SRK Danışmanlık (2010) tarafından yapılan fizibilite çalışmaları ile birlikte jeoteknik, tenör ve yüzeysel rezerv çalışmaları da yapılmıştır. Ayrıca Aydınli (2004) tarafından Balıkesir'in Balya bölgesindeki kayaçların petrografisi incelenmiştir.

Uçurum (1987), Balya Kurşun-Çinko sahasındaki 1876-1935 yılları arasında Fransızların çalıştırdığı tesis atıklarını incelemiş, kurşun ve çinko minerallerinin ayrı ayrı kazanılabileceğini ortaya koymuştur.

Çağatay (1980), Batı Anadolu Pb-Zn cevherlerinin jeolojisi ve mineralojisini ve kökenlerini incelemiştir. Araştırmacı, Batı Anadolu'da biri tabakaya, diğeri granitoyit sızmalardan dolayı geliştirilen temas hidrotermal yatakları olarak bağlanan iki tür kurşun-çinko yatağını sınıflandırmıştır.

Akyol (1979) Balya'daki maden yataklarını sınıflandırırken dokanak tipi, damar tipi, saçınımlı tip olarak sınıflandırmıştır. Araştırmacı cevherleşmenin pozisyonu ve yapısal hususiyetleri, alanın kuzeyindeki, güneyindeki ve doğusundaki rezervin artabilme olasılığının fazla olduğunu ve derinliklerinde ya da madenin çevresinde asitli bir sokulum kayası bulunduğunu belirtmiştir.

Akyol (1977), Balya madeninin jeolojisini incelemiştir. Yazar Paleozoyik, Mezozoyik ve Tersiyer formasyonlarının bölgede yabancı bloklar olarak bulunduğunu;

magmatik aktivitenin ortak olduğu ve Tersiyer volkanik kayalar tarafından temsil edildiği; Balya cevher yataklarının kireçtaşı bloklarla temas bölgesinde ve ayrıca kireçtaşı çatlaklarında bulunduğunu açıklamıştır.

Akyol (1975), Osmanlı döneminde başlayıp cumhuriyetin ilk yıllarında faaliyetleri sona eren Fransız firma, Balya sahasını terk ettikten sonra kalan cevher atıklarının ülke ekonomisi için çok ehemmiyetli olduğunu, yaklaşık olarak bir milyon tonun üzerinde atık bulunduğunu, flotasyon işlemi sonrasında kalan atıklarda ortalama tenörün Pb % 4.20 ve Zn:% 3.50 olduğunu; İzabe işleminden sonra kalanlar içinse ortalama Pb % 3.50 ve Zn % 10.40 olarak bildirilmiştir.

Ovalıoğlu (1973), Balya mineralizasyonunu, Biga Yarımadası'nın mineralizasyonu ve mineral yatakları ile ilgili olarak Subvolkanik tipini karakterize eden kontakmetazomatik-hidrotermal bir yatak olarak tanımlamıştır.

Gjelsvik (1962) Permiyen kireçtaşlarını Triyas formasyonlarına göre uygunsuzluk olarak tanımlamış ve mineralizasyon dasit ve aşırı kireçtaşı kireçtaşı temaslarıyla oluşmuştur.

Mohr (1959), Tersiyer yaşındaki formasyonların genellikle tuf, lav, dasit ve andezitik bileşimli aglomeralardan meydana geldiğini belirtmiştir. Cevherleşmenin ise dasit ve dasitten daha yaşlı olan sedimanter kayalar arasında veya yaşlı dokanaklarda meydana geldiğini belirtmiştir.

Gjelsvik (1958), 1.600 - 1.900 metre derinlikte meydana gelen Balya cevher yatağı mineralizasyonu olasılığından bahsetmiş ve cevherleşmenin epitermal ve mezotermal cevher yatakları arasındaki bir geçiş sınıfına ait olabileceğini belirtmiştir.

Kaaden (1957), Balya cevherlerinin tersiyer volkanik kayaların dokanaklarında oluştuğunu ve bu kayaların Balya ve çevresindeki Permiyen, Triyas oluşumlarını kestiğini ve bu volkanik kayaların (dasit ve andezit) neojen yaşında olduğunu belirtmiştir.

Aygen (1956), Balya'da temas tipi mineralleşmenin önemli olmadığını ve Permiyen kayalarının kumtaşı ve kireçtaşlarından oluştuğunu belirtmiştir.

Kovenko (1940) Balya maden jeolojisi ve cevher yataklarını incelemiş ve cevher yatağını porfir cevheri, kireçtaşı cevheri, temas damarları ve tortul kayalar olmak üzere dört türe ayırmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Giriş

Bu araştırmada ilk olarak sahada yapılan sondaj çalışmaları ve maden sahası ile ilgili çalışmalarından yararlanarak veri tabanı hazırlanması, rezerv ve tenör hesaplanması için uygun jeostatistik yöntemin seçilmesi ve seçilen jeostatistik yöntemin doğrulanması amaçlanmıştır.

Çalışma safhaları ise; literatür taraması, maden sahası ile ilgili daha önceden yapılan araştırmalar, verilerin firmadaki yetkili personellerden alınıp temin edilmesi, yorumlanıp bilgisayar ortamında modellenmesi yapılmıştır. Bilgisayar yazılımı olarak ise dünyada yaygın olarak kullanılan madencilik yazılımlarından Gemcom–Surpac programının 6.6.2 sürümü kullanılmıştır. Lisanslı programın Dedeman Madencilik Ar-Ge birimi tarafından tez çalışmalarında kullanılmasına izin verilmiştir.

Literatür taraması; bölge ve cevherleşme ile ilgili akademik çalışmalar incelenmiş, saha gözlemleri ve sondaj çalışmaları ile tamamlanmıştır.

Rezerv hesaplaması için gerekli veriler işletme tarafından daha önce yapılan çalışmalardan temin edilmiştir. Hazırlanan veri tabanı ile gerçekleştirilen yatağın istatistiksel analizinden sonra, jeostatistiksel parametreler seçilmiştir. Seçilen jeostatistiksel parametreler inverse distance power yöntemi (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon) uygulanmış, yatağın tenör değişimleri belirlenmiştir.

Blok model çalışması ile cevherlerin ekonomik olarak işletilebilecek tenör ve rezerv miktarı belirlenmiştir.

3.2. Çalışma Alanı

Balya polimetallik maden yatağı, Balıkesir ili Balya ilçesinde yer almaktadır. Maden sahası Balıkesir'e 52 km, Balya ilçe merkezine ise 2 km uzaklıktadır. Bölgenin genel olarak rakımı 160-200 m arasındadır. İlçenin nüfusu 13,141'dir. Bölge tarıma elverişli olmadığından dolayı yöre halkı geçimlerini hayvancılık ile sağlamaktadır. Yer bulduru haritası Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Yer bulduru haritası

3.3. Tarihçe

Balya bölgesinde madencilik geçmişi, Romalılar dönemine kadar uzanmaktadır. Bu dönemdeki adının ise Cristian madenleri olduğu ve bu bölgede Pericharaxis isiminde bir yerleşim yeri olduğu, maden işletmesinin bulunduğu bölgenin ise Ergasteria ismi ile tanımlandığı bilinmektedir.

Balya'daki maden işletmeciliği hakkında Osmanlı Devleti'ndeki kayıt defterleri 1544 yılında başlamaktadır. Madende çalışan işçilerin Balıkesir, Edremit ve Bursa'dan temin edildiği bilinmektedir. Çalışan işçiler kazıcılar ve kürekçiler olarak iki sınıfa ayrılmıştır. Madende çalışan işçilerin genellikle yöre halkı ve çevresinden toplandığı bilinmektedir. Bu çalışanlar her türlü vergiden muaf tutulmuşlardır.

1651 yılında Balya kadısına yazılan mektuplardan maden işletmesinin Hazine-i Hassa (Osmanlı padişahlarının şahsi gelir ve giderlerine ait işlere bakan teşkilat) adına işletilmekte olduğu anlaşılmaktadır. 1647 yılındaki bir fermanın Balya'daki cevherlerden top güllesi yapıldığı ve bir senede takribi olarak bin kantar (56.449 kg) gülle

imal edildiğini de bilinmektedir. Balya'dan üretilen madenler 17. Yüzyılda Bandırma limanından İstanbul'a deniz yoluyla gönderilmeye başlanmıştır.

19. yüzyıla gelindiğinde ise artan talebi karşılayamayacak duruma gelinmiştir. Bu yüzden tesise iki adet fırın daha yapılmasına karar verilmiştir. 1808 yılındaki fermenda Balya'daki maden işletmeciliği haklarını elinde bulunduran Yakup Ağa'nın işletme müddeti uzatılmış ve daha çok üretim yapılması istenmiştir.

Avrupa ülkelerinde sanayi devriminden sonra artan hammadde ihtiyacından dolayı madenler daha da önemli hale gelmiştir. Osmanlı Devleti'nde tanzimat fermanları ile beraber yabancı firmaların ilgisi bu bölgeye yönelmiştir. Alman Raiser 1868 yılında Balya'daki kurşun-çinko ve diğer cevherlerin işletme hakkını almış ve bu haklarını Lourium isimli Fransız – Türk ortaklı firmaya devretmiştir. Osmanlı Devleti 1876 yılında Balya'daki işletmeyi Fransız Royil firmasına 99 yıl işletme hakkı vermiştir. Ancak yalnız simli kurşun cevherinin ihalesini yaptığı için diğer cevherlerin ihracına izin vermemiştir.

1892 yılına gelindiğinde 4.500.000 Frank sermaye ile Balya Karaaydın Madenleri Osmanlı Anonim Şirketi adıyla yalnız simli kurşun cevherini üretmek için yeni bir firma kurulmuştur. Osmanlı ve Fransız ortaklığı olan bu firma Balya' da Pb-Zn-Ag üretmiştir. Ayrıca Mancılık'da kömür çıkarmaya başlamış ve 1901 yılında burada elektrik üretmeye başlayıp ilçeye elektrik getirmiştir.

Balya'da çıkarılan cevherlerin nakliye işlemleri hayvan veya arabalar ile yapılmıştır. Fakat kurulan Fransız – Osmanlı ortaklı bu firma Balya'dan Çanakkale'ye bağlı Palamut köyüne 62 km uzunluğunda bir demiryolu hattı yapmış ve nakliyesini bu şekilde gerçekleştirmiştir. Palamut köyünden Akçay limanına arabalar ile taşınan cevherler daha hızlı transfer edilmek için bu iki mesafe arasına da demiryolu hattı yapılarak maden Akçay limanına gönderilmiştir. Fransızlar buldukları dönemde bu hattı Çanakkale Boğazı'na kadar ilerletmişlerdir.

Birinci dünya savaşı sırasında çalışmalarını durdurmak zorunda kalan şirket, 1920 yılına gelindiğinde tekrar çalışmaya başlamıştır. 1923 yılından sonra ise firma adını Balya Karaaydın Maden Şirketi-Türk olarak değiştirmiştir. 1930 yılında dünya genelinde ekonomik sıkıntıların olması nedeniyle kurşun cevherinin fiyatının gerilemesi ve maden işletmesindeki üretimin azalması firmayı ekonomik olarak sıkıntıya sokmuştur. Bu yüzden firma 1931 yılında üretim faaliyetlerini durdurmuştur.

Firma daha sonraki yıllarda cevher üretimini üç kat yükseltmesine rağmen dünya genelinde Pb fiyatlarının düşmesinden dolayı 1939 yılında faaliyetlerini bitirme kararı

almak zorunda kalmıştır. Balya cevherleri 1940 yılında bakanlar kurulundan çıkan kararla hazineye aktarılmıştır (Arslan, 2010).

1978 yılına kadar Balya sahasında herhangi bir çalışma olmamıştır. 1978 yılında MTA cevher tespit amacıyla 6 adet sondaj yapmıştır. Ancak bu çalışmalar sonucunda Balya sahası yeniden faaliyete başlamamıştır.

Dedeman Madencilik 2006 yılında Balya sahasının Hastanetepe Mevkii bölümünde araştırmalara başlamıştır. 2007-2015 yılları arasında 36 bin metre sondaj çalışması yapmıştır. 2015 yılından günümüze kadar yeraltı madenciliği olarak cevherleri ekonomiye kazandırmaktadır.

Esan-Eczacıbaşı firması 2007 yılında Balya sahasının Sarısu ve Orta Mağara olarak isimlendirilen bölümünde araştırmalara başlamıştır. 2009 yılında üretim faaliyetlerine başlamıştır. Günümüzde ise Esan yıllık 1 milyon tonun üzerinde tüvenan cevher üretimi ile ülkenin en büyük Kurşun-Çinko işletmelerinden biri haline gelmiştir.

3.4. Jeoloji

Yörede Permien, Triyas ve Tersiyer yaşlı formasyonlar yer almaktadır. Permien yaşlı formasyon kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kireçtaşları gri, siyahımsı renkli ve bol fosillidir. Masif, yer yer yeniden kristallenmiş, mermer ve mermer çakılları içermekte olup, breşik özellikler göstermektedir. Allohton özelliğe sahip kireçtaşları, sahada geniş yayılım gösterirler ve kripto oluşumlar halinde kalsit damarları içerirler. Kireçtaşları hem bloklar halinde hem örtü halinde bulunur. Ayrıca Permien kireçtaşları, Üst Triyas yaşlı formasyonlar içinde bloklar halinde ve Üst Triyas yaşlı tavan (regresif) çakıl taşının oluşumundan sonra bunun üzerine allohton örtü şeklinde bulunmaktadır (Akyol, 1977).

Üst Triyas yaşlı formasyonların Balyanın doğusunda ve güneyinde mostra verdikleri rapor edilmiştir (Akyol, 1979). Bu formasyonlar iki seviye halinde olup, kıltaşı-miltaşı-kumlu kireçtaşı ardalanması ve çakıltaşlarından oluşmaktadır. Kıltaşı-miltaşı ve kumlu kireçtaşı ardalanması içinde Permien kireçtaşı blokları bulunmaktadır (Gökçe ve Ünal, 2008). Kıltaşı-miltaşı siyaha yakın gir-mor renkli, kumtaşları gri renklidir. Formasyon ardalanması içinde kıvrımlar, laminalar ve gerilim çatlakları gelişmiş olup, metamorfizma izleri görülmektedir. Formasyon oldukça sıkı çimentolu, yer yer kireçli ve miltaşı seviyelerinde makrofosil görülmüştür. Yörede çakıltaşları Üst

Triyas formasyonlarının üst seviyesini oluşturmakta ve farklı kalınlıklar sunmaktadır. Çakıl taşları ile Permiyen kireçtaşı dokanakları tektonik ezilmelidir (Akyol, 1977).

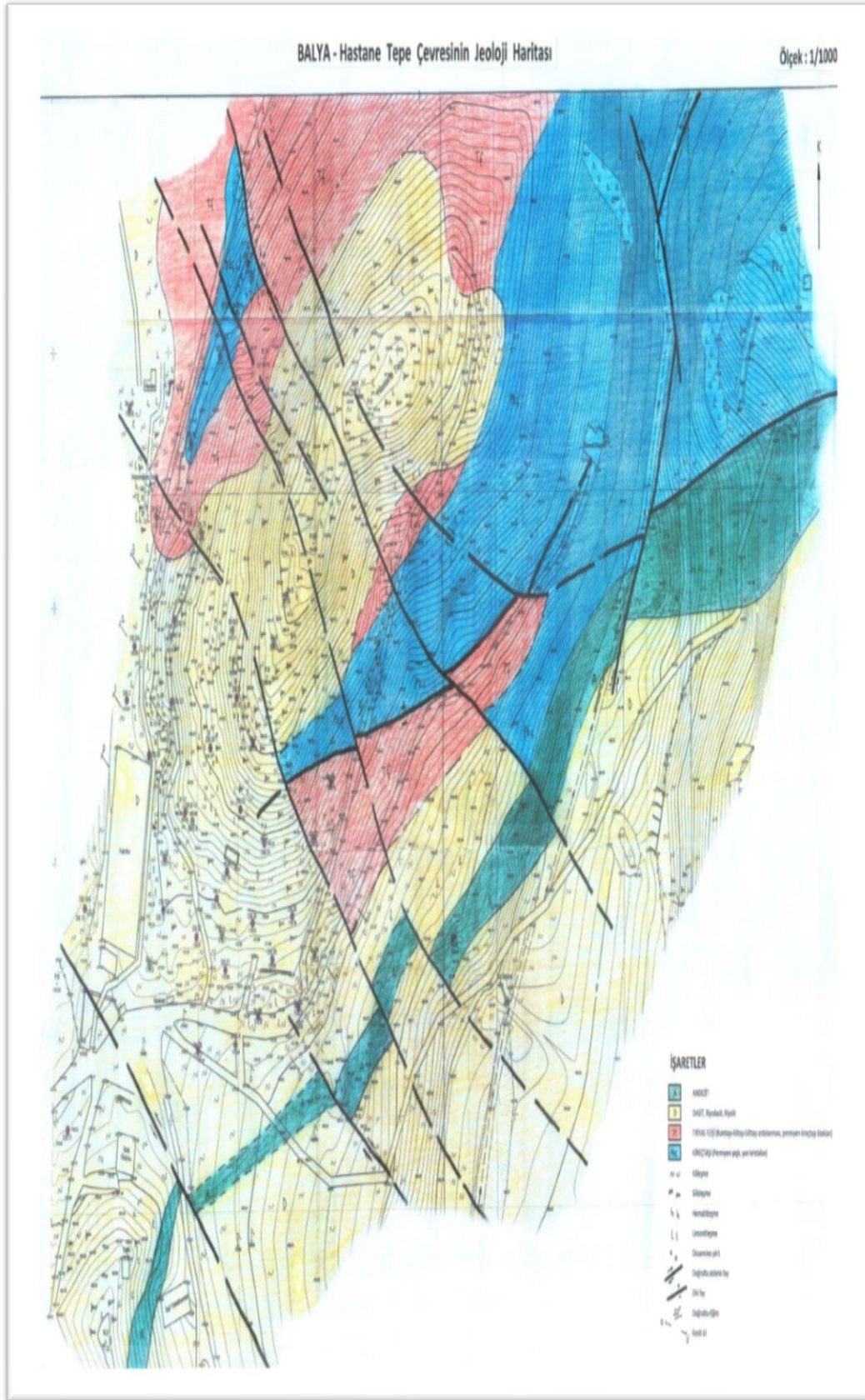
Tersiyer formasyonları dasit, riyoit, andezit gibi volkanik kayalardan olmuştur. Volkanik kayalar oldukça fazla alterasyona uğramışlardır. Dasitler kahverengi ve kızılımsı kahverengi olup, silisleşme, pritleşme ve kaolinleşme sergilerler. Dasitler kireçtaşlarının kestiği yerlerde ve dasit-kireçtaşı dokanaklarında değişik kalınlıklarda (1-4 m.) mermerleşme mevcuttur. Andezitler gri ve koyu renkli olup, porfirik doku hakimdir. Andezitler diğer formasyonları dayklar halinde kesmiştir. Dasitler ve andezitler maden sahasında geniş yayılım gösterirler (Yüksek, 2019).

Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları Üst Triyas yaşlı formasyonlar içinde ve üstünde rastgele dağılmışlardır. Kireçtaşı blokları, havzada gelişen düşey blok hareketler sonucu çekim kaymaları ile geldiği ve bu faaliyetin Üst Triyas yaşlı tavan çakıl taşlarının başlangıcına kadar devam ettiği belirtilmiştir. Tetis denizinin çekilmesinden sonra yabancı örtü (allokton) kireçtaşları havzaya itilmişlerdir. Allokton kireçtaşlarının doğrultusu kuzeydoğu-güneybatı, itilmesinde doğu-güneydoğudan geldiği rapor edilmiştir (Aygen, 1956; Mohr, 1959; Gjelsvik, 1962 ve Akyol, 1977).

Tersiyerde gelişen magmatik aktivite yani volkanizma kırık zonlarına yerleşmiştir. Sahadaki fay hatları kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu olup, bu doğrultuya dik olmuş küçük faylarda mevcuttur. Balya maden yataklarının oluşumu faylarla ve sahanın yapısal konumu ile direkt ilişkili olduğu düşünülmektedir. Karot sondajlarında görülen breşleşme, ezik, kırık ve çatlak unsurları ve alterasyon izleri önemli fay zonlarına işaret etmektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Sondaj karotlarının tipik bir görünümü



Şekil 3.3. Balya hastane tepe ve çevresi jeoloji haritası (Dedeman, 2018)

3.5. Cevherleşme

Balya sahasındaki cevherleşme hidrotermal tip maden yataklarındandır. Bu tür maden yataklarının oluşumu çoğunlukla damar şeklinde olmaktadır. Ayrıca kontakt metamorfik ve dissemine (saçınımlı) tipli cevherleşmeler de mevcuttur.

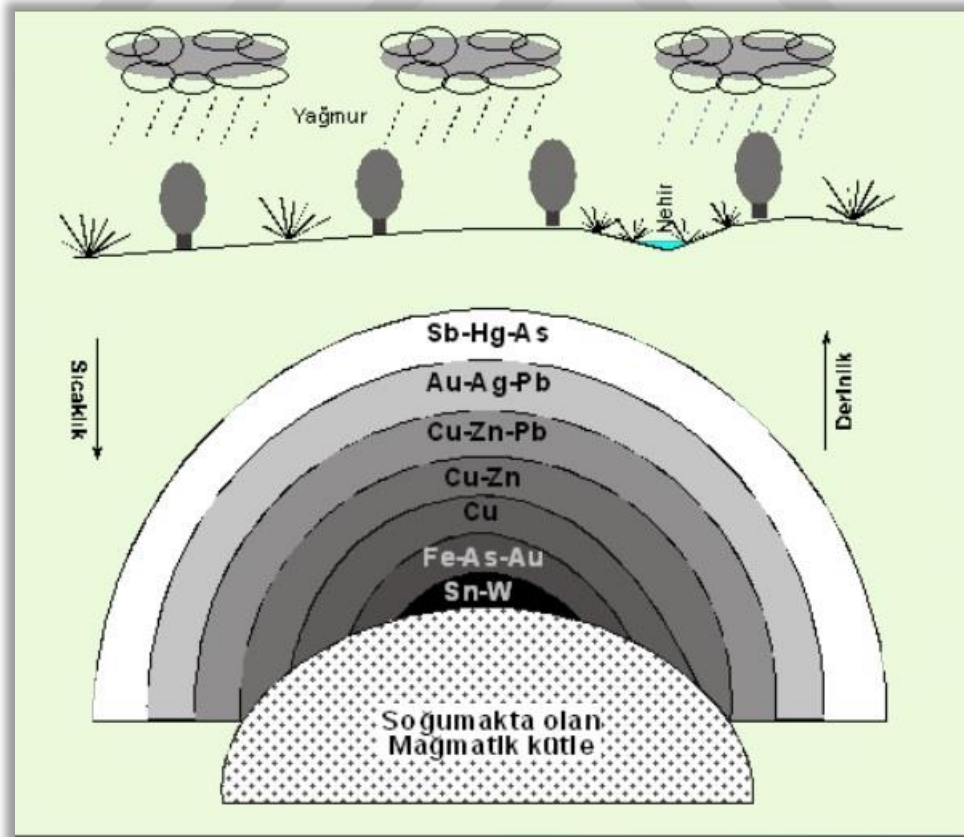
Damar tipindeki cevherlerin oluşumu için;

» Formasyonlar içerisinde akışkanların ilerleyebileceği fay veya boşlukların olması

» Cevher mineralleri içerisindeki elementleri hareket ettirebilecek bir çözeltinin olması,

» Cevherler için çökecek uygun ortamın olması gerekmektedir.

Damar tipi cevherleşmelerde mineralojik bileşim, bağlı oldukları magmatik kayaktan mesafesine bağlıdır. Magmatik kütlede mesafe arttıkça düşük sıcaklık mineralleri oluşmaktadır. Ancak magma külesine yaklaştıkça Pb-Zn gibi daha yüksek sıcaklık mineralleri oluşmaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Derinlik ve sıcaklığa bağlı olarak cevherlerin oluşumları (URL-1)

3.6. Dedeman Madencilik Balya Kurşun-Çinko İşletmesi

Dedeman Madencilik 1947 yılında Kayseri’de krom madenciliği ile madencilik faaliyetlerine başlamıştır. Günümüze Kayseri-Pınarbaşı, Eskişehir ve Adana işletmelerinde krom madenciliğinin yanı sıra yine Kayseri-Yahyalı ve Balıkesir-Balya’da Kurşun-Çinko madenciliği yapmaktadır.

Şirket 2006 yılında Balya sahasının arama ruhsatı almıştır. 2007-2015 yılları arasında 36 bin metre sondaj yapmış ve bu çalışmalar sonucunda 5 milyon ton görünür rezerv tespit etmiştir.

2015 yılından itibaren yeraltı işletme yöntemi ile Balya sahasında tüvenan Kurşun-Çinko üretimi yapmaktadır. Balya’da henüz flotasyon tesisi kurulmadığından dolayı üretimin başladığı ilk yıllarda Kayseri’deki flotasyon tesisine cevheri nakletmiş, ancak ekonomik olarak çok karlı olmadığından dolayı çıkardığı cevheri Balıkesir bölgesindeki Kurşun-Çinko üretimi yapan diğer şirketlere tüvenan olarak satmaktadır.

Balya Kurşun-Çinko İşletmesinde kuyu nakliyat sistemi ile çalışılmaktadır. Kuyudan hem maden nakli hem de personellerin ulaşımı sağlanmaktadır. Üretim aynalarında delme-patlatma ile ilerleme sağlanmaktadır. Üretim esnasındaki cevher damarına ait görünüm Şekil 3.5’de verilmiştir.



Şekil 3.5. Cevher damarına ait tipik bir görünüm

Üretim alanındaki cevher patlatmadan sonra yeraltı kepçeleri ile yükleme rampalarına getirilir ve vagonlara dökülür. Vagonlar ile kuyudan yeryüzüne çıkartılır. Burada kuyu önündeki tumba sahasına dökülür. Üretim esnasında aynalardan belli aralıklar ile ayna örnekleme yapılr ve aynanın ortalama tenörü tespit edilir. Ayrıca stok sahasından da günlük stok numuneleri alınır ve bunlarında tenör değerleri belirlenir. Bu tenör değerlerine göre stok sahasında cevherler ayrı ayrı sınıflandırılır. Üretim aynalarındaki cevherin nakliyatı Şekil 3.6’da gösterilmiştir. Ayrıca 100 m kotunda bulunan anayolun görünümü Şekil 3.7’de sunulmuştur.



Şekil 3.6. Cevherin vagonlar ile nakli



Şekil 3.7. 100 Kotu anayol

Balya işletmesinde 2015 yılından 2018 yılı ekim ayına kadar cevher üretimi yapılmıştır. Yıllara göre üretilen cevherlerin tonaj ve tenörleri Çizelge 3.1’de sunulmuştur. 75 metre derinliği olan kuyuda 130 ve 100 kotları arasında üretim yapmıştır. Bu iki ana kat arasındaki üretim tamamlandıktan sonra 2018 yılı ekim ayında 75 metre derinliğinde olan kuyu 30 metre daha derinleştirmiştir. Mevcut durumda ise 100 ve 70 kotları arasında hazırlık galerileri sürülmektedir. Bu galeriler tamamlandıktan sonra iki ana kat ilk olarak fereler ile birbirlerine bağlanacak ve sonrasında cevherli olan bölgelerden üretime başlanacaktır.

Çizelge 3.1. Balya Pb-Zn İşletmesi Yıllara Göre Üretim Miktarları ve Ortalama Tenör Değerleri

Yıllar	Miktar (Ton)	Pb(%)	Zn(%)	Pb + Zn (%)	Ag(gr/t)
2015	6,742	7.71	5.16	12.87	116
2016	16,600	5.93	3.93	9.86	147
2017	23,306	2.95	3.79	6.75	63
2018	16,479	2.66	2.72	5.33	54

3.7. Sondaj Bilgileri

Çalışma sahasındaki sondajlar Dedeman Madencilik ve Hedef Sondaj firmaları tarafından yapılmıştır. Toplam 21,111 metrelik 86 adet sondaj yapılmıştır. Bu çalışmada cevherlerin rezerv, tenör ve modellenme işlemleri bu sondaj bilgileri kullanılarak yapılmıştır.

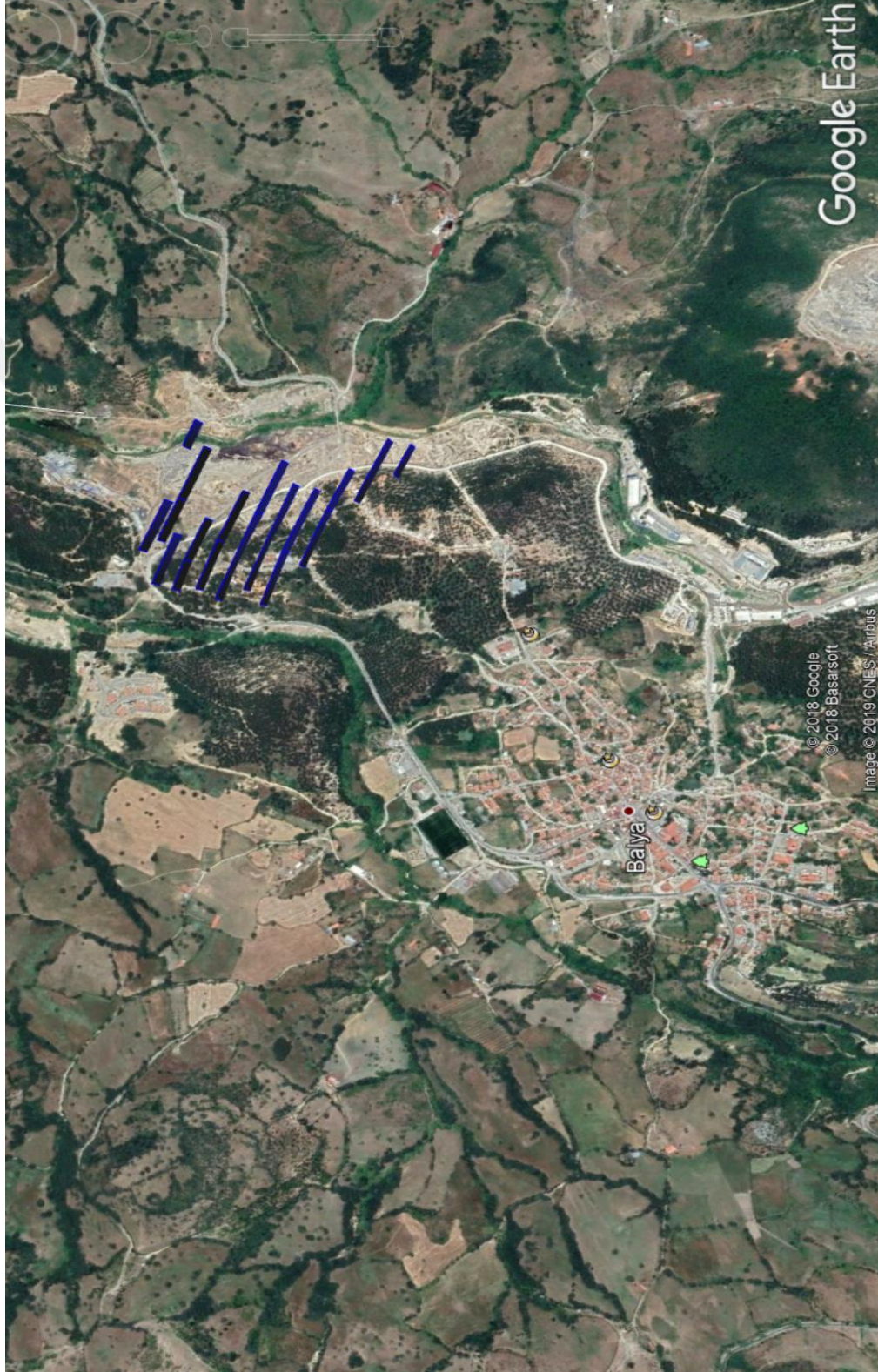
Yapılan sondaj çalışmaları daha önceden Dedeman Madencilik tarafından yapılan sondaj bilgileri doğrultusunda ArGe birimi tarafından planlanıp cevher olma ihtimali daha yüksek olan yerlerden planlanarak başlatılmıştır. Sondaj yapılan alandaki kuyu isimleri, buldukları kotlar, koordinatları ve kuyu derinlikleri Çizelge 3.2' de gösterilmiştir.

Sondaj lokasyonlarında eğimli ve dik sondajlar yapılmıştır. Her lokasyonda 3 ya da 4 sondaj yapılmıştır. Burada amaç, cevherin ne kadar derinliğe uzandığını tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Sondaj lokasyonları, google earth üzerinde mavi çizgiler halinde Şekil 3.8'de gösterilmiştir. Lokasyonlar Balya ilçe merkezinin kuzeydoğusunda yer almaktadırlar.

Sondajların sahadaki jeoloji mühendisi tarafından uluslararası standartlara uygun olarak loglamaları yapılmıştır. Bu loglarda sondaj lokasyonlarının y-x koordinatları, z kotları, kuyu eğim ve derinlikleri, jeolojik formasyonların tanımlanması, örneklerin numaralandırılması, tenör değerleri ve jeokimya analiz sonuçları yer almaktadır.

Sondaj kuyularından gelen karotlar, karothane bölümüne getirilir. Burada jeoloji mühendisi gelen karotları formasyon birimlerine göre loglamalarını yapmaktadır. Loglaması yapılan kuyuların örnek aralıkları belirlenir ve sonrasında kuyuların fotoğraflama işlemine geçilir. Fotoğraflama işlemi bittikten sonra belirlenen örnek aralıklarındaki kayaçlar kesilerek numaralandırma işlemine tabi tutulur. Numuneler uluslararası akredite geçerliliği bulunan ALS (Kanada) laboratuvarına gönderilir. Burada kurşun, çinko, gümüş, bakır ve altın elementlerinin kimyasal analizleri yapılır. Ancak

altın ve bakır analiz sonuçlarının ekonomik olmadığı tespit edildiğinden bu çalışmada sadece kurşun, çinko ve gümüş sonuçları dikkate alınmıştır.



Şekil 3.8. Sondaj lokasyonlarının google earth üzerinde görünümü

Çizelge 3.2. Sondaj kuyularının isimleri, koordinatları, açıları ve derinlikleri

Kuyu İsmi	Y (m)	X (m)	Z (m)	Kuyu Açısı	Derinlik (m)
DB103	4401453.747	551573.306	176.250	90°	226.25
DB104	4401744.066	551563.314	176.250	90°	226.25
DB106	4401490.070	551516.730	180.678	90°	230.68
DB106_A	4401489.640	551518.180	180.730	77°	230.73
DB107	4401731.760	551542.840	172.610	90°	222.61
DB107_A	4401731.500	551543.080	172.700	75°	222.70
DB107_B	4401731.240	551543.360	172.650	62°	222.65
DB107_C	4401730.885	551543.759	172.532	50°	222.53
DB108	4401765.319	551531.390	172.166	90°	222.17
DB108A	4401765.219	551531.402	171.880	77°	221.88
DB108B	4401764.934	551531.789	172.250	67°	222.25
DB108C	4401764.629	551532.267	172.332	67°	222.33
DB109A	4401629.786	551581.988	171.689	54°	221.69
DB109B	4401629.528	551582.372	171.710	90°	221.71
DB109C	4401630.733	551580.813	171.630	77°	221.63
DB110	4401765.977	551395.002	177.933	80°	227.93
DB110A	4401765.535	551395.631	178.156	55°	228.16
DB111	4401551.349	551607.456	170.056	90°	220.06
DB111A	4401550.900	551607.949	170.050	85°	220.05
DB111B	4401550.545	551608.329	170.076	66°	220.08
DB111C	4401550.249	551608.672	170.103	54°	220.10
DB112	4401699.444	551410.831	189.095	90°	239.10
DB112A	4401699.205	551411.098	189.125	77°	239.13
DB112B	4401698.985	551411.421	189.177	64°	239.18
DB112C	4401698.651	551411.883	189.246	50°	239.25
DB113	4401702.886	551621.054	166.857	54°	216.86
DB113A	4401702.708	551621.234	166.863	68.5°	216.86
DB113B	4401702.395	551621.639	166.877	55°	216.88
DB114	4401530.918	551546.868	175.860	78°	225.86
DB114A	4401530.963	551546.711	175.869	66°	225.87
DB114B	4401531.185	551546.439	175.869	83°	225.87
DB115	4401699.409	551470.104	181.920	90°	231.92
DB115A	4401699.622	551469.795	181.795	90°	231.80
DB115B	4401699.847	551469.535	181.897	69°	231.90
DB115C	4401699.985	551469.345	181.876	79.5°	231.88
DB115D	4401700.652	551468.462	182.099	51°	232.10
DB116	4401646.866	551472.488	189.928	53°	239.93
DB116A	4401647.212	551472.127	189.932	60°	239.93
DB116B	4401647.420	551471.911	189.939	56°	239.94
DB116C	4401647.556	551471.619	189.928	71°	239.93
DB116D	4401648.144	551471.007	189.909	65°	239.91
DB117	4401681.118	551349.345	177.417	78°	227.42
DB117A	4401681.479	551348.874	177.411	83°	227.41
DB117B	4401681.783	551348.477	177.410	90°	227.41
DB117C	4401681.905	551348.318	177.411	90°	227.41
DB118	4401809.247	551517.460	173.393	85°	223.39
DB119	4401588.330	551374.550	191.834	50°	241.83
DB116E	4401649.451	551469.493	189.918	90°	239.92
DB118A	4401809.090	551517.695	173.197	79°	223.20

Çizelge 3.2'nin devamı.

Kuyu İsmi	Y (m)	X (m)	Z (m)	Kuyu Açısı	Derinlik (m)
DB119A	4401588.588	551374.085	191.727	64°	241.73
DB110B	4401764.989	551396.152	178.209	66°	228.21
DB119B	4401588.735	551373.801	191.850	77°	241.85
DB110C	4401764.780	551396.567	178.216	50°	228.22
DB120	4401640.994	551845.086	154.313	68°	204.31
DB118B	4401808.934	551517.900	173.429	90°	223.43
DB119C	4401588.920	551373.523	191.810	90°	241.81
DB120A	4401640.908	551845.238	154.333	53°	204.33
DB118C	4401808.621	551518.314	173.210	79°	223.21
DB120B	4401640.709	551845.529	154.348	67°	204.35
DB121	4401572.051	551332.249	182.827	90°	232.83
DB120C	4401640.548	551845.758	154.375	55°	204.38
DB122	4401831.181	551396.630	173.123	90°	223.12
DB121A	4401571.921	551332.402	182.827	77°	232.83
DB123	4401452.826	551568.516	176.513	83°	226.51
DB123A	4401452.504	551568.831	176.523	70°	226.52
DB121B	4401571.732	551332.692	182.817	62°	232.82
DB122A	4401831.139	551396.769	173.134	80°	223.13
DB122B	4401830.331	551397.531	173.090	65°	223.09
DB123B	4401450.850	551570.975	176.582	60°	226.58
DB121C	4401573.331	551334.771	182.815	53°	232.82
DB122C	4401830.169	551397.967	173.102	50°	223.10
DB124	4401306.707	551686.984	156.616	90°	206.62
DB124A	4401306.417	551687.337	156.555	78°	206.56
DB125	4401220.668	551640.965	160.520	90°	210.52
DB124B	4401306.141	551687.640	156.638	62°	206.64
DB121D	4401573.849	551334.034	182.813	53.5°	232.81
DB125A	4401220.222	551641.599	160.517	78°	210.52
DB126	4401592.000	551441.000	199.000	67°	249.00
DB126A	4401592.000	551441.000	199.000	70°	249.00
DB122D	4401830.169	551397.967	173.102	62°	223.10
DB125B	4401220.222	551641.599	160.517	79°	210.52
DB126B	4401592.000	551441.000	199.000	90°	249.00
DB127	4401427.000	551716.000	158.000	90°	208.00
DB126C	4401592.000	551441.000	199.000	70°	249.00
DB127A	4401427.000	551716.000	158.000	77°	208.00
DB127B	4401427.000	551716.000	158.000	65°	208.00

3.8. Jeostatistik Yöntemler

1970'li yılların son dönemlerine doğru dünya genelinde jeostatistik, madencilikte uygulanmaya başlanmıştır (David, 1977; Journel ve Huijbregts, 1978; Clark, 1979). Jeostatistik ilerlemesine madencilik ile adım atmış, günümüzde de çevre problemleri ve petrol rezervuarlarının modellenmesi alanlarında sürdürmektedir (Journel, 1984; Weber

ve Englund, 1992, Verhoef ve Barry, 1998; Yao ve Journel, 2000). Türkiye’de jeostatistiğin madencilik ile alakalı akademik araştırmaların çok kısıtlı olduğu, bunların bir kesiminin teorik, bir kesiminin de hususi alanlara uygulamalar biçiminde görölmüştür (Kürkcü vd., 1993; Saraç ve Tercan, 1996; Tercan, 1999; Tercan ve Özçelik, 2000; Tercan ve Saraç, 2001; Tercan ve Karayığit, 2001).

Dumitrescu (2008), bazı jeostatistik yöntemleri kullanarak Kanada’daki petrol rezervlerinin porozite haritasının ortaya çıkarılması için araştırma yapmıştır. Araştırma esnasında hesaplamalar yapılırken kriging ve cokriging metotları ile yapılmıştır. Harita ortaya çıkarılırken sondaj loglamaları ve sismik veriler kullanılmıştır. Araştırma sonucunda çalışılan petrol rezervlerinin kriging metodu ile rezerv porozite haritasının doğruluğu gerçeğe daha yakın hale getirilmiştir.

Zelenika ve ark. (2010), petrol rezervlerinin modellenmesinde önemli yer kaplayan fasiyes modellemesi ile alakalı kriging metodunu kullanarak çalışma yapmıştır. Hırvatistan’da bulunan petrol rezervlerindeki 19 adet sondaj kuyusundan alınan örnekler çalışmada kullanılmıştır. Bu sondajlardan alınan örneklere jeostatistik metotlardan Indicator Kriging tercih edilmiştir.

Mevcut olan madenlerin üç boyutlu modelinin çıkarılması, madenlerin işletilmesi ve üretim planlamasının yapılması açısından oldukça önemlidir. Sahanın jeolojisi hakkındaki bilgiler ve yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen veriler sonucunda cevherlerin üç boyutlu olarak modelleri yapılmaktadır. Herhangi bir maden yatağının rezervini hesaplarken klasik yöntemler ile takribi bir netice elde edilebilir. Fakat, jeostatistik yöntemlerde jeoloji dikkate alınarak rezerv hesaplamasının yapılması, hesaplamının doğruluğunu yükselteceği gibi, hesaplanan değerlerin belirli bir ölçüde hata payı ile cevher yatağının anlaşılmasını sağlayacaktır.

Cevher yatağında tenörlerin sahaya dağılımını açıklayabilmek için madencilik yazılımında oluşturulan blok modelde bloklara tenör dağılımı yapılır. Bu tenör dağılımı rastgele bir şekilde yapılmamaktadır. En yakın tenör değeri baz alınarak program içerisindeki eşitlikler yardımıyla tenör dağılımı yapılmaktadır. Bu yüzden de tahminlerdeki hata oranının az olduğundan jeostatistik yöntemlerin klasik metotlara göre daha faydalı sonuçlar ortaya çıkardığını göstermektedir.

Jeostatistiksel bir analiz için ilk olarak yapılması gereken bazı zorunlulukların yapılması gerekmektedir. Bu şartlar aşağıda özetlenmiştir (Ersoy ve Yünsel, 2008) :

» Örnek numuneleri uygun yöntemler ile alınmalıdır ve gerektiğinde tekrar alınma olanağı olmalıdır. Numune çözümlenmelerinde (örneğin kimyasal çözümlenmeler) benzer metot uygulanmalıdır.

» Alınan örnek numuneleri alındığı birimleri temsil etmelidir. Bir başka ifade ile alınan örnek numuneleri ile bütün kütle hususiyetleri birbirlerini andıran özelliklerle olmalıdır.

» Alınan örnek numuneler bütün kütlelerin hepsinde değil, bütün kütle temsil olacak ölçüde az bir miktardan oluşmalıdır.

» Alınan örneklerin hepsi ana kütlede gelişigüzel, rastlantısal ve kütlede özgür olarak alınmalıdır. Burada mühim nokta olan tarafsızlık yerine getirilmelidir. Çözümlemesi yapılacak alan üstünde yalnız belirli bir bölgede yoğunlaşmak, bütün kütleli tanımlamak yerine hatalı kestirimler ile sonuçlanacaktır.

3.8.1. Verilerin Hazırlanması

Ekseriyetle verilerin büyük bir kısmına, sondaj loglamaları sonucunda ulaşılır. Uygulanan sondaj metoduna göre veriler, sondaj kuyusu süresince farklı mesafelerde ve farklı boylarda alınabilir.

Jeostatistikte hesaplamalar genel olarak çok ölçüde noktasal literatürden alınan numuneler ile yapılır. Ulaşılan öteki bilgiler ise jeolojik, jeoteknik kişisel tarifi ve araştırma alanının limitleri ile alakalıdır.

Veri literatürleri üç ana türde bölümlendirilebilir. Bunlar; parametreler, hususiyetler ve koordinatlardır. Parametreler; mineral muhtevalarını, kirlenme ölçülerini, jeomekanik hususiyetleri, litoloji, mineraloji ve öteki bölümlendirmeleri içerir.

Koordinat düzeni ise veriye bağlı olarak iki ya da üç boyutlu olarak değişir. İki boyutlu datalarda yalnız X ve Y koordinatları varken üç boyutlu verilerde X, Y ve Z koordinatları yer almaktadır. Burada X doğuyu, Y kuzeyi ve Z ise bulunduğu kotu temsil etmektedir.

Alışılmış bir veri idare biçimini şu şekilde sıralayabiliriz: İlk olarak dijital bir veritabanı hazırlanır, hazırlanan veri tabanına analiz neticeleri girilir, topoğrafya ve eldeki diğer mevcut haritalar yüklenir, jeolojik kesitler çıkartılır, jeolojik katı model hazırlanır, katı model kullanılarak blok model işlemi tamamlanır, rezerv için gerekli hesaplamalar yapılır, son olarak verilerin doğruluğu kontrol edilir ve eşleştirmeleri yapılır.

3.8.2. Jeostatistik Yöntemlerin Üstünlükleri

Jeostatistik yöntemlerin klasik yöntemlere göre üstün olduğu taraflar aşağıda belirtilmiştir :

- » Hammadde ve cevherlerin sürekliliği hakkında bilgilendirir.
- » Cevherlerin her istikamette değişken dağılımlarının başlıklarını ortaya koyar.
- » Rezerv parametrelerinin tesir alanlarını belirtir.
- » Cevherlerin düzensizlik dağılımını belirler.
- » Yapılan örnekleme gerçekliliğini ve optimal örnekleme tasarımını yapar.
- » Cevher yatağının ekonomik olarak üretilebilmesi için üretim planlamasına yardımcı olur.

3.8.3. Jeostatistik Yöntemlerin Olumsuz Tarafları

Jeostatistik yöntemlerin olumsuz ya da eksik olduğu tarafları aşağıdaki belirtilmiştir:

» Jeolojik Tesirler: Yöresel parametrelerin uzaysal varyasyonları genellikle arazi içerisindeki fay ve çatlaklarla verinin dağılım bünyesini bozar ve kompleks bir duruma getirir. Geçersiz verilerin olduğu vaziyetlerde, süreksizlik süresince esnetilmiş tahminler yapılır. Jeolojik formasyonların jeostatistiğe bütünleştirilmesi ile bu problem çözülebilir.

» Normal Olmayan Dağılımlar: Genellikle değişkenlerin büyük kısmı ham veri oldukları zamanlarda normal bir dağılım yapmazlar. Jeostatistiksel bir çözümlemede verilerin normal bir dağılım yapması umulur. Bilhassa simülasyon yönteminde bu koşuldur. Simülasyon için verilerin normal bir dağılım yapmadığı vaziyetlerde, normal dağılım dönüşümleri yapılır.

3.8. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (Inverse Distance Weighting) Yöntemi

IDW metodu bilindik numune noktalara ilişik değerlerin etkisiyle örneklenmeyen noktalara ilişik hücre değerlerinin tayin edilmesi için değerlendirilen bir enterpolasyon yöntemidir. Alakalı hücreden uzaklaşan türlü noktalar incelenerek ve uzaklıktaki çoğalış ile hücre değerinin hesaplaması yapılır. Kestirimi yapılan değerler, yakın komşu dolayındaki noktaların mesafesi ve oranının bir işlevi olup, uzaklığın fazlalaşması ile kestirimi yapılacak hücre üstündeki ehemmiyet ve tesir eksilir. Bu metotta verilen genel

dağılımı, eğilimi, anizotropi ve kümelenmesi gibi hususiyetler tetkik edilecektir. Verilerin yalnız yerel olarak değerlendirilip, mukayesesi yapılmaktadır. Deterministik bir metottur. Ağırlıklı hareketli ortalama enterpolasyon için yaygın kullanılan bir yaklaşımdır. Maden yatağının; tenör, yoğunluk, mineral içeriği ve tonaj değişim değerlerini hazırlanan blok model kullanılarak, cevherlerin çıkartılması ve işletme için ekonomik olan rezerv miktarını ortaya koymaktadır.

Tahmin yöntemlerinde en yakın komşu, krigleme, kokrigleme ve indikatör krigleme yöntemleri de bulunmaktadır.

En yakın komşu tahmin yöntemi aslında jeostatistiksel bir metot değildir. Bu metot ile tahmini yapılacak olan noktaya en yakın kompozit değeri, tahmin değeri olarak atanır.

Krigleme metodunda, tahmini yapılacak olan noktanın değeri, bu noktanın tahmininde kullanılacak kompozit verilerin ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanır. Ağırlıklar, tahmin yanlışları ortalaması sıfır ve varyansı en düşük olabilecek şekilde ayarlanır.

Kokrigleme, bir özniteliğin tahmininde bu öznitelik haricinde başka bir özniteliğin bilgisinden de yararlanılmak istenilirse tercih edilen bir metottur. Misal verilecek olunursa, ısı değer tahmini yapılırken ısı değer ile kül arasındaki bilgilerde tercih edilebilir. Şayet iki öznitelik karşılaştırıldığında korelasyon katsayıları sonucunda yüksek bir ilişki durumu söz konusu ise ve tahminde tercih edilecek özniteliğin (ikinci öznitelik) bilgisi tahmin edilecek özniteliğe (birinci öznitelik) nazaran daha fazla ise kokrigleme metodunun krigleme metoduna göre daha uygun olduğu literatürde gösterilmiştir.

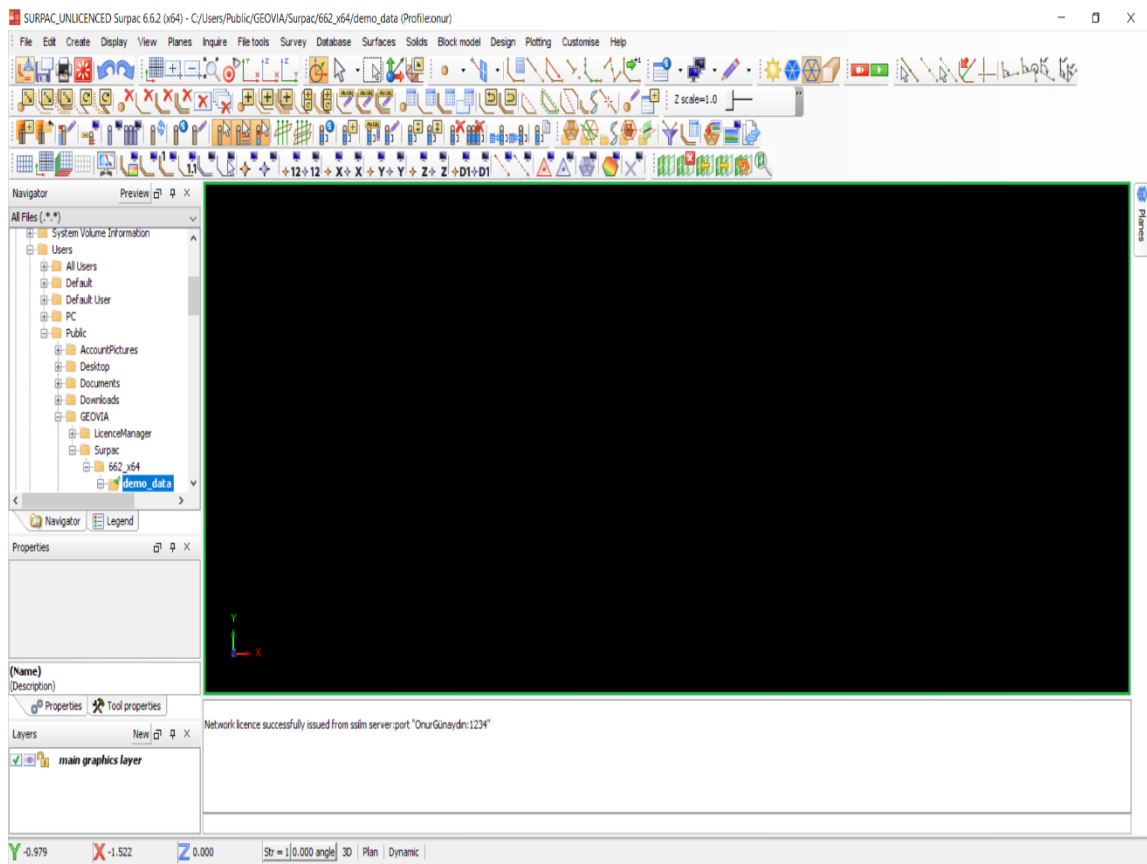
İndikatör krigleme, bir noktadaki sayısal karşılığı bilinmeyen değer için ihtimallerin hesaplanmasında tercih edilen bir metottur. Misal verilecek olunursa, numunelendirilmemiş bir noktadaki sayısal karşılığı bilinmeyen bir değeri tahmin etmek yerine belli bir sınır değerden fazla veya az olma ihtimallerini hesaplamak tercih edilebilir. Bu durumlarda sınır değer krigleme metodu uygulanır.

Bu çalışmada ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon metodunun tercih edilmesinin nedeni ise eldeki veriler ile diğer metotlara göre daha doğru bir sonuca ulaşılacağı için seçilmiştir.

3.9. Çalışmada Kullanılan Yazılım

Bu çalışmada Dedeman Madencilik ArGe birimi tarafından tahsis edilen, 120'den fazla ülkede açık ocak ve yeraltı işletmelerinde operasyon ve arama projelerinde dünyadaki en yaygın jeoloji ve maden planlama yazılımlarından Surpac programı 6.6.2 versiyonu kullanılmıştır. Lisans numarası SPL011822'dir.

Surpac madencilik yazılımı ile sondaj veri yönetimi, jeolojik modelleme, blok modelleme, jeostatistik, maden tasarımı, kaynak tahmini ve daha fazlası gibi işlemler yapılabilmektedir.



Şekil 3.9. Surpac madencilik yazılım programı ana ekranı

4. IDW (TERS MESAFE AĞIRLIKLI ENTERPOLASYON) YÖNTEMİ İLE JEOİSTATİKSEL ANALİZ

Bu çalışmada polimetallik (Kurşun, Çinko, Gümüş) maden yataklarından Balya sahasının sondaj logları ve arazide yapılan çalışmalar baz alınarak bir veri tabanı hazırlanması; cevherlerin tenör, rezerv hesaplamaları ve yorumlanması, bir jeostatiksel

metodun yürütülmesi ve sonuçlarının alakalı araştırmalar ile doğrulanmasını kapsamaktadır.

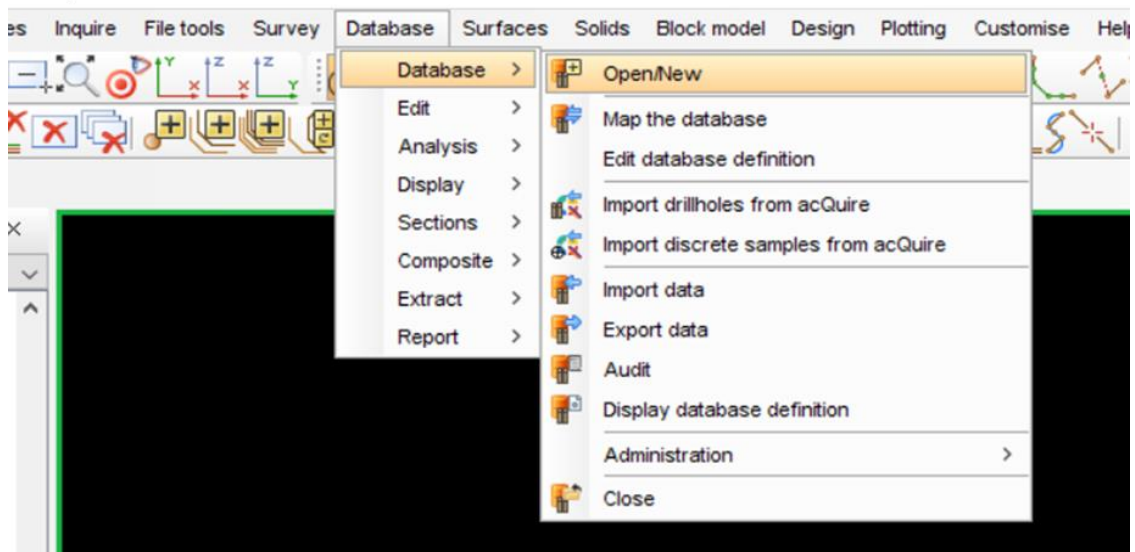
Çalışmanın bu safhasında Surpac yazılımında sondaj verileri değerlendirilerek tanımlayıcı istatiksels analiz ve tahmin yürütümleri yapılmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar sunulmuş ve tartışılmıştır.

Tanımlayıcı istatiksels analiz yapılırken verilerin özet istatistik bilgileri tetkik edilecek ve verilerin hareketleri tayin edilecektir. Özet istatistiği ortaya koyulan veriler kompozit yapılacak, yeni veri takımı ortaya çıkarılacak, bu verilerin özet istatistikleri ve histogramları tetkik edilerek dağılım durumları tayin edilmiştir.

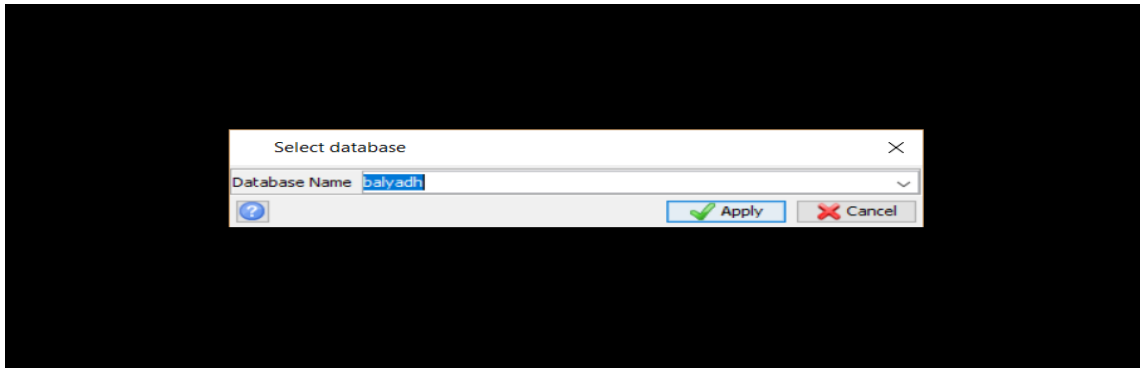
Çalışmada Kurşun-Çinko-Gümüş maden yatağının rezervini ortaya koymak için “Inverse Distance Weighting” yöntemi uygulanmıştır. Bu teknik sonucu ulaşılan sonuçları (rezerv ve tenör tahmini) gösterilerek yorumlanmıştır.

4.1. Veri Tabanı Hazırlama

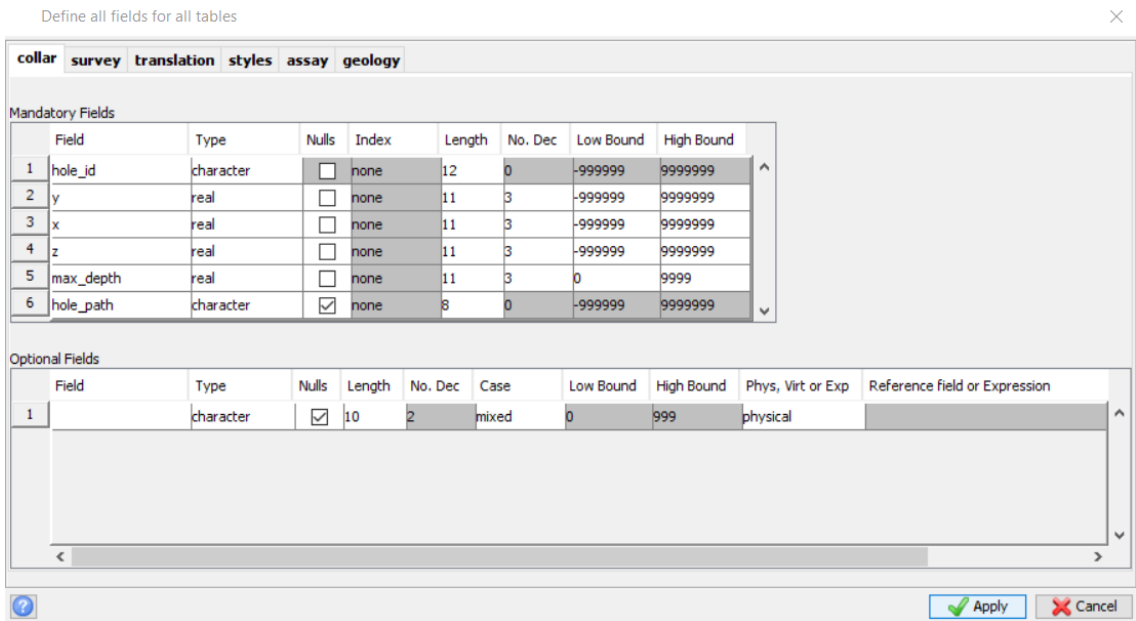
Surpac madencilik yazılımının bilgisayara kurulumundan sonra ilk olarak veri tabanının programa yükleme işlemi yapılmaktadır. Burada veri tabanı oluşturulurken 4 ana dosya hazırlanması gerekmektedir. Bunlar; assay (hole_id, depth_from, depth_to, samp_id, pb, zn, ag, density), collar (hole_id, y, x, z, hole_path, max_depth), geology (hole_id, depth_from, depth_to, lithology), survey (hole_id, depth, dip, azimuth). Excel’de hazırlanan bu dosyalar yazılıma aktarılması için Access ierisine aktarılır ve “acddb” uzantısı ile programa yüklenir (şekil 4.1 – şekil 4.4).



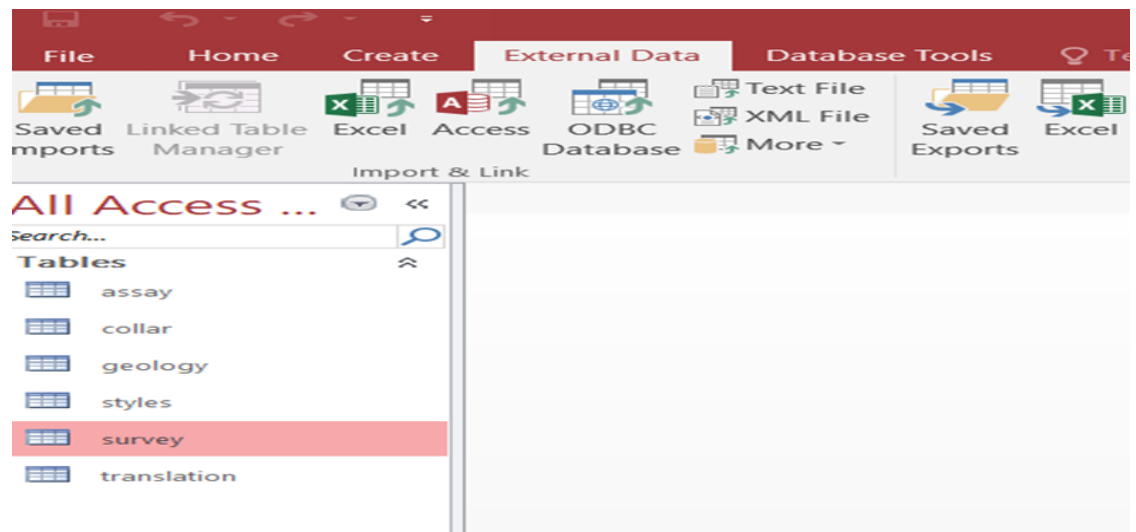
şekil 4.1. Veri tabanı oluşturma



Şekil 4.2. Veri tabanı adlandırma



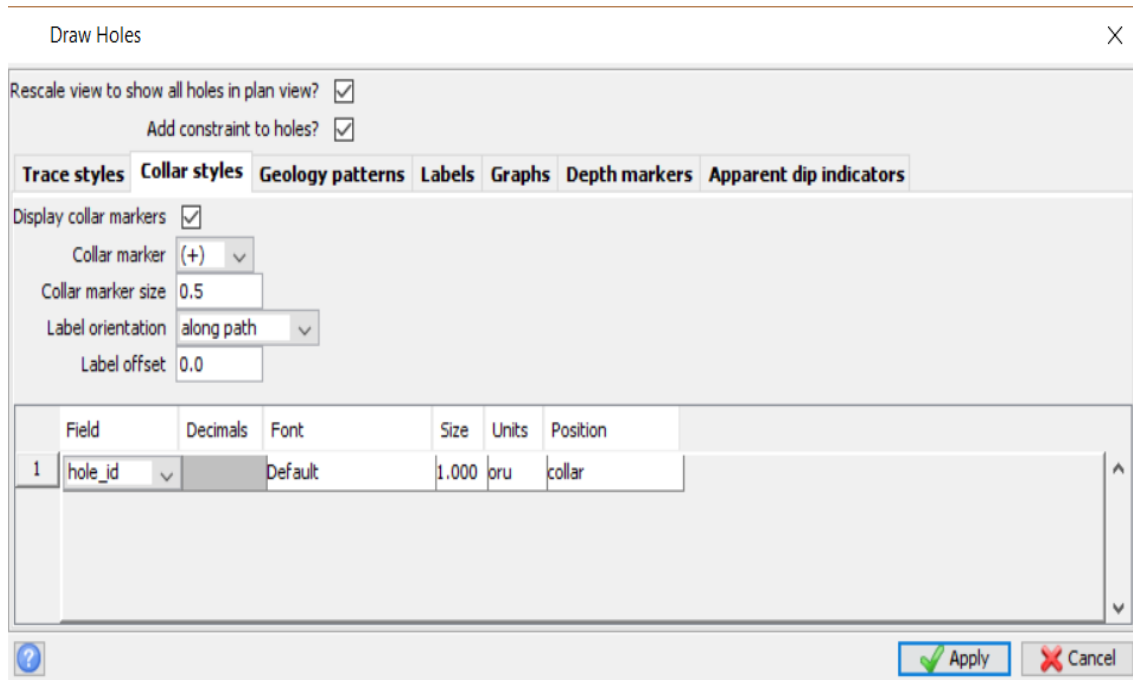
Şekil 4.3. Assay, Collar, Geology, Survey dosyalarının yüklenmesi



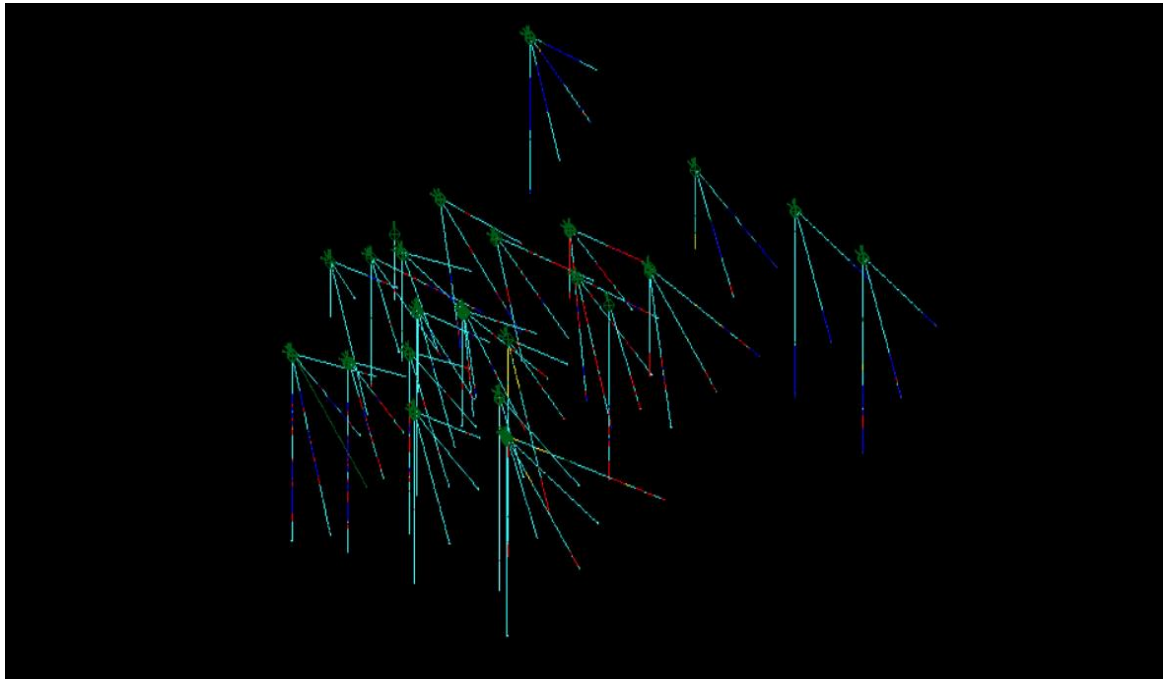
Şekil 4.4. Acces görünümü

4.2. Sondajların Görüntülenmesi ve Renklendirilmesi

Sondajları programda açabilmek için oluşturulan veri tabanını açılır. Açılan pencereden litoloji bilgileri, görülmek istenen değerler seçilir. Bu işlemler yapıldıktan sonra renklendirme istenilen aralıklara göre ayarlanır ve sondaj kuyuları görüntülenir (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6).



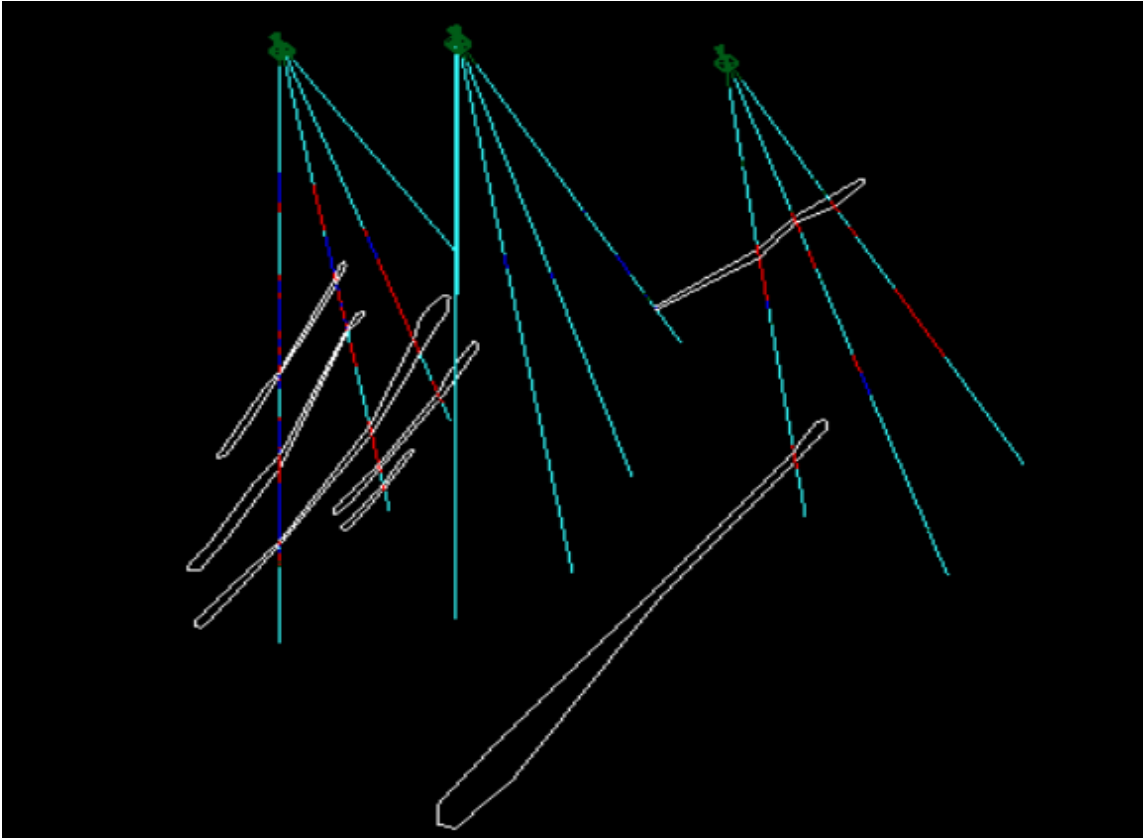
Şekil 4.5. Sondaj kuyularının tanımlanması



Şekil 4.6. Sondajların jeolojik birimlerine göre renklendirilmesi

4.3. Lokasyonlardan Kesit Alma

Sondağlar ArGe birimi tarafından belirli bir plan dâhilinde planlanan kesitler üzerinde yapılmıştır. Bu kesitler jeolojik formasyonlar ve tenör olan bölgelere göre yorumlanmış, cevheri temsil edecek şekilde string'leri (cevheri temsil eden çizgiler) çizilmiştir. Bütün string'ler çizildikten sonra kompozitleme, katı model ve blok model aşamalarına geçilmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Sondajların kesit görünümü

4.4. Sondajların Kompozit Edilmesi

Sondağ çalışmaları boyunca ulaşılan veriler düzenli olarak eşit mesafelere (kompozit aralığı) ayrılıp her bir bölüm için kalınlığa göre yaklaşık değer tayin etme işlemine kompozit alma (bileşik değer atama) denir. Kompozit değer almada kullanılan formül eşitlik 4.1'de verilmiştir. Surpac yazılımından sondajların kompozit edilmiş ekran görüntüsü Şekil 4.8'de gösterilmiştir.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n A_i L_i}{\sum_{i=1}^n L_i}$$

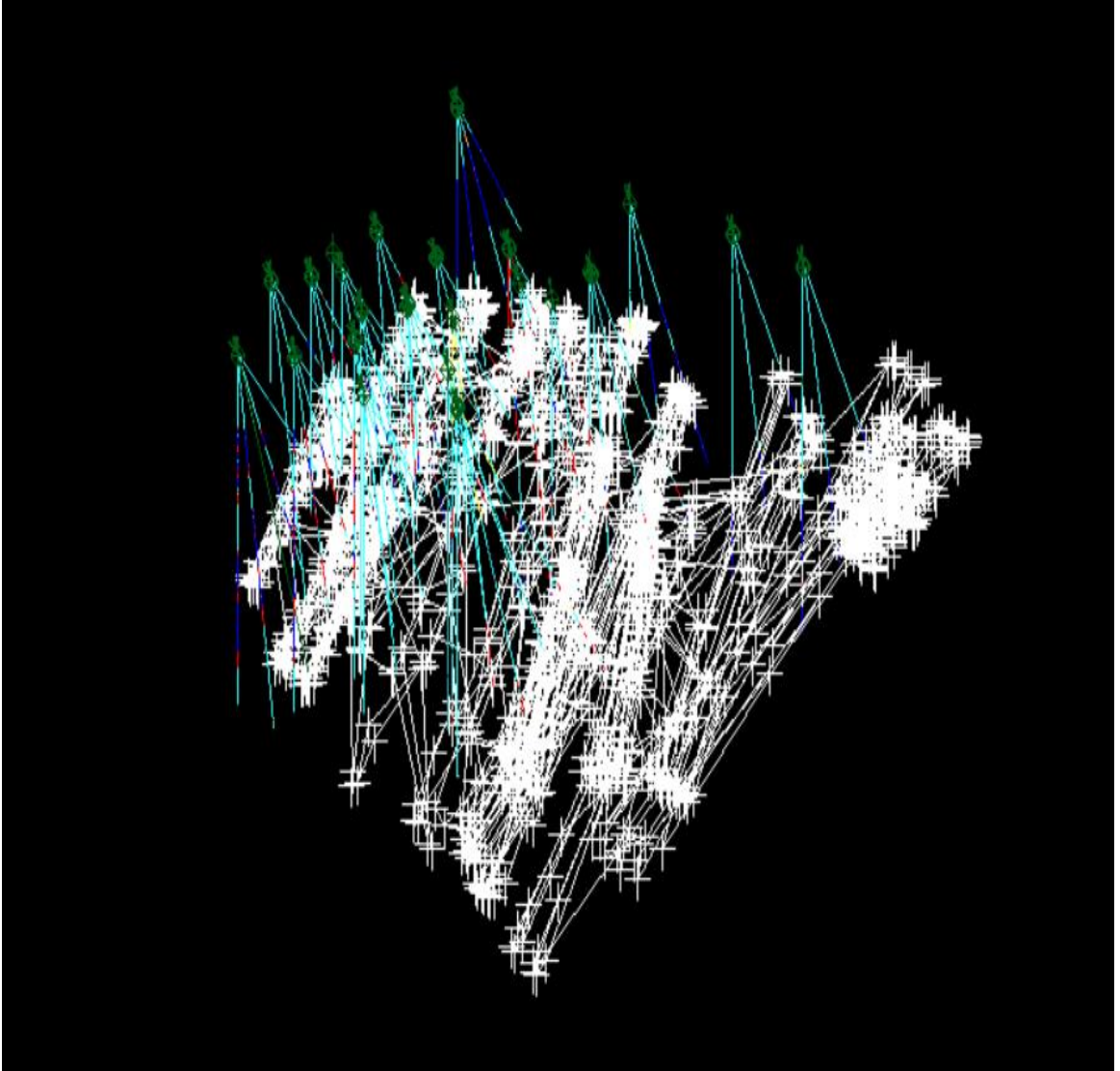
(4.1)

Burada;

C : Bulunan kompozit değeri

A_i :i numaralı analiz bloğunun değeri

L_i :i numaralı analiz bloğunun kalınlığı



Şekil 4.8. Sondajların kompozit edildikten sonraki görünümü

4.5. Tanımlayıcı İstatiksel Analiz

Cevher yatağının modellenmesine başlarken ilk işlemlerden biri de sondaj çalışmalarındaki kuyu loglamalarının kompozitlere çevrilmesidir.

Kompozit, sondaj kuyularında farklı kalınlıklardaki jeolojik formasyonların ve cevheri yansıtan aynı kalınlıklarda veya mesafelerle ayrılmış loglardır. Kuyu loglamaları 5 metre mesafe veya kalınlıklara ayrılarak kompozit veriye ulaşılmıştır. Ulaşılan kompozit verilerin özet istatistik bilgileri Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Kompozit verilerin özet istatistik bilgileri ile orijinal verilerin özet istatistik bilgileri mukayese edildiğinde ortalamaların birbirine benzeyen, kompozit verilerdeki standart sapma ve varyansın orijinal verilerin standart sapma ve varyansından daha az olacağı beklenir. Bu kriter, orijinal veriler ile kompozit verilerin özet istatistik bilgileri mukayese edildiğinde, beklentilerin karşılandığı görülmektedir. Bir hayli kompozit mesafesi denenmiş, 5 metrelik kompozitler istatistiki değişkenler açısından ve sondaj loglamalarındaki örneklerin karot boyları açısından müsait mesafe olarak görülmüştür.

Kompozit verilerin özet istatistik bilgileri incelendiğinde (Çizelge 4.1) medyan ve ortalama sonuçlarının birbirine yakın değerler çıkmaması, çarpıklık ve sivrilik sonuçlarının yüksek çıkması verilerin normal dağılım yapmadıklarını göstermektedir. Yani veri seti çokça sağa çarpık (pozitif çarpık) bir dağılımda bulunmuştur.

Kompozit veriler sonucu ulaşılan cevherlerin histogram grafikleri Şekil 4.9-Şekil 4.11 ve Şekil 4.13’ de, olasılık grafikleri ise Şekil 4.15-4.17’de gösterilmiştir. Bu grafiklerde logaritmik ölçek X eksenini üzerinde gösterilirken, olasılık ölçeği ise Y ekseninde gösterilmiştir. Misal verilirse Kurşun (Pb) olasılık grafiğindeki örneklerin %1 tenör üstündeki yayılımı %21.5, Çinko (Zn) örneklerinin %1 üstündeki tenör yayılım değeri % 16.5’ tur. Gümüş (Ag) kompozit verilerinin olasılık grafiği ise ahenk göstermemiştir. Bunun sebebi ise popülasyonun %5’ lik az sonuçlardan ve %1’ lik fazla sonuçlardan kaynaklanmaktadır. Netice olarak Gümüş (Ag) verilerinin ekseriyeti lognormal yayılıma uymaktadır. Histogram ve olasılık grafiklerinden anlaşıldığı üzere bütün parametrelerde asimetric pozitif bir yayılım ve çok fazla sapma davranışı gösterdiği, bu nedenle parametrelerin kompozit verilerin normal dağılım için uygun olmadığı anlaşılmıştır. Lognormal dağılım içinse daha verimli olduğu gözlemlenmiştir. Fakat uygunluk araştırması uyumlu çıkmamıştır. Çalışmada ulaşılan istatiksel analizler, bütün grafikler veri setinin lognormal yayılım yaptığını işaret etmektedir.

Çizelge 4.1. Kompozit Verilerin Özet İstatistiği.

Değişken	Pb (%)	Zn (%)	Ag (gr/ton)
Veri Sayısı	1109	1109	1109
Minimum	0.0019	0.0019	0.0287
Maksimum	21.2668	16.6623	494.5909
Ortalama	0.36	0.44	7.39
Standart Sapma	1.21	1.48	23.85
Varyans	1.46	2.18	568.69
Değişim Katsayısı	3.34	3.36	3.22
Çarpıklık	8.21	6.57	10.58
Sivrilik	103.58	55.19	175.97
Medyan	0.021	0.025	1.000

Ayrıca ham veriler “outlier” yani verilerin uyumunu bozan veya analiz sonucu çok yüksek gelen verilerden bazıları çıkarılmıştır (top cut). Outlier çözümlemesi ihtimal grafikleri metodu ile yapılmıştır. Grafiklerde %99.99 düz (linear) doğrudan ayrılan nokta arasındaki doğrusal yapıyı dağıtan marjinal değerler veri setinden çıkarılmıştır. Kurşun ve Çinko için %8.5 tenörden fazla olan 5 adet veri çıkarılmıştır. Çıkarılan verilerin toplam veri içerisindeki oranı %0.45’dir. Yani Kurşun ve Çinko ihtimal grafiklerindeki %99.55 üstündeki yüksek değerli veriler çıkarılmıştır. Aynı şekilde Gümüş için 175 ppm üzerindeki 3 adet veri çıkartılmış, çıkartılan verilerin toplam veri içerisindeki oranı ise %0.27’dir. Yani Gümüş için ihtimal grafiğindeki %99.73 üstündeki yüksek veriler çıkartılmıştır. Bu verilere ait histogram grafikleri Şekil 4.10, 4.12 ve 4.14’de gösterilmiştir. Outlier çözümlemesi yapılmış olan verilerin özetini gösteren istatistik bilgileri Çizelge 4.2’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Outlier Analizi Yapılmış Orijinal Verilerin Özet İstatistiği.

Değişken	Pb (%)	Zn (%)	Ag (gr/ton)
Veri Sayısı	99	105	156
Minimum	1.039	1.001	10.000
Maksimum	8.5	8.5	175
Ortalama	2.85	3.23	38.29
Standart Sapma	2.07	2.33	36.96
Varyans	4.28	5.45	1366.01
Değişim Katsayısı	0.7270	0.7235	0.9650
Çarpıklık	1.51	1.19	2.09
Sivrilik	4.41	3.15	7.26
Medyan	2.22	2.48	24.56

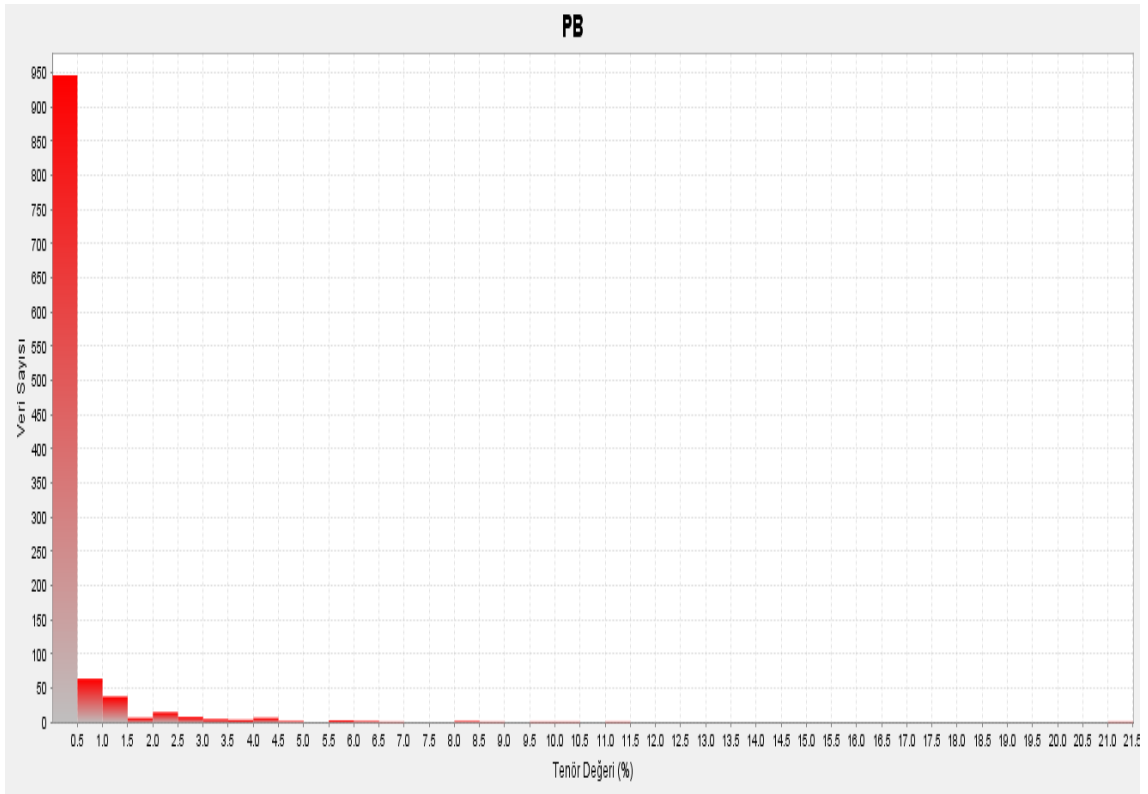
Bu yüzden verilere “ln” esas alınarak doğal logaritma transformasyon uygulanmış ve parametrelerin hepsi genellikle lognormal dağılım yahut lognormal dağılıma benzer dağılımda bulunmuşlardır. Parametrelerin lognormal dağılım özet istatistik bilgileri Çizelge 4.3’de gösterilmiştir. Parametrelerin lognormal ve histogram grafikleri açıklayıcı özet istatistikleri sonucunda lognormal dağılım olduğu görülmüştür. Değerli metaller ve tenör oranı az olan temel metallerin verileri çoğunlukla pozitif (sağa çarpık) bir dağılımda bulunmuşlardır. Yani verilerin çoğunluğunun histogram grafiklerinde sol tarafta yığılı olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.3. Lognormal Verilerin Özet İstatistiği.

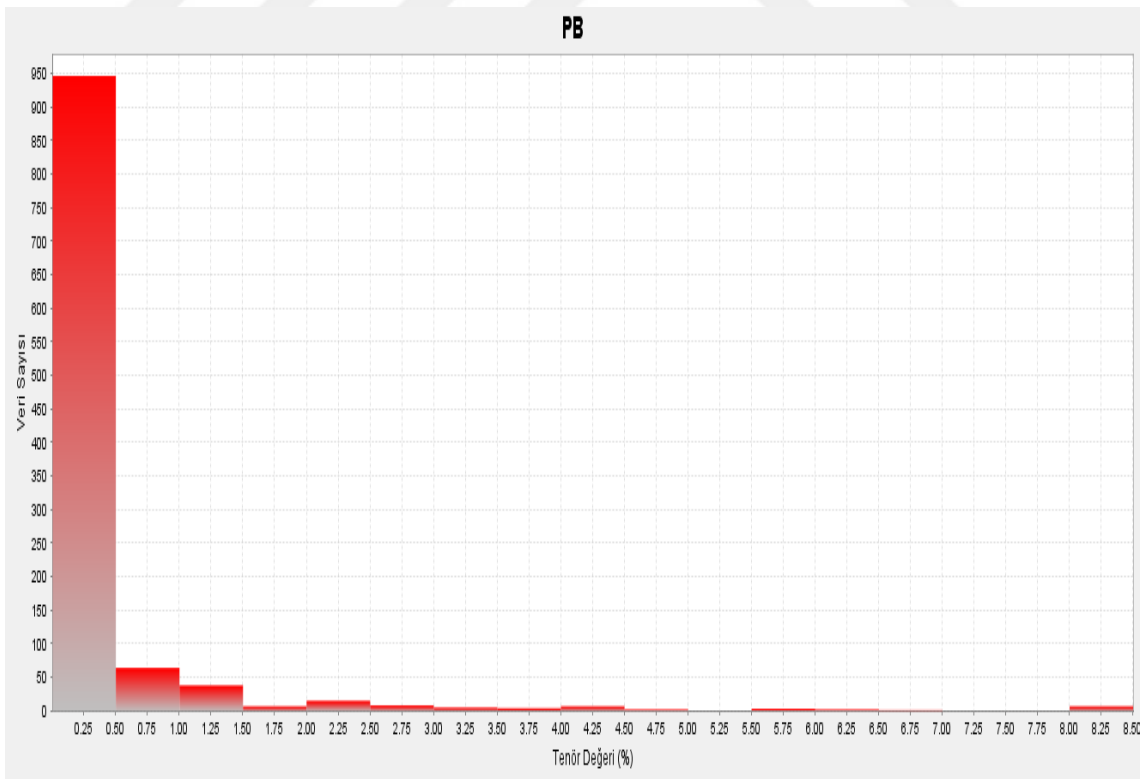
Değişken	Pb (%)	Zn (%)	Ag (gr/ton)
Veri Sayısı	99	105	156
Minimum	1.039	1.001	10.000
Maksimum	8.5	8.5	175
Ortalama	2.85	3.23	38.29
Standart Sapma	2.07	2.33	36.96
Varyans	4.28	5.45	1366.01
Değişim Katsayısı	0.7270	0.7235	0.9650
Çarpıklık	1.51	1.19	2.09
Sivrilik	4.41	3.15	7.26
Medyan	2.22	2.48	24.56

Ayrıca cevher tenör oranlarına göre birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma grafiklerinde ve çalışma sahasında fiili olarak üretim esnasında Kurşun ve Gümüş cevherlerinin birbirleri ile ilişkili oldukları görülmüştür. Kurşun tenörü arttıkça Gümüş tenöründe aynı orantı ile artmaktadır. Yalnız bu Çinko cevherine geldiğinde ise aynı şekilde olmadığı görülmüştür. Karşılaştırma grafikleri Şekil 4.18-4.20’de sunulmuştur.

Şekil 4.9’da kurşun cevheri kompozit verilerinin histogram grafiği verilmiştir. Bu grafikte kayacın içerisindeki yüzde kurşun değeri miktarlarının görülme sıklığını ifade etmektedir. Veri aralıkları yüzdeler olarak 0.5’lik aralıklara bölünmüştür. Toplam kurşun tenör değer aralıkları incelendiğinde en yüksek aralık miktarı $0 < Pb \leq 0.5$ arasında 946 adet veri sayısı bulunmaktadır. Ayrıca en düşük aralık dağılımı ise $8.5 < Pb \leq 21.5$ arasında 5 adet veri sayısı mevcuttur. Düşük aralık dağılımı olan bu 5 adet veri, grafiklerde doğrusal yapıyı bozduğundan dolayı veri setinden çıkarılmış ve çıkarılan verilerden sonra ortaya çıkan histogram grafiği ise Şekil 4.10’da gösterilmiştir.

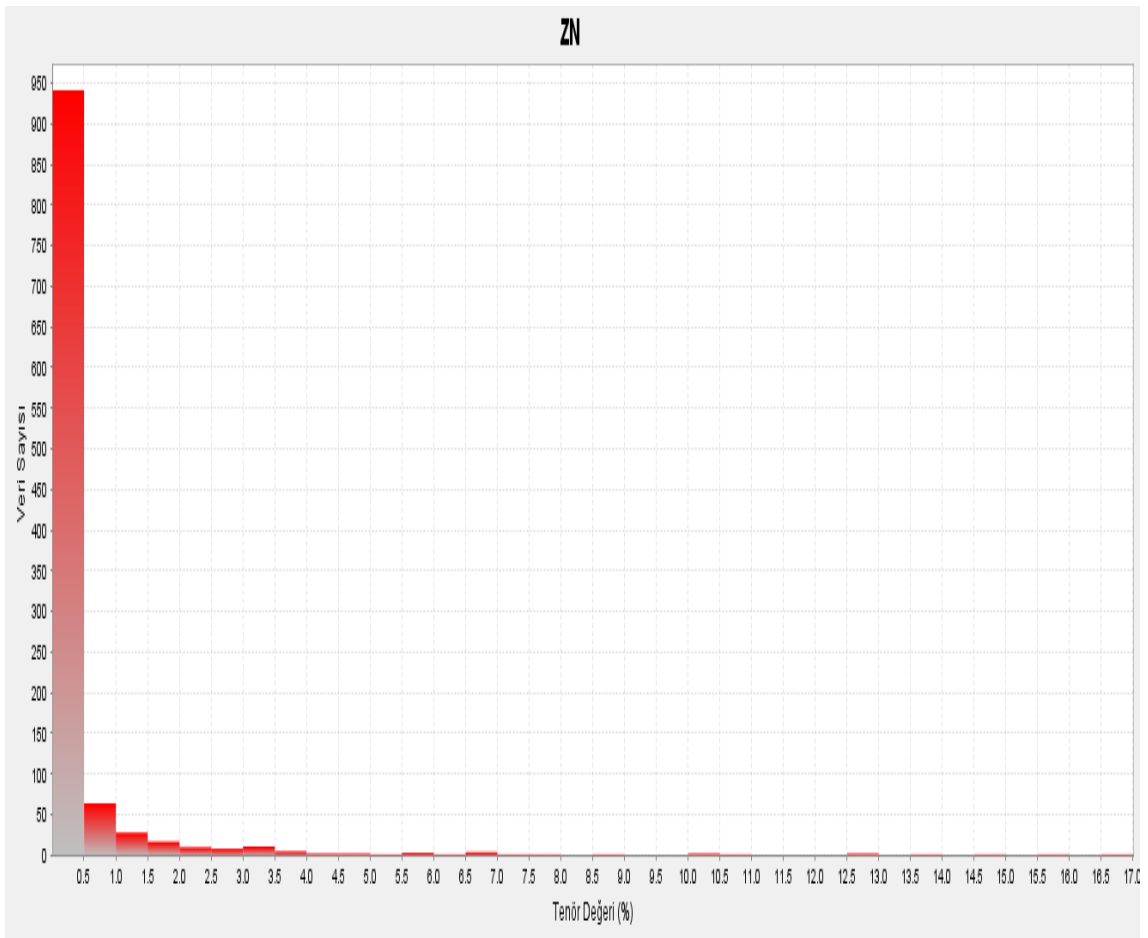


Şekil 4.9. Kurşun kompozit verilerinin histogramı

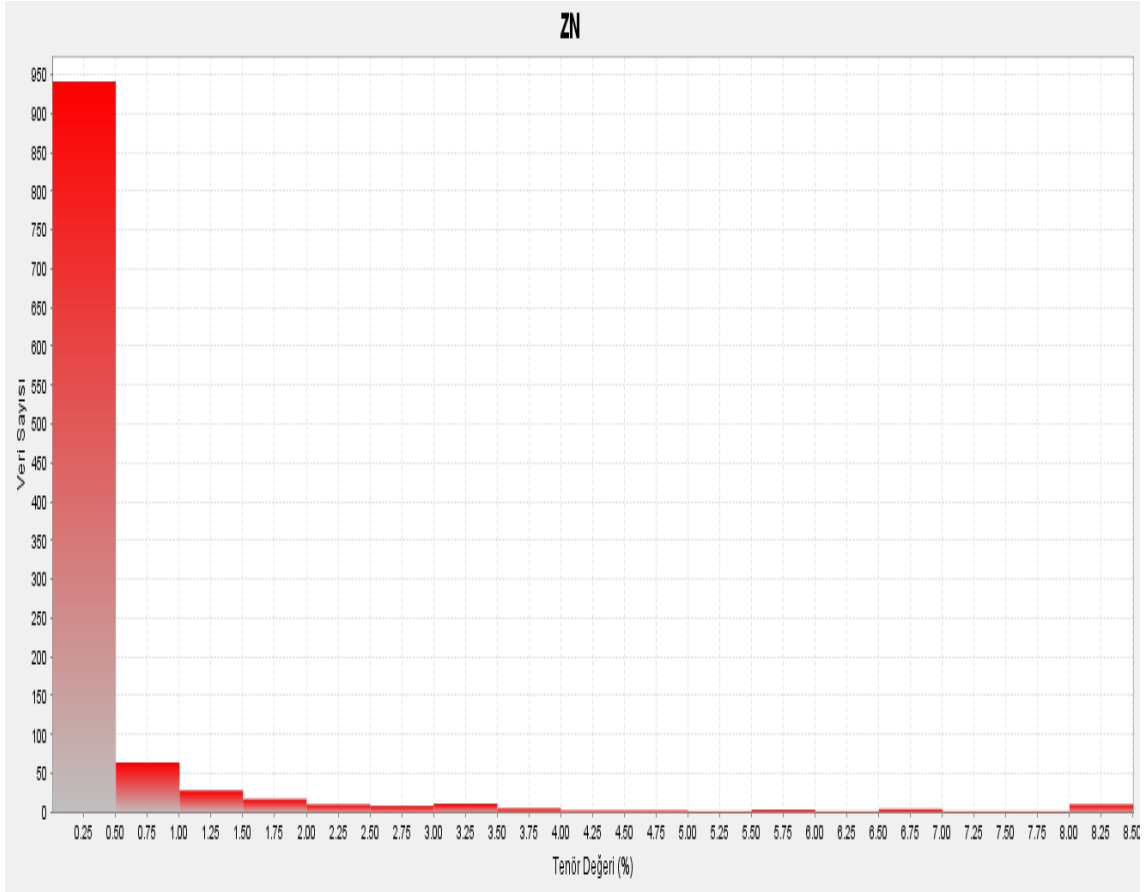


Şekil 4.10. Top Cut yapılmış kurşun cevherinin histogramı

Şekil 4.11’de çinko cevheri kompozit verilerinin histogram grafiği verilmiştir. Veri aralıkları yüzdeler olarak 0.5’lik aralıklara bölünmüştür. Toplam çinko tenör değeri aralıkları incelendiğinde en yüksek aralık miktarı $0 < Zn \leq 0.5$ arasında 941 adet veri sayısı bulunmaktadır. Ayrıca en düşük aralık dağılımı ise $8.5 < Zn \leq 16.5$ arasında 5 adet veri sayısı mevcuttur. Bir önceki grafikte olduğu gibi burada da düşük olan bu 5 adet veri grafiklerde doğrusal yapıyı bozduğundan dolayı veri setinden çıkarılmış ve çıkarılan verilerden sonra ortaya çıkan histogram grafiği ise Şekil 4.12’de gösterilmiştir.

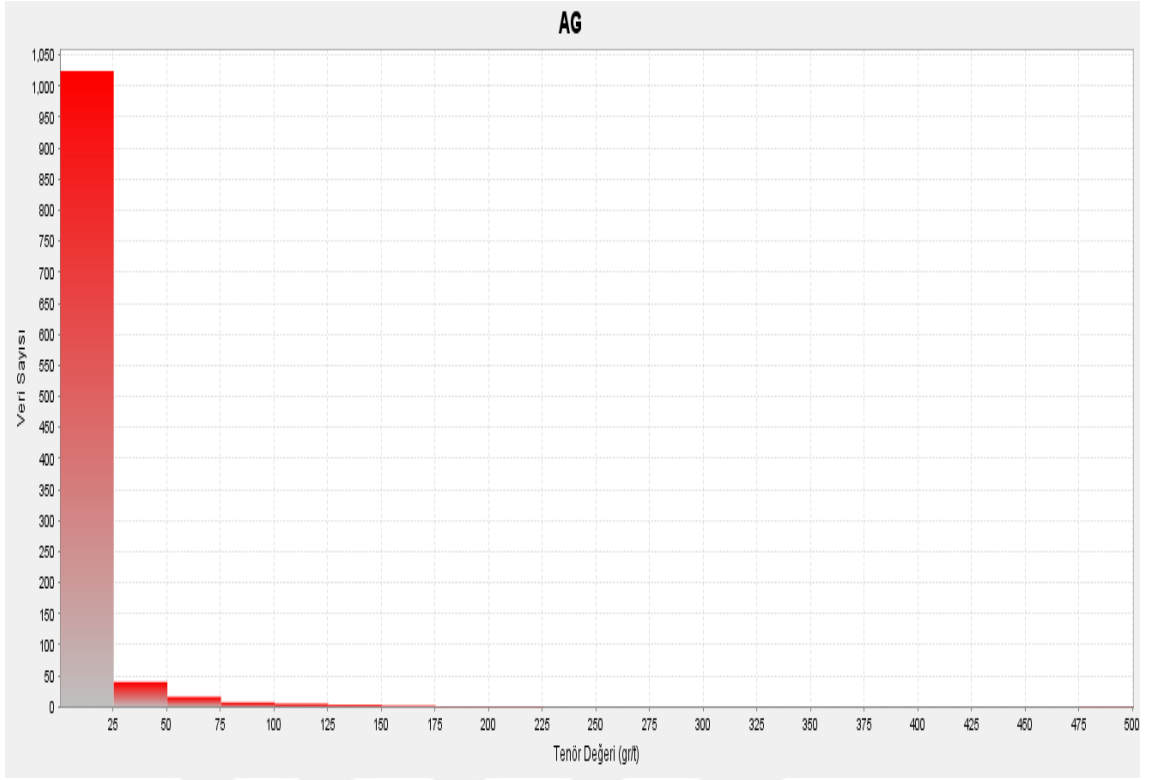


Şekil 4.11. Çinko kompozit verilerinin histogramı

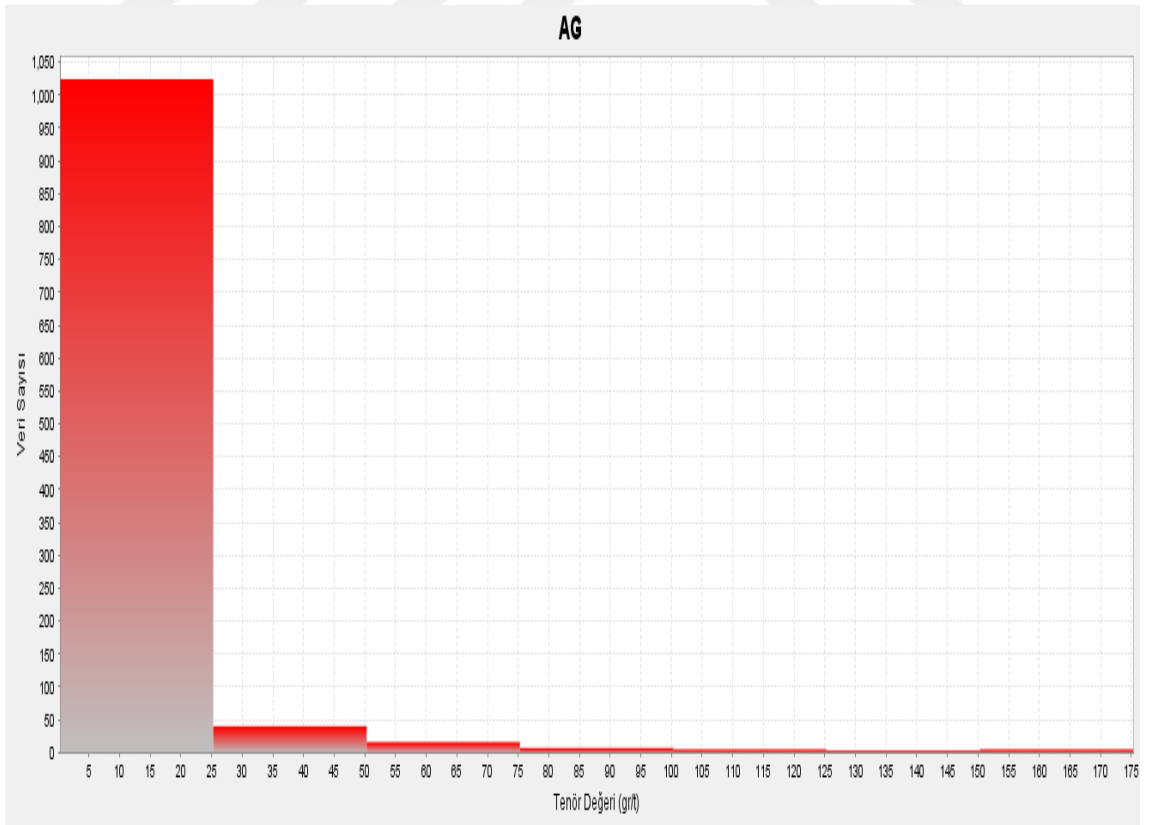


Şekil 4.12. Top Cut yapılmış çinko cevherinin histogramı

Şekil 4.13’de gümüş cevheri kompozit verilerinin histogram grafiği verilmiştir. Gümüş cevherinde tenörler ppm olarak ifade edildiğinden dolayı veri aralıkları yüzdelik olarak 0.5’lik aralıklar, histogram grafiğinde veri sonuçlarını gösteren dağılış çubuklarının boyutları çok küçük olarak çıktığından tenör aralıkları 25’lik olarak bölünmüştür. Toplam gümüş tenör değer aralıkları incelendiğinde en yüksek aralık miktarı $0 < Ag \leq 25$ arasında 1024 adet veri sayısı bulunmaktadır. En düşük aralık dağılımı $175 < Ag \leq 500$ arasında 3 adet veri sayısı mevcuttur. Kurşun ve Çinko grafiklerinde olduğu gibi burada da düşük olan bu 3 adet veri grafiklerde doğrusal yapıyı bozduğundan dolayı veri setiden çıkarılmış ve çıkarılan verilerden sonra ortaya çıkan histogram grafiği ise Şekil 4.14’de gösterilmiştir.



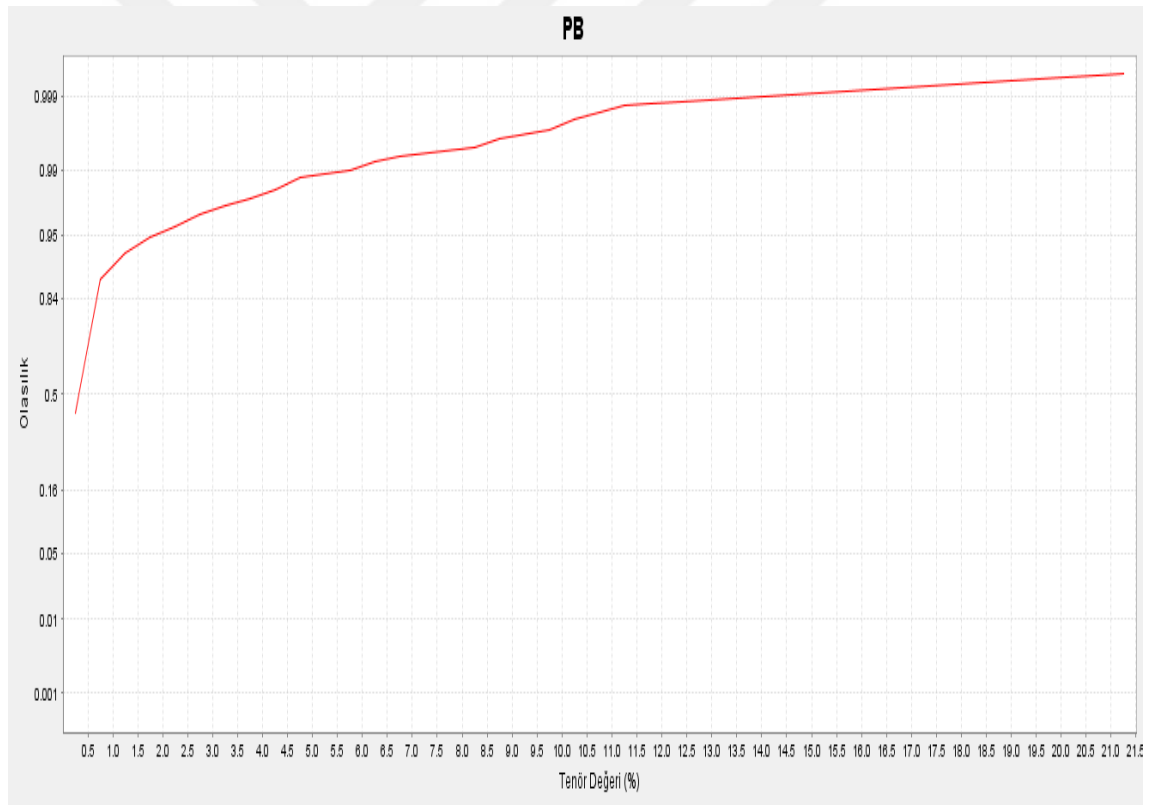
Şekil 4.13. Gümüş kompozit verilerinin histogramı



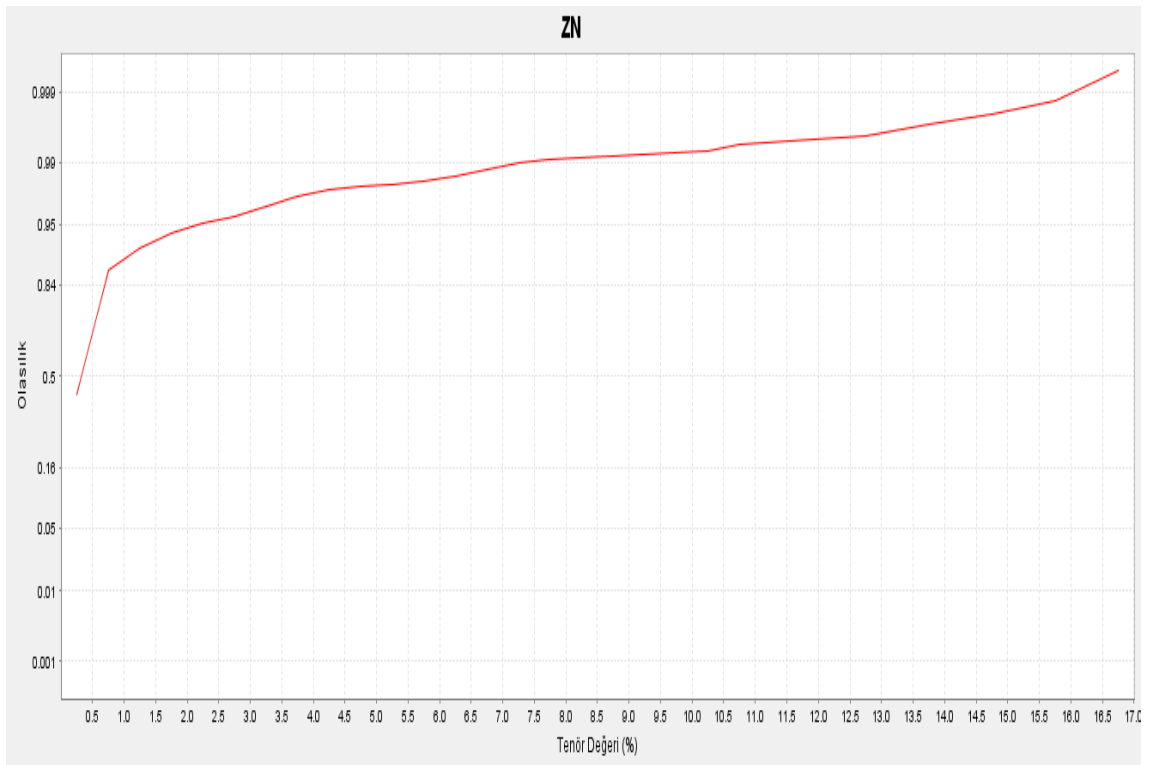
Şekil 4.14. Top Cut yapılmış gümüş cevherinin histogramı

Bir olayın gerçekleşebilecek sonuçlarının oluşma ihtimaline olasılık denir. Olasılık, ilgilenilen bir hareket veya oluşumu ifade etmektedir. Olasılık verilerinin sonuçları 0 ile 1 arasındadır. Her üç cevher için yapılan olasılık grafiklerinde de görüldüğü üzere kurşun, çinko ve gümüş için olasılık değerleri olması gereken aralıkta çıkmıştır (Şekil 4.15-Şekil 4.17).

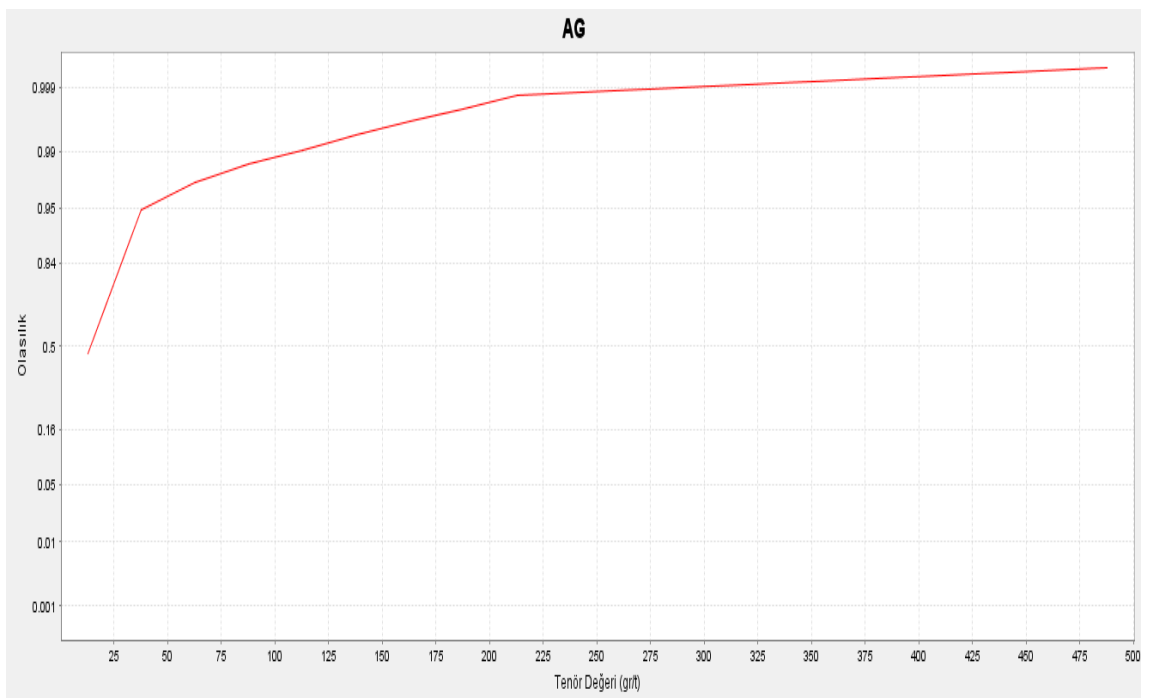
Pb, Zn ve Ag'nin olasılık grafikleri incelendiğinde bütün parametrelerde asimetrik pozitif bir dağılım olduğu ve fazla bir sapma davranışında buldukları, bu sebepten dolayı parametrelerin kompozit verilerinin normal dağılımda bulunmadıkları görülmektedir. Ancak lognormal dağılım içinse daha elverişli olduğu tespit edilmiştir. Kullanılan veriler sonucunda ortaya çıkan istatistiksel analizler ve bütün grafiklerde görüldüğü üzere veri setinin lognormal dağılımda bulunduğu göstermektedir.



Şekil 4.15. Kurşun kompozit verilerinin olasılık dağılımı



Şekil 4.16. Çinko kompozit verilerinin olasılık dağılımı



Şekil 4.17. Gümüş kompozit verilerinin olasılık dağılımı

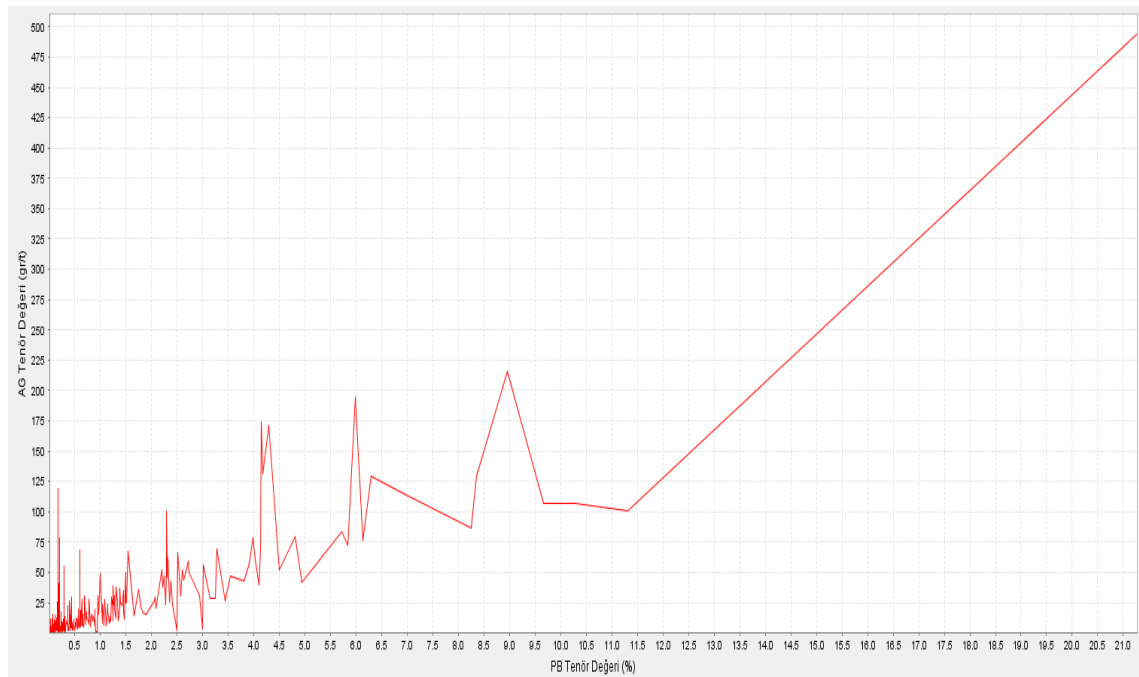
Cevherlerin birbirleriyle ilişkilerini incelemek için korelasyon katsayıları dikkate alınmaktadır. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarında ortaya çıkan korelasyon katsayısının sonucu -1 ile +1 değerleri aralığında bir değer olacaktır.

Korelasyon katsayısı “r” ile gösterilmektedir. Eğer $r = 0$ olursa, veriler arasında doğrusal bağlantıya rastlanmadığı ifade edilir. $r = +1$ olursa, pozitif tam doğrusal bağlantı ve $r = -1$ ise negatif tam doğrusal bağlantı olduğu ifade edilir.

Korelasyon katsayısının değer aralıkları aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır;

- » 0.00 - 0.25 Çok zayıf düzeyde ilişki
- » 0.26 - 0.49 Zayıf düzeyde ilişki
- » 0.50 - 0.69 Orta düzeyde ilişki
- » 0.70 - 0.89 Yüksek düzeyde ilişki
- » 0.90 - 1.00 Çok yüksek düzeyde ilişki (URL-2)

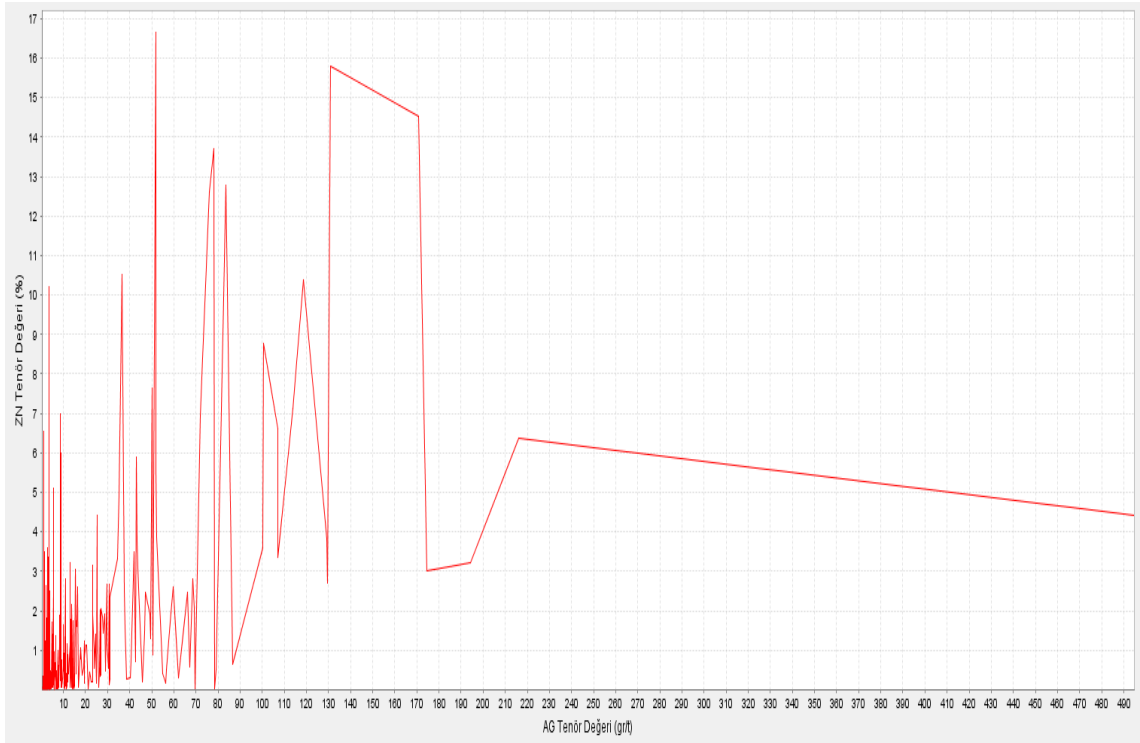
Cevherlerin birbirleri ile karşılaştırma grafikleri sonucunda ortaya çıkan korelasyon katsayıları incelendiğinde en yüksek ilişki Pb ve Ag arasında olduğu görülmüştür. Bu iki cevherin korelasyon katsayısı 0.88 çıkmıştır ve aralarında yüksek düzeyde bir ilişki olduğunu göstermektedir. Pb-Zn için korelasyon katsayısı 0.49 çıkmıştır ve aralarında zayıf düzeyde bir ilişki olduğu görülmüştür. Son olarak Zn-Ag arasındaki korelasyon katsayısı 0.56 çıkmıştır ve aralarında orta düzeyde bir ilişki olduğu görülmüştür.



Şekil 4.18. Kurşun ve Gümüş cevherlerinin tenör oranlarına göre karşılaştırılması



Şekil 4.19. Kurşun ve Çinko cevherlerinin tenör oranlarına göre karşılaştırılması

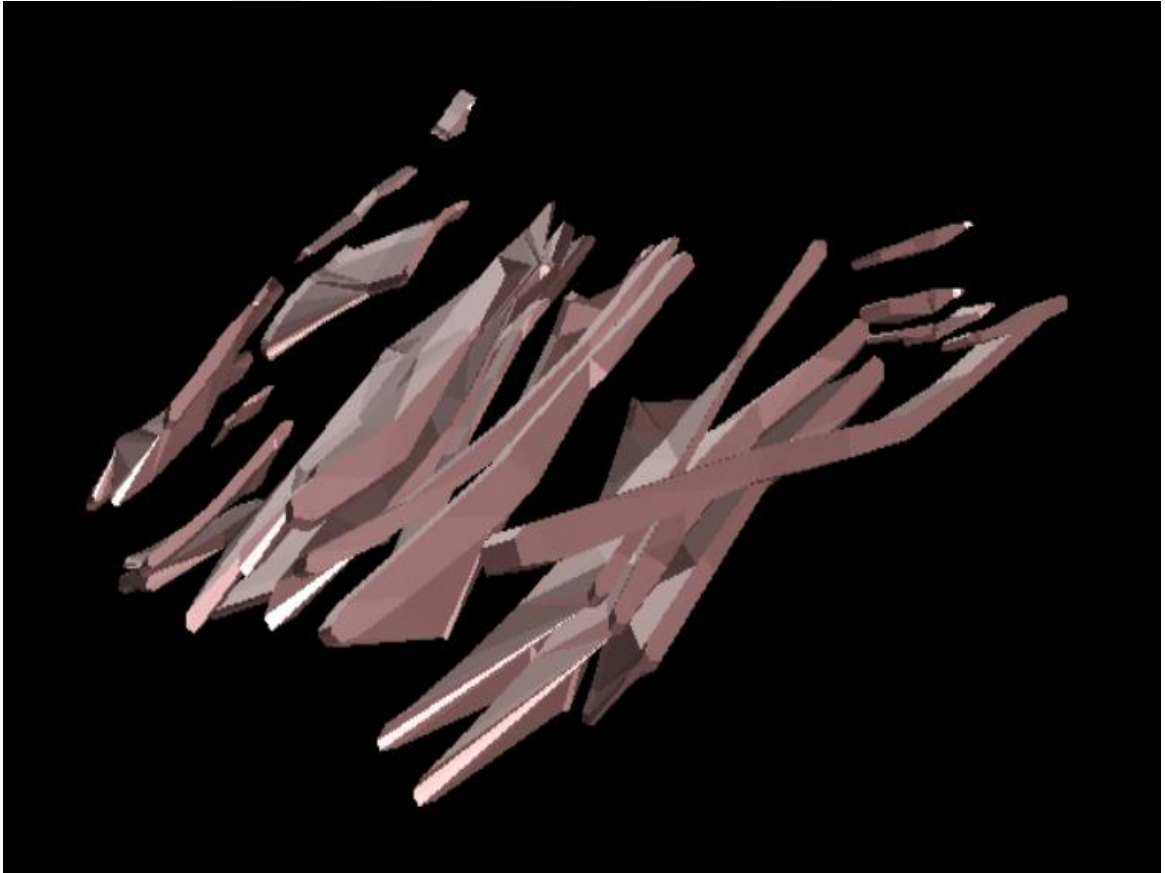


Şekil 4.20. Çinko ve Gümüş cevherlerinin tenör oranlarına göre karşılaştırılması

4.6. Cevherin Katı Modelinin Oluşumu

Katı model, rezerv hesabındaki en önemli parametrelerden bir tanesidir. Eğer cevherli bölgeleri temsil edilen alanlar yanlış yorumlanırsa, oluşturulacak olan katı model ve sonrasında gelen blok model de yanlış olacaktır. Bu da üretim planlanmasından fiili üretime kadar her yerde maddi olarak büyük zararlara sebebiyet verecektir. Bu yüzden modeli yapacak olan teknik personelin madenin yataklanmasını bilmesi ve buna göre verileri değerlendirmesi gerekmektedir.

Kesit alınarak hazırlanan cevher string'leri araları yazılımdaki komutlar ile doldurulur ve sonrasında aralarda boşluk olup olmadığı kontrol edilir. Gelen rapor dosyasında hata çıkmazsa katı model doğru bir şekilde tamamlanmış olur. Şekil 4.21' de cevherlerin katı model görünümü verilmiştir.



Şekil 4.21. Cevherin 3 boyutlu katı modeli

4.7. Cevherin Blok Modelinin Hazırlanması

Maden yatağını dijital ortamda değerlendirebilmek için yatağı numerik olarak anlatmak gerekmektedir. Cevher kitlesini numerik olarak anlatabilmek için saha, veri sıklığına ve sahanın durumuna göre tayin edilen hudutlar içerisinde bloklara ayrılırlar. Bu bloklar Surpac madencilik yazılımında yapılmıştır. Yapılan blok genişlikleri 5 x 3 x 5 m olarak belirlenmiştir. Bu boyutların kullanılmasının sebebi ise yapılacak olan galeri planlamasından kaynaklanmaktadır. Burada 5 m yükseklik, 5 m genişlik ve 3 m ilerleme göz önüne alınmıştır. Sahada yapılan sondajlarda iki sondaj arasındaki uzaklık ekseriyetle 15-20 metre olduğu için, 20 metre X ve Y yönlerinde etki mesafesi olarak eklenmiştir. Z (Bulunduğu kot) ise hazırlanan kompozit uzunlukları 5 metre olarak hesaplandığı için, Z yönüne 5 metrenin en müsait grid olduğu tespit edilmiştir.

Blokların oluşturulması için katı hacmin (solid) maksimum ve minimum sınırları belirlenir. Minimum koordinatları tanımlanır. Oluşturulacak küçük blokların blok boyutları programa tanımlanır. Tanımlama ekranı Şekil 4.22’de gösterilmiştir.

Creating new block model definition

Model name balya.mdl

Description

Define model using Min/Max coords
 Origin coords/ extents

Extents **Rotation**

Get extents from string file ?

Coordinate extents		User block size	
	Minimum coordinates	Maximum coordinates	
Y	4400588.477	4401219.625	Y 3
X	550332.249	550929.485	X 5
Z	-149.258	176.227	Z 5

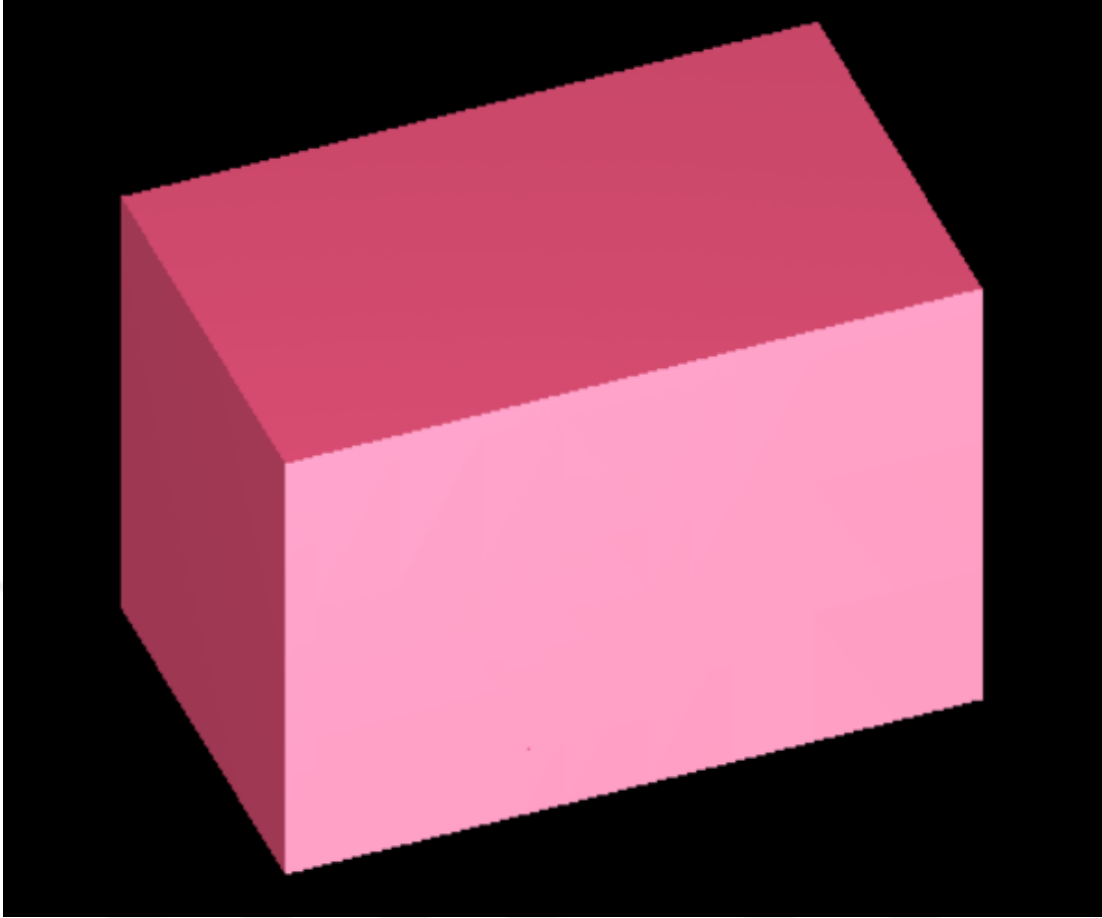
Sub blocking Standard

Minimum block size 3,5,5

Maintain audit trail

Apply Cancel

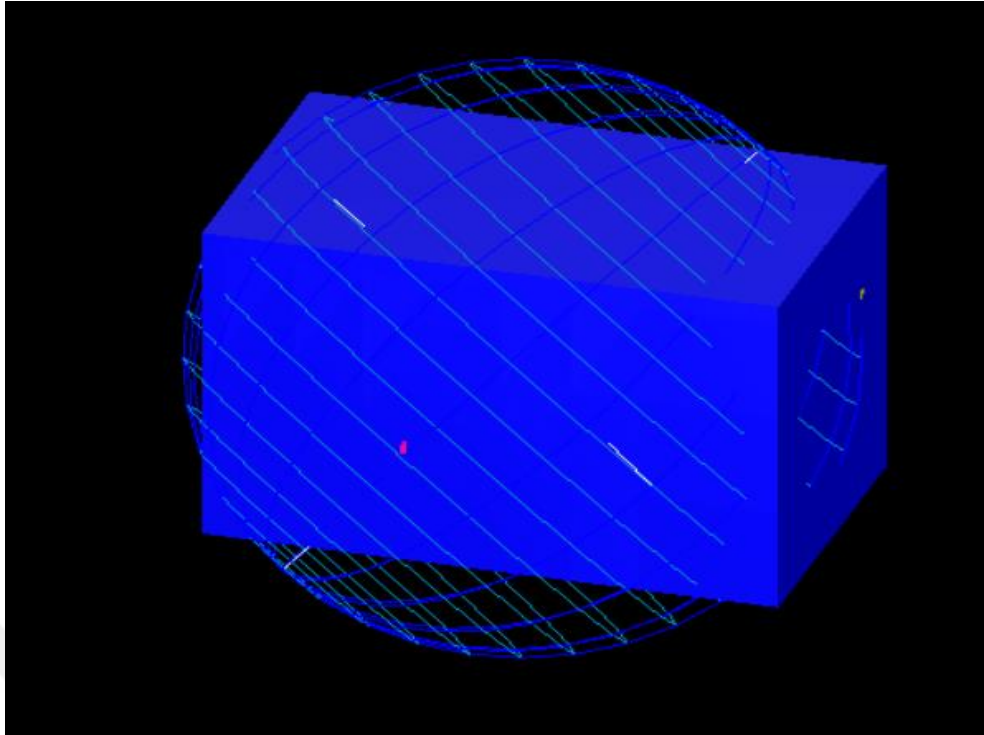
Şekil 4.22. Blok model uzay alanının oluşturulması



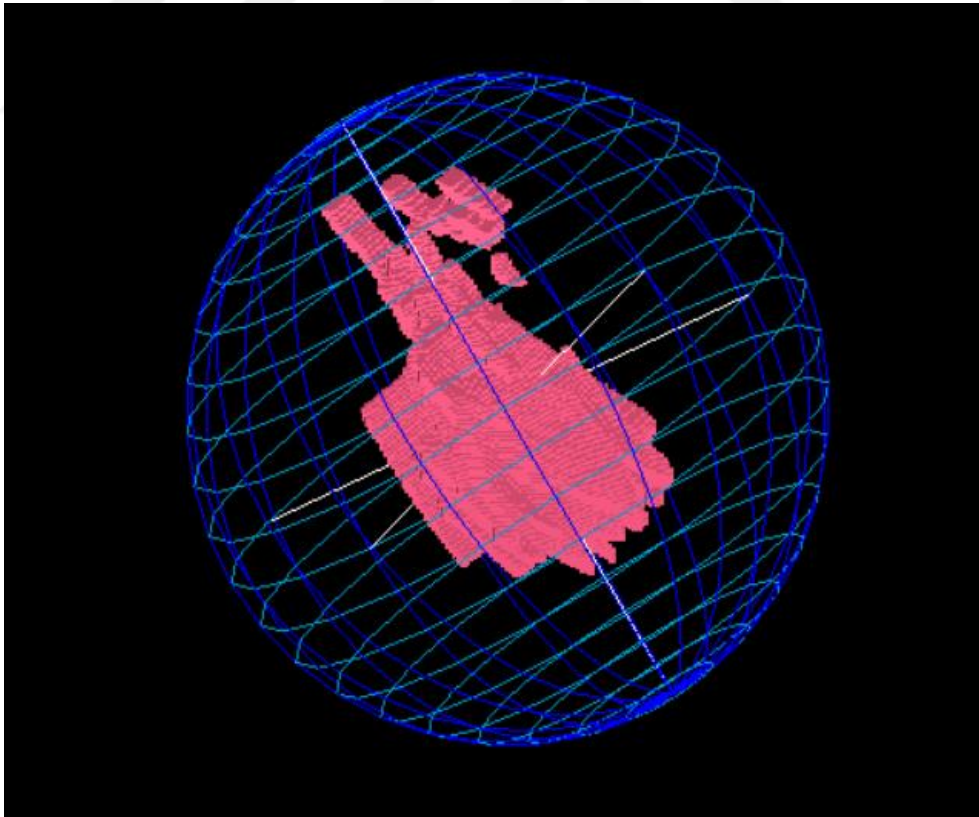
Şekil 4.23. Oluşturulan blok model uzayı

Oluşturulan blok uzayına (Şekil 4.23) tanımlanacak özniteliklerin tanımlanması yapılır. Tanımlama işleminden sonra kullanılacak olan tenör tahmin yöntemi seçilerek sıra ile istenilen veriler programa tanımlanır.

Tanımlama işleminden sonra arama Elipsoid ekranı açılır. Bu bölüm çalışmanın en önemli parametrelerden bir tanesidir. Elipsoid ekranına eğim, istikamet ve maksimum arama çapı girilir. Burada kurşun, çinko ve gümüş için 40° eğim, Kuzey 35° istikamet ve 900 metre arama çapı belirlenmiştir. Eğim sondaj loglamaları sonucunda cevherleri temsil eden alanlar belirlenirken hesap edilmiştir. İstikamet ise daha önceden sahada yapılan sondaj çalışmalarında belirlenmiş ve bu açı kullanılmıştır. Arama çapı ise oluşturulan katı modelin tamamını içine alacak şekilde hesaplanmıştır. Bu bilgiler tamamlandıktan sonra program blok modeldeki bloklara tenör atama işlemine başlar. Blok model ile arama elipsoidi arasındaki ilişki Şekil 4.24 ve Şekil 4.25’de gösterilmiştir.



Şekil 4.24. Blok model uzayı ile arama elipsoidi arasındaki ilişki



Şekil 4.25. Blok model uzayı içerisindeki katı hacme atanan tenörlü blokların görünümü

4.8. Tenör Tahmini

Cevherlerin analizleri yapılırken tenör değerlerine göre yoğunluk analizleri de yapılmış ve bu yoğunluk miktarlarına göre tenörler belli aralıklara ayrılarak hacim, tonaj ve ortalama tenör değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.4). Ayrıca bütün aralıklar ayrı ayrı olarak incelenmiş, işletme için ekonomik sınır tenör değeri (cut off) baz alınarak tenör ve rezerv miktarları sunulmuştur.

Rezerv hesaplaması yapılırken işletme için ekonomik sınır tenör değeri Pb ve Zn için %1 olarak belirlenirken, Ag için 10 gr/t olarak belirlenmiştir. Belirlenen değerlerin altındaki tenörler hesaplama işleminde dikkate alınmamıştır. Bu değerler fiili üretim ve maliyet hesapları ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Kurşun, Çinko ve Gümüş'ün Toplam Rezerv Tablosu

Tenör Aralıkları (%)		Hacim (m ³)	Rezerv (Ton)	Pb (%)	Zn (%)	Ag (gr/t)
1.00	2.00	1,258,575.00	3,524,010.00	1.40	1.47	2.00
2.00	4.00	2,159,700.00	6,047,160.00	2.51	2.69	4.64
4.00	8.00	1,257,825.00	3,609,957.75	5.43	6.81	52.40
8.00	8 ve üzeri	37,800.00	117,936.00	11.17	12.84	108.88
Toplam Rezerv (Ton)			13,299,063.75			
Toplam Ortalama Tenör Değerleri				3.09	3.58	17.83

Kurşun cevherinde en yüksek rezerv miktarı, tenör aralığı % 2-3 arasında 4,782,731.25 ton ve ortalama tenörü % 2,30 iken en düşük rezerv miktarı, % 12 ve üzeri olarak alınan bölgede 3,000.00 ton ve ortalama % 12.34 tenör olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.5).

Çinko cevherinde en yüksek rezerv miktarı, tenör aralığı % 2-3 arasında 4,593,393.75 ton ve ortalama tenörü % 2.56 iken en düşük rezerv miktarı, %17 ve üzeri olarak alınan bölgede 3,744.00 ton ve ortalama % 19.11 tenör olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.6).

Gümüş cevherinde en yüksek rezerv miktarı, tenör aralığı 10-20 gr/t arasında 1,238,341.50 ton ve ortalama tenörü 14.22 gr/t iken en düşük rezerv miktarı, 190 gr/t ve üzeri olarak alınan bölgede 75.00 ton ve ortalama 192.29 gr/t tenör olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.7).

Her üç cevherde de tenör oranları arttıkça rezerv miktarları azalmaktadır. Bunun sebebi sahada çoğunlukla dissemine (saçınımlı) tip cevherlerin olmasından kaynaklanmaktadır. Yüksek tenörler damar tipinde görülmektedir. Yeraltında cevher üretimi esnasında cevher damarları tek bir bölgede olmadığından, faylar ile sürekli olarak sağ veya sola atıldığı için rezerv miktarları düşük tenörlere göre daha az olmaktadır.

Çizelge 4.5. Kurşun'un Tenör ve Rezerv Değerleri

Tenör Aralıkları (%)	Hacim (m ³)	Rezerv (Ton)	Sınır Tenör Üzerinde Kalan Rezervin Ortalama Tenörü (%)
1-2	1,524,375.00	4,100,568.75	1.43
2-3	1,739,175.00	4,782,731.25	2.30
3-4	761,250.00	2,131,500.00	3.41
4-5	483,600.00	1,354,080.00	4.46
5-6	465,825.00	1,308,968.25	5.49
6-7	221,100.00	623,502.00	6.41
7-8	238,875.00	680,793.75	7.63
8-9	114,150.00	326,469.00	8.31
9-10	39,750.00	114,082.50	9.37
10-11	11,625.00	36,037.50	10.56
11-12	23,250.00	72,540.00	11.33
12 ve üzeri	3,000.00	9,360.00	12.34

Çizelge 4.6. Çinko'nun Tenör ve Rezerv Değerleri

Tenör Aralıkları (%)	Hacim (m ³)	Rezerv (Ton)	Sınır Tenör Üzerinde Kalan Rezervin Ortalama Tenörü (%)
1-2	1,491,150.00	4,011,193.50	1.46
2-3	1,670,325.00	4,593,393.75	2.56
3-4	861,150.00	2,411,220.00	3.50
4-5	412,500.00	1,159,125.00	4.48
5-6	327,825.00	927,744.75	5.48
6-7	355,200.00	1,008,768.00	6.54
7-8	296,400.00	847,704.00	7.46
8-9	154,275.00	442,769.25	8.43

Çizelge 4.6.'nın devamı

Tenör Aralıkları (%)	Hacim (m ³)	Rezerv (Ton)	Sınır Tenör Üzerinde Kalan Rezervin Ortalama Tenörü (%)
9-10	85,725.00	246,030.75	9.49
10-11	179,175.00	559,026.00	10.62
11-12	104,100.00	324,792.00	11.38
12-13	27,000.00	84,240.00	12.44
13-14	14,025.00	43,758.00	13.36
14-15	2,700.00	8,424.00	14.37
15-16	1,575.00	4,914.00	15.50
16-17	1,125.00	3,510.00	16.46
17 ve üzeri	1,200.00	3,744.00	19.11

Çizelge 4.7. Gümüş'ün Tenör ve Rezerv Değerleri

Tenör Aralıkları (gr/t)	Hacim (m ³)	Rezerv (Ton)	Sınır Tenör Üzerinde Kalan Rezervin Ortalama Tenörü (gr/t)
10-20	460,350.00	1,238,341.50	14.22
20-30	161,925.00	435,578.25	25.47
30-40	82,500.00	221,925.00	33.83
40-50	269,775.00	755,370.00	45.64
50-60	330,450.00	925,260.00	55.03
60-70	240,375.00	677,857.50	64.62
70-80	148,425.00	424,495.50	74.51
80-90	124,575.00	357,530.25	84.84
90-100	195,225.00	560,295.75	94.90
100-110	98,475.00	307,242.00	104.06
110-120	24,075.00	75,114.00	114.22
120-130	10,200.00	31,824.00	124.60
130-140	4,725.00	14,742.00	135.05
140-150	2,775.00	8,658.00	144.08
150-160	2,175.00	6,786.00	154.51
160-170	975.00	3,042.00	163.06
170-180	300.00	936.00	177.64
180-190	225.00	702.00	185.87
190 ve üzeri	75.00	234.00	192.29

4.9. Tenör Haritaları

Kullanılan yazılımda istenilen kotlardaki (Z) görünümleri ayarlayıp, o seviyedeki cevherlerin görünümü Şekil 4.27-4.29'da gösterilmiştir. Cevherler cut off (sınır tenör) değeri olan Pb ve Zn için % 1 ve Ag için 10 gr/t'un üzerine göre ayarlanmıştır. Cevherlerin tenörleri belirli aralıklara göre renklendirilmiştir. Cevherler her biri ayrı ayrı seçilerek -125 m kotunda kesilmiş, kesilen alanın belirli bir bölümü tipik birer örnek olarak harita üzerinde gösterilmiştir.

Tenör haritalarında kırmızı ile renklendirilen bölüm kurşun ve çinkoda % 8 ve üzeri, turkuaz ile renklendirilen bölüm % 4-8, mor ile renklendirilen bölüm % 2-4, sarı ile renklendirilen bölüm % 1-2 ve mavi ise % 1'in altındaki tenörleri göstermektedir. Gümüş cevherinde ise kırmızı ile renklendirilen bölüm 120 gr/t ve üzeri, turkuaz ile renklendirilen bölüm 60-120 gr/t, mor ile renklendirilen bölüm 30-60 gr/t, sarı ile renklendirilen bölüm 10-30 gr/t ve mavi ise 10 gr/t'un altındaki tenörleri göstermektedir.

Kurşun ve Çinko için -125 m kotunda alınan tenör haritası birbirleriyle benzerlik göstermektedirler. Ancak bu durum sahanın her yerinde aynı değildir. Üretim esnasından görülen fiili durum genellikle kurşun tenörünün yüksek olduğu yerlerde çinko kurşuna göre daha az tenörlü, çinkonun yüksek tenörlü olduğu yerlerde ise kurşun çinkoya göre daha az tenör geldiği görülmektedir. Bu iki cevherin tenör dağılım haritası yorumlanacak olursa şu şekilde özetlenebilir (Şekil 4.27 ve 4.28);

» Yüksek tenör içeren kurşun ve çinko cevherleri sahanın kuzeydoğu bölümünde yer almaktadır.

» Maden dağılımları incelendiğinde yoğunluğun çoğunlukla kuzeydoğu-güneybatı aralığında olduğu görülmüştür.

» Madenlerin dağılımları, sondaj kuyularının loglamaları ve jeoloji birbirleriyle uyumaktadır.

» Madenin belirli mesafelerdeki tenör dağılımları bulunduğu konumdaki faylara bağlıdır.

Gümüş cevheri ise bu yatak için kurşun ve çinko cevherinin yanında ekstra bir kazanç sağlamaktadır. Bu sahada yalnız gümüş cevheri üretmek için ekonomik değildir. Gümüş cevherinin tenör dağılım haritası yorumlanacak olursa şu şekilde özetlenebilir (Şekil 4.29);

» Yüksek tenör içeren gümüş cevheri sahanın kuzeydoğu bölümünde yer almaktadır. Ancak bu bölümden aşağı doğru inildikçe tenör oranında keskin bir düşüşün olduğu görülmektedir.

» Maden dağılımları incelendiğinde yoğunluğun çoğunlukla kuzeydoğu-güneybatı aralığında olduğu görülmüştür.

» Madenin belirli mesafelerdeki tenör dağılımları kurşun cevherinin yüksek olduğu bölümlerde gümüş tenöründe artış görülmektedir.

Yüksek tenörlü bölgeyi temsil eden kırmızı alandan rastgele seçilen bir blok için tenör değerlerini gösteren tabloda Şekil 4.26' de gösterilmiştir.

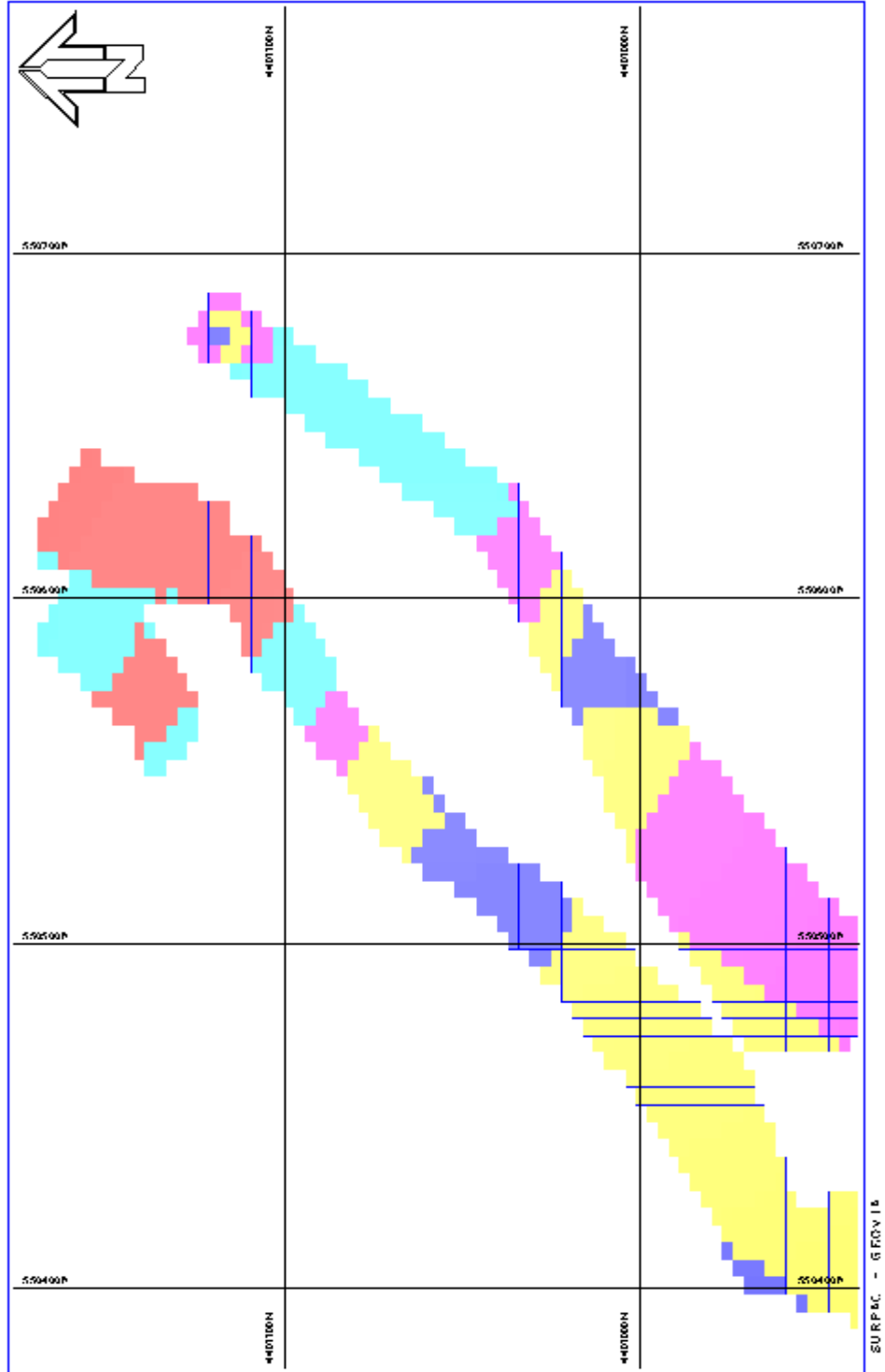
Block attributes ×

Block centroid		Block size	
Y	4401128.84	Y	3
X	550625.59	X	5
Z	-127.01	Z	5

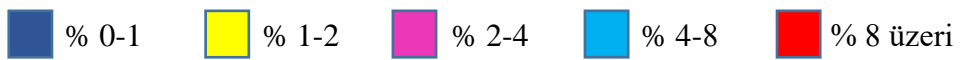
	Attribute	Value
1	ag	119.30
2	pb	8.72
3	sg	2.69
4	zn	12.20

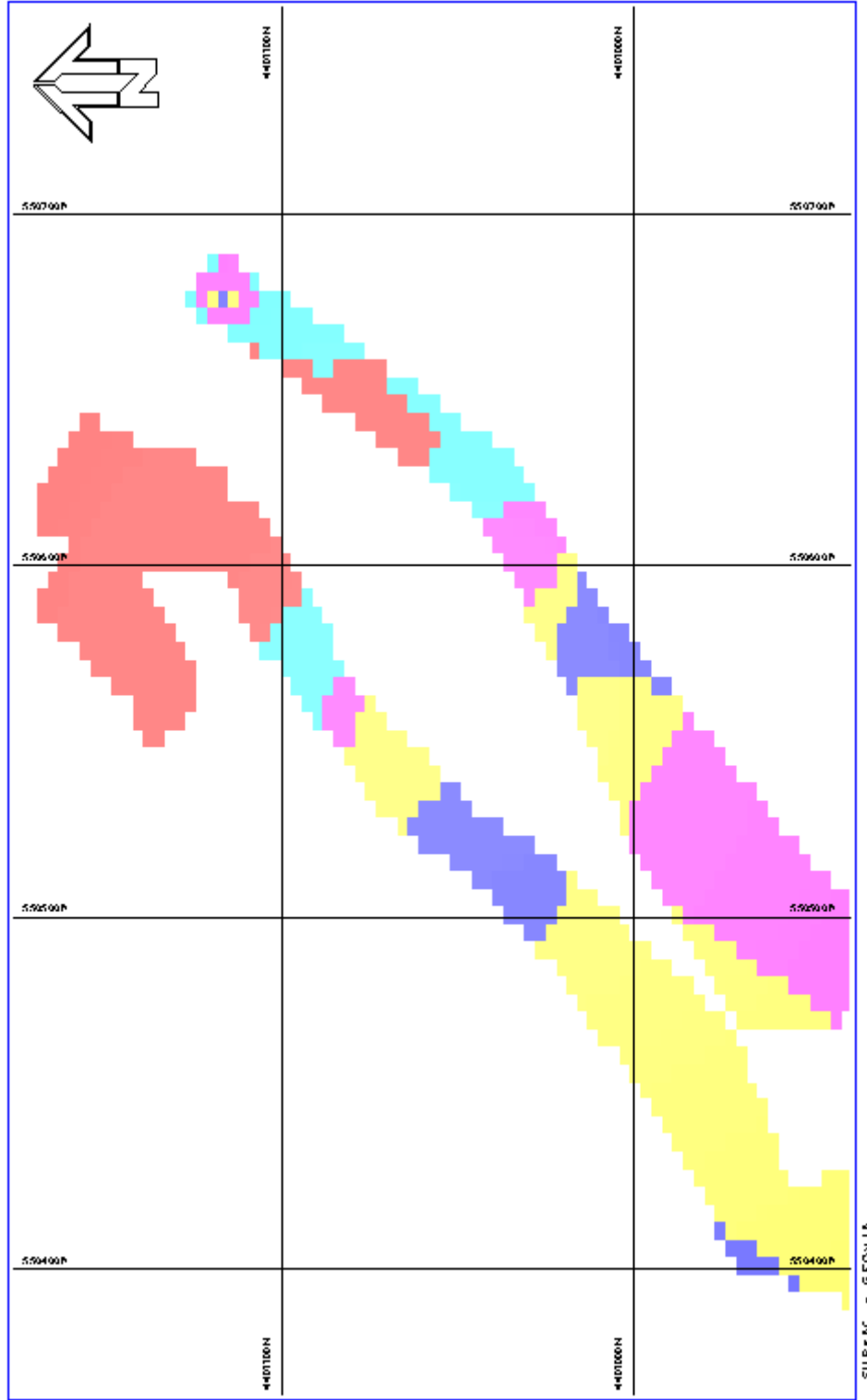
Şekil 4.26. Blok Model Üzerinde Bir Bloğun Tenör Değerleri

Hazırlanan blok modelin renklendirilmesi de yine tenör haritalarındaki değer ve renkler kullanılmıştır. 3 boyutlu haritaları Şekil 4.31-4.33 gösterilmiştir. Şekil 4.31 ve Şekil 4.32'deki Pb ve Zn cevherleri incelendiğinde Zn'nin yüksek tenörleri daha fazla bir alanı kapladığı yapılan renklendirme ile görülmektedir. Ancak Ag'nin 3 boyutlu haritası incelendiğinde ise diğer iki cevhere göre çok fazla yüksek tenör görülememektedir (Şekil 4.33).

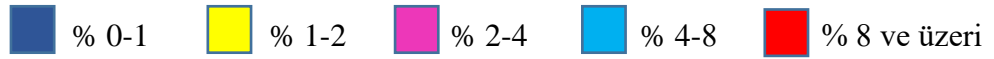


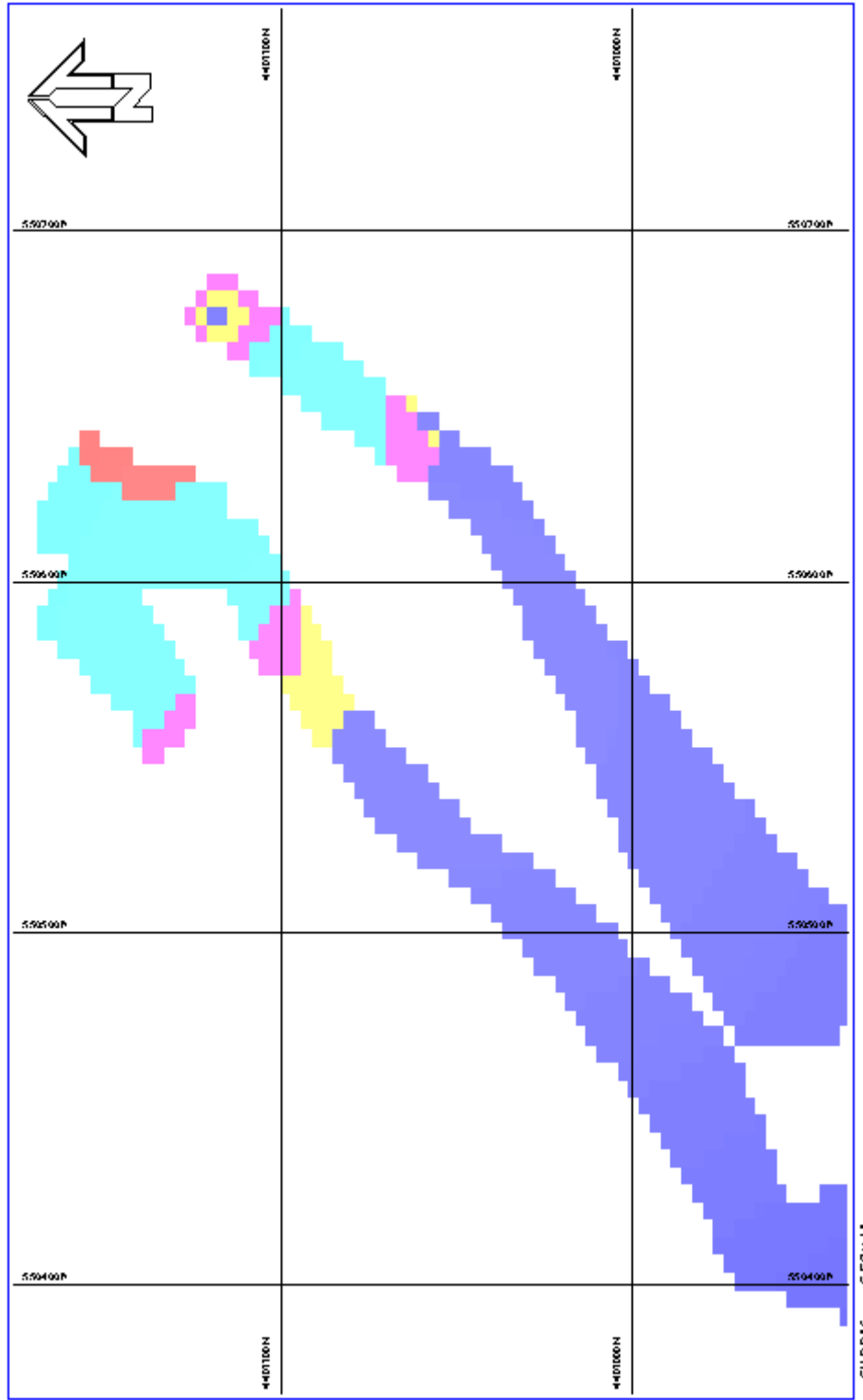
Şekil 4.27. -125 m kotunda kesilen yüzeydeki kurşun tenör dağılım haritası



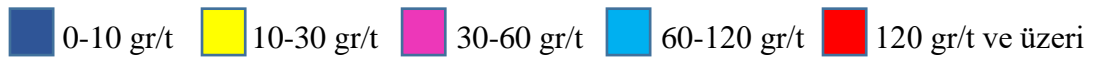


Şekil 4.28. -125 m kotunda kesilen yüzeydeki çinko tenör dağılım haritası





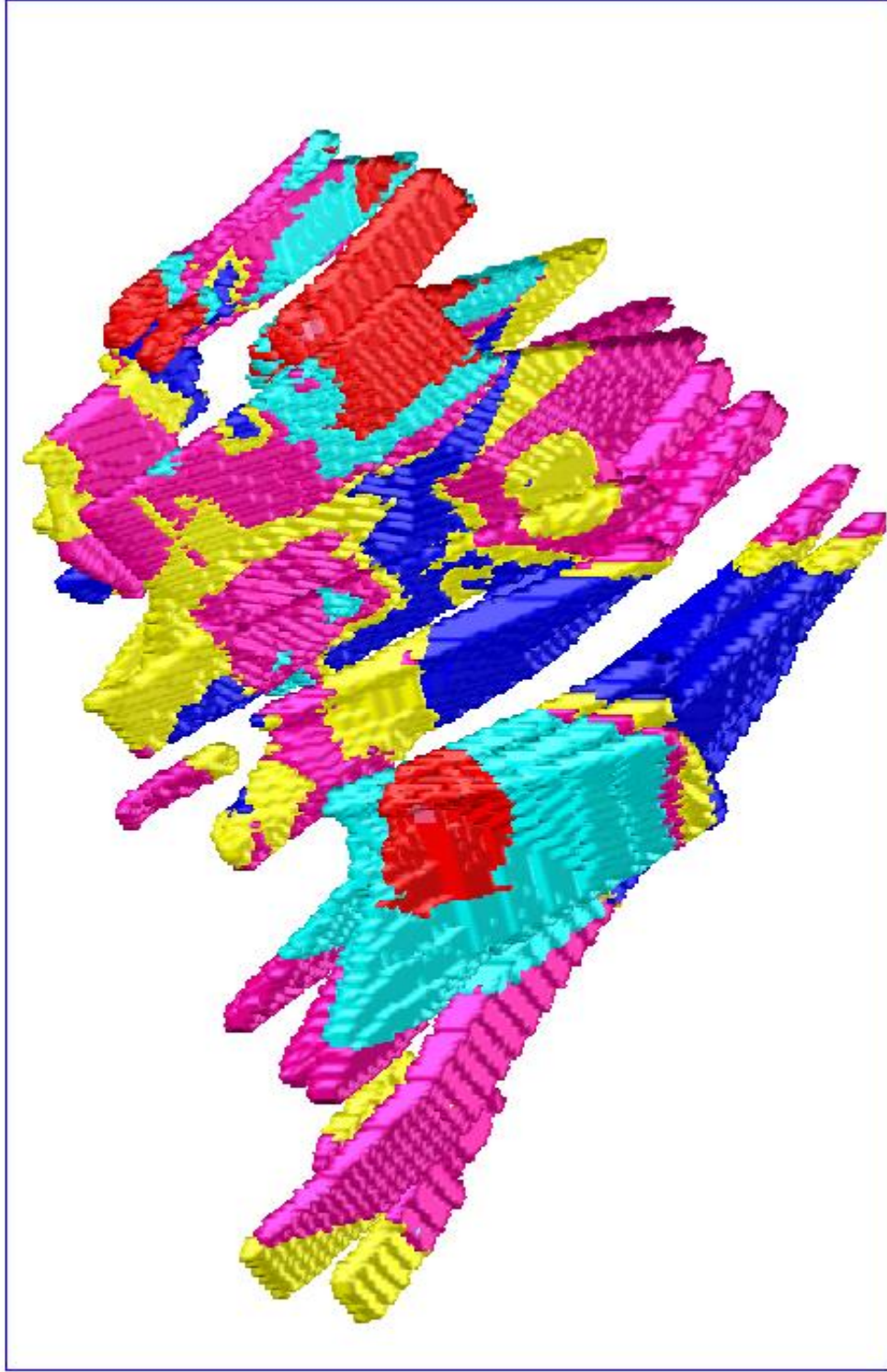
Şekil 4.29. -125 m kotunda kesilen yüzeydeki gümüş tenör dağılım haritası



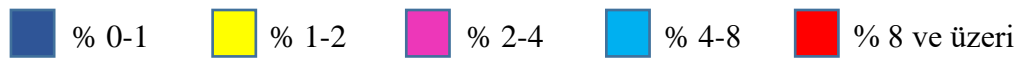


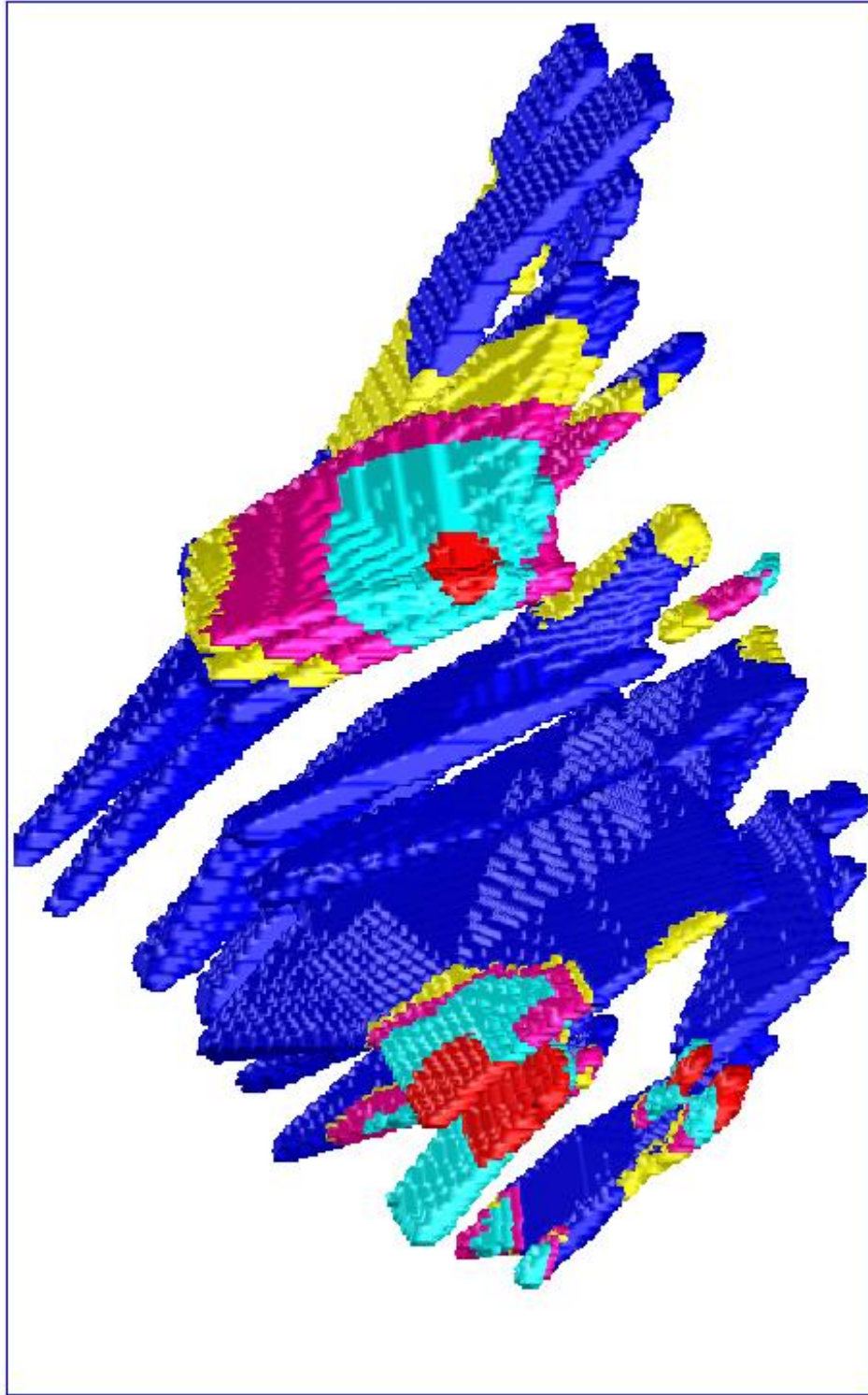
Şekil 4.30. Kurşun cevherinin 3 boyutlu blok model görünümü





Şekil 4.31. Çinko cevherinin 3 boyutlu blok model görünümü





Şekil 4.32. Gümüş cevherinin 3 boyutlu blok model görünümü

■ 0-10 gr/t ■ 10-30 gr/t ■ 30-60 gr/t ■ 60-120 gr/t ■ 120 gr/t ve üzeri

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Tez çalışmasında, ülkemizin önemli kurşun-çinko-gümüş yataklarından Balıkesir/Balya Hastane Tepe Mevkiinde faaliyet gösteren kuşun-çinko-gümüş madeninde jeoistatistik metot yardımıyla tenör ve rezerv değerlendirmesi yapılmıştır.

Çalışma alanındaki sondaj verileri, jeolojik haritalar, kimyasal analiz neticeleri, yoğunluk verileri değerlendirilmiştir.

Çalışma için bir veri tabanı oluşturulmuştur. İlk olarak sondaj kesitleri çıkarılmış, jeolojik yapı ve analiz sonuçlarında gelen tenör değerlerine göre cevherlerin olduğu bölgeler tespit edilmiştir.

Kimyasal çözümlene verileri düzeltilerek jeoistatistik çözümlenmelere müsait duruma getirilmiştir. Jeostatistiksel çözümlenmeye müsait duruma getirilen 1109 orijinal örnek üstünde tanımlayıcı istatistiksel çözümlenmeler yapılmıştır.

Veriler 5 metrelik kompozitlere çevrilmiştir. Parametre ölçütleriyle verilerin normal dağılımdaki uygunluğu grafik ve özet istatistikte yapılan hesaplama işlemleriyle tayin edilip, araştırma sonunda orijinal ve kompozit verilerin lognormal dağılımda buldukları belirlenmiştir.

Kompozitler oluşturulduktan sonra arama elipsoidine kurşun, çinko ve gümüş için 40° eğim, Kuzey 35° istikamet ve 900 metre arama çapı belirlenmiştir.

Blok model için jeoistatistik metotlardan ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon (inverse distance weighting) metodu uygulanmış, çalışılan sahanın rezerv hesaplaması ve tenörlerin dağılımları incelenmiştir. Meydana getirilen 5 x 3 x 5 m genişliklerinde blok model içinde kalan blokların kurşun, çinko ve gümüş tahminleri tayin edilmiştir.

Seçilen tenör mesafelerinde rezerv kestirimleri yapılmıştır. Cevherlerin rezerv ve tenörlerinin bağlantısı belirlenmiştir.

Çoğunlukla maden dağılımları incelendiğinde yoğunluğun kuzeydoğu-güneybatı aralığında olduğu görülmüştür.

Belirli kotlardan 2 ve 3 boyutlu tenör haritaları alınmış, bunların içerik kısımları hazırlanmış ve sonrasında da değerlendirilmiştir.

Yapılan bu çalışma neticesinde, 13 milyon ton kurşun-çinko-gümüş rezervi tespit edilmiştir. Bu cevherlerin ortalama tenörleri ise Pb % 3.09, Zn % 3.58 ve Ag ise 17.83 gr/t olarak hesaplanmıştır.

5.2. Öneriler

Çalışma alanında yeniden yürütülecek olan arama çalışmaları sırasında sondajlar ile belirlenmemiş alanların bir araştırma jeoloğu gözetiminde yeniden arazi jeolojik haritalarının kontrol edilmesi ve yapılması gerekiyorsa tekrar yapılması uygun olacaktır.

Sahada arazi haritalamaları tekrardan yapıldıktan sonra numunelendirmelerin yapılması gerekmektedir. Numunelendirmelerden gelen analiz neticelerinin yorumlanması yapıldıktan sonra önemli olabilecek tenör gelen alanlarda sondaj programına başlamadan önce uygun jeofizik metodu seçilerek cevherli bölgelerin belirlenmesi, bu alanların doğrultu ve eğim yönlerinin hesaplanması, hesaplanan doğrultu ve eğim yönlerine göre sondajların cevherleri olabildiğince dik kesecek şekilde yapılması planlanmalıdır.

Jeofizik araştırmalar esnasında jeofizik poligonlarının koordinatları bir veri tabanına kaydedilmeli ve sonrasında ulaşılan jeofizik verilerin 3 boyutlu bir madencilik yazılımında modellenip daha evvel yapılan modeller ile mukayese edilerek doğruluğunun saptanması gerekmektedir.

Surpac programında hazırlanan 3 boyutlu cevher modellemeleri, tenör haritaları, jeolojik birimler büyük ebatlarda çıktı alınabilir. Alınan bu çıktılar, gerek formasyonlar gerekse tenörlere göre ayrı ayrı renklendirilecek ve ölçek olarak büyük olacağı için yeraltında üretim esnasında cevher damarlarının takibini daha rahat olmasını sağlar. Yani alınan bu çıktılar ile işletme tasarımı yapılırken ve üretim programlamasında faydalı bir şekilde kullanılabilir ve bu şekilde maliyetlerde azalma sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Açık, F.Y., 2002, Karlıktepe (Sivas) kireçtaşı sahasının sayısal yöntemler ile modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, (yayınlanmamış).
- Aksoy, K., 2018, Jeostatistiksel yöntemler kullanarak bir mermer yatağındaki seleksiyonların değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 92s.
- Akyol, Z., 1975, Balıkesir İli Balya civarının jeolojisi. İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Jeoloji Kürsüsü, Diploma Çalışması, (yayınlanmamış).
- Akyol, Z., 1977, Balya Madeni Civarının Jeolojisi Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 10-27.
- Akyol, Z., 1979, Balya Kurşun-Çinko Maden Yatağı Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 48-58.
- Arslan, İ., 2010, Tanzimat'tan Cumhuriyet'e Bir Maden Şehri: Balya (1839-1923), The Journal Of Academic Social Science International Journal Of Social Science 3, 2, 41-54
- Aydınlı, H.S., 2004, Balya (Balıkesir) Güney Bölgesi Kayaçlarının Petrografik İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, (yayınlanmamış).
- Aygen T., 1956, Balya Bölgesi Jeolojisinin İncelenmesi. M.T.A. Yayın Seri DNU-11, Ankara.
- Atalay, F., 2011, Türkiye tersiyer kömürlerinin jeostatistiksel olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 93s.
- Clark, L., 1979, Practical geostatistics. Applied Sci. Publ., London, 127p. CRESSIE, N.A.C, 1991, Statistics for spatial data. John Wiley, New York, USA. ÇAĞATAY, A., 1980, Batı Anadolu Kurşun-Çinko yataklarının Jeoloji-Mineraloji etüdü ve kökenleri hakkında görüşler. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni 23, 119-132.
- Cressie, N.A.C, 1991, Statistics for spatial data. John Wiley, New York, USA.
- Çağatay, A., 1980, Batı Anadolu Kurşun-Çinko yataklarının Jeoloji-Mineraloji etüdü ve kökenleri hakkında görüşler. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni C.23, 119-132.
- Çetin, M., Kırdı, C., Spatial and Temporal Changes of Soil Salinity in a Cotton Field Irrigated with Low-quality Water. Journal of Hydrology 272, 238-249.
- Çetin, M., 1996, Jeostatistiksel yöntem ile nokta ve alansal yağışların saptanması ve stokastik olarak modellenmesi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana (yayınlanmamış).

- David, M., 1977, Geostatistical ore reserve estimation. Elsevier, Scientific Publishing Co., Amsterdam, The Netherlands.
- Dedeman Madencilik, 2018, Balıkesir Balya Bölgesi Sondaj Çalışmaları. Balya, Balıkesir, (yayınlanmamış).
- Deraisme, J., Farrow, D., 2004, Geostatistical simulation techniques applied to kimberlite orebodies and risk assessment of sampling strategies. Geosciences, Avon, France.
- Dumitrescu, C.C., 2008, Seismic attributes used for reservoir simulation: application to a heavy oil reservoir in Canada. Society of Exploration Geophysicists Las Vegas Annual Meeting, USA.
- Erel, Z. (2011). Balya (Balıkesir) polimetallik maden yatağı rezervinin jeostatistik yöntemle analizi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 94s.
- Ersoy, A., Yünel, T.Y., Cetin, M., 2004, Characterisation of Land Contaminated by Past Heavy Metal Mining Using Geostatistical Methods. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 46, 162-175.
- Ersoy, A., Yünel, T.Y., 2009, Assessment of Lignite Quality Variables: A Practical Approach with Sequential Gaussian Simulation, Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 31:2, 175-190.
- Ersoy, A., Atici, U. ve Yünel, T.Y., 2006, Çimento hammaddelerinin kalite ve rezervinin kriging yöntemiyle modellenmesi. Doğu Karadeniz Bölgesi Maden Kaynaklarının Değerlendirilmesi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s.201-211, Eylül, Trabzon.
- Ersoy, A., Yünel, T.Y., Atici, U., 2008, Geostatistical Conditional Simulation for the Assessment of Contaminated Land by Abandoned Heavy Metal Mining. Environmental Toxicology, Vol. 23, No. 1, pp. 96-109.
- Ersoy, A., Yünel, T.Y., 2008, Maden Rezerv Hesapları Klasik ve Jeostatistik Yöntemler. Nobel Kitabevi, Adana.
- Gemcom, 2007, Geology and Mine Planning Software, Germany.
- Gjelsvik, T., 1958, Notes on the geology of Balya Maden. M.T.A Dergi, No.51 (Foreign Edition).
- Gjelsvik, T., 1962, Kuzeybatı Anadolu Pb-Zn zuhurlarında yapılan araştırmalar M.T.A Dergi. S59.
- Gökçe, A., Ünal, E., 2008, Geology and Fluid Inclusion Characteristics of the Hastane Tepe (Balya-Balıkesir) Lead-Zinc Deposit, XX ECROFI Meeting, Granada, Spain.
- Groenigen, V., 2000, The influence of variogram parameters on optimal sampling schemes for mapping by kriging, Geoderma.

- Isaaks, E.H., Srivastava, R.M., 1989, An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press. New York.
- Journel, A.G., Huijbregts, CH.J. 1978, Mining geostatistics. Academic Press, London.
- Journel, A.G., 1984, New ways of assessing spatial distributions of pollutants. In: environmental sampling for hazardous wastes, American Chemical Society Symposium 267, Washington, 109-118.
- Kaaden, G., 1957, Çanakkale, Biga, Edremit yarımadası bölgesindeki jeolojik saha çalışmaları ve maden yatakları hakkında rapor, (yayınlanmamış).
- Kishne, A.S, Bringmark, E., Bringmark, L., Alriksson, A., 2003, Comparison of ordinary and lognormal kriging on skewed data of total cadmium in forest soils of Sweden. Environ Monit Assess, Volume 84, Number 3, pp.243-63, Sweden.
- Koçer, S., 2001, Ilıcadere (Bayındır, İzmir) Pb-Zn Cevherleşmesinin Jeolojisi ve Jeostatistiksel Değerlendirilmesi. Türkiye Jeoloji Bülteni. Cilt 44. Sayı 1.
- Kovenko, V., 1940, Balya Lead Mines. M.T.A Dergi, No. 4/21 Ankara. Kürkçü, S.N., Ersoy, M., Dursun, E., 1993, Jeostatistiksel yöntem kullanarak afşin elbistan havzası çöllolar b-sektörü rezerv belirleme çalışması. Türkiye 13. Madencilik Kongresi, 29-42, İstanbul.
- Kürkçü, S.N., Ersoy, M., Dursun, E., 1993, Jeostatistiksel yöntem kullanarak afşin elbistan havzası çöllolar b-sektörü rezerv belirleme çalışması. Türkiye 13. Madencilik Kongresi, ss.29-42, İstanbul.
- Matheron, G., 1963, Principles of geostatistics. Economic Geology, 58, 8, 1246-1266.
- Mohr, M., 1959, Balya mıntikasındaki kurşun zuhurlarının prospeksiyonu hakkında toplu rapor. No: 2703, MTA, Ankara.
- Murat, K., 2003, Kriging yöntemi ile Kangal kömür sahası kömür kalite modellemesi. Yüksel Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, (yayınlanmamış).
- Olea, R.A, 2006, A six step practical approach to semivariogram modeling. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment Volume 20, Number 5, 307-318.
- Ovalıoğlu, R., 1973, Biga Yarımadasının Jeolojisi – Maden Yatakları ve Bakır-Kurşun-Çinko Mineralizasyonu İçin Ümitli Olan Bölgeleri, Madencilik Dergi, Cilt XII, Sayı 6, Sayfa 1-22.
- Özcan, K., 2019, Maden Yatakları, Damar Tipi Yataklar, Hidrotermal Maden Yatakları. http://www.kursatozcan.com/ders_notlari/maden_yataklari/9_damar_tipi_yataklar.pdf [Ziyaret Tarihi: 11.01.2019]

- Öztürk, C.A., 2001, Maden yataklarının jeostatistiksel değerlendirilmesinde kriging ve PCSY tekniklerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (yayınlanmamış).
- Saraç, C., Tercan, A.E. 1996, Grade and reserve estimation of the tulovasi borate deposit by block kriging. *International Geology Review*, vol. 38, p. 832-837.
- Saraç, C., 1994, Maden yataklarının değerlendirilmesinde jeostatistiksel simülasyon yöntemlerinin kullanılması: 47. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 21-24 Şubat 1994, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara.
- Sarkar, B.C., Chaliha, M., Saikia, K., 2009, Geostatistical Reservoir Modelling Of An Indian Oilfield Using Kriging and Simulated Annealing. *Recent Trends In Exploration, Exploitation and Processing of Petroleum Resources*. Tata McGraw-Hill Publishing. New Delhi, India.
- Srk Danışmanlık, 2010, Balya Pb-Zn-Ag Project Scoping Study. Ankara, (yayınlanmamış).
- Subaşı, H., 2014, Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri dersi, Korelasyon. <https://www.slideshare.net/HasanSuba/korelasyon> [Ziyaret Tarihi: 28.02.2019]
- Taç, M., 2013, Karakartal sahasında maden rezervinin jeostatistiksel methodlarla karakterizasyonu ve tanımlanması: Doğu Anadolu. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Üniversitesi, Ankara, 140s.
- Tercan, A.E., 1999, Importance of orthogonalization algorithm in modeling conditional distributions by orthogonal transformed indicator methods. *Mathematical Geology*, vol.31, No.2, pp. 155-173.
- Tercan, A.E., Saraç, C. 2001, Spatial variability of Cr₂O₃% in the Kizilyüksek-Yataardıç chromite deposit, Adana, Turkey. *International Geology Review*, vol. 43, pp. 676-682.
- Tercan, A.E., Özçelik, Y., 2000, Geostatistical evaluation of dimension-stone quarries. *Engineering Geology*, vol.58, pp 25-33.
- Tercan, A.E., Karayığit, A.I., 2001, Estimation of lignite reserve in the Kalburcayiri field, Kangal basin, Sivas: Turkey. *International Journal of Coal Geology*, vol.47, pp. 91-100.
- Tercan, A.E., Akcan, E., 2005, Linyit Kalitesi-Rezerv eğrilerindeki belirsizliğin jeostatistiksel benzetimle değerlendirilmesi: örnek bir çalışma, *Madencilik Dergi*, Cilt 44, Sayı 2, Sayfa 3-16.
- Uçurum, M., 1987, Balıkesir-Balya Kurşun-Çinko sahasındaki Jig ve birinci flotasyon artıklarının teknolojik değerlendirilmesi. *Madencilik Dergisi*. Cilt 26. Sayı 3.
- Verhoef, J.M., Barry, R.P., 1998, Constructing and fitting models for cokriging and multivariable spatial prediction. *Journal of statistical planning and inference*, vol. 69, pp. 275-294.222

- Weber, D., Englund, E.J., 1992, Evaluation and comparison of spatial interpolators. *Mathematical Geology*, vol.24, No.4, pp.381-391.
- Yao, T., Journel, A.G., 2000, Integrating seismic attribute maps and well logs for porosity modeling in a west Texas carbonate reservoir: addressing the scale and precision problem. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, vol.28, pp. 65-79.
- Yurdağul, A.G., Saraç, C., 2002, Adıyaman yöresi rezervuar kayaçlarının porozite ve hidrokarbon doygunluğu değerlerinin jeostatistiksel simülasyonu: Türkiye Jeolojisi Bülteni. Cilt 45. Sayı 2, 19-31.
- Yüksek. S., 2019, Dedeman Madencilik Balya Kurşun-Çinko İşletmesi Hidrojeolojik Etüt Raporu (yayınlanmamış).
- Zelenika, K.N., Malvic, T., Geiger, J., 2010, Mapping of the Late Miocene sandstone facies using indicator kriging. *NAFTA*, Croatia, Vol 61, No.5, pp.225-233.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Onur GÜNAYDIN
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Bakırköy/İSTANBUL
Telefon : 0532 169 54 12
E-Posta : gunaydinonurr@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe	İl	Bitirme Yılı
Lise	: Sefaköy Lisesi	Küçükçekmece	İstanbul	2007
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi		Konya	2015
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi		Konya	2019
Doktora	:			

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2015-2016	Turkey Euro 99 Group Marble	Şantiye Şefi
2016-2017	Hamtaş Madencilik A.Ş.	Şantiye Şefi
Devam Ediyor	Dedeman Madencilik A.Ş.	Üretim Mühendisi

UZMANLIK ALANI

Madencilik, Yeraltı üretim mühendisi.

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR

Onur Günaydın, Hakan Özşen, 2018, Bir kurşun-çinko-gümüş polimetallik maden yatağının jeostatistik yöntemlerle modellenmesi ile rezerv miktarı ve tenör dağılımının tahmini, International Science and Academic Congress'18, s.586-593, Konya.