

**BİGADIÇ BOR AÇIK İŞLETMESİNİN BİLGİSAYAR YARDIMIYLA
MODELLENEREK REVİZYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali ATAŞ

Danışman

Doç. Dr. İrfan Celal ENGİN

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞUBAT 2019

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİGADIÇ BOR AÇIK İŞLETMESİNİN BİLGİSAYAR
YARDIMIYLA MODELLENEREK REVİZYONU**

Ali ATAŞ

Danışman

Doç. Dr. İrfan Celal ENGİN

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞUBAT 2019

TEZ ONAY SAYFASI

Ali ATAŞ tarafından hazırlanan “Bigadiç Bor Açık İşletmesinin Bilgisayar Yardımıyla Modellenerek Revizyonu ” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 07/02/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği **Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. İrfan Celal ENGİN

İkinci Danışman : -

İmza

Başkan : Prof.Dr. Mahmut YAVUZ
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi,
Mühendislik Mimarlık Fakültesi

Üye : Prof.Dr. İ.Sedat BÜYÜKSAGİŞ
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç.Dr. İ.Celal ENGİN
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

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

beyan ederim.

07/02/2019

Ali ATAŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİGADİÇ BOR AÇIK İŞLETMESİNİN BİLGİSAYAR YARDIMIYLA MODELENEREK REVİZYONU

Ali ATAŞ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İrfan Celal ENGİN

Bilgisayarlı modelleme tekniği, üretimdeki risklerin azaltılması ve verimliliğin artırılması amacıyla maden işletmelerinde rezerv tespiti ve uzun süreli ocak planlamasında kullanılan yenilikçi bir yaklaşımdır. Bu çalışmada, Vulcan madencilik yazılımı ile bir bor sahası üç boyutlu modellenerek farklı yöntemlerle katı modelinin oluşturulması, rezervinin hesaplanması ve daha önce yapılmış olan açık ocak planlamasının yüksek verimlilikle revize edilmesi hedeflenmiştir. Öncelikle, sahada yapılan topoğrafik ölçümler sonucunda elde edilen sayısal veriler bilgisayarda modellenerek sahanın 3 boyutlu topoğrafyası oluşturulmuştur. Sondaj verilerinden yola çıkılarak farklı iki yöntem ile cevher katı modelleri oluşturulmuştur, bunlardan saha için uygun olanı çalışmada kullanılmıştır. Farklı hacim hesaplama yöntemleri karşılaştırılmış, çalışma sahası için uygun olan yöntem seçilmiştir. Sahanın rezervi tespit edilmiş olup yapılan temsili proje ile üretilebilecek cevher ve pasa miktarları hesaplanmıştır. Mevcut açık ocak topoğrafyası ve cevher katı modeli temel alınarak seçilen açık ocak parametreleri ile yeni temsili açık ocak oluşturulmuş ve örnek ekipman seçimi yapılmıştır.

2019, ix + 86 sayfa

Anahtar Kelimeler: Bor, Açık Ocak, Modelleme, Üretim Planlaması

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

REVISION OF BİGADİC BORON OPEN PIT MINE BY COMPUTER AIDED MODELLING

Ali ATAŞ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. İrfan Celal ENGİN

Computerized modeling technique is an innovative approach used in reserve calculations and long term mine planning in mining enterprises in order to reduce the risks in production and increase efficiency. In this study, with the help of Vulcan and mining software, a boron field is modeled in three dimensions and it is aimed to create a solid model with different methods, to calculate its reserve and to make open pit production planning with high efficiency. First of all, digital data obtained from topographical measurements in the field were modeled on the computer and 3-dimensional topography of the field was formed. Based on the drilling data, ore-solid models were formed by two different methods, one of which was used in the study. Different volume calculation methods were compared and the appropriate method for the study area was selected. The reserves of the site have been determined and the amount of ore and burden that can be produced by the representative project has been calculated. Revised open pit mine has been formed and equipment selection has been done with selected open pit parameters based on existing open pit topography and ore solid model.

2019, ix + 86 pages

Keywords: Boron, Open Pit Mine, Modeling, Production Planning

TEŞEKKÜR

Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Anabilim Dalı'nda yapmış olduğum Yüksek Lisans Tezi çalışmalarımnda, akademik kariyerindeki teknik bilgisini, manevi desteğini hiçbir zaman öğrencilerinden esirgemeyen, danışman hocam Sayın Doç. Dr. İrfan Celal ENGİN 'e teşekkürlerimi sunarım.

Bana desteklerini, yardımlarını ve sevgilerini esirgemeyen başta değerli büyüklerim olmak üzere; babama, anneme, kardeşlerime, eşim Dilek ATAŞ ve kızım Ilgın ATAŞ 'a, ayrıca teşekkür ederim.

Ali ATAŞ

AFYONKARAHİSAR, 2019

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET.....	i
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1.GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	2
2.1 Bor Hakkında Genel Bilgi.....	3
2.1.1 Sanayide kullanılan önemli bor bileşikleri.....	5
2.1.2 Bor ürünlerinin kullanım sektörleri	5
2.1.3 Gelişmekte olan kullanım alanları.....	6
2.1.4 Borat yataklarının jeolojisi.....	6
2.2 Bilgisayar Destekli Tasarım	9
2.2.1 Bilgisayar Destekli Tasarım Tekniği	10
2.2.2 Madencilik Yazılımları ve Tarihçesi.....	11
2.2.3 Bilgisayar Destekli Tasarım ile Madencilik Planlaması	12
2.3 Konu ile İlgili Daha Önceki Çalışmalar	13
2.3.1 Saha Jeolojisi ile İlgili Yapılan Çalışmalar	13
2.3.2 3 Boyutlu Modelleme ile İlgili Yapılan Çalışmalar	14
3. MALZEME VE YÖNTEM	17
3.1 Çalışılacak Saha İle İlgili Genel Bilgiler	18
3.1.1 Genel coğrafik konum ve arazi koşulları	19
3.1.2 Havzanın jeolojisi.....	19
3.1.3 Havzanın yapısal jeolojisi.....	25
3.1.4 Havzanın Mineralojisi	27
3.1.5 Çalışılacak Bor Cevherinin Damar Yapısı	27

3.1.6 Örtü ve Cevherin Kaya Mekaniksel Özellikleri	28
3.1.7 Tenör dağılımı.....	29
3.1.8 Açık ocakta uygulanan çalışma yöntemleri	29
3.2 Vulcan Yazılımı ile Bor Sahasının Modellenmesi.....	30
3.2.1 Veritabanı	30
3.2.2 Topoğrafyanın Modellenmesi	33
3.2.3 Cevher Yatağının Modellenmesi	35
3.2.3.1 Enkesitten noktaya katı modelleme	36
3.2.3.2 Kesitlerden katı modelleme.....	36
3.2.3.3 Yüzeyle arası katı modelleme.....	38
3.2.4 Kesitlerden katı modelleme ve yüzeyle arası katı modelleme yöntemlerinin karşılaştırması.....	41
3.2.5 Rezerv hesap yöntemlerinin karşılaştırılması.....	43
3.3 Üretim planlaması.....	48
3.3.1 Açık ocak tasarımı.....	48
3.3.2 Kontürleme.....	48
3.3.3 Basamak tasarımı	49
3.3.4 Proje ve yolun çizilmesi	51
3.3.5 Projenin 3 boyutlu model haline getirilmesi	52
3.3.6 Proje ve Topoğrafyanın Kesiştirilmesi	53
3.3.7 Nihai Proje	55
3.3.8. Üretim planı kapsamında temsili açık ocak projesi için makine ekipman seçimi.....	58
4.SONUÇ	61
5.KAYNAKLAR.....	63
5.1 İnternet Kaynakları.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	68
EKLER	69

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

3 D	3 Dimension (3 boyut)
BDT	Bilgisayar Destekli Tasarım
CAD	Computer Aided Design
DTM	Digital Terrain Modelling
SAM	Sayısal Arazi Modelleme
Solid model	Katı Model

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Kullanım sektörleri	6
Şekil 2.2 Bor cevherinin oluşum süreci	7
Şekil 2.3 Batı Anadolu neojen alanları ve borat yatakları.	8
Şekil 3.1 Perspektif görüntüler.....	11
Şekil 3.2 Açık ocak sahasının genel görünümü.....	19
Şekil 3.3 Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası	20
Şekil 3.4 Sahadaki senklinal ve antiklinaller	25
Şekil 3.5 Çalışma bölgesinin kolon kesiti	26
Şekil 3.6 Kireçtaşı ara seviyeleri içeren yumrulu bor	28
Şekil 3.7 Collar dosyasının oluşturulması.....	31
Şekil 3.8 Assay dosyasının oluşturulması.....	32
Şekil 3.9 Survey dosyasının oluşturulması.....	32
Şekil 3.10 Sondajların ekranda görünümü.....	33
Şekil 3.11 Cad. dosyasının seçilimi.....	33
Şekil 3.12 Topoğrafyanın sayısal verilerinin aktarımı.....	34
Şekil 3.13 Topoğrafyanın sayısal verilerinin görünümü.....	34
Şekil 3.14 Topoğrafyanın 3 boyutlu modellenmiş hali.....	35
Şekil 3.15 Kesit alma işlemi.....	37
Şekil 3.16 Hat boyunca kesitlerin görünümü.....	37
Şekil 3.17 Cevher katı modeli.....	38
Şekil 3.18 Cevher damarı üst yüzeyi.....	39
Şekil 3.19 Cevher alt ve üst yüzey görünümü.....	40
Şekil 3.20 Kesit görünüm cevher damarları, sondajlar ve topoğrafya.....	40
Şekil 3.21 Saha sondajlarının görünümü.....	41
Şekil 3.22 Yüzey modellemesi.....	42
Şekil 3.23 Kesit alma işlemi.....	44
Şekil 3.24 Kesitlerden elde edilen katı model.....	45
Şekil 3.25 Kristal cevher yüzeyleri.....	46

Şekil 3.26 Sondajların ve kesitlerin plan görünümü.....	47
Şekil 3.27 Cevher taban kotüründen proje tabanının oluşturulması.....	49
Şekil 3.28 Sahadaki mevcut birimler (Ercanoğlu vd. 2016).....	49
Şekil 3.29 Basamak genişliği hesabı	50
Şekil 3.30 Projenin çizgi hali ve yol.....	51
Şekil 3.31 Projenin string hali ve topoğrafya.....	52
Şekil 3.32 Proje 3 boyutlu modeli.	52
Şekil 3.33 Proje ve topoğrafya kesişimi.....	53
Şekil 3.34 Projeden kesilip çıkarılacak alanlar.....	54
Şekil 3.35 Kesişim çizgilerinin mevcut kotlara bağlanması.	55
Şekil 3.36 Nihai proje.....	56
Şekil 3.37 Nihai proje ve mevcut topoğrafya.	56
Şekil 3.38 Cevher katı modelleri ve proje.	57
Şekil 3.39 Proje kapsamında alınacak cevherin kesit görünümü.	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Önemli bor bileşikleri.	5
Çizelge 3.1 Bor Cevherinin Damar Yapısı.....	27
Çizelge EK.1 Assay Dosyası.	69
Çizelge EK.2 Collar Dosyası.	82
Çizelge EK.3 Survey Dosyası.	84

1.GİRİŞ

Ülkemizde çıkarılan stratejik bir önemi bulunan bor madeninin verimli ve sürdürülebilir bir şekilde üretilmesi, ülkemizin kalkınmasına olan katkılarıyla birlikte değerlendirildiğinde vazgeçilmez bir zorunluluktur. Bor madeninin daha verimli bir şekilde üretilebilmesi teknolojik olanaklarla bir üretim planlaması yapılarak veya mevcut üretim planlamasının gelişen teknoloji kullanılarak revize edilmesi ile mümkündür.

Günümüzde teknoloji denildiğinde aklımıza ilk önce bilgisayarlar ve onlarla birlikte gelişen yazılımlar gelmektedir. Madencilik yazılımları da teknoloji ile gelişmiştir. Madencilik yazılımları arama, üretim, proje, hazırlık ve üretim sonrası aşamalarını bilgisayar ortamlarında çok daha güvenle saklama, anında karar alma ve değerlendirme olanaklarını da beraberinde getirmiştir. Madencilik faaliyetlerinin bilgisayar destekli yapılması hesap ve tasarımların doğruluğu, farklı üretim planlarının kısa sürede yapılarak karşılaştırılması, jeolojik bilgilerin kolayca güncellenmesi, üretim planlarının yapılması, rezerv ve kalite dağılımı tespiti için etkin şekilde kullanılmasına imkan vermektedir.

Bu çalışma kapsamında 1981 yılından bu yana açık ocak üretim yöntemi ile çalışmakta olan, 2008 yılında klasik yöntemlerle üretim planlaması ve nihai projesi yapılan açık ocağın Vulcan madencilik programı yardımı ile üretim planlamasının ve projesinin revizyonu yapılmıştır. Bu amaçla, sahaya ait 71 adet sondaj ve sayısal topoğrafya verisi program veri tabanına aktarılarak değerlendirilmiştir. Bor sahasındaki cevher katı modelleri ve mevcut rezerv Vulcan ile farklı yöntemler kullanarak tespit edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Temsili üretim planlaması kapsamında, mevcut açık ocağının genişletilmesi için üretim projesi yapılmış ve gerekli olan makine ekipman hesaplanarak üretim planlamasının revizyonu gerçekleştirilmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Dünya bor rezervinin yüzde 74'ü Türkiye'de olup, üretiminin yüzde seksene yakını ise Türkiye ve ABD tarafından yapılmaktadır. Türkiye'de kolemanit, üleksit, tinkal mineralleri ocaklardan çıkarılmakta ve bunlardan borik asit, boraks dekahidrat, boraks pentahidrat, sodyum perborat monohidrat ve susuz boraks ticari ürünler olarak üretilmekte, üretimin büyük bir bölümü ihraç edilmektedir. Ülkemizde bor cevherinin üretimi ve pazarlaması Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü tarafından devlet eliyle yürütülmektedir. En son 2018 verilerine göre ülkemizin net bor ihracatı 900 milyon dolara yaklaşmaktadır.

Dünyada bor tüketimi bölgesel olarak farklılık göstermektedir. Bor minerallerinin kullanım alanı ve miktarında Amerika ve Batı Avrupa'da farklılıklar gözlenmektedir. Bor minerali Amerika'da cam, Avrupa'da deterjan, Latin Amerika ve Asya'da seramik sanayinde kullanılmaktadır. ABD'de bor tüketiminin %68'i cam, % 5'i deterjan, %3,5 seramik, %3,5 tarım ve % 3,5 alev geciktirici endüstrisinde yapılmaktadır. Avrupa'da boratların en büyük kullanım alanı deterjan sanayidir. Avrupa'da tüketimin %35'i deterjan, %23'u cam, %10'u seramik ve %2'si tarım endüstrisindedir (ETKB 2017).

Ülkemizdeki bor cevheri yatakları Batı Anadolu'da, Marmara Denizi'nin güneyinde, kuzey güney yönüne yatımlı 150 km'lik bir alanda, doğu batı yönünde ise yaklaşık olarak 300 km'lik bir alanda, Susurluk, Bigadiç, Kestelek, Emet ve Kırka yörelerinde bulunmaktadır, bu yataklar, yaklaşık olarak 65 milyon yıl önce başlayan ve 2 milyon yıl öncesine kadar gelen volkanizma dönemleri sırasında, gölsel çöküntülü ortamlarda oluşmuştur.

Borat yatakları genellikle kil, kil taşı, volkanik tuf, kireçtaşı ve benzer gölsel tortul tabakalarıyla ara katmanlıdır. Volkanik tuf tabakalarının yataklarda bulunması, bu yatakların etkili bir volkanizmayla bağlantılı olarak oluştuğunun bir göstergesidir (Helvacı ve Alaca 1991). Volkanik etkinlikle birlikte oluşan sıcak su kaynakları ve hidrotermal çözeltiler, bor elementinin oluşması için en uygun ortamlardır.

2.1 Bor Hakkında Genel Bilgi

Ülkemizde ki bor yataklarının bulunuşu ve işletilmesi Romalılara dayanmaktadır. 13. ve 14. yüzyıllarda Susurluk ilçesinin Sultançayır ilçesindeki bor cevheri yataklarının Romalılar tarafından işletildiğini gösteren bulgular bulunmaktadır. Bölgenin Osmanlı İmparatorluğu himayesine girmesinden sonra uzun süre bor madenleri işletilmemiştir. 1856 yılında, Balıkesir’de ki bor madenlerinin işletme izini padişah fermanıya “Desmazures” adlı bir Fransız’a verilmesi ile tekrardan işletilmeye başlamıştır. 1856’dan 1978 yılına yani devletleştirme sürecine kadar geçen sürede farklı yerli ve yabancı şirketler ürettikleri tüm bor cevherlerini yurtdışına çıkarıp satmışlardır (TMMOB 2016).

1978 yılında 2172 sayılı yasanın çıkmasıyla birlikte bütün haklar Etibank’a devredilmiş bununla birlikte bor madenciliğine ülkede yatırımlar tesisler kurularak başlamıştır. İlk olarak açılan tesisler Bandırma Sodyum Perborat, Kırka Bor Türevleri tesisleridir, bunların yanında yarı ürün tesisleri de faaliyete girmiştir. Dönemin rekabet koşulları içinde teknoloji transferi mümkün olmadığı ve kaynak araştırmaları ile bilgi erişimi de kısıtlı olmasından, başlangıçta ciddi sıkıntılar bu tesislerin üretim faaliyetinde yaşanmış, yıllar süren çalışmalarından sonra Etimaden’in kendi mühendislik gücü ile mevcut kurulu kapasitelere ulaşılabilmiştir. 1968’de kurulan ilk Boraks ve Borik Asit fabrikalarından bu zamana Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü (Etibank) rafine bor ürünleri üretim prosesleri açısından bir teknoloji üretme ve geliştirme kurumu olarak faaliyet göstermiş ve bor madenciliği konusunda önemli bir bilgi birikimi ve tecrübe oluşmuştur (TMMOB 2016).

Bugün, Kırka’da susuz boraks, Boron, kalsine bor ve her biri 160.000 t/yıl kurulu kapasiteli üç adet, biri 240 000 t/yıl, diğeri 500 000 mt/y kurulu kapasiteli olmak üzere 5 adet boraks pentahidrat tesisi bulunmaktadır. Eti Maden işletmeleri boraks pentahidrat üretim kapasitesi açısından dünyanın en büyük kapasitesine sahip üretici konumuna gelmiştir. Aynı şekilde borik asit üretimine bakıldığında Bandırma’da bulunan 95 000 t/y kapasiteli ilk tesise ilave olarak yapılan her biri 220 000 t/y kapasiteli Emet I. ve II. Borik asit tesisleri ve ilave 70 000 t/y üretim ünitesi, Bigadiç’te 700 000 t/y kapasiteli öğütülmüş kolemanit tesisi ile dünya çapında en büyük kapasiteye ulaşılmıştır. Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğünün dünya pazarının yaklaşık % 47,2 payına sahip olduğu görülmektedir (ETKB 2017).

Çizelge 1.1 Yıllara göre Dünya bor üretim payları (Eti Maden 2018).

TEDARİKÇİ	2000	2005	2010	2014
Eti Maden	31%	36%	42%	47%
Rio Tinto Borax	33%	35%	25%	25%
Diğerleri	36%	29%	33%	28%

Bor yer kabuğunda yaygın olarak bulunan bir element olup periyodik sistemin 2. periyodunda ve 3. grubunda yer alır. Saf bor amorf siyah toz halindedir. Yer kabuğu yapısında % 0,001 oranında bulunan Bor, Türkiye’de oldukça yüksek B₂O₃ tenör içerikli, işletilmeye uygun bir maden olarak oluşmuştur. Diğer ülkelerde ise Amerika, Rusya, Arjantin, Çin, Bolivya, Sırbistan, daha düşük tenörlerde bulunmaktadır.

Simgesi: B

Atom numarası: 5

Atom ağırlığı: 9,3

Yoğunluğu: 2,84 gr/cm³

Ergime noktası: 2 200 C°

Kaynama noktası: 2 250 C° 'dir.

Bor tabiiatta serbest bulunmaz. En önemli bileşikler bor asidindeki (B₂O₃) kökünün Ca²⁺, Na⁺ gibi bir baz katyonu ile oluşturduğu tuzlardır. Borat minerallerinin B₂O₃, Na₂O, CaO, MgO, SrO derişikliğine, uygun PH ve evaporasyon koşullarına ulaşmış çözeltilerden itibaren kapalı tuzlu alkalın göllerde çökelerek ekonomik borat yataklarını oluşturduğu, volkanizma ile borat oluşumu arasında sıkı bir ilişkinin bulunduğu ve hidrotermal getirimlerin ürünleri oldukları muhtelif araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995).

Bor minerallerinin sayı olarak çok fazla olup, doğada 230 çeşit bor mineralinin bulunduğu bilinmektedir. Bu minerallerin çoğunun, ekonomik açıdan çok az değeri vardır veya hiçbir ekonomik önemi yoktur. Bazı minerallere genelde her yatakta rastlanırken, bazıları ise çok az gözlenir. Örneğin, pandemit dünyada sadece Balıkesir-Susurluk yatağında bulunmaktadır. Ticari önem taşıyan ve Türkiye açısından önemli olan bor minerallerinin bazıları şunlardır; Üleksit (NaCaB₅O₈.8H₂O), Kolemanit (Ca₂B₆O₁₁.H₂O), Boraks (Tinkal-Na₂B₄O₇.10H₂O), Kernit

($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), Probertit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), Pandemit ($\text{Ca}_2\text{B}_{10}\text{O}_{19} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), Hidroborasit ($\text{CaMgB}_6\text{O}_{11} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

2.1.1 Sanayide kullanılan önemli bor bileşikleri

Günümüzde üretilen ve satışı yapılan bor bileşiklerinin kimyasal formülleri, tenörleri ve bünyesindeki su miktarları Çizelge 2.1' de gösterilmiştir (ETKB 2017).

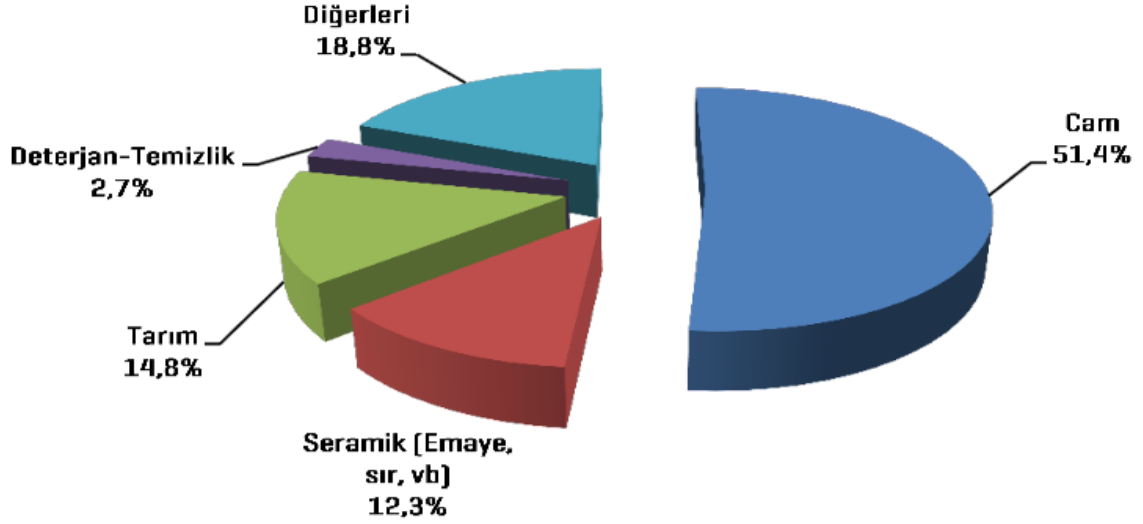
Çizelge 2.1 Önemli bor bileşikleri.

Bileşik	Kimyasal Formül	B_2O_3 (%)	H_2O (%)
Boraks Dekahidrat	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	36,6	47,2
Boraks Pentahidrat	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	47,8	30,9
Susuz Boraks	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	69,2	0,0
Borik Asit	H_3BO_3	56,3	43,7
Sodyum Perborat Tetrahidrat	$\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	22,7	46,8
Sodyum Perborat Monohidrat	$\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	34,8	18,0
Öğütülmüş Kolemanit	$2\text{CaB}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	40,0	24,0

2.1.2 Bor ürünlerinin kullanım sektörleri

Bor ürünleri en fazla cam, seramik, tarım ve deterjan sektöründe kullanılmakla birlikte enerji, elektronik, ilaç ve kozmetik, kağıt, inşaat, metalüri, makine, tıp tekstil sanayiinde de kullanımı mevcuttur.

Bor ürünleri birçok sektörde kullanılmakta olup en fazla kullanılan sektörler Şekil 2.1' de verilmiştir.



Şekil 2.1 Kullanım sektörleri (ETKB 2017).

2.1.3 Gelişmekte olan kullanım alanları

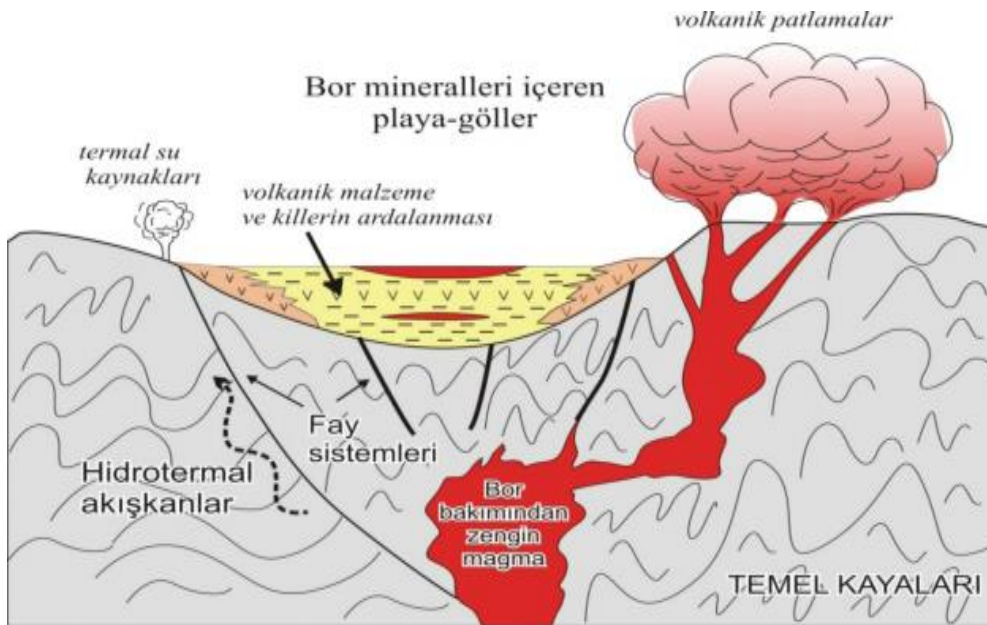
Alev geciktiriciler, kalıcı mıknatıslar, nükleer uygulamalar, nanoteknoloji bor bileşiklerinin gelişen kullanım alanları arasında sayılabilir. Son zamanlarda bor karbür üretiminden sertlik değeri yüksek, korozyon çeşitlerine karşı direnci olan, yüksek ısıya dayanıklı, hafif ve sağlam zırhlar üretilmektedir. Bor karbür ileri teknolojik seramik ham maddesidir ve diğer geleneksel zırh malzemeleri ile karşılaştırıldığında %70 civarında hafiflik gösterir. Savunma sanayisinde hafifliğin ön planda olduğu yelek ve helikopter zırhlarında da kullanımı görülmektedir. Eti Maden İşletmelerinin Çinli firmalar ile yaptığı anlaşma çerçevesinde bor karbür ve çinko borat üretim tesisinin temelleri Bandırma'da atılmıştır.

2.1.4 Borat yataklarının jeolojisi

Bor cevherinin oluşumunda; göllerdeki çökeltmeler, genelde çakıl taşı, kumtaşı, tuf, tüfit, kiltası, marn ve kireçtaşından oluşur ve bu çökeller yataklar ile ara katmanlıdır. Yatak düzeyleri, taban ve tavanda kireç taşı ve kil taşı katmanlarına geçer. Bu çökel katları açık bir dönemsellik göstermektedir. Havzadaki göllerin çevresinde volkanizma genellikle oluşmuş olup, kalkalkalen ve asidikten bazıya değişen volkaniklerin yanı sıra çökellerle ardalanan volkano-tortullar da izlenmekte ve çökeller içinde volkanik ürünlerin parçaları bol miktarda bulunmaktadır (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995).

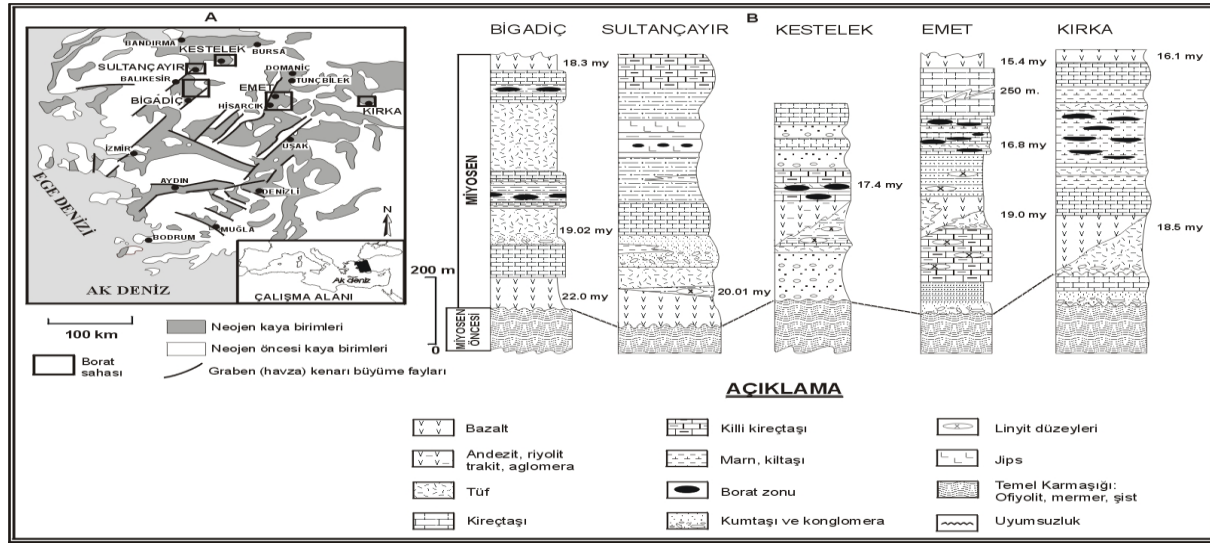
Borat yataklarının belirli düzeyde B_2O_3 , Na_2O ve MgO doygunluđuna ulařmıř dođal eriyiklerden řokelme ile oluřtuđu bilinmektedir. Yatakların oluřumlarının řođunlukla volkanik bōlgelerde bulunması ve yataklarda volkanik ūrūnlerin ūzellikle de tūf ara katkılarının ve ara katlarının fazla bulunuřu, bu yatakların volkanik buhar kōkenli řokeller olduđu, diđer bir deyiřle borat oluřumu için volkanizmanın gerekli olduđu ve bor getirmenin orta ve asidik volkanik ūrūnlere bađlı olduđu dūřūncesini akla getirmektedir (Helvacı 1995). Bu yatakların ūzellikle karasal alanlarda ve gōl fasiyesinde geliřmiř oldukları gōzlenmiřtir. Bu yatakların bulunduđu ardıllıklar kurak ya da yarı kurak iklim kořullarında ve ayrı ya da birbirleriyle bađlantılı havzalar ii gōllerde řokelmiřtir. Denizel kōkenli tuz yatakları içinde de borat oluřukları izlenmekle birlikte bu ortamlarda yatak oluřumu geliřmemiřtir (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995).

Yatakların oluřumunda, genç tektonik evrede geliřen būyūme fayları ve çatlaklar boyunca getirilen ve borik asit, Na ve Mg içeren eriyikler ile volkanik ve sismik yōnden diri alanlarda volkanik kōkenli çamur ve kūllerin tatlı ve acı sulu playa gōllerine buharlařma ile su dūzeyi azalan ve dōnemsel olarak kuruyabilen gōllere karıřma sūreci asıl belirleyicidir. Bu karıřma sonrasındaki kimyasal sūrelerle eriyikten yođunlařma yolu ile birincil ūrūn olarak řokelmiřtir. Őekil 2.2.



Őekil 2.2 Bor cevherinin oluřum sūreci (Helvacı 2005).

Kurak bölgelerde birikinti suları kuruması sonucunda yüzey sıvaması olarak oluşanlar ve tuz domları ile ilintili olanlar dışta tutulduğunda, önemli bor yatakları Tersiyer volkanizmanın egemen olduğu kurak alanlardaki kapalı birikinti göllerinde oluşmuştur. Bunun nedeni ise, borun kolay çözünebilir bir element olması sonucunda daha yaşlı volkanizma ürünlerinin korunmasının olanaksızlığıdır (Helvacı ve Alaca 1991). Ülkemizdeki borat yataklarının istifi Şekil 2.3'te verilmiştir



Şekil 2.3 Batı Anadolu neojen alanları ve borat yatakları (Helvacı 1995).

Borat yataklarında Ca, Na-Ca ve Na borat minerallerinin baskın oluşu bu bileşimdeki NaO/CaO değerinin bir veri olduğunun kanıtıdır. Bu değer, %5 olduğunda Ca borat minerallerinin, %5-95 arasında olduğunda Na-Ca borat minerallerinin ve >%95 olduğunda ise, Na borat mineral türlerinin oluşabildiği saptanmıştır (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995).

Bor yataklarının ilk oluşumlarının ertesinde, diyajenez evresinde yataklarda, örtü kalınlığına, yapısal süreçlere ve yeraltı suyuna bağlı olarak mineral dönüşümleri gerçekleşebilir. Bu süreçte daha çok su içeren bor mineralleri suyunu yitirerek aynı gruptan daha az su içeren minerallere dönüşebilir. Kırka yatağında borakstan tinkalkonitin ya da kernitin, Kestelek ve Bigadiç yataklarında ise üleksitten probertitin oluşması bu türe bir örnek oluşturmaktadır. Bu olay Ca boratlar için de söz konusudur (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995).

Borat yataklarındaki bor mineralleri ile yan kayaçlar -kil ve tüfler- arasında gelişen iyon değişimleri sonucunda bu evrede ikincil mineraller de oluşabilir. Örneğin, Emet ve Bigadiç yataklarında gözlenen hidroborasit, kolemanit ile Mg yoğun killerin tepkimesi sonucunda oluşmuştur (Yalçın ve Baysal 1991).

Ülkemiz yataklarında bu borat mineralleri dışında Mg boratlar ve çok az ölçüde Sr boratlar ve Emet yöresinde ise Ca-As borat varlığı söz konusudur. Borat yataklarında boratların yanı sıra kalsit, dolomit, anhidrit, jips, sölestin, realgar, orpiment, kalsit, kuvars, zeolit, çört ile kil mineralleri (montmorillonit, illit, klorit ve hektorit) gözlenir. Borun jeokimyasal çevrimine bakıldığında, kil minerallerinin (özellikle de illit ve smektitin) diğer silikatlara göre daha çok bor içerdiği bulunmuştur (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995).

2.2 Bilgisayar Destekli Tasarım

1960'ların başlangıcından itibaren tasarım işlemlerinde büyük yenilik yaratan bilgisayarlar tüm tasarım ofislerinde bulunmaya başlamıştır. Bunu izleyen yıllarda, bilgisayar programcılığı dillerinin, bilgi tabanlı sistemlerin, yapay zekânın ve birbiriyle ilişki kurabilen veri tabanı sistemlerinin gelişimiyle CAD de yeni teknolojik avantajlara sahip olmuştur. Bu yazılım avantajlarına ilişkili olarak, bilgisayar donanımlarının da maliyetinde düşüş, güçlerinde ise artış olmuştur (Türkel 2008).

Bilgisayar destekli işlemler endüstri pazarında tam anlamıyla 1980'lerde kullanılmaya başlanmış olup, ilk olarak katı modelleme teknikleri yaratılmıştır. Katı modeller en önemli iş olarak bilgisayarda görsel olarak nesneyi yüzeyleri, kenarları ve hacmiyle gerçekmiş gibi göstermeyi başarmıştır (Türkel 2008).

Tasarım işlemlerinde bilgisayarları aktif olarak kullanma süreci son yirmi yıllık bir döneme yayılmıştır. Bilgisayar donanım ve yazılımlarındaki her bir başarılı devrim, bilgisayar destekli tasarım işlemlerini daha da gelişmesini katkı sağlamıştır (Türkel 2008).

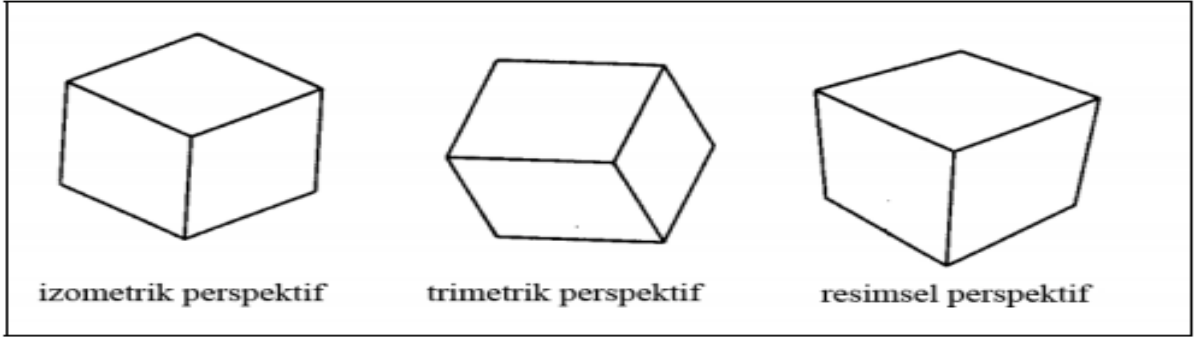
2.2.1 Bilgisayar destekli tasarım tekniği

Bilgisayar destekli tasarım tekniği çağımız koşullarında ürünlerin tasarımlarını yapmak ve geliştirmek için kullanılan önemli bir işlemdir. Bilgisayar Destekli Tasarım, üretilmesi düşünölen bir parçanın ortaya çıkarılmasında yardımcı olmak için bilgisayar yazılımlarının kullanılmasıdır (Türkel 2008).

Bilgisayar Destekli Tasarım ile kullanıcılar kurguladıkları tasarımlarını bilgisayar ortamlarında gerçekleştirebilirler. Tasarımcılar bunun sayesinde istedikleri işleri, hızlıca değiştirebilmekte ve gerekli olduğu zaman çıktılarını alabilmektedir. Fakat bilgisayarları daha önceden aktif bir şekilde kullanıyor olmak tasarımcının verileri hızlı bir şekilde girip üzerinde çalışabilmesi açısından ona hız kazandıracaktır. Yapılan tasarım çalışmaları tekrar tekrar düzeltilecek, çıktısı alınacak v.b. işlemlerden geçeceği için çalışmalarda iki önemli gereksinim vardır. Bunlar;

Donanım: Bilgisayar Destekli Tasarım yazılımlarının çalışması için gerekli parçalardan ibarettir. Bunlar bilgisayarı oluşturan ana parçaların (anakart, işlemci, sabit disk, v.s) yanında yazıcı, tarayıcı gibi çeşitli çevre birimlerdir. Yazılım: Bu kısım donanımı kontrol eden programların bütünüdür. İşletim sisteminin yanında Bilgisayar Destekli Tasarım için özel yazılımlar gereklidir. Örnek olarak çalışmada kullanacağımız Vulcan Madencilik Programı verilebilir (Türkel 2008).

Bilgisayarda yapılan çizim perspektiflerinde farklı görünömler elde edilebilir. Tasarım programlarının çoğunda üç tip izdüşümü olduğunu görölür. Bunlar; izometrik perspektif, trimetrik perspektif ve resimsel perspektif görünömlerdir. Bu perspektif görüntöler Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Her bir perspektifin kendi avantaj ve dezavantajları vardır.



Şekil 3.1 Perspektif görüntüler.

İzometrik görünüm bilgisayar destekli tasarımda standarttır. Üç köşenin toplamı 120° 'dir, Derinlik arttıkça izometrik görünümle ifade edilen objenin görünümünde de bozulmalar oluşur. Genelde trimetrik izdüşüm daha esnek öneriler sunar. Genişlik ve derinlik ölçüleri ufka doğru keyfi olarak tespit edilir. Resimsel perspektif veya basitçe perspektif görünümde çizgiler ufukla birleşircesine bir yön izlerler (Türkel 2008).

2.2.2 Madencilik yazılımları ve tarihçesi

Bilgisayar yardımıyla maden yatağının modellenmesi işlemi ilk defa 1960'ların başlarında kullanılmıştır. Madencilik Yazılımları ayrı ayrı kullanılırken, 1985 yılından itibaren sondaj veri tabanı, istatistik, jeostatistik, jeolojik modelleme, açık işletme sınırının bulunması, açık işletme dizaynı, yer altı dizaynı, maliyet analizleri gibi birçok yazılımların birleştirilmesiyle uzman yazılımlar haline gelmiştir (Çetiner 1991, Gülmez 2008). Bellek, işlem hızı ve kapasitesi, grafik kabiliyet gibi unsurlar devamlı olarak günümüze kadar geliştirilerek gelmiştir. İşletim sistemleri de geline donanımsal unsurlara ayak uydurarak sürekli kendini yenilemiş ve gelişmiştir. Madencilik için geliştirilmiş olan yazılımlar günümüzde, 90'lı yıllarda ilk kullanıldığı yıllardan çok daha iyi durumdadır. Yazılımsal ve donanımsal gelişmelerin yanı sıra kullanıcılardan gelen geri dönüşler de bu programların günümüzdeki gelişmiş seviyelerine ulaşmasında büyük katkı sağlamıştır. Bütün farklı maden yataklarının dizaynı günümüzde yapılabilmektedir. Bununla birlikte cevher zenginleştirme ve hazırlama işlemlerinin de bilgisayarda modellemesini yapan programlar da mevcuttur.

Dünyada en çok kullanılan madencilik programları; MineSuite, Net/promine, Datamine, Vulcan, Lynx, Microlynx, Medsystem, PC Mine, Carlson, Earthworks, Surpac, Gemcom,

Micromine, MinCom, MineMap, Minex, Mintec, Rockmate, Runge Mining, Techbase, Rock Works, Whittle Programming olarak anılabılır.

2.2.3 Bilgisayar destekli tasarım ile madencilik planlaması

Bilgisayar destekli maden tasarımı programları, çalışma yapılacak sahaya ait verileri bir araya getirilerek bu verilerin hızlı ve görsel olarak yorumlanmasına olanak sağlamaktadır. Arazi yapısı, jeolojik yapı, üretim, örtü kazı, patlatma, hazırlık, nakliyat rezerv hesabı ve havalandırma gibi önemli madencilik konularına yönelik çalışmalarda modellerin oluşturulması bu tür yazılımların sağladığı en önemli kolaylıklardan biridir. Modellerin madencilik faaliyetlerinin her zaman diliminde düzeltilebilmesi, değiştirilebilmesi, mevcut durumun ve gelecek durumun ön izlenmesi açısından çok önemlidir.

Madencilik projeleri esnasında yapılan iki boyutlu çizimler, çıkarılan kesitler ve buna benzer planların yapılması maden yatağının güvenilir bir şekilde temsil edilmesine izin vermemektedir (Jiang 1998, Gülmez 2008). Madencilikte bilgisayar kullanımında yapılan hesaplama ve çizimlerde ise hata minimuma yakındır. Diğer yandan, madencilik sektöründe bilgisayar kullanımı, geleneksel metodlarla yapılan hesaplamalara göre daha hızlı ve daha doğru sonuçlar vermektedir. Maden işletme projesinin bilgisayarda modellenmesi ve üretim planlamasının buna göre yapılması hem işlemlerin hızlı olmasını hem de yeni verilerin sisteme girilerek projenin güncel kalması sağlanabilmektedir (Açan 2013).

Maden işletme projelerinin bilgisayarda modellenmesinde, genellikle sıralanan işlemler gerçekleştirilmektedir: Eşyüksekti eğrilerinin çizilmesi ve topoğrafyanın modellenmesi. (DTM ile), Sondaj verileri ile mevcut cevherin modellenmesi, rezervin hesaplanması, işletme yönteminin planlaması, cevherin 3 boyutlu tasarımı, verilerin güncellenmesi ve geliştirilmesi.

Madencilik faaliyetlerinin planlamasında öncelikle cevher yatağının rezervinin kalite ve miktar olarak bilinmesi gerekir. Günümüzde cevher yatağının 3 boyutlu modelinin oluşturulmasıyla cevher yatağının rezervi, kalite ve miktar olarak hesaplanabilmektedir (Açan 2013).

2.3 Konu ile ilgili daha önceki çalışmalar

Sahada önceden yapılan çalışmalar saha jeolojisi ve 3 Boyutlu modelleme ile ilgili çalışmalar olarak incelenmiştir. Çalışılacak sahada daha önce Saha Jeolojisi ve 3 Boyutlu modelleme işleminin beraber kullanılmasıyla ortaya çıkan bir çalışma bulunmamaktadır.

2.3.1 Saha Jeolojisi ile ilgili yapılan çalışmalar

Bigadiç bor yatakları 1950-1952 yılları arasında Muharrem Girgin ve Dr. Hüsamettin Yakal tarafından bulunmuştur. Çalışma alanını içine alan bölge bu tarihten sonra ilgi odağı olmuş, jeolojik ve mineralojik amaçlı birçok tez ve bilimsel çalışma yapılmıştır. Doğrudan Bigadiç borat cevherleşmeleri ve bunlarla ilgili mineralojik incelemelerin en eskileri Meixner (1952, 1953, 1956) ve Helke (1955)'ye aittir.

Bölgenin jeolojisi ve mineralojisi ile ilgili çalışmalar daha sonra, Alaca ve Helvacı tarafından 1991 yılında "Bigadiç Borat Yatakları Çevresinin Jeolojisi ve Mineralojisi" çalışması ile bölge jeolojisi detaylandırılmıştır. Bu çalışma sonucu ortaya konulan stratigrafik kesit günümüzde halen geçerliliğini sürdürmektedir. Bu kesite göre Bigadiç volkano-sedimanter havzasında Miyosen yaşlı birimler Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı temeli kayaçtan üzerine uyumsuzlukla gelmektedir.

Miyosen yaşlı birimler taban volkaniti birimi ile başlar, üzerine sırasıyla taban kireçtaşı birimi, alt tuf birimi, alt boratlı birim, üst tuf birimi, üst boratlı birim ve bazalt gelmektedir. Miyosen yaşlı birimler üzerine genç tortullar ve Kuvaterner yaşlı Alüvyonlar uyumsuz olarak gelmektedir. Yukarıda belirtilen çalışmaya göre Bigadiç borat yataklarının mineralojik olarak Ca-borat yatağı olduğu ifade edilmektedir.

Bigadiç borat yatağının oluşum koşulları ve kökenine ilişkin önemli verilerin sağlanması amacıyla duraylı izotopların izlenmesi çalışmaları Palmer ve Helvacı tarafından 1997 de yapılmıştır. Araştırmacılar bu amaçla borat mineralinde B ve Sr izotop analizlerini yapmışlardır. Bigadiç borat yatağının oluşum koşulları ve kökeni üzerine oksijen ve hidrojen izotop verileri ile sınırlamalar getiren ilk çalışma "Bor Minerallerinin Duraylı İzotop

Jeokimyası: Bigadiç (Balıkesir) Borat Yatağından Bir Örnek” adı altında Öztürk vd. (2014), tarafından yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda Bigadiç borat yatağının oluşumunda, buharlaşma süresince etkin meteorik su girişinin olduğu saptanmıştır.

Bigadiç bor madenlerini inceleyen Yılmaz vd. (1982), istifi yaşlıdan gence doğru; taban volkanitleri, alt kireçtaşları, alt tuf, alt borat zonu, üst tuf, üst borat zonu ve olivin bazalt şeklinde tanımlanmışlardır. Buradaki alt ve üst borat seviyelerinin kuru iklim şartlarında lokal volkanik aktivitelerle birlikte, hidrotermal kaynaklarla beslenen göl ortamı çökelimleri olduğu bu incelemede vurgulanmıştır.

Floyd vd. (1997), çalışmalarında Kırka borat yataklarıyla bölgedeki ignimbiritler arasında bir ilişki kurmuşlardır. Buradaki borat yataklanmasında hidrotermal çözeltilerin katkısına ilaveten “verimli ignimbirit ”olarak tanımlanan volkanitlerin yıkanmasıyla ortama bor sağladığı açıklanmıştır. Ayrıca Orta Anadolu’nun bor’suz olduğu için “verimsiz ignimbirit” olarak tanımlanan volkanitleri ve dünya’daki benzer borat yataklarıyla karşılaştırmalar da yapılmıştır.

2.3.2 3 Boyutlu modelleme ile ilgili yapılan çalışmalar

Sides (1997) tarafından yapılan, madencilikte tahmin için maden yataklarının jeolojik modellenmesi konulu çalışmada, maden yataklarının doğru ve eksiksiz değerlendirilebilmesi için kullanılmakta olan jeolojik ve üç boyutlu bilgisayarlı modelleme teknikleri incelenmiştir. Üç boyutlu modelleme teknikleri tarihsel gelişimi irdelenerek, söz konusu teknikler farklı açılardan değerlendirilmiştir. Özellikle üç boyutlu modelleme teknikleri sınıflandırılarak, sınıflara dahil edilen metotlar kısaca anlatılmıştır. Söz konusu çalışma ile güncel çalışma alanlarının günümüz madenciliğine katkıları ve teknik anlamda modelleme yöntemlerinin geliştirilebilirliği daha önce yapılmış çalışmalarla da desteklenmiştir.

Lemon ve Jones (2003) tarafından yapılan, sondaj bilgilerinden ve kullanıcı tanımlı kesitlerden katı model oluşturma konulu çalışmada, sondaj verilerinden yatağın katı modelini elde etmeye yönelik modelleme tekniğinin metodolojisi anlatılmıştır. Bu araştırma

çerçevesinde, jeolojik model oluşturmak için önce yüzeyler daha sonra da bu yüzeylerin interpolasyonu ile katmanlar elde edilmektedir. Çalışmada bahsedilen yöntem, ayrıntılı olarak farklı aşamaları içeren başlıklar halinde sunulmuştur. Bu yeni yöntem yer altı suyu modellemesinde kullanılacak uygulamalar için oluşturulmuş olup, anlatılan metodun alüvyal sistemlere ideal bir şekilde uygunluk gösterdiği belirtilmektedir.

Selimoğlu (2004) tarafından yapılan, bilgisayar destekli entegre açık işletme tasarımı ve planlaması konulu çalışmada açık işletme planlaması ve takip ettiği aşamalar anlatılmış, açık işletme sınırının belirlenmesinde uygulanan algoritmalar karşılaştırılarak Eti Bor Kestelek Açık İşletme sahasının tasarımı ve planlaması yapılmıştır.

Yünsel (2007) tarafından yapılan, maden yataklarının jeoistatistiksel yöntemlerle analizi ve modellenmesi konulu çalışmasında, klasik istatistik, kriging ve ardışık Gauss simülasyonu içeren jeoistatistiksel yöntemler kullanılarak Tufanbeyli (Adana) ve Çayırhan (Ankara) linyit yataklarının kalite parametrelerini modellenmiştir. İncelenen sahaların rezervleri adı geçen modern jeoistatistik yöntemlerle tahmin edilmeye çalışılmıştır. Her iki saha için kalite ve rezerv özelliklerinin tahmin edilmesinin yanı sıra yapısal ve kimyasal değişim modellenmiştir. Çalışmada söz konusu irdeleme yöntemlerinin, kömür başta olmak üzere diğer maden yataklarına uygulanabilirliğine dikkat çekilmektedir.

Alkan (2007) tarafından yapılan jeoistatistik ve bulanık mantık yaklaşımlar ile Adana çimento hammadde sahasının değerlendirilmesi konulu çalışmasında, sondaj bilgileri uygun veri dosyaları haline getirerek çeşitli kestirim yöntemleri kullanılmış ve Adana çimento hammadde sahası modellenmiştir. Rezerv hesaplanırken poligon, kriging ve mamdani tipi bulanık modelleme yöntemleri ilgili sahaya uygulanmıştır. Söz konusu tekniklerden elde edilen sonuçlar metod bazında birbirleri ile kıyaslanırken, daha önce yapılan etüt çalışması sonuçları ile de karşılaştırılmıştır.

Göksüner (2010) tarafından yapılan bilgisayar destekli maden işletme tasarımının kalker ocaklarına uygulanması konulu çalışmada, kalker sahasına ait sondajlardan oluşturulan analiz verileri ile bilgisayar programında sahada bulunan cevhere ait variogram modeller oluşturulmuş, oluşturulan variogram modeller sayesinde edinilen bilgiler ile sahanın

jeostatistiği yapılmıştır. Jeostatistik işlemleri sonucunda blok model oluşturulmuş, açık işletmenin ocak tasarımı yapılmış ve ardından üretim planlamasına geğilmiştir.

Kıvrak (2011) tarafından yapılan, Himmetoğlu (Bolu-Göynük) linyit sahasının jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi konulu yüksek lisans tezi çalışmasında, Himmetoğlu Linyit Sahası'nın jeostatistiksel bir incelemesi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla mevcut sondaj verileri kullanarak A, B ve K panolarının katı modellerini oluşturulmuştur. A panosu 50 m x 50 m x 2 m boyutlarındaki bloklara bölünmüş ve ortalamasız kriging yöntemi kullanarak her bir bloğun ısı değer, nem, kül içeriklerini tahmin etmiştiri. Kestirim ve benzetim sonuçları kalite/tonaj eğerlerinin üretilmesi için kullanılmış ve bu eğerlerdeki belirsizlik değerlendirilmiştir.

Dautov (2012) tarafından yapılan Konya-Ilgın Çavuşçu linyit sahasının bilgisayar destekli tasarımı ve planlaması konulu çalışmasında, Konya-Ilgın linyit ocağının Micromine 11.0 programı ile modellenmesi, rezerv hesaplamaları, açık işletme dizaynı yapılarak uygun işletme ve üretim yöntemine karar verme aşamaları sunulmaya çalışılmıştır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu kapsamda bor havzasına ait konum, jeoloji, mineroloji, damar yapısı, havzanın mekaniksel özellikleri, çalışma yöntemleri ve tenörü ile ilgili bilgileri verilerek gerekli hesaplamalar ve modellemeler yapılmıştır. Modelleme işleminde birbirinden farklı birçok teknik bulunmaktadır. Bu tekniklerin uygulanma yöntemleri farklı olmasına karşın aynı işlemi yaptığı bilinmektedir. Bu konuda belirli bir standart yoktur. Katı modelleme işleminde kullanılacak olan modelleme tekniğinin seçiminde, maden yatağında bulunan cevherin tipi, cevherin yataklanma türü, çalışma arazisinin jeolojisi, sondaj planlamaları gibi birçok parametre göz önünde bulundurulmalıdır. Ancak bu parametreler değerlendirildikten sonra doğru ve güvenilir bir şekilde katı modelleme işlemi yapılabilir. Bu kapsamda katı modelleme işleminde sondajlar temel alınarak bir veri tabanı oluşturulmuş, bu veri tabanından da faydalanarak 'yüzeyler arası katı model' ve 'kesitlerden katı model' yöntemleri kullanılarak katı modeller oluşturulmuş ve saha için kıyaslanmıştır. Saha topoğrafyasının modellenmesi sayısal topoğrafya verilerinin programın veri tabanına aktarılarak 3 boyutlu olarak modellenmesi ile elde edilmiştir.

Rezerv hesap işleminde de iki farklı yöntem kullanılarak rezerv hesabı karşılaştırılmış ve uygun olan yöntem dikkate alınmıştır. İlk yöntem olan yüzey modelleme, ocak yüzeyleri geleneksel interpolasyon yöntemi olan üçgenleme yöntemi kullanılarak yüzey modelleme işlemi yapılmış, modellemesi yapılan yüzeylerden DTM (Digital Terrain Modelling) modülü ile hacim hesabı yapılmıştır. Diğer yöntem olan katı modelden hacim hesabı yapılmasında ise 50 metre aralıklar ile en kesitler alınmış ve bu enkesitlerin birleştirilmesi sonucunda katı model oluşturulmuştur. Kullanılan iki farklı yöntemim birbiriyle kıyaslaması yapılmıştır.

Cevher katı modelleri Vulcan Programı yardımıyla modellenmiş ve sahanın topoğrafyası bilgisayar ekranında ön izlenmiştir. Çalışma sahası volkano-sedimanter bir oluşuma sahip olmasından ve herhangi bir fay, antiklinal, senklinal yapı görülmediğinden, tenör ve diğer empurite değerlerinin homojen dağılım göstermektedir. Bu nedenle sondajların kompozitlenerek blok modelden rezerv hesabına ve variogram analizlerine gerek görülmemiştir.

Açık ocak planlamasının revizyonu için sahada daha önce yapılmış olan sondaj çalışmalarında cevher doğrultusunun K20D eğiminin 7°-20°GD olduğu saptanmıştır. Bölgenin doğu tarafına gidildikçe yükseltinin artması ve cevherin derinlere dalımının örtü kazı oranını arttıracak, batı ve güney doğrultusunda ise cevher rezervinin bulunmadığı için ocağın genişletme işleminin KD tarafına doğru yapılması daha uygun görülmüştür.

Ercanoğlu vd. (2016)'da yaptığı çalışmaların verileri üzerine hesaplamalar yapılarak alt boratlı zon ve zeolitik tüf zonu için ayrı ayrı basamak genişlikleri hesaplanmış, bu veriler yardımıyla ocak sınırındaki cevherin tamamını alabilmek için ocak tabanından, mevcut ocak kotunu takip ederek ocak sınırı belirlenmiş ve topoğrafyaya doğru basamaklar oluşturularak ocak sınırı geçmeyecek şekilde yol faktörünü de göz önünde bulundurularak temsili açık ocak projesi çizilmiştir. Bu proje kapsamında alınacak cevher hesaplanmış, ocağın yapısı ve dekapaj miktarı göz önünde bulundurularak makine ekipman seçimi için hesaplamalar yapılmıştır.

3.1 Çalışılacak Saha İle İlgili Genel Bilgiler

Bu bölümde; modellemede göz önünde bulundurulması gereken, bor havzasına ait bilgiler verilmiştir:

- Genel Coğrafik Konum ve Arazi Koşulları
- Havzanın Jeolojisi
- Havzanın Yapısal Jeolojisi
- Havzanın Mineralojisi
- Çalışılacak Bor Cevherinin Damar Yapısı
- Örtü ve Cevherin Kaya Mekaniksel Özellikleri
- Açık Ocakta Uygulanan Çalışma Yöntemleri
- Tenör Dağılımı

3.1.1 Genel coğrafik konum ve arazi koşulları

Coğrafi konum olarak Marmara Bölgesi'nin güneyinde, Ege Bölgesi'nin kuzeyinde yer aldığından iki bölge ikliminden de etkilenmektedir. Kışları soğuk ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçer, işletme faaliyetleri Ocak, Şubat ve Mart aylarında güçleşir.

Yörede; yükseklikleri fazla olmayan (250 - 300 m) tepe ve sırtlar yer almakta, bitki örtüsü çok sık olmamakla beraber çoğu çalılık, fundalık, bodur çam ve meşelerle kaplıdır. Sahanın genel görünümü Şekil 3.2'de görülmektedir.

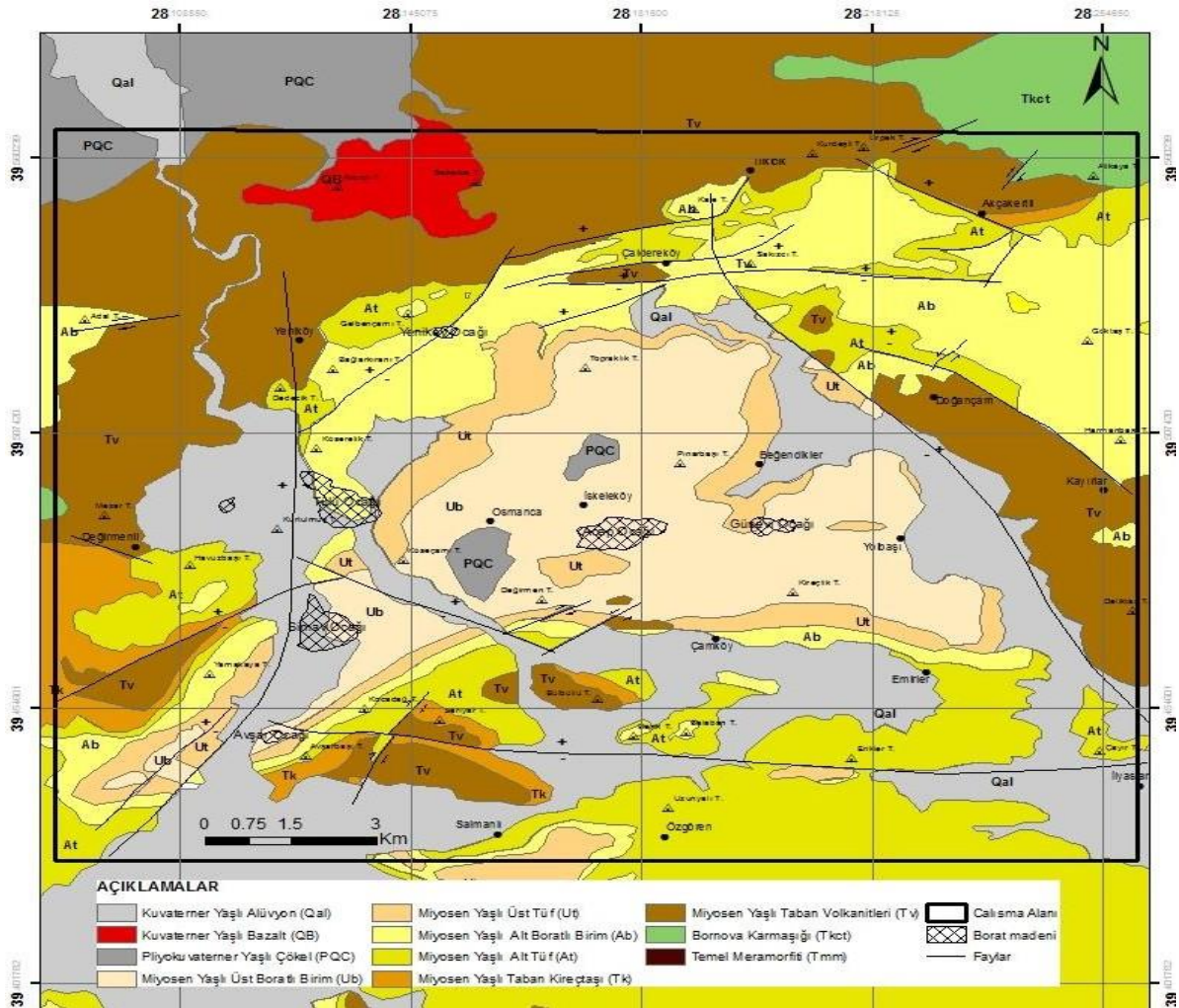


Şekil 3.2 Açık ocak sahasının genel görünümü.

3.1.2 Havzanın jeolojisi

Çalışılacak sahasında bulunan birimleri şist ve mermerlerden oluşan Paleozoyik yaşlı Menderes Masifi ile Mesozoyik yaşlı ofiyolit, radyolarit, kumtaşı ve kireçtaşı içeren Bornova Karmaşığı oluşturur. İçerisinde Paleozoyik yaşlı birimler gözlenememekte ve Bornova Karmaşığına ait birimler temel kayası olarak karşımıza çıkmaktadır. Mesozoyik yaşlı birimler üzerine uyumsuzlukla Senozoyik yaşlı birimler gelmektedir. Senozoyik yaşlı birimleri yaşlı

birimden genç birime doğru; bazalt, andezit trakiandezit, tuf ve aglomeradan oluşan taban volkanit birimi, kiltası, kireçtaşı, marn ve dolomitlerden oluşan taban kireçtaşı birimi, alt tuf birimi, alt boratlı zon, üst tuf birimi, üst boratlı zon, bazaltlardan oluşan Dededağ formasyonu ile bu birimleri örtü şeklinde üstleyen Kuvaterner yaşlı kiltası, kumtaşı, konglomeradan oluşan genç tortullar ve alüvyon olarak belirlenmiştir (Palmer ve Helvacı 1997). Havzanın jeolojisi Şekil 3.3' te görülmektedir.



Şekil 3.3 Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası (Helvacı 1995).

- **Bornova karmaşığı**

Çalışma alanının kuzeydoğu kesimlerinde gözlenen birim, türbiditik matriks içerisindeki radyolarit, kumtaşı, spilitik volkanitler, peridotit ve kireçtaşı bloklarından oluşan birimdir (ÇŞB 2014). Birim içerisinde yer alan peridotitler büyük ölçüde serpantinleşmiş olup genel olarak açık ve koyu yeşil renklere görülen bu kayalarda talklaşma gözlenmektedir.

Kireçtaşları koyu gri, yer yer siyaha yakın renklerde olup, kırık ve çatlaklıdır. Radyolarit, küresel radiolarya kırıntıları kapsamakta olup bağlayıcı maddesi kriptokristalin kuvars ve limonittir. Kumtaşı gri ve yeşilimsi renklerde olup kuvars, feldspat, muskovit, kalsit ve opak mineraller içermektedir. Spilitik volkanitlerin taze yüzeyleri kahverengimsi sarı, ayrışmış yüzeyleri yeşilimsi siyah renklidir. Porfirik doku sunan bu kayalar orta dayanımlı, çatlaklı olup yer yer ince ve kalın kuvars damarları tarafından kesilmiştir. Taze yüzeylerinde küçük ölçekli piritleşmeler içermekte olup etkin bir limonitleşme ve kloritleşme görülmektedir. Kalınlığının 1000 metreden fazla olduğu tahmin edilen birimin yaşı Üst Kretase-Paleosendir (ÇŞB 2014)

- **Taban volkanit birimi**

Çalışma alanında Alt Miyosen yaşlı Dedetepe formasyonu olarak adlandırılan birimi; dasit, riyodasit, riyolit, tuf ve aglomeradan oluşmaktadır. Formasyonun alt kısmında kahve renkli, pembe, gri yer yer altere olmuş dasit, riyolit, riyodasit ve aglomeralar yer alırken, üste doğru tüfler egemen olur. Tüfler yeşil ve açık gri renkli olup, bazı kesimlerde açık yeşil ve gri renkli aglomera egemendir. Bu birimi çakıl, blok ve iri blok boyutlarına sahip gri-beyaz renkli çimentolu kayaçların oluşturduğu taban volkanoklastiti takip eder (Baysal 1985). Çalışma alanındaki volkanitleri oluşturan birimlerde belirgin akma yapısı gösterdiği gözlemlenmiş olup, özellikle dasitler, kuvars, feldspat, mika ve amfibol mineralleri içermektedir. Önceki çalışmalarda yapılan mineralojik değerlendirmelerde, akma yapısının yanı sıra hiyalopilitik doku da gösterdiği, camsı hamur içinde yüzen feldspat, biyotit, kuvars ve az oranda hornblend mikrolitleri bulunduğu belirtilmektedir (ÇŞB 2014). Yapılan değerlendirmelerde, birimin kalınlığı yaklaşık 250 metre civarında olup çalışma alanında kuzey ve kuzeybatı kesimlerinde yaygın olarak gözlenmektedir.

- **Taban kireçtaşı birimi**

Alt Miyosen yaşlı taban volkanitleri üzerine, taban kireçtaşı karbonat kayaçlardan ve tüfitlerden oluşan birim gelmektedir. Genel olarak dolomitik karakterde kayaçların ağırlıklı olduğu bu birim üst kesimlerinde gösel fasiyesteki alt tuf birimine geçmektedir (Baysal 1985). Beyaz, sarımsı beyaz, yeşil, krem ve bej renkli ince katmanlı ve laminalı, killi marn,

kireçtaşı, kilitaşı, dolomit ve tüflerden oluşan birim çalışma alanı içinde k c k tepelerde gözlenir. Birim, genel olarak ince tabakalı olup bol çatlaklı ve kırıklı bir yapıya sahiptir. Tabaka kalınlıkları 5-50 cm arasında değişmekte olup yer yer kil ve kalsit dolguludur. Alt t f birimi ise birbiri yanal geçiş gösteren g lssel t f ve karasal t fden oluşmaktadır. Karasal t f alt kesimlerinde yeşilimsi gri ve sarı, üst kesimlerinde yeşil ve kırmızı renktedir. G lssel t f altta koyu gri renkte iri taneli olup üstte krem beyaz renkli ince tanelerden oluşmaktadır. Bu birimin yaşı önceki çalışmalara ışığında Alt Miyosen olarak öngörülmüştür (Baysal 1985). Çalışma alanında alanın güney kesimlerinde çok k c k alanlarda ve batı kesimlerinde gözlenmektedir. Proje alanındaki taban kireçtaşının kalınlığının 50-90 m arasında değiştiği belirtilmektedir.

- **Alt t f birimi**

Alt t f birimi birbiri ile yanal geçiş gösteren g lssel t f ve karasal t fden oluşmaktadır. Karasal t f alt kesimlerinde yeşilimsi gri ve sarı, üst kesimlerinde yeşil ve kırmızı renktedir. G lssel t f altta koyu gri renkte iri taneli olup üstte krem beyaz renkli ince tanelerden oluşmaktadır. Bu birimin yaşı kesin olmamakla birlikte Alt Miyosen olarak düşünülmüştür (Baysal 1985). Çalışma alanında genel olarak sarımsı beyaz, koyu gri renkli olan birim, g lssel alanlar çevresindeki aktif volkanizmaya bağlı olarak oluştuğu belirtilmektedir (şB 2014). Birimin g lssel fasiyesteki örneklerinin taze yüzeyleri koyu gri renkte olup, biyotit, feldspat ve kuvars yaygın olarak izlenmektedir. G lssel fasiyesteki tüfler zeolit mineralleri (klinoptilolit ve hoylandit) içermekte olup, andezitik kristal t f olarak tanımlanmıştır. Kayacın bağlayıcı malzemesi k l boyutundaki volkanik bileşenler ile daha az bulunan plajiyoklaz mikrolitlerinden oluşmuştur (şB 2014). Birimin yaklaşık kalınlığı 150 metre civarında olup yaşı Orta Miyosen olarak tanımlanmıştır. Çalışma alanında kuzey ve kuzeybatı kesimlerinde yaygın olarak izlenmektedir.

- **Alt boratlı zon**

Çalışılan saha bu zonda bulunmaktadır. Alt t f birimi üzerine gelen ve çalışma alanında bulunan yeniköy kireçtaşı  yesi olarak tanımlanan birim, sarımsı beyaz renkli, orta iyi pekişmiş, ince orta katmanlı ve laminalı bir yapı sunmaktadır.

Alt seviyelerinde borat katmanları içeren birim, kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn, kiltası, çamurtaşı ve tuf araldanmasından oluşur (Helvacı 1995). Birim tabanda ince tabakalı yer yer laminalı marn-kireçtaşı- tuf araldanmasıyla başlar. Bu araldanma üzerine kalınlığı 0,20-76,00 m arasında değişen cevher zonu gelmektedir (Koçak 2009). Çalışma alanında boratlı zonu içeren birimin litolojik özelliklerine tabanda itibaren bakıldığında, ince tabakalı yer yer laminalı marn-kireçtaşı-tuf araldanmasıyla başlayıp, üzerine boratlarla birlikte gri renkli tuf, plaketli kiltası-kireçtaşı araldanması ve ince tabakalı kireçtaşı, kiltası arabantlı seviye gelmektedir. Bu seviye üzerinde laminalı kahverengi kiltası, grimsi beyaz renkli kireçtaşı araldanması yer almaktadır (ÇŞB 2014). Tüfler birim içinde ara katkı ve ara katman olarak gözlenir. Birimin yaşı Üst Miyosen yaşı tanımlanmış olup yaklaşık kalınlığı 130 m'dir ve alanının kuzey kesimlerinde yaygın olarak gözlenmektedir.

- **Üst tuf birimi**

Çalışma alanında Beğendikler Tuf üyesi olarak tanımlanan birim, tabanda kaba taneli tüflerle başlar, üst seviyelere doğru taze yüzeyleri açık gri renkli olan makroskobik olarak hiçbir minerali tanınamayan, hafif oluşları ve konkoidal kırılmaları tipik olan ince taneli tüfler ile devam eder. Kaba taneli tüfler sarımsı yeşil renkleriyle karakteristik olup, koyu yeşil renkli pomza parçaları içermeleri ve buna bağlı olarak gelişen gözenekli yapıları ile tipiktir (ÇŞB 2014). Kaba taneli tüflerde iki veya üç yönde izlenebilen çatlak sistemleri iyi gelişmiş olup, bu yüzeyler demir oksitli suların dolaşımı sonucunda kırmızımsı kahverengiye boyanmış olarak görülürler (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995). Bu tüflerde yapılan petrografik incelemelerde önemli oranda pomza, hoylandit, klinoptilolit ve analsim, az miktarda sanidin, kuvars, plajiyoklaz ve biyotit içerdiği belirtilmektedir. Lifsi yapılı pomzalar kayacda gelişigüzel dağılmışlardır. Bu birimin bazı seviyeleri hoylandit ve klinoptilolit gibi zeolit mineralleri yönünden oldukça baskındır. Birimin yaklaşık kalınlığı 410 m civarında olup yaşı Üst Miyosen olarak belirtilmektedir. Birim genel olarak mostra verdiği düşük topoğrafik alanlarda kendini göstermektedir.

- **Üst boratlı zon**

Üst borat birimi olarak tanımlanan birim çalışma alanında İskele Kireçtaşı üyesi olarak tanımlanmaktadır (ÇŞB 2014). Orta kesimlerinde borat katmanları içeren birim, kireçtaşı, kilitaşı, killi kireçtaşı, marn ve tuf ar dalanmasından oluşmaktadır. Tabanda ince katmanlı tuf bantlı kilitaşı-kireçtaşı-marn ar dalanmasıyla başlar, üzerine sabunsu plaketli kilitaşı ve boratlı seviye ile devam eder (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995). Bu seviye üzerine ise kırmızımsı kahverengi laminalı kilitaşı, daha üst seviyede ise orta katmanlı tuf ve kireçtaşı bantlı kilitaşı-kireçtaşı ar dalanması gelir. En üst seviyelerde yer yer çört bantlı kalın katmanlı kireçtaşı ile son bulur. Birim içindeki kireçtaşının rengi beyazımsı krem renklidir. Tabaka kalınlıkları 0,2-40 cm arasındadır. Marn sarımsı krem renkli ve ince tabakalıdır. Tüflerin rengi ise alterasyondan dolayı sarımsı yeşil olup orta katmanlıdır. Makroskobik olarak biyotit ve feldspat mineralleri görülür. Kalınlıkları fazla olmamakla birlikte yersel olarak 3-50 m'ye kadar ulaştığı kesimler gözlenir.

Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı birimin kalınlığı 20-110 m arasında değişmektedir. Çalışma alanında Karşaküstü Tepe, Yarbaşı kayası Tepe, Emirçam Tepe, Pınarbaşı Tepe, Karabağlar Tepe, Köseçamı Tepe, İskeleköy Beldesi, Boz Tepe, Sarılarinyanık Tepe, Danaağıl Tepe, Kireçlik Tepe ve Hola Tepede izlenmektedir. Üst borat zonundaki cevher zonu kalınlığı 0,10-80,00 m arasındadır (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995).

- **Bazalt**

Çalışma alanında Dededağı bazaltı olarak adlandırılan birim, siyah ve grimsi siyah renkli ve kendisinden daha yaşlı olan tüm birimleri kesmiştir. Bazalt feldspat mikrolitlerinin gelişigüzel dağılımı ile ofitik yapı göstermekte olup, feldspat kristalleri arasında ojit ve olivin kristalleri görülmüştür (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995, Koçak 2009, ÇŞB 2014). Çalışma alanının kuzeyinde gözlenmektedir.

- **Genç Tortullar**

Genç tortullar tabanda çakıllarını kireçtaşının oluşturduğu konglomera ile başlayıp sırasıyla kiltası, kumtaşı ve çakıltası bantlı silttaşı gelir. Birimin kalınlığı 3-180 m arasında değişmektedir (Helvacı ve Alaca 1991, Helvacı 1995).

- **Alüvyon**

Kuvaterner yaşlı birimleri, çalışma alanı ve çevresindeki temel kayaların ve Neojen yaşlı birimlerin ayrışması ile oluşmuş çakıl, kum ve killerden oluşmaktadır. Alüvyonun çalışma alanındaki kalınlığı 70 metreyi bulmaktadır. Havzanın bütün yapıları gösteren kolon kesiti Şekil 3.5'te görülebilir.

3.1.3 Havzanın yapısal jeolojisi

Çalışma alanında yapısal özellikler olarak tabakalanma, kıvrımlanma, faylanma olarak karşımıza çıkmaktadır. Bölgede yaygın gözlenen kireçtaşları, killi kireçtaşı, marn ve tuf ardaşmasında oluşan birimlerde K 80 D / 7 KB ve K 72 D / 15 GD konumlu tabakalanmalar görülmektedir (ÇŞB, 2014). Tabaka kalınlıkları ortalama 0,2-40 cm arasındadır. Yersel olarak marnlarda 10 m'ye kadar ulaştığı kesimler gözlenmektedir. Sahadaki kıvrımlanmalar Şekil 3.4'te izlenebilir.



Şekil 3.4 Sahadaki senklinal ve antiklinaller (Ceryan et al. 2013).

JEOLOJİK ZAMAN		S E N O Z O Y I K				LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	
		ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT			
S E N O Z O Y I K	KUVATERNER				0-70	Çakıl, kum ve silt	ALÜVYON	
					50-180	Kiltaşı Kumtaşı Konglomera	GENÇ TORTULLAR	
	NEOJEN	ÜST MİYOSEN	GEÇ PANNONİYE	ALT PON	20-110	BAZALT	Boratlı Zon, kiltaşı, marn kireçtaşı, tuf	ÜST BORATLI BİRİM
					Cevher Zonu 0.10-80			
					90-410	İnce taneli tuf Kaba taneli tuf	ÜST TUF BİRİMİ	
					60-350			
					35-130	Boratlı Zon, marn, kiltaşı, killi kireçtaşı, çamurtaşı, tuf	ALT BORATLI BİRİM	
					Cevher Zonu 0.20-76			
	100-150	alg:gösel alt tuf alk:karasal alt tuf alkk:kömürlü fasiyes	ALT TUF BİRİMİ					
	ALT MİYOSEN				50-90	Kireçtaşı, kiltaşı, tuf, marn, dolomit	TABAN KİREÇTAŞI BİRİMİ	
250 +					Bazalt, andezit, traki-andezit, trakit, dasit, tuf, aglomera	TABAN VOLKANİTİ BİRİMİ		
MESO					O fiyolit, kireçtaşı, radyolarit, kumtaşı	TEMEL KAYALAR		
PALEO					Şist, mermer			

Şekil 3.5 Çalışma bölgesinin kolon kesiti (Helvacı ve Alaca 1991).

Diğer bir yapısal özellik olan kıvrımlanma ise gölet alanında belirgin bir senklinal şekilde asimetrik kıvrımlanma yer almaktadır. Senklinal taban eksenini K 68 D gidişlidir. Tepeye doğru

senklinal, K 60 D gidişli bir antiklinale dönmektedir (ÇŞB 2014). Çalışma alanında volkanik kayaların sınırlarında ve alüvyal alanların oluşmasında faylanmaların önemli rol oynadığı düşünülmektedir. Çalışma alanının batısında ve güneybatısında düşey atımlı tali fayların varlığı ortaya konulmuştur (ÇŞB 2014, Helvacı 1995).

3.1.4 Havzanın mineralojisi

Bölgedeki yataklarda alt ve üst borat zonlarına ait cevherleşmeler benzer litolojiler içerisinde ardışıklı olarak yer almaktadır çeşitli kalınlıktaki seviyelerde ve daha çok mercekler halindeki oluşumlarda hakim mineral olarak kolemanit ve üleksit belirlenmiştir. Parajenezde alt boratlı zonda havlit, probertit ve hidroborasit; üst boratlı zonda meyerhofferit, pandemit, probertit, tunelit, hidroborasit ve inyoit minerallerinin çok azda olsa varlığına işaret edilmiştir (Helvacı 1983).

3.1.5 Çalışılacak bor cevherinin damar yapısı

Çalışma sahası alt borat zonunda bulunup, 4 ana kolemanit damarından oluşmaktadır. Bu cevher damarları oluşumuna göre gençten yaşlıya doğru (üstten alta doğru); yumrulu, ışınal ve kristal yapıya sahiptir. Çalışmada damarlar Çizelge 3.1’de görüldüğü gibi adlandırılmıştır.

Çizelge 3.1 Bor Cevherinin Damar Yapısı.

Damar No	Cevher Cinsi	Kalınlık (m.)
1	Kolemanit ‘Yeşil’	2,00
2	Kolemanit ‘Sarı’	3,00
3	Kolemanit ‘Kristal’	10,00
4	Kolemanit ‘4. Damar’	1,00
5	Üleksit	1,00

Cevher damarları arasında genellikle Şekil 3.6 ‘da görüldüğü gibi kil, killi kireçtaşı ve kireçtaşı bulunur.



Şekil 3. 6 Kireçtaşı ara seviyeleri içeren yumrulu bor (Ceryan vd. 2013).

3.1.6 Örtü ve cevherin kaya mekaniksel özellikleri

Dekapaj örtü tabakası kireçtaşı, tuf, kil, kil taşı, borat formasyonlarıdır. Genel olarak orta zorlukta kazılabilirliği vardır. Açık Ocaktaki cevher; K30D doğrultulu ve 7-20° GD eğimli, dekapaj ise cevhere uyumlu olarak istiflenmiştir. Ocağın doğu bölgesinde 20-30 m kalınlığında zeolitik tuf, diğer bölgelerinde 0-2 m arasında değişen ince tabakalı kireçtaşı, silistik-karstik boşluklu masif kireçtaşı, killi kireçtaşı, kil ve tuf aralanmalı ince tabakalı birimler bulunur. Örtü tabakasının ortalama yoğunluğu yaklaşık 2,2 ton/m³ dür.

Kireçtaşı Formasyonu	~	1,95 - 2,15 ton/m ³
Zeolit Formasyonu	~	1,80 - 2,20 ton/ m ³
Tüf Formasyonu	~	1,60 - 2,25 ton/m ³
Kil Formasyonu	~	1,75 - 2,10 ton/m ³
Kiltaşı Formasyonu	~	1,75 - 2,10 ton/m ³
Kolemanit Formasyonu	~	2,20 - 2,35 ton/m ³
Ortalama	:	2,20 ton/m³

Ocakta genel şev açısı 20-30°, basamakların şev açıları 60-75° arasında, genişlikleri 10-25 metre arasında, yüksekliği 10 m'dir.

01.01.2008 tarihinde uygulanmaya başlanan fiili projede basamak yüksekliği 10 m basamak genişliği 15-17 m. basamak şev açısı 50° – 70°, genel şev açısı batıda 20°-25°, doğuda ise tüflerin bulunması nedeniyle 30° güneyde, şlam havuzu sınır bölgede 15°-45°, kuzeyde 10°-20° alınmıştır.

3.1.7 Tenör dağılımı

Alt Boratlı birim içerisinde açılmış olan Tülü açık ocağında ortalama örtü tabakası kalınlığı 50 m, cevher zonu kalınlığı 27 m. ve net cevher kalınlığı 16,75 m olup, ortalama tenörü, ocakta cevher damarları içinde homojen bir yapı gösterip % 28,14 B₂O₃ 'dür.

3.1.8 Açık ocakta uygulanan çalışma yöntemleri

Konsantratör ve öğütme tesislerinin tüvenan cevher ihtiyacı; bölgedeki ocaklarda bulunan, üleksit ve kolemanit cevherleri ile karşılanmaktadır. Cevher yatağının sınırlarının ve rezerv miktarının tespitine yönelik olarak 1976 yılından itibaren sondaj faaliyetlerine başlanmış ve aralıklarla değişik yıllarda sondaj çalışmaları günümüze değin devam ettirilmiştir.

Açık Ocak 1976-1977 yıllarında kapalı ocak yöntemiyle çalışmıştır. 1981 yılından itibaren başlayan dekapaj faaliyetleri ile tüvenan cevher üretiminde "açık işletme metodu" uygulanmaktadır. Kazı metodu olarak; yukarıdan aşağıya doğru ters konik spiral basamak

yöntemi uygulanmakta olup, kamyonların en alt kottaki cevhere ulaşımının sağlanabilmesi için cevher taşıma yolları spiral sistem ve/veya geri dönümlü sistemde oluşturulmaktadır. Dizayn edilen cevher basamaklarının yüksekliği 10 ± 3 m, basamak genişliği ise 15 ± 8 m olarak değişmektedir.

Delme patlatma işlemi ile gevşetilen cevher kayacının kazısı hidrolik paletli ekskavatörlerle yapılmakta ve yükleme-taşıma için “hidrolik paletli ekskavatör + kamyon sistemi” uygulanmaktadır. Ocaktan çıkarılan cevher gerektiğinde tesislere beslemek üzere açık stok sahalarında stoklanmaktadır.

3.2 Vulcan Yazılımı ile Bor Sahasının Modellenmesi

Modelleme işlemi, jeolojik arama çalışmaları ve bu verilerinden faydalanılarak Vulcan Madencilik programı ile yapılan çalışmalar olarak iki kısımda değerlendirilir. İlk aşamada sondaj lokasyonu tespiti ve sondajların yapılarak verilerinin toplanması, ikinci aşama da sondaj veri tabanı oluşturulup cevher katı modelinin meydana getirilerek, proje ve üretim planlamasının yapılması olarak tanımlanabilir.

Sondaj verilerinin veri tabanı oluşturulması ve modelleme yapılması aşamasında Vulcan madencilik programı kullanılmıştır. Vulcan program olarak verilen verileri X, Y ve Z kartezyen koordinatlarında atamalar yaparak, istenilen modellemeyi oluşturmayı sağlayan bir 3 boyutlu modelleme programıdır.

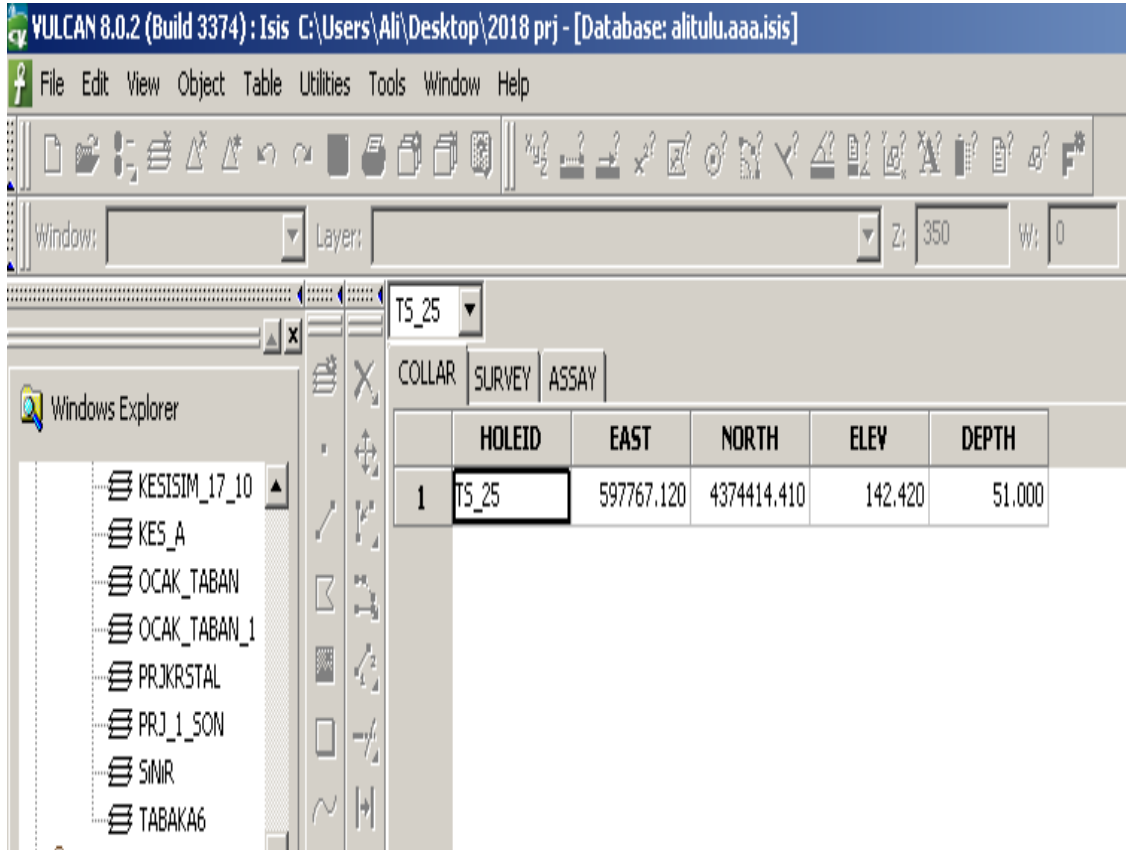
Modelleme aşamasında topoğrafya, sondaj, cevher yatağı ve açık işletme sahasının modellenmesi yapılmıştır. Bu aşamalar aşağıda sırasıyla resimlerle ifade edilmiştir.

3.2.1 Veritabanı

Madencilik programlarında veri tabanının oluşturulması bütün yapılacak işlemlerin temelini oluşturmaktadır. Veri tabanını oluşturmak için sondaj verileri girilmesi gerekir, veri tabanına sondaj ismi, yatay, düşey ve dikey koordinat bilgileri, sondaj eğimi, doğrultusu, uzunluğu, cevherin hangi derinliklerde kesildiği, cevher kesilen metrelerce karşılık gelen karot analizleri

neticesinde öğrenilmiş tenör ve kalite değerleri ve formasyon bilgileri gibi veriler programların istedikleri formatlarda hazırlanarak yüklenir, bunlar collar, survey ve assay dosyaları altında girilmelidir.

Collar dosyasında Şekil 3.7’de görüldüğü gibi holeid (sondaj ismi), easting (doğu) , northing (kuzey), elevation (uzunluk) ve depth (derinlik) verileri girilir.



Şekil 3.7 Collar dosyasının oluşturulması.

Assay dosyasında Şekil 3.8’de görüldüğü gibi hole id (sondaj ismi), from (giriş), to (çıkış) , litho ve tenör verileri girilir.

	FROM	TO	LYTHO	TENOR
1	0.000	51.600	PASA	1.000
2	51.600	54.700	YESIL	36.550
3	54.700	57.600	PASA	1.000
4	57.600	60.600	SARI	36.090
5	60.600	62.950	PASA	1.000
6	62.950	71.400	KRISTAL	29.850
7	71.400	73.700	PASA	1.000
8	73.700	75.450	DAMAR4	32.500
*	0.000	0.000		0.000

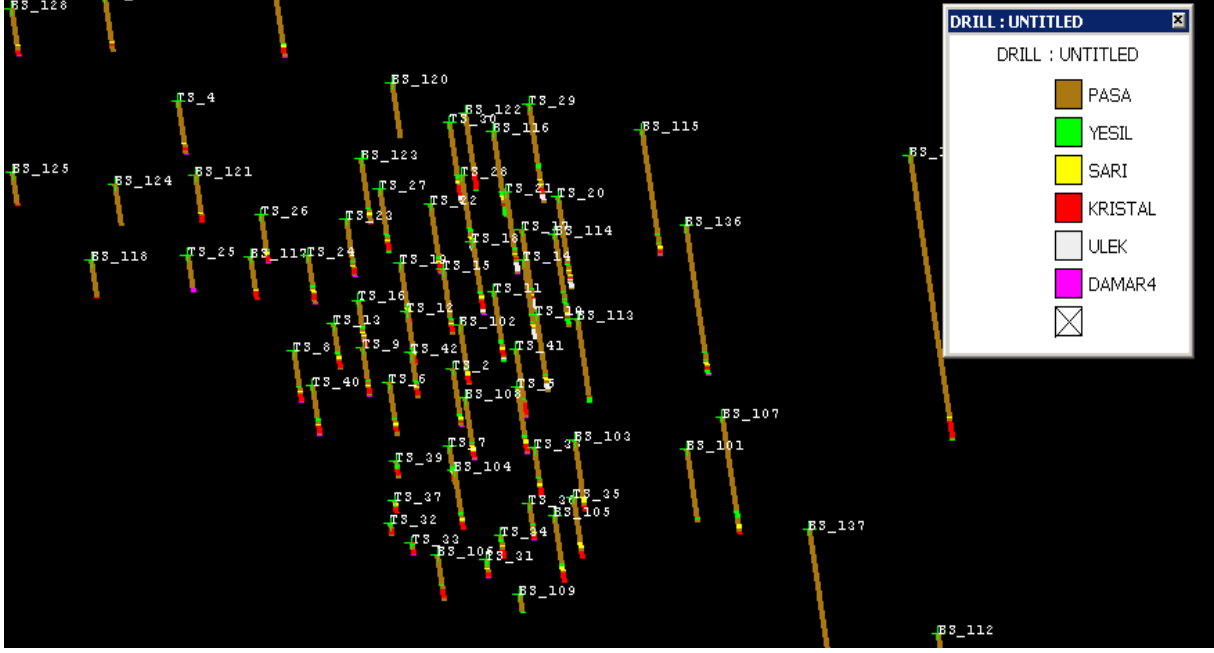
Şekil 3.8 Assay dosyasının oluşturulması.

Survey dosyasında Şekil 3.9’ da görüldüğü gibi hole id (sondaj ismi), depth (derinlik), azimuth (doğrultu) ve dip (eğim) olarak girilir.

	DIP	AZI	DEPTH
1	-90.000	0.000	60.000
*	0.000	0.000	0.000

Şekil 3.9 Survey dosyasının oluşturulması.

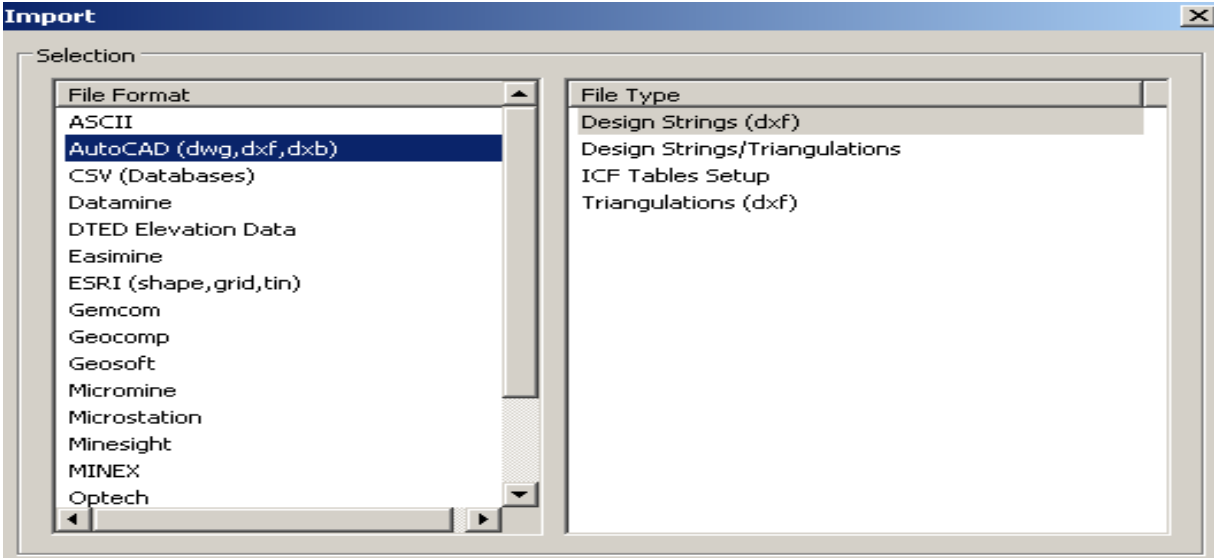
Veri tabanına oluşturulduktan sonra sondajlar program ekranında Şekil 3.10’da görüldüğü gibi görüntülenir.



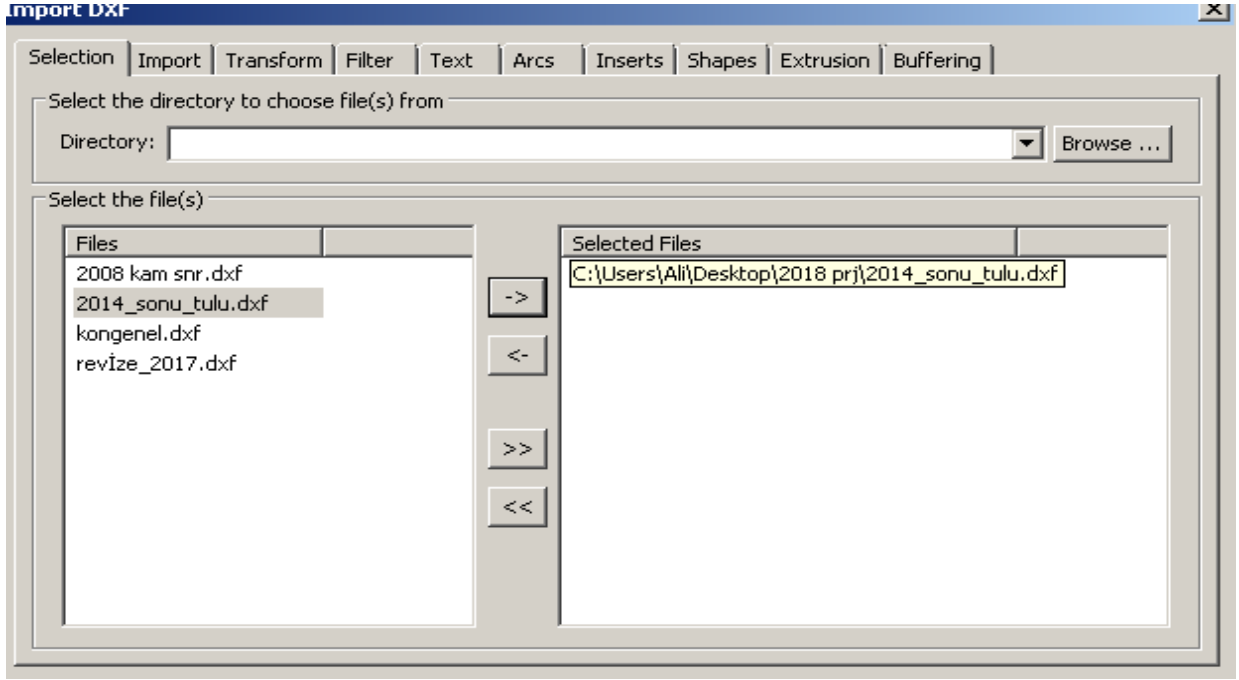
Şekil 3.10 Sondajların ekranda görünümü.

3.2.2 Topoğrafyanın modellenmesi

Topoğrafik ölçüm sonucunda elde edilen sayısal veriler Şekil 3.11’ de görüldüğü gibi dxf. uzantılı olarak programa yüklenir ve içinden istenilen dosya Şekil 3.12’ de olduğu gibi seçilir, üçgenlenerek yüzey modeli oluşturulur.

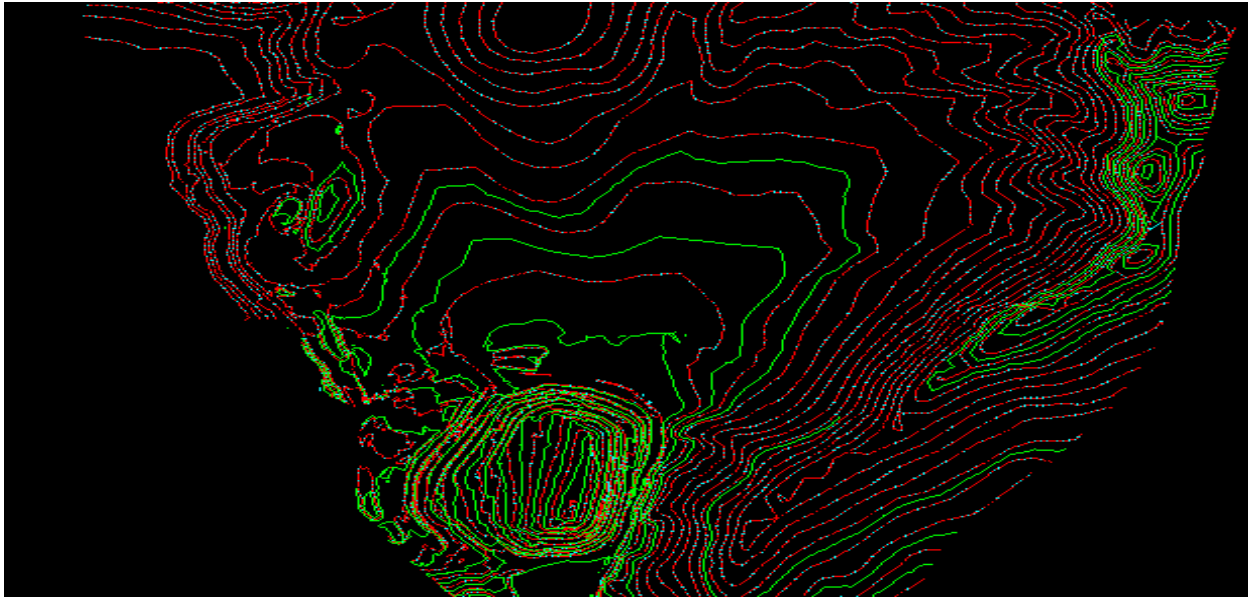


Şekil 3.11 Cad. dosyasının seçilimi.



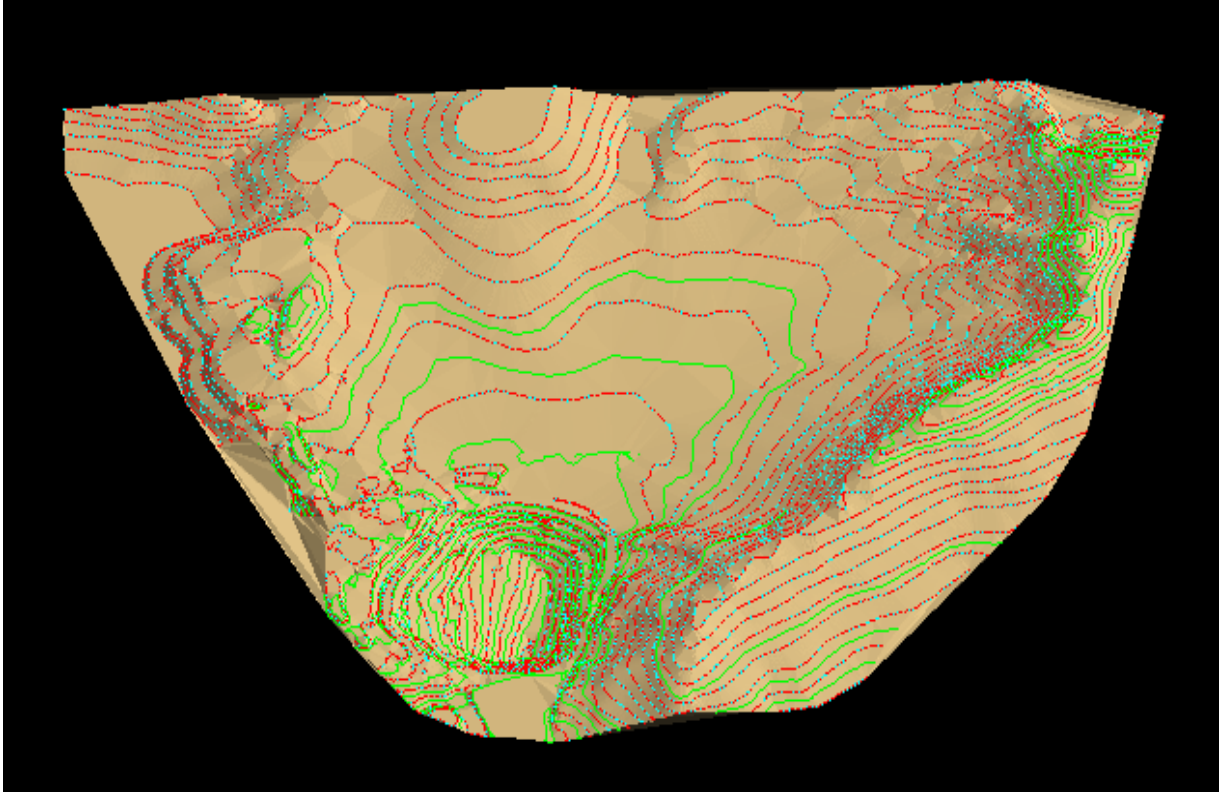
Şekil 3.12 Topoğrafyanın sayısal verilerinin aktarımı.

Topoğrafyanın sayısal verileri Şekil 3.13'te görüldüğü gibi ekranda ön izlenir.



Şekil 3.13 Topoğrafyanın sayısal verilerinin görünümü.

Sayısal veriler üçgenlenerek topoğrafya katı modeli elde edilmiş olunur (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 Topoğrafyanın 3 boyutlu modellenmiş hali.

3.2.3 Cevher yatağının modellenmesi

Cevher yatağının modellenmesi yapılırken madencilik programlarında; kesitten katı modelleme, yüzeylerden katı modelleme gibi farklı modelleme teknikleri kullanılmaktadır. Modelleme yapılırken sahanın jeolojik yapısına göre en uygun teknik seçilmelidir. Katı modelleme işleminde kullanılacak olan modelleme yönteminin seçiminde, maden yatağında bulunan cevherin tipik özellikleri, sondaj planları, cevherin yataklanma türü, saha jeolojisi, tenör dağılımı, kullanılan madencilik programı gibi birçok parametre göz önünde bulundurulmalıdır. Yapılan katı modeller en önemli özelliği sadece cevher yatağının 3 boyutlu geometrik görüntüsünü vermez aynı zamanda hacim hesaplamalarında yani, rezerv hesaplamalarında da kullanılır.

Bu çalışmada kullanılan programda 3 farklı katı modelleme tekniği mevcut olup bunlar hakkında bilgi verilmiş ve sahaya daha uygun olan yüzeyler arası katı modelleme ile en kesitten katı modelleme teknikleri kullanılarak karşılaştırılmıştır.

3.2.3.1 Enkesitten noktaya katı modelleme

Enkesitten noktaya katı modelleme yöntemi, cevher sınırlarının azalarak sonlandığı durumlarda kullanılmaktadır. Bu yöntemde enkesite paralel, cevherin bittiği lokasyonda bir nokta belirlenir, en kesit ve bu nokta arası program yardımı ile katı modellenir.

Enkesitten noktaya katı modelleme yöntemi çok kullanılmayan ve kullanımı tavsiye edilmeyen bir yöntemdir. Genelde modellenecek yatağın küçük boyutlu olması halinde kullanılmaktadır.

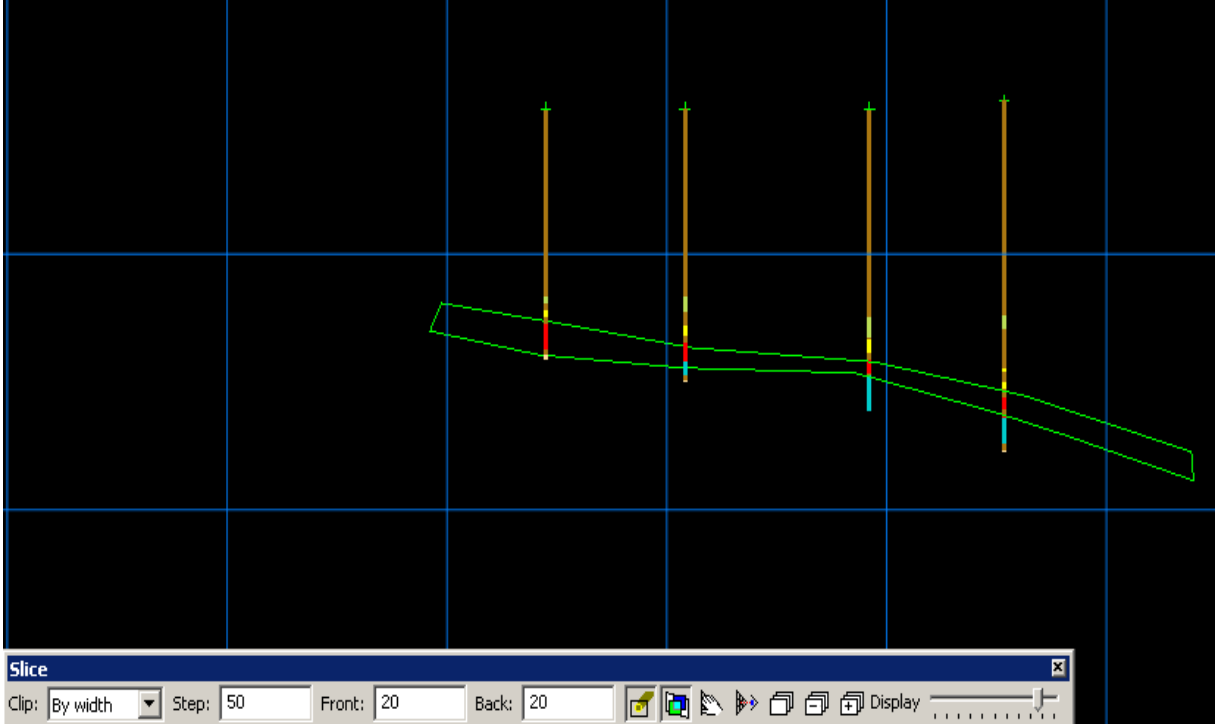
3.2.3.2 Kesitlerden katı modelleme

Kesitlerden katı modelleme yönteminde, sahada cevher olduğu bilinen, sondajların olduğu topoğrafya boyunca belli bir doğrultuda ve düzlemde en kesitler alınır. Alınan en kesitler sayısallaştırılarak sırayla seçilimi yapılır ve katı modeli oluşturulur. Bu yöntem de en kesitlerin çizilmesi ve sınırlarının belirlenmesi işi uygulayıcının saha bilgisi ve becerisini gerektirmektedir.

Enkesitlerden katı modelleme yöntemi topoğrafyası düz olan ve aynı kotlarda devam eden sahalarda kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra arazide yapılan sondajların mümkün olduğu kadar aynı düzlem üzerinde olması maden yatağının bu yöntemle katı modellenmesinde oldukça iyi performans sonuçları vermektedir.

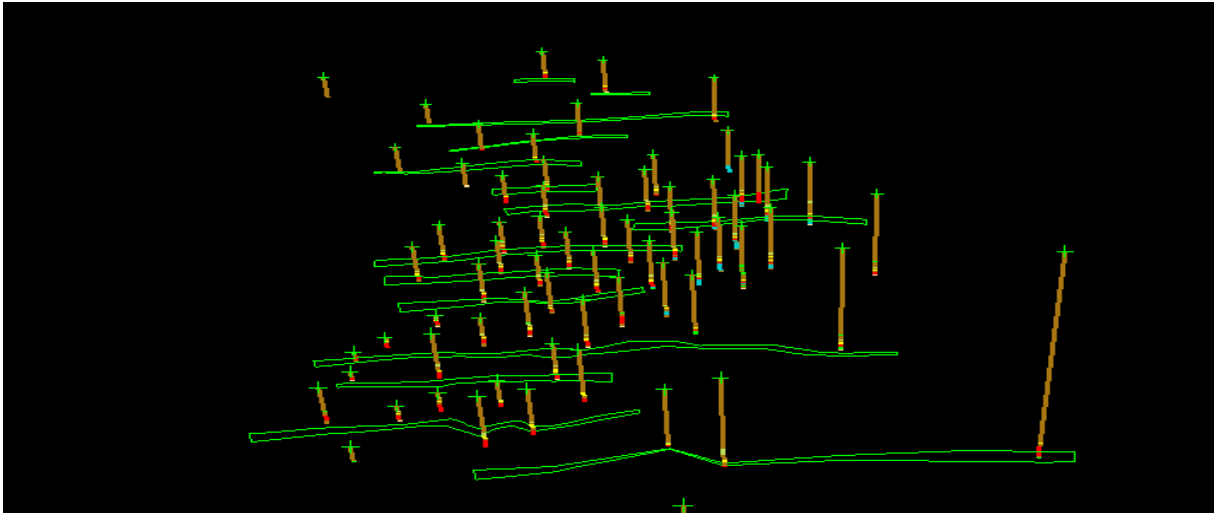
- **Kesit alma işlemi**

Klasik kesit alma işleminin madencilik programlarında yapılması işlemidir. Ekranı sondajların jeolojik verilerini içeren formasyonlarını belli olacak şekilde üç Boyutlu görüntüsü getirilir. İstenilen doğrultu ve yönde kesit güzargahı belirlenir. Klasik yöntemde olduğu gibi kesitler arası mesafe ve kesit etki değerleri elle ya da otomatik olarak belirlenir. Ekrandaki sondaj görüntülerine cevher giriş ve çıkış noktaları referans alınarak cevheri o kesit için temsil eden sınırı Şekil 3.15 gibi çizilir.



Şekil 3.15 Kesit alma işlemi.

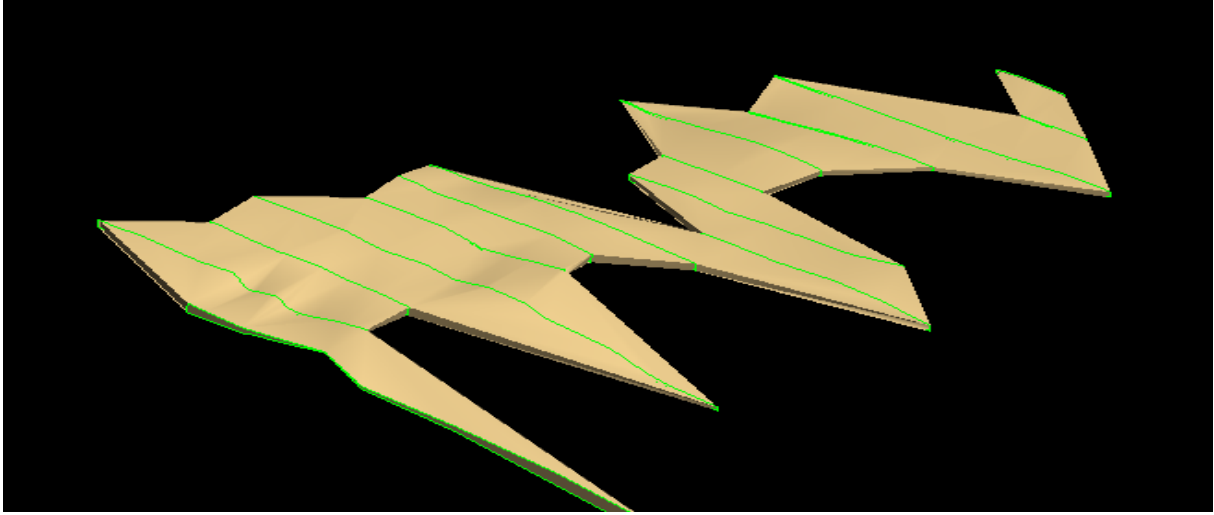
Cevher sınırları çizilirken inisiyatif alınarak cevher giriş ve çıkış noktaları, faylar ile bir önceki ve sonraki kesitler görüntülenerek, sondaj verilerini destekleyecek bilgilerden de faydalanılması gereklidir. Kesit alma işlemi Şekil 3.16'da ki gibi cevher yatağı boyunca devam ettirilir.



Şekil 3.16 Hat boyunca kesitlerin görünümü.

- **Katı modelleme**

Elde edilen kesitler üçgen model tekniği ile doldurularak Şekil 3.17’de ki cevher katı modeli elde edilir.



Şekil 3.17 Cevher katı modeli.

3.2.3.3 Yüzeyler arası katı modelleme

Yüzeyler arası katı modelleme yöntemi, cevher yatağının sınırlarını belirleyen iki yüzeyin (üst ve alt) üç boyutlu olarak modellenmesi ve bu yüzeylerin arasının doldurularak katı modelin elde edilmesi prensibinden oluşmaktadır. Bu yöntemin avantajı, üç boyutlu modelleme yapılırken elde edilen yüzeyler sayesinde cevher yatağının sınırları da belirlenmiş olmaktadır.

- **Damar yüzeylerinin modellenmesi**

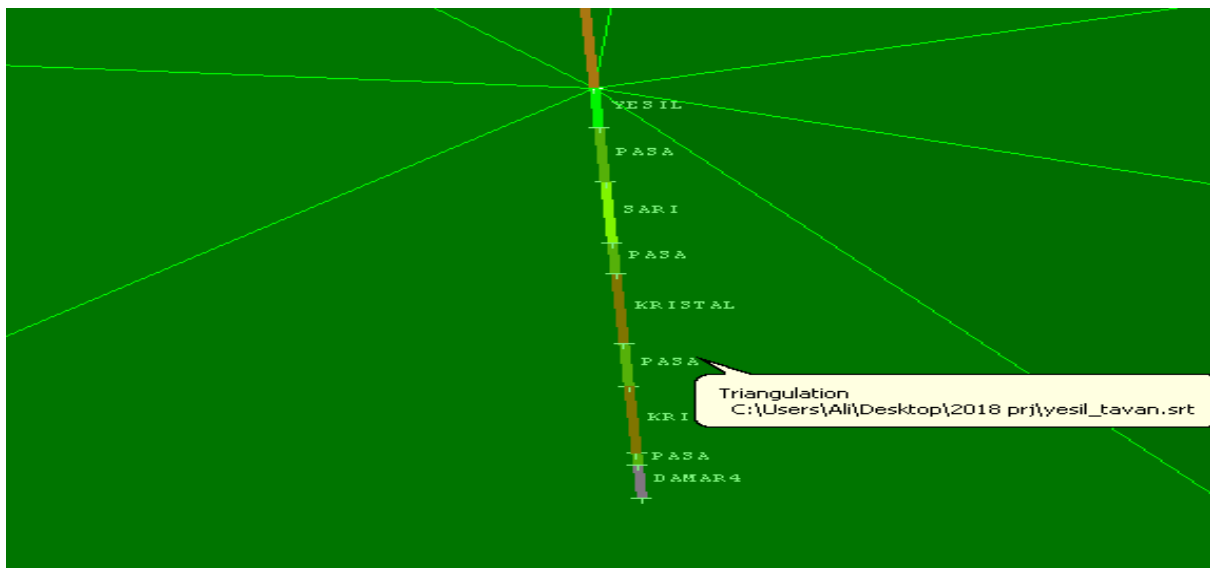
Yüzey modelleme sırasında kullanılacak olan yöntemin belirlenmesini; sahadaki cevherin yataklanma şekli, veri tabanı, kullanılacak olan madencilik programı gibi birçok parametre etkilemektedir. Damar yüzeylerinin modellenmesi işleminde farklı teknikler bulunmaktadır:

- ✓ **Üçgenleme Yöntemi:** Noktalarının işlenerek üçgenler ağı oluşturulmasına dayanır. Üçgenlemenin amacı söz konusu yüzeyi, birbirleri üzerine binmeyen üçgen elemanların toplamı şeklinde ifade etmektir. Yüzeyi oluşturan üçgenlerin köşe noktaları dayanak noktalarıdır ve her bir dayanak noktası en az bir üçgenin köşe noktasını oluşturur.

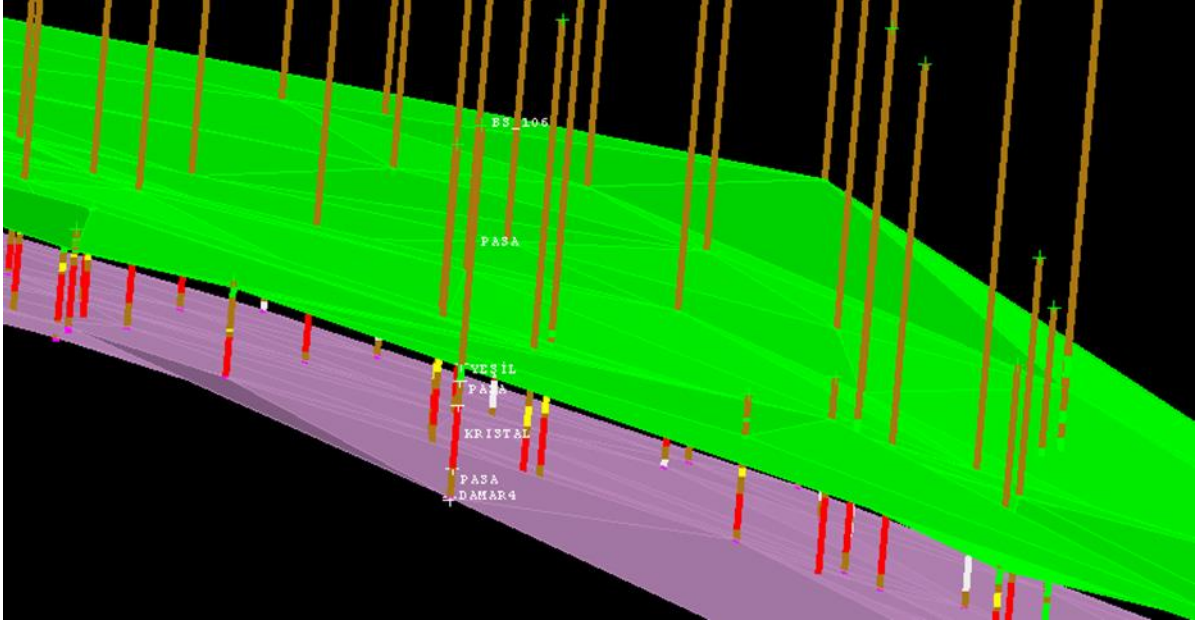
- ✓ **En yakın mesafe yöntemi:** Gerçekte jeoistatistiksel bir teknik değildir. Bu yöntem ile kestirilecek noktaya en yakın kompozit değeri, kestirim değeri olarak atanır.
- ✓ **Ters uzaklık yöntemi:** Noktanın değeri bu noktanın kestiriminde kullanılacak kompozit verilerin ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanır. Ağırlıklar, kestirilecek nokta ve kompozit veri arasındaki uzaklığın tersi ile orantılı bir şekilde hesaplanır.
- ✓ **Krigleme yöntemi:** Kestirilecek noktanın değeri, bu noktanın kestiriminde kullanılacak kompozit verilerin ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanır. Ağırlıklar, kestirim hataları ortalaması sıfır ve varyansı en küçük olacak şekilde belirlenir. Bu nedenle diğerleri arasında istatistiksel olarak en az hata üreten bir yöntemdir (Netcad 2018).

Çalışmada damar yüzeylerini modellemek amacıyla tercihen üçgenleme yöntemi kullanılmıştır.

Sondajlarda en üst cevher tabakası olan yeşil cevher girişi Şekil 3.18 ve en alt cevher tabakası olarak da 4. damar çıkış ayrı ayrı üçgen modelleme yöntemi ile modellenenerek Şekil 3.19'da görüldüğü gibi cevher zonunun alt ve üst yüzeyleri oluşturulur.

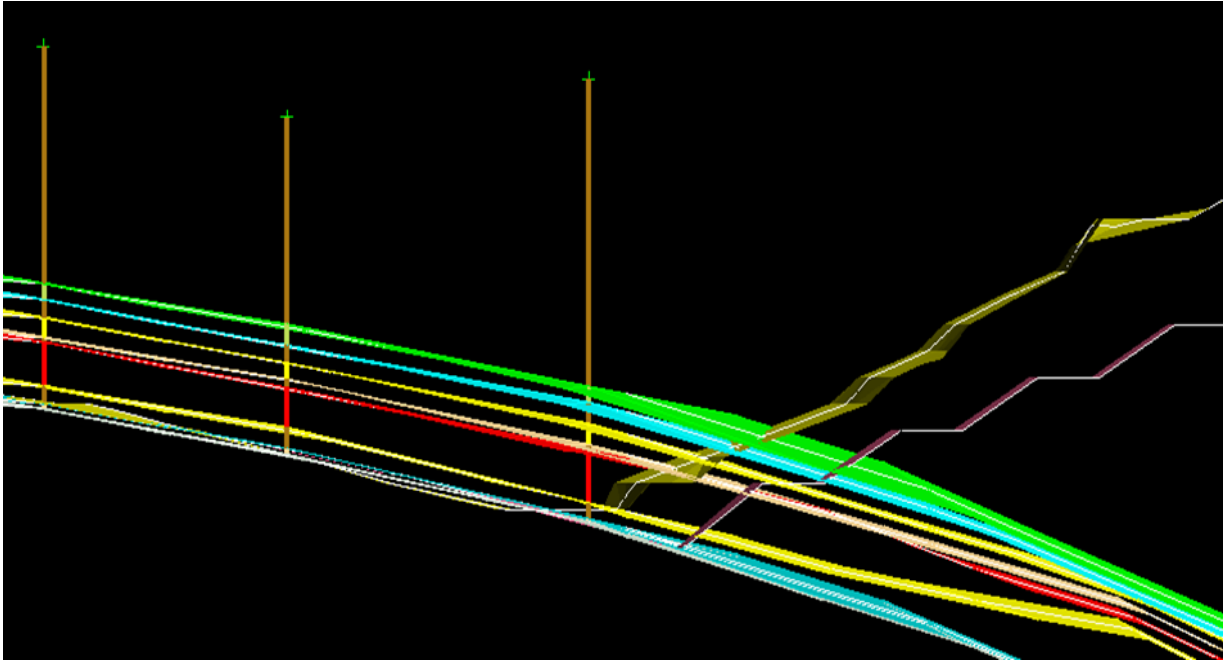


Şekil 3.18 Cevher damarı üst yüzeyi.



Şekil 3.19 Cevher alt ve üst yüzey görünümü.

Damarların herbiri Şekil 3.20’de görüldüğü gibi sondajlarda ki cevher giriş ve çıkışlarına göre ayrı ayrı modellenir.



Şekil 3.20 Kesit görünüm cevher damarları, sondajlar ve topoğrafya.

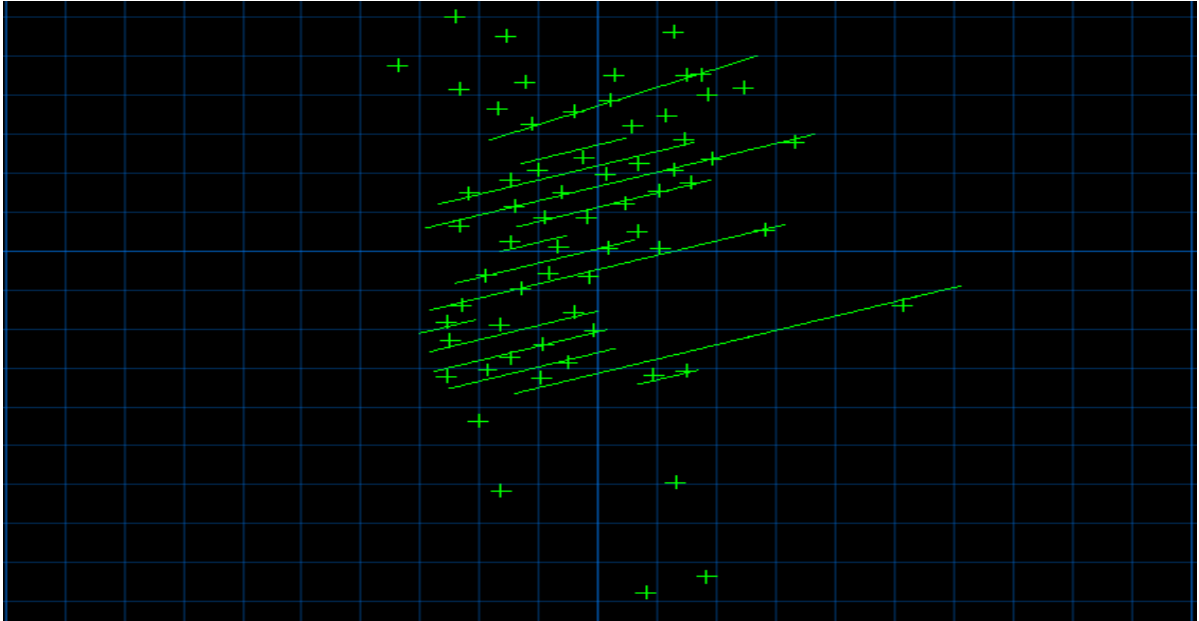
- **Damar yüzeylerinden katı model yapılması**

Üçgenleme yöntemi ile oluşturulan damar alt ve üst yüzeylerinin arası doldurularak cevher zonun katı modeli oluşturulmuş olunur. Bu işlem her bir damar için yapılarak dört farklı damarın katı modelleri oluşturulur ve rezerv hesaplanır.

3.2.4 Kesitlerden katı modelleme ve yüzeyler arası katı modelleme yöntemlerinin karşılaştırılması

Yöntemlerin karşılaştırılmasında en fazla kalınlığa ve ekonomik değere sahip olan kristal cevher damarı verileri kullanılmıştır. Çalışmada literatürde en çok kullanılan ve sedimanter yapıya sahip olan çalışma sahası için en uygun olduğu düşünülen, 'Kesitlerden Katı Model' ile 'Yüzeyler Arası Katı Model' oluşturma teknikleri karşılaştırılmıştır.

Sahada Şekil 3.21'de görüldüğü gibi sondaj bulunmayan fakat cevher olduğu tahmin edilen bölgelerin varlığı söylenebilir.

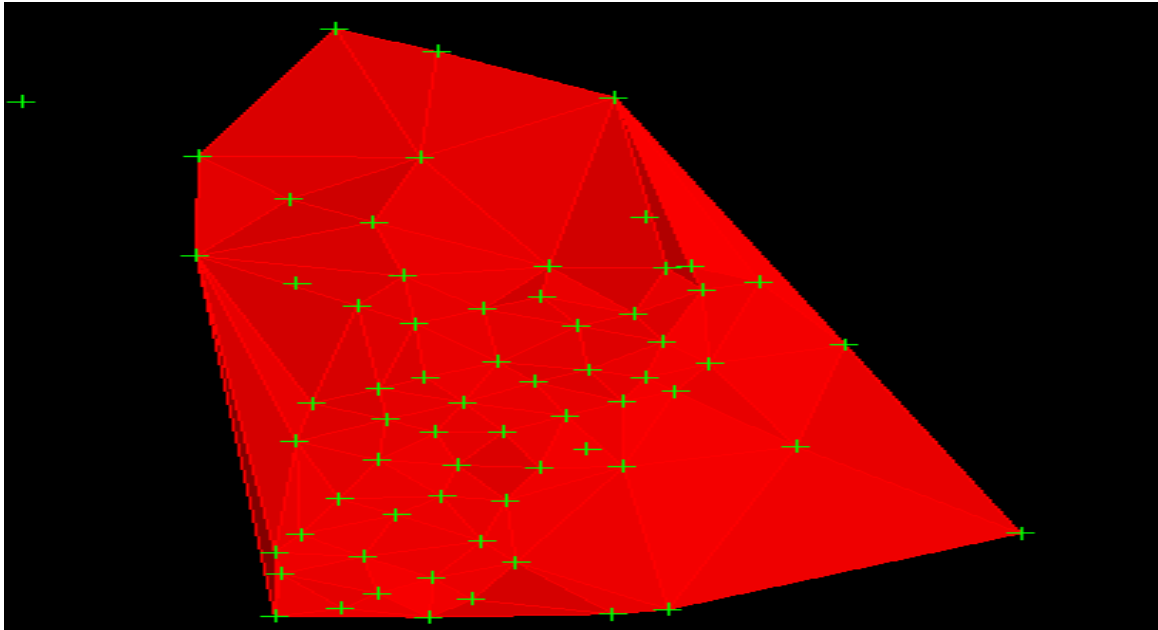


Şekil 3.21 Saha sondajlarının görünümü.

Sondajların bulunmamasından dolayı cevher olduğu düşünülen bölgelerin kesiti alınamamakta ve modellenmesi yapılamamaktadır. Bunun için kesit alınarak yapılan

modelleme işleminde modelin tüm cevher sahasını temsil etmediği düşünülmektedir. Bu sorunun, sondajların olmadığı bölgelerde hayali sondajlar olduğu varsayılarak ya da kesit aralıkları arttırılarak çözülebileceği düşünülebilir. Ancak sondaj bulunmayan bölgelerin uzaklığı mevcut sondajların kendi arasındaki mesafelerinden çok daha fazla olduğu için sağlıklı sonuçlar vermeyecektir. Sondaj planlamalarının aynı şekilde rezerv hesaplamalarında da çok önemli bir yere sahip olduğu rezerv hesap yöntemlerinin karşılaştırılması çalışmalarında da değinilmiştir.

Yüzeyler arası katı modelleme tekniğinde ise modellenecek cevherin bulunduğu bütün sondajlar kullanılarak cevher alt ve üst yüzeyleri Şekil 3.22’ de görüldüğü gibi modellenir ve bütün saha temsil edilmiş olunur. Bu tekniğin eksikliği ise; rezerv sınırlarının sondajların son bulunduğu noktaya kadar hesaplanabilmesi ve sondajların arasındaki antiklinal ve senklinallerin hesaba alınamamasıdır.



Şekil 3.22 Yüzey modellemesi.

Açık ocak planlamasında en önemli konuların başında sondaj planlaması gelmektedir. Yapılan bu çalışmada görüldüğü gibi; mevcut ocak sondajları belirli bir düzen içinde olmadığı için alınan en kesitlerin de belli bir düzeni yoktur. Bu durum, en kesitten katı modelin düzgün bir şekilde oluşmamasına neden olur. Bu nedenle en kesitten katı model tekniğinin saha jeolojisi

için daha uygun, fakat sondaj planının düzenli olmaması ve sondajların sık olmamasından dolayı çalışma sahası rezerv hesabı için uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

Yüzeyle arası katı model tekniğinin cevherin yapısı ve bölge jeolojisi göz önünde bulundurulduğunda eksikliklerine rağmen daha sağlıklı sonuçlar verdiği saptanmıştır. Bu yöntemin kullanılmasındaki diğer bir etken ise daha önce bilgisi verilen saha jeolojisinde herhangi bir fay hattına rastlanmamasıdır.

3.2.5 Rezerv hesap yöntemlerinin karşılaştırılması

Rezerv hesap yönteminin seçimi doğru bir üretim planlaması için çok önemlidir. Yapılacak olan üretim planlaması sonucunda elde edilecek olan rezerv örtü kazı oranına direkt etki etmekle birlikte ocağın ekonomik değerini de belirlemektedir. Madencilik programlarında hesaplanan katı model hacminin cevher yatağının rezervini verdiği daha önce değinilmiştir. Madencilik programlarında rezerv hesaplamaları katı modelin yanı sıra DTM modülleriyle ve blok modelleme ile de yapılabilmektedir. Bu çalışmada volkano – sedimanter yapıya sahip olan sahaya uygun olduğu düşünülen, ‘Kesitlerden katı model’ ve ‘DTM tekniği’ ile rezerv hesapları karşılaştırılmıştır. Diğer bir yöntem olan blok modelden rezerv hesap yöntemi, çalışılacak sahada tenör dağılımı homojen bir yapı gösterdiği için gerek görülmemiş, fakat bilgisi verilmiştir.

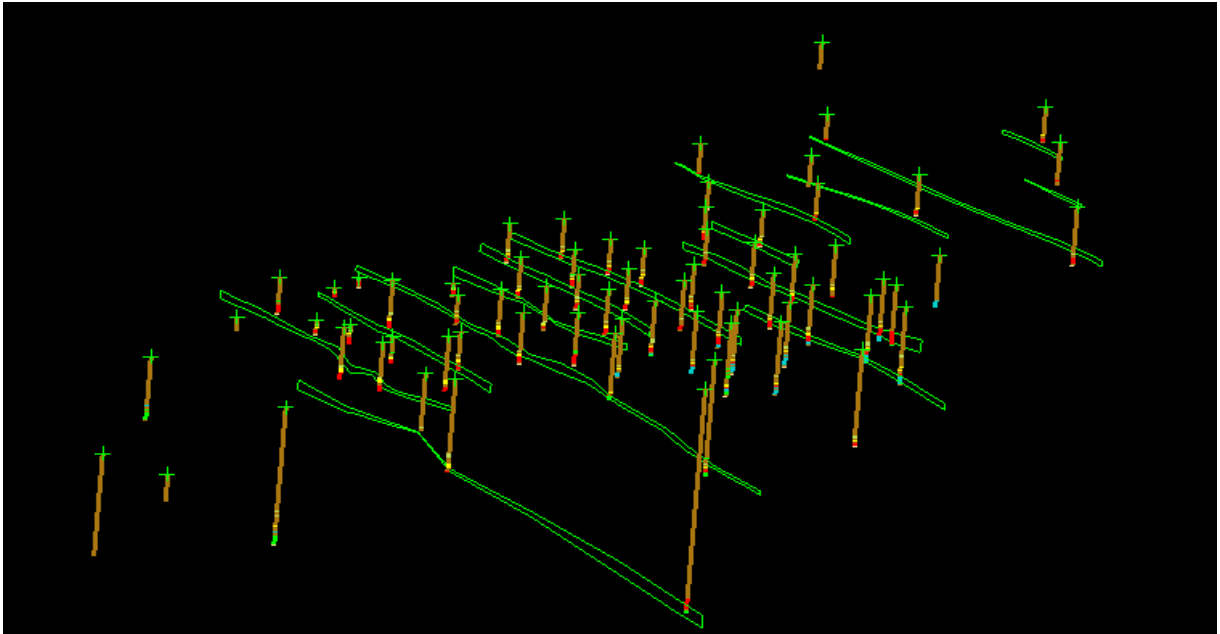
- **Blok model yöntemi ile rezerv hesabı**

Blok model yönteminde; maden yatağının iki ve üç boyutlu variogram analizi yapılarak yatağın boyu, eğim, kalınlığı ve doğrultusu tespit edilmiş olur. Tespit edilen bu değerler ışığında jeostatistiksel yöntemler kullanılarak bloklara tenör ataması yapılır. Rezerv hesabının temel mantığı blokların yatak sınırları içerisinde kalan kısmının toplam hacminin tesbitine dayanır. Buna göre blokların ebatları daha önceden atanmıştır ve miktarı da bilinmektedir. Buradan gelen hacim hesabı program vasıtasıyla yoğunluk ile çarpıldığında yatağın rezervi tespit edilmiş olur. Jeostatistiksel yöntemlerle yapılan tenör dağılımı tespiti, rezervi daha detaylı ve etkin bir şekilde saptayabilmeye yardımcı olur. Aynı tenördeki blokların ağırlıkları

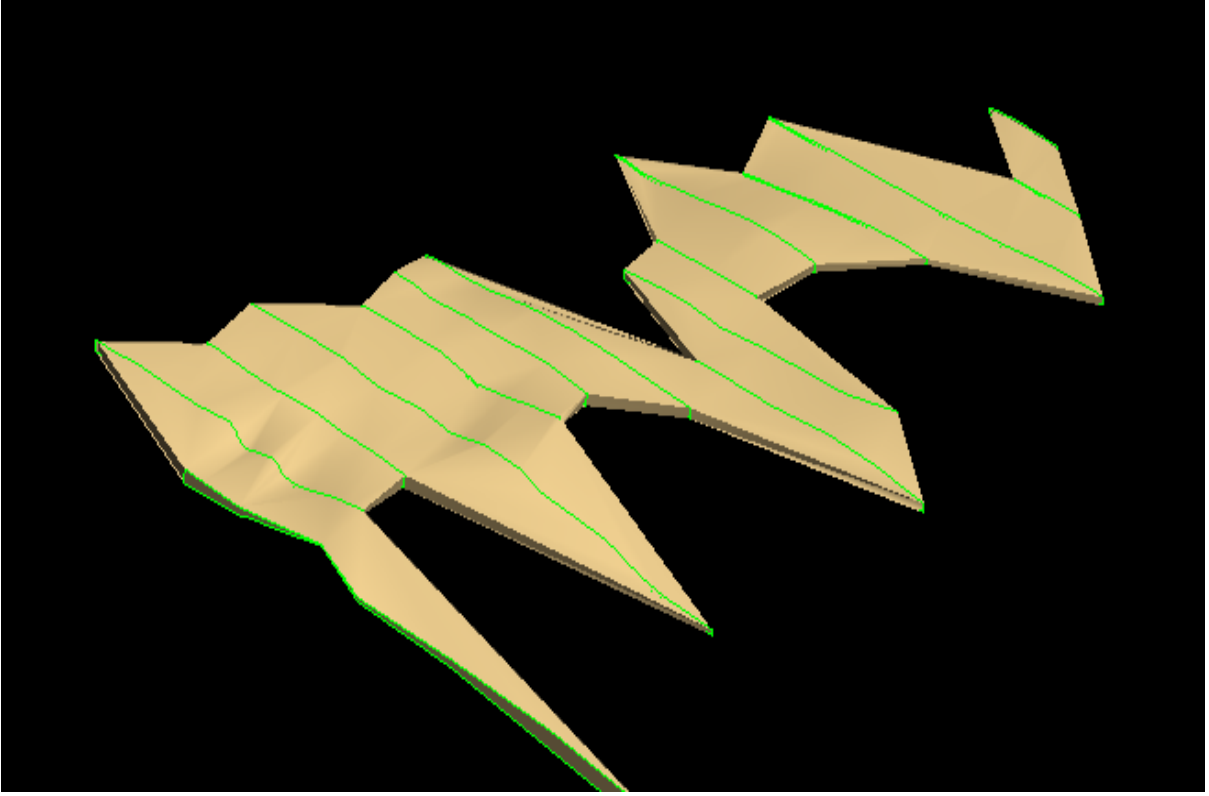
değerlerinin toplanması ile yataktaki cevherin tenör aralıklarına göre miktarı tespit edilmiş olur. Bu sonuç derinlik ya da yön bilgileri ile birlikte raporlanarak maden işletmeciliği açısından çok değerli bilgiler elde edilmiş olur.

- **Katı model tekniği ile rezerv hesabı**

Cevher yatağının katı modeli daha öncede değinildiği gibi farklı yöntemlerle oluşturula bilinir. Bu çalışmada literatürde en çok kullanılan "en kesitten katı model" tekniği ele alınmıştır. Katı model Şekil 3.23'te görüldüğü gibi sondajlar yardımı ile kesitlerden oluşturulur. Programda oluşturulmuş her yeri tamamen kapalı olan Şekil 3.24'te ki katı modelin tamamının hacimsel verileri görülebilir. Yatağın hacmi ile yoğunluğun çarpıldığında yatağın rezervi bulunmuş olunur. Özellikle yatağın tenörsel dağılımının homojen olduğu bilinen çalışmalarda çok hızlı ve doğruya yakın sonuç alınabilir, fakat mutlaka sondaj planları düzgün olmalıdır. Ocaklarda dekapaj ve üretim için hesap yapılırken, ocağın işletilmesi aşamasında, hızlı bir şekilde maliyet hesabı yapılması gerektiğinde kullanılabilir. Katı model tekniği yöntemi tenör dağılımının bulunmasının gerekli olduğu ve ekonomik olarak işletilebilen tenör aralıkları ile işletilemeyecek kadar düşük tenörlü cevherin beraber aynı yatak içerisinde olan sahalarda istenilen detaylı sonucu verememektedir.



Şekil 3.23 Kesit alma işlemi.

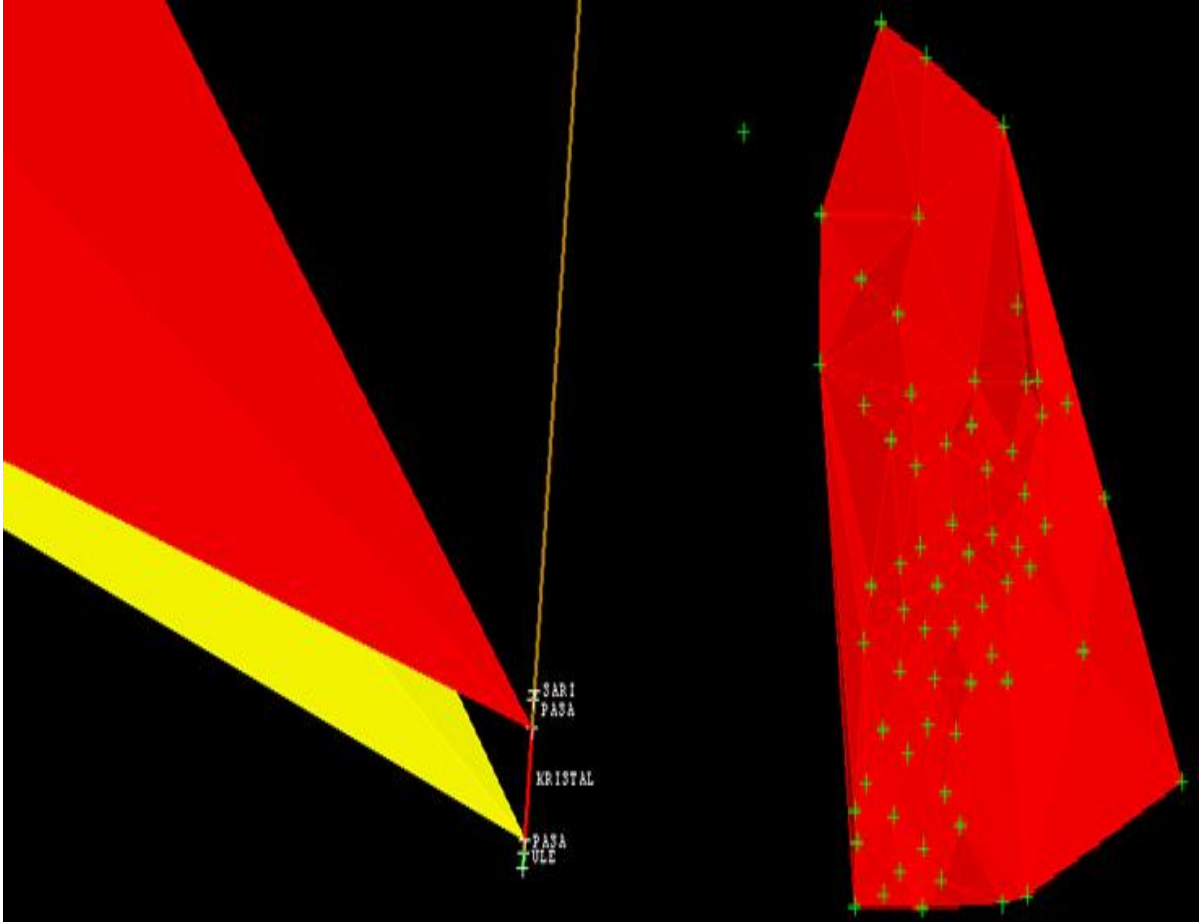


Şekil 3.24 Kesitlerden elde edilen katı model.

Oluşturulan katı modelden kristal cevher rezerv miktarı: 4 178 703,250 m³ olarak hesaplanmıştır.

- **DTM tekniği ile rezerv hesabı**

Bu yöntem doğrusal eğim doğrultu ve homojen yayılım gösteren cevher giriş ve çıkışlarına sahip cevher yataklarında istenilen sonucu verebilmektedir. Bununla birlikte kalınlığı az olan ve yayılımı fazla olan cevher yatakları da bu yöntem için doğru sonucu vermektedir. Rezerv tespitini yapabilmek için, sondaj verilerinden yola çıkılarak cevher giriş ve çıkış noktalarının sayısal değerlerinden cevher giriş ve çıkışları için eşyükselti eğrileri hazırlanır. Bu eğrilerden Vulcan programının üçgenleme modülü ile üç boyutlu modeli yapılır. Giriş ve çıkış yüzey modellerinin arası Şekil 3.25'te olduğu gibi oluştuğunda artık hacim hesaplaması yapılabilmesi için uygundur. Hesaplanan hacim tenör ile çarpılarak rezerv bulunmuş olur.



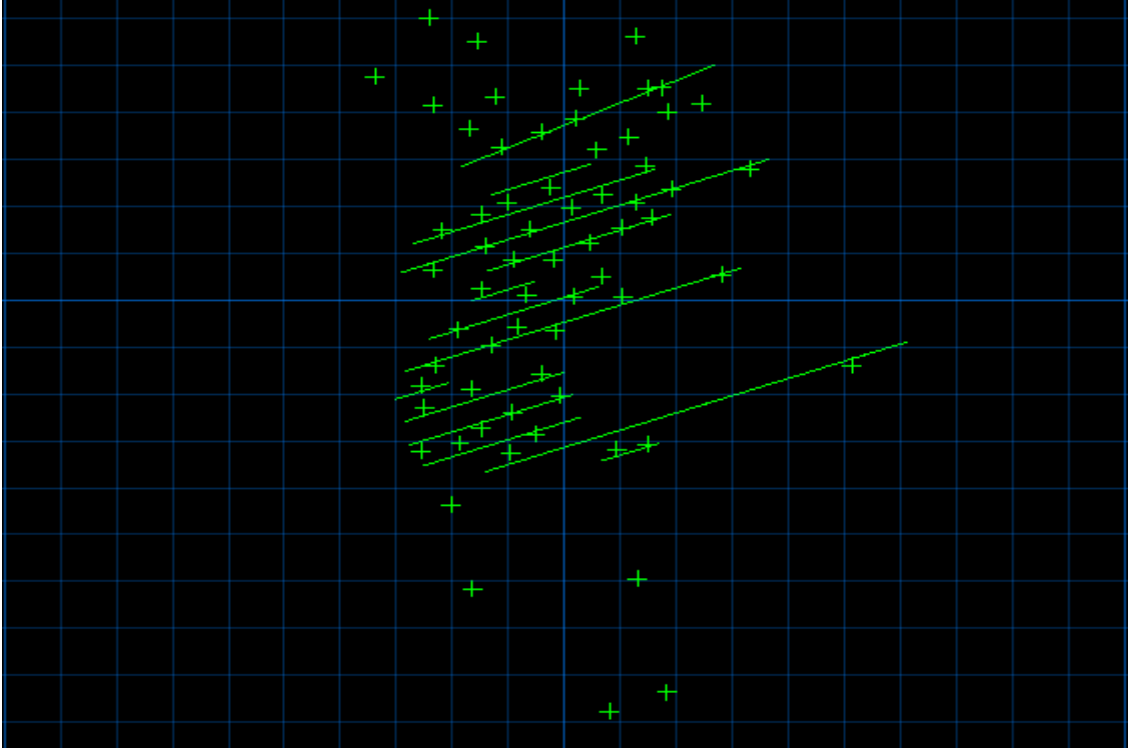
Şekil 3.25 Kristal cevher yüzeyleri.

DTM tekniği ile rezerv hesabı işleyiş açısından damar yüzeylerinin modellenerek katı model yapılması yöntemi ile benzerlik göstermekte ve yakın sonuçlar vermektedir.

- **Kesitlerden katı model tekniği ve dtm tekniğinin karşılaştırılması**

Tekniklerin karşılaştırılmasında en fazla kalınlığa ve ekonomik değere sahip olan kristal cevher damarı verileri kullanılmış olup, 'Kesitlerden Katı Model' ve 'DTM tekniğinin' verileri kıyaslanmıştır.

Yapılan hesaplamalarda DTM tekniğinin toplam hacminin; 996 285,747 m³ daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun başlıca nedenin daha önce de değinildiği gibi mevcut açık ocak sahasındaki sondajlarının bir plan içerisinde olmamasından (Şekil 3.26) ve sondajların geniş aralıklı olmasından dolayı sondaj yapılmayan fakat cevher olduğu tahmin edilen bölgelerin modellenemediğinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.26 Sondajların ve kesitlerin plan görünümü.

Açık ocak planlamasında en önemli konuların başında sondaj planlaması gelmektedir. Katı modelleme işleminde değinildiği gibi mevcut ocak sondajlarının belirli bir düzen içinde olmadığından dolayı alınan en kesitlerin de belli bir düzeni yoktur. Bu nedenle katı modelden rezerv hesaplamasının doğru sonucu vermediği görülmektedir.

Daha önceki literatür çalışmalarında rezerv hesabının en doğru şekilde 'Katı Model Rezerv hesabı' ile yapıldığı ortaya konmasına rağmen, mevcut sondajların düzenli olmamasından ve saha jeolojisinde herhangi bir fay hattı bulunmadığı için, bu çalışmada geri kalan kısımda rezerv DTM Tekniği ve yüzeyler arası katı model yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda;

- Toplam Cevher rezerv miktarı: 10 513 053,493 m³
- Sarı Cevher rezerv miktarı: 2 517 979,986 m³
- Yeşil Cevher rezerv miktarı: 2 002 942,978 m³
- Kristal Cevher rezerv miktarı: 5 175 088,997 m³
- 4.Damar Cevher rezerv miktarı: 817 041,532 m³ olarak bulunmuştur.

3.3 Üretim planlaması

Cevher yatağının jeolojik, geometrik yapısına derinliğine ve ekonomik koşullara bağlı olarak işletme tekniğinin uygulanacağı modelin planlanmasını kapsar. Cevher üretiminin ekonomik olarak gerçekleştirilebilmesi için, üretilecek cevherden elde edilecek gelir, örtü kaldırma maliyeti ile cevher üretim maliyetini karşılamalıdır. Cevherin işletme tekniğini belirleyen en büyük faktör, kaldırılacak örtü tabakasının miktarıdır. Madencilikte bu faktör örtü kazı oranı ile ifade edilir. Çalışmamızda, temsili açık ocak projesinde örtü kazı oranı bulunarak yorumlanmıştır.

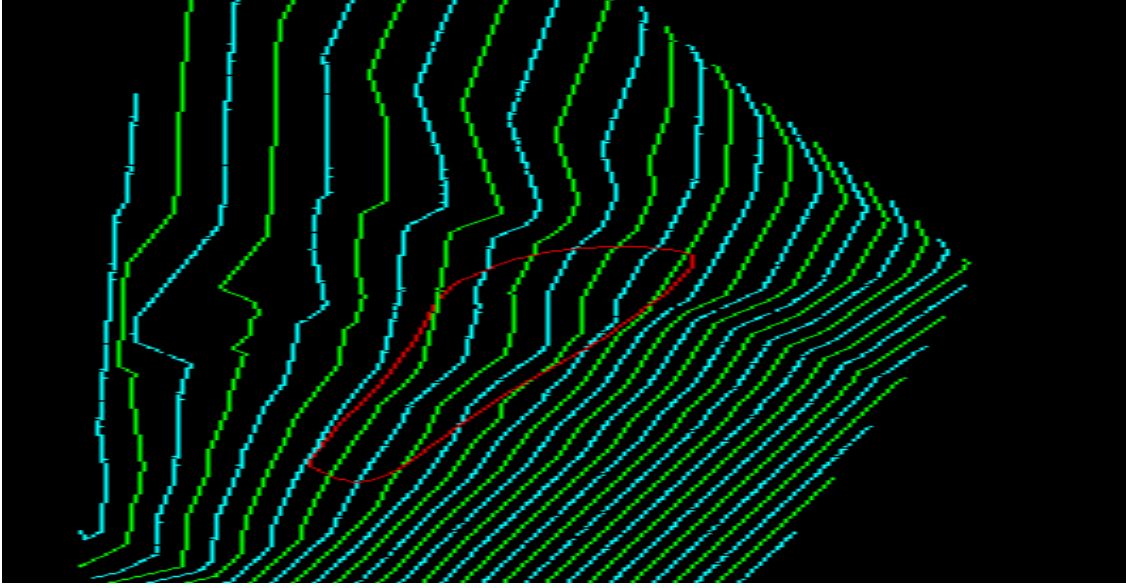
3.3.1 Açık ocak tasarımı

Açık ocak tasarımı oluşturmak için literatürde iki farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlardan ilki mevcut topoğrafyadan aşağı doğru yapılan tasarımıdır. Bu tasarım tekniğinde cevherin blok modeli yapılarak bloklara tenör değerleri program yardımıyla atanır ve ekonomik olarak hesaplanmakta olup, açık ocak sınırı ve açık ocak planlaması buna göre yapılabilmektedir. Diğer yöntemde ise, tasarım ocak tabanından topoğrafyaya doğru yapılır.

Bu çalışmada sahadaki cevherin tamamının üretilebilmesi için ocak tabanından topoğrafyaya doğru tasarım planlanmıştır. Tasarımı sınırlayan parametreler, ocak sınırı, ocak genel şev açıları, basamak yükseklikleri ve genişlikleridir. Bu parametrelerin bazıları daha önce açık ocakta yapılan mevcut çalışmalardan bir kısmını ise matematiksel hesaplamalarla bulunacaktır.

3.3.2 Kontürleme

Açık ocak tasarımında, ocak tabanın başlangıcını belirlemek amacıyla en alttaki damar olan 4. damarın taban yüzeyin kontörlenmesi gerekmektedir. Bu işlem yapıldıktan sonra ocak tabanı hangi kottan başlanması isteniyorsa, o kotta ocak sınırı çizilerek ocağın tabanı oluşturulur. Mevcut ocak tabanı 50 kotunda olduğu için, yeni yapılacak temsili ocak Şekil 3.27'de görüldüğü gibi taban kotu da 50 seçilmiş ve bu kotta ocak tabanı oluşturulmuştur.



Şekil 3.27 Cevher taban kotüründen proje tabanının oluşturulması.

3.3.3 Basamak tasarımı

Sahadaki zeolitik zon ve boratlı zon için ayrı ayrı basamakların, yükseklik, genel şev ve basamak şev açıları belirlenmiş olup basamak genişliklerinin hesaplanması gerekmektedir. Borat ve zeolit birimi Şekil 3.28’ de görülmektedir.



Şekil 3.28 Sahadaki mevcut birimler (Ercanoğlu vd. 2016).

Ercanoğlu vd. (2016) yapmış oldukları çalışma sonucuna göre, ocağın zeolitik tuf zonun bulunduğu bölge için;

Genel Şev açısı (α): 30°

Basamak Şev açısı ($\beta+\alpha$): 75°

Basamak yüksekliği (h) :10 m

olarak tavsiye edilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda basamak genişliği Şekil 3.29 da görüldüğu üzere;

$$\frac{h}{b} = \frac{tg\beta \times tg\alpha}{tg\beta - tg\alpha} \quad (3.1)$$

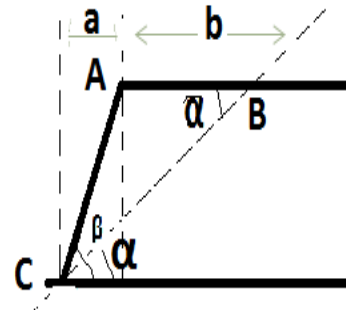
eşitliğinden belirlenebilir. Buradan,

$$\tan(75^{\circ}) = \frac{10}{a} \quad \tan(30^{\circ}) = \frac{10}{a+b}$$

$$a = 3,73 \text{ m} \quad a+b = 17,34 \text{ m}$$

$$\text{Basamak genişliği} = 17,34 - 3,73$$

$$\text{Basamak genişliği}(b) \cong 14 \text{ m}$$



Şekil 3.29 Basamak genişliği hesabı

Ocağın kil ve bor zonun bulunduğu bölge için;

Genel Şev açısı: 22°

Basamak Şev açısı: 60°

Basamak yüksekliği: 10 m

olarak tavsiye edilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda basamak genişliği;

$$\tan(60^\circ) = \frac{10}{a} \quad \tan(22^\circ) = \frac{10}{a+b}$$

$$a = 5.77 \text{ m} \quad a+b = 25 \text{ m}$$

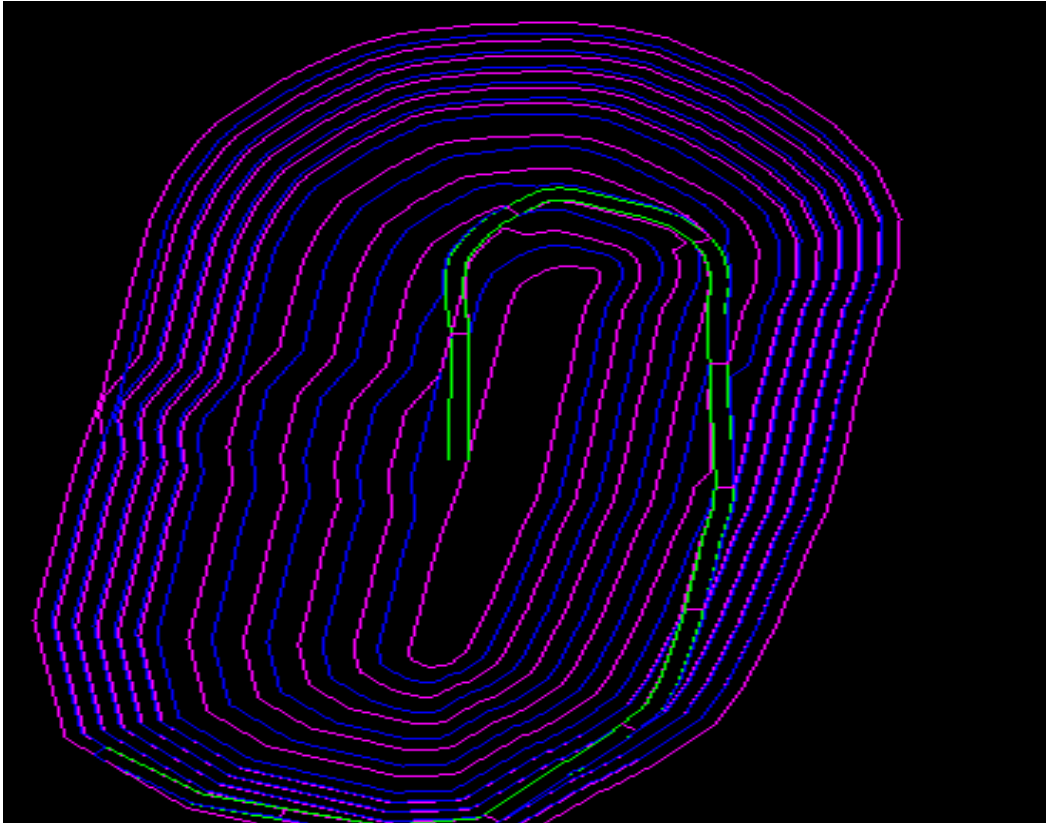
$$\text{Basamak genişliği} = 25 - 5.77$$

$$\text{Basamak genişliği}(b) \cong 19 \text{ m}$$

olarak bulunmuştur.

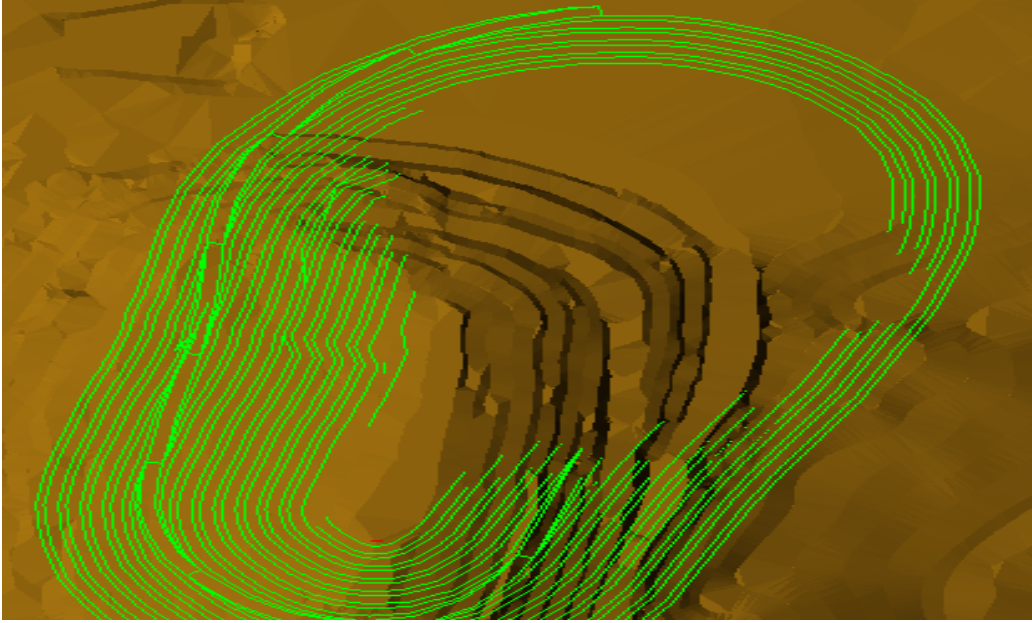
3.3.4 Proje ve yolun çizilmesi

Yapılan hesaplama sonrası ocağın kil ve bor zonun olduğu kısımda; basamak şev açıları 60° basamak yükseklikleri 10 m ve basamak genişlikleri 19 m zeolitik tüf zonunda ise şev açıları 75° , basamak yükseklikleri 10 m ve basamak genişlikleri 14 m olarak proje çizilmiştir. Proje yolunun kullanılacak kamyonlara göre genişliği 12 m ön görülmüş olup ocak yol eğimide 7° olarak alınmıştır. Veriler doğrultusunda ocak basamakları ve yolu Şekil 3.30'da görüldüğü gibi oluşturulmuştur.



Şekil 3.30 Projenin çizgi hali ve yol.

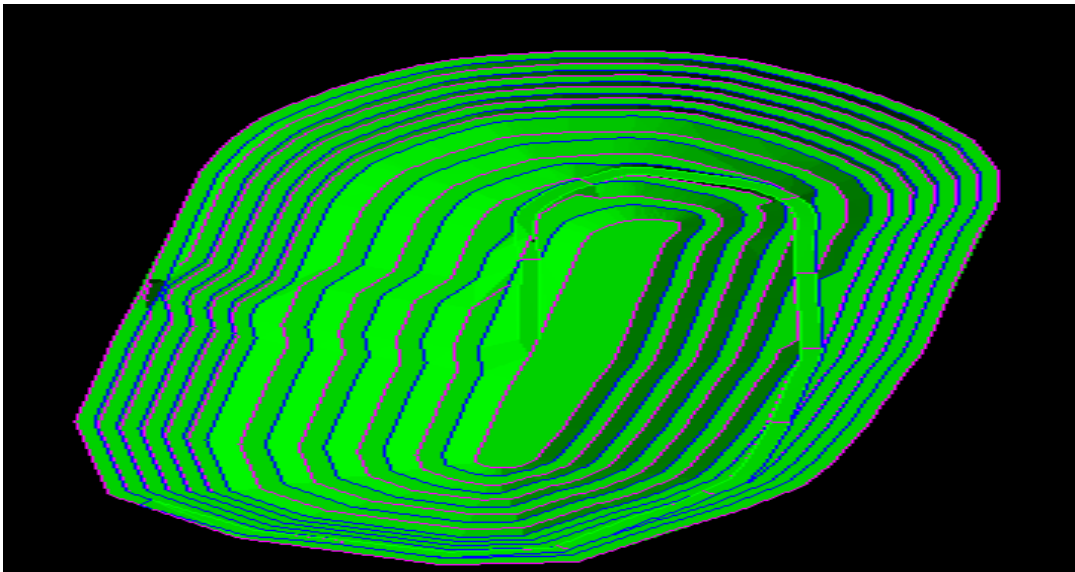
Oluşturulan açık işletme projesinin çizgi hali ve topoğrafyanın ön izlemesi Şekil 3.31 'de görüldüğü gibidir. Çizgilerin topoğrafya üstünde kalan kısımları daha sonra kesilerek kotlara göre düzenlenecektir.



Şekil 3.31 Projenin string hali ve topoğrafya.

3.3.5 Projenin 3 boyutlu model haline getirilmesi

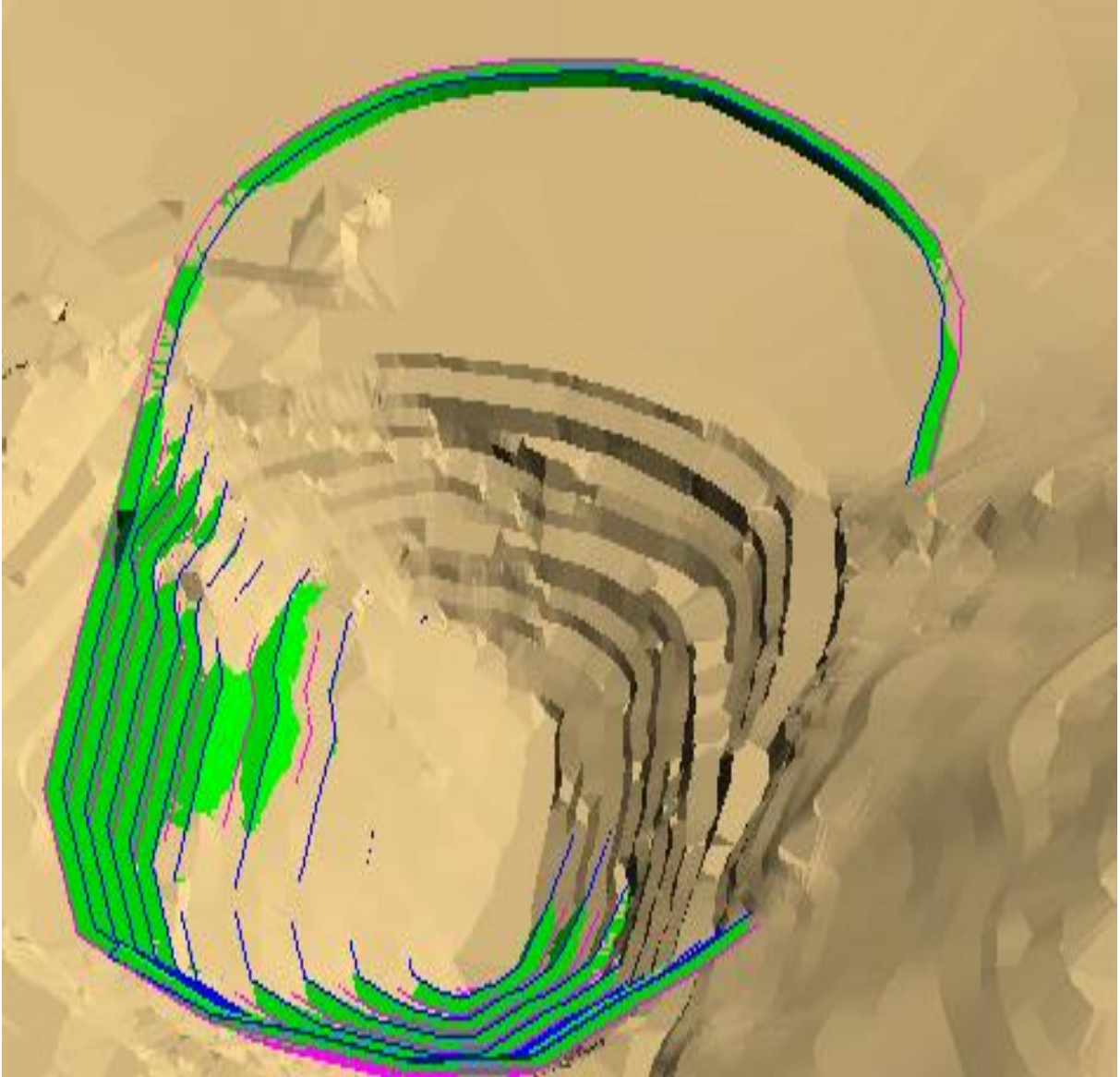
Projenin basamakları oluşturulduktan sonra hesaplama ve nihai proje için 3 boyutlu model haline dönüştürülmesi gerekmektedir. Projenin 3 boyutlu hali Şekil 3.32'de görülmektedir.



Şekil 3.32 Proje 3 boyutlu modeli.

3.3.6 Proje ve topoğrafyanın keşitirilmesi

3 boyutlu model haline gelen projenin topoğrafyanın altında kalan kısmı açık ocak projesidir. Nihai projeyi elde etmek için, topoğrafya ve katı model keşitirilmeli ve keşimden elde edilen keşim çizgileriyle proje revize edilip, mevcut kotlara basamakları bağlanmalı ve tekrardan katı model haline getirilmelidir. Mevcut ocak topoğrafyası ve Projenin 3 boyutlu hali Şekil 3.33 'de görülmektedir.



Şekil 3.33 Proje ve topoğrafya keşitimi

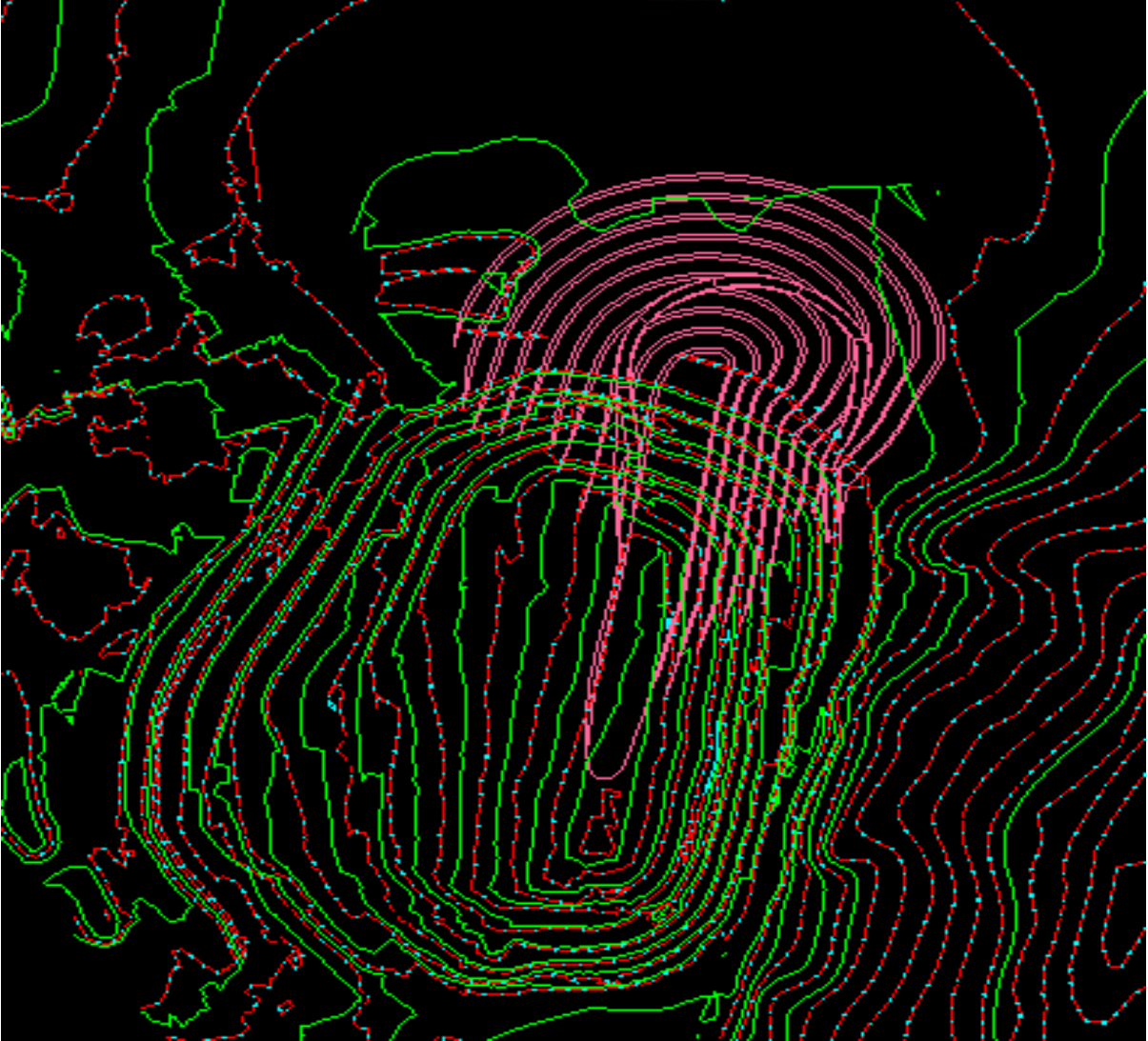
Topoğrafya ve projenin kesişimi, açık ocak yolu Şekil 3.34' te gösterilmiştir. İşlemlerden sonra mevcut topoğrafyanın sayısal hali ekrana getirilip, proje dışında kalan çizgiler ve yeni proje çizgileri kotlarına göre birleştirilmeli ve daha sonra modellenmelidir.



Şekil 3.34 Projeden kesilip çıkarılacak alanlar.

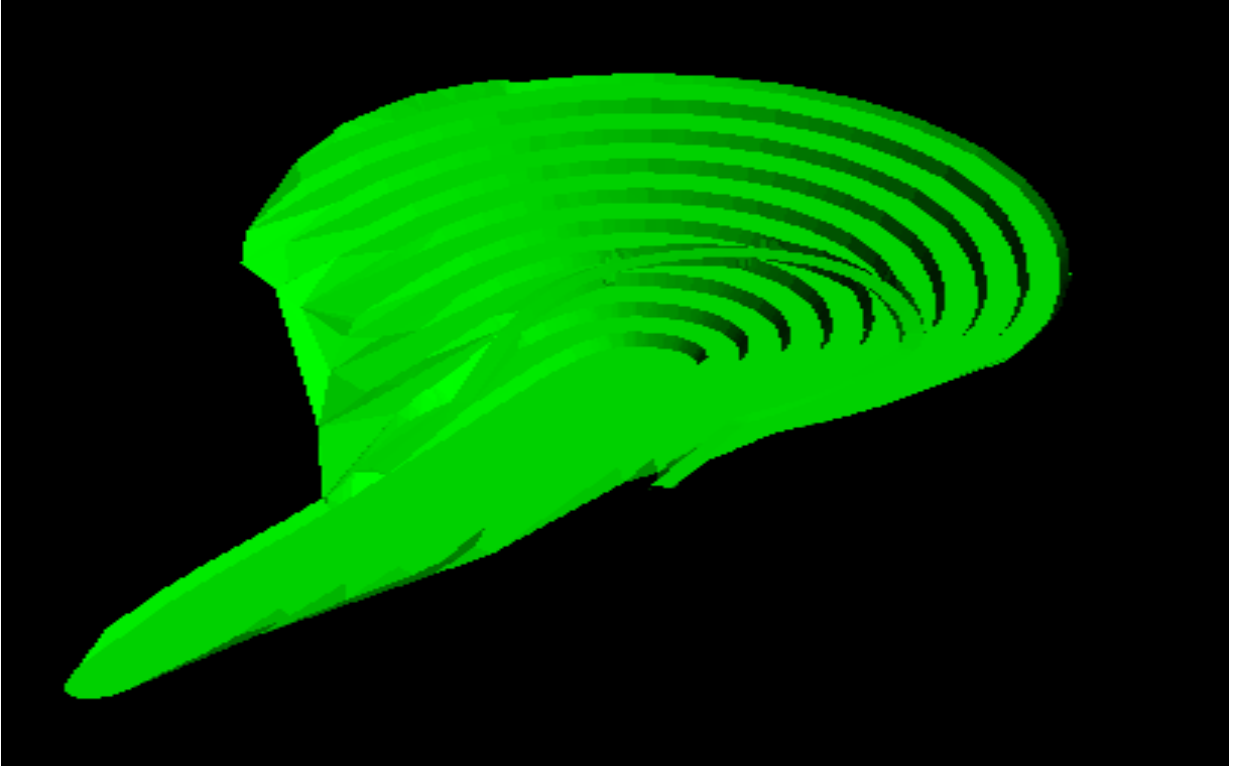
3.3.7 Nihai proje

Nihai proje kesişim çizgilerinin basamak şev üstü ve şev altları düzenlenerek, mevcut topoğrafya kotlarına Şekil 3.35'te görüldüğü gibi bağlanır.

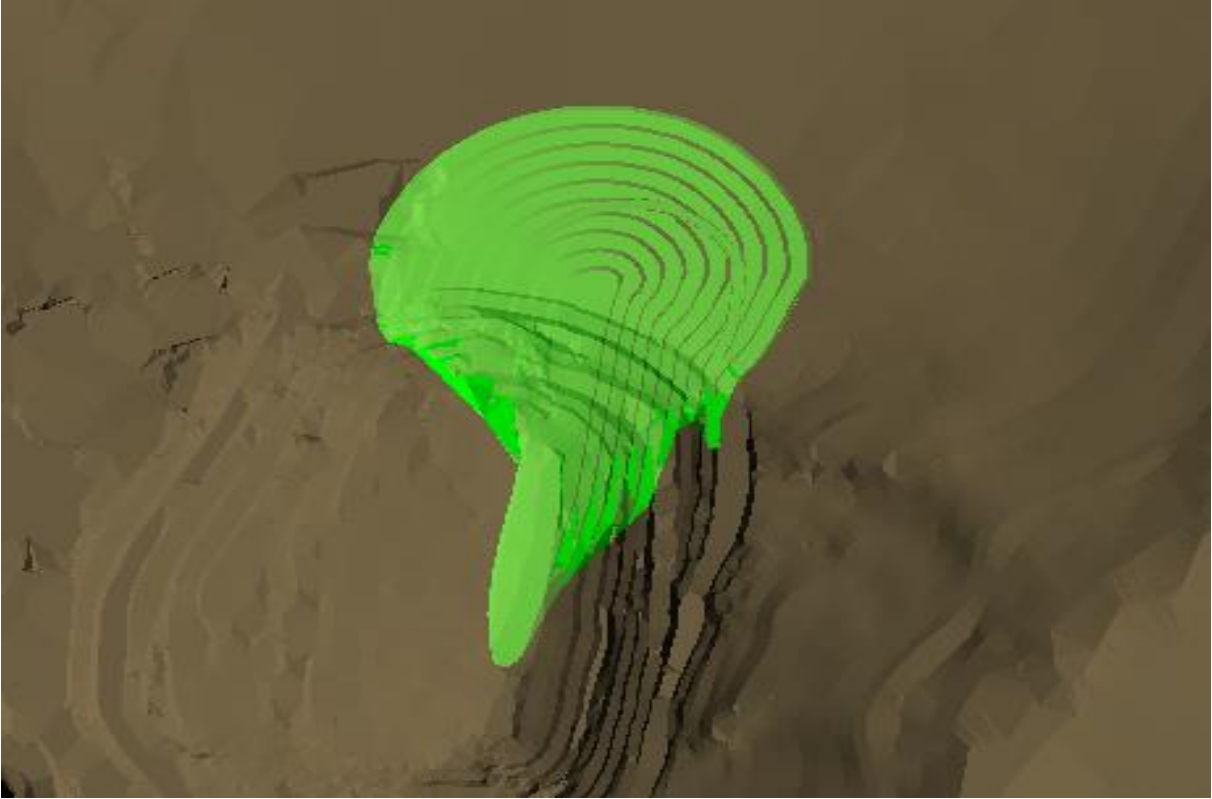


Şekil 3.35 Kesişim çizgilerinin mevcut kotlara bağlanması.

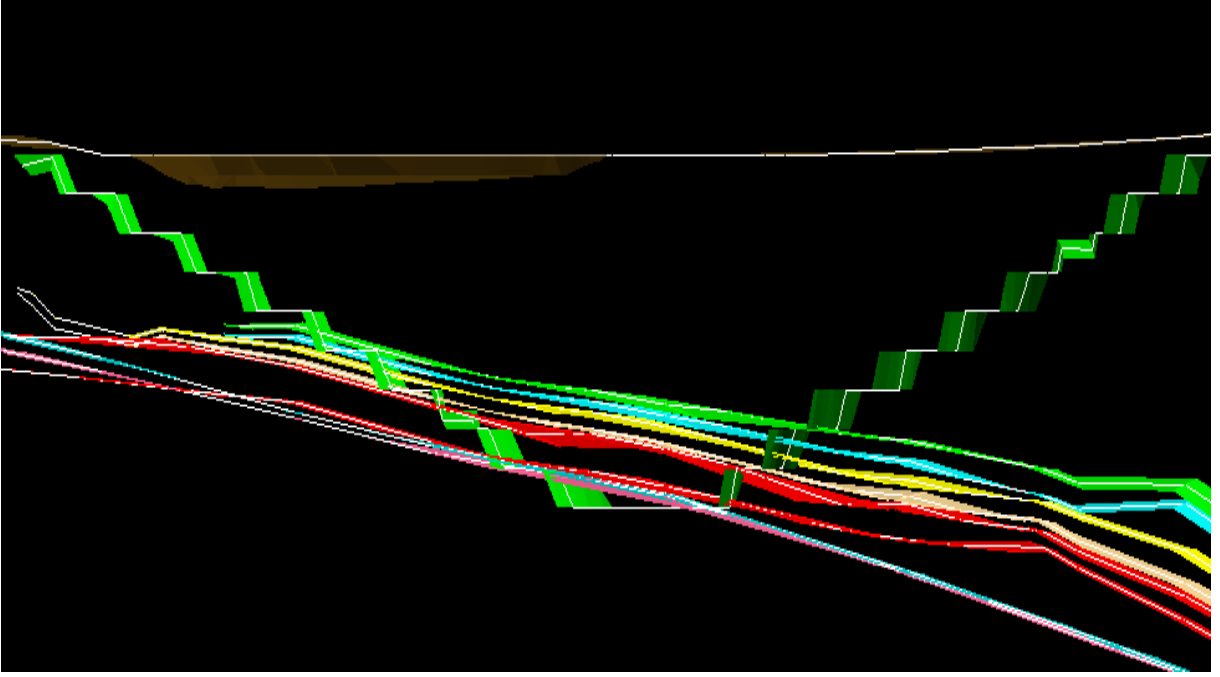
Basamak şev üstleri ve altları bağlandıktan sonra Şekil 3.36 ve Şekil 3.37'da görüldüğü gibi üç boyutlu model haline getirilmiştir. Proje ve topoğrafya arasında kalan kısım kazı yapılacak alandır bu proje kapsamında 5 540 710,507 m³ kazı yapılacaktır.



Şekil 3.36 Nihai proje.

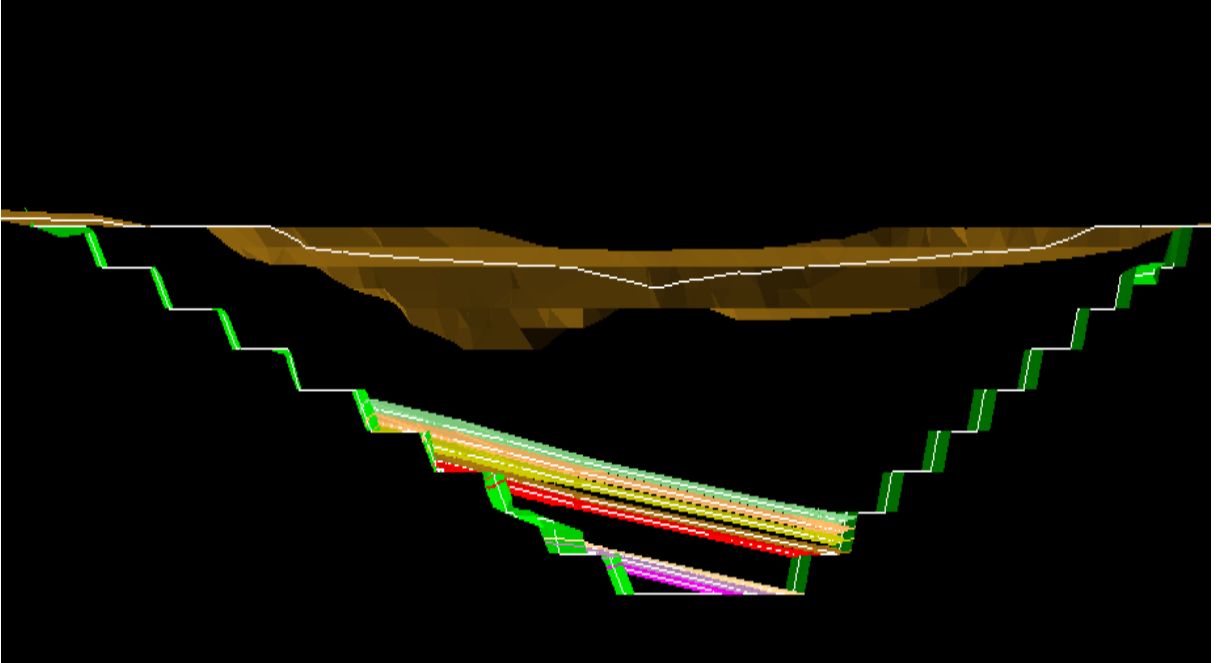


Şekil 3.37 Nihai proje ve mevcut topoğrafya.



Şekil 3.38 Cevher katı modelleri ve proje.

Proje, topoğrafya ve cevher katı modelleri Şekil 3.38’de olduğu gibi görülmektedir. Proje içinde kalan cevher miktarını tespit etmek için, Şekil 3.39’de görüldüğü gibi damarlar ayrı ayrı proje ve topoğrafya ile kesiştirilip hesaplanmıştır.



Şekil 3.39 Proje kapsamında alınacak cevherin kesit görünümü.

Proje kapsamında;

Yeşil Cevher: 110 152,758 m³

Sarı Cevher: 130 102,453 m³

Kristal Cevher: 277 256,140 m³

4. Damar Cevheri: 38 418,428 m³ olmak üzere;

Toplam proje kapsamında çıkarılacak cevher miktarı: 555 929,779 m³ 'tür (1 223 045,51 ton)

Temsili proje için örtü kazı oranı ise;

V: Bu üretim için kaldırılması gerekli toplam dekapaj hacmi

T: Belli bir işletme döneminde yapılacak cevher üretimi

$$\text{Örtü kazı oranı: } \frac{V}{T} \quad (3.2)$$

$$\text{Örtü kazı oranı: } = \frac{4\,987\,780,728\text{m}^3}{1\,223\,045,51\text{ton}} = 4,07\text{m}^3/\text{ton} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

3.3.8. Üretim planı kapsamında temsili açık ocak projesi için makine ekipman seçimi

Çalışmanın bu bölümünde projesi yapılmış olan temsili açık ocak projesinin 400 günlük bir süreçte açık ocak için uygun görülen kapasitelerdeki ekskavatör, kamyon, delici makine ve yardımcı ekipman seçimleri yapılacaktır. Bu seçim için kullanılacak parametreler Çizelge 3.2'de görüldüğü gibi verilmiş olup, hesaplaması da aynı çizelge içerisinde yapılmıştır.

Çizelge 3.2 Açık işletme makine ekipman seçimi.

Ekskavatör ve kamyon hesabı	Birim	Katsayı	Formül	Değer
Dekapaj Miktarı	m ³			5,540,710.52
Çalışma Süresi (Ay) (Fiili)	ay			24
Çalışma Süresi (Fiili)	g			400
Günlük Çalışma Süresi (Fiili)	h/g			21
Toplam Çalışma Süresi	h		Çalışma Süresi*Günlük Çalışma Süresi	8,400
Günlük Ortalama Dekapaj	m ³ /g		Dekapaj Miktarı / Çalışma Süresi	13,852
Saatteki Dekapaj Miktarı	m ³ /h		Günlük Ortalama Dekapaj / Günlük Çalışma Süresi	660
Dekapaj Yerinde Yoğunluğu	ton / m ³			2.20
Kabarma Faktörü	k			1.25
Dekapaj Kabarmış Yoğunluğu	ton / m ³		Dekapaj Yerinde Yoğunluğu / Kabarma Faktörü	1.76
Kepçe Doldurma Faktörü	k			0.90
İşletme Randımanı	k			0.80
Asgari Bir Kepçe Hacmi	m ³			4.00
Asgari Bir Kamyon Tonajı	ton			30.00
Kepçe Hacmi (Yerinde)	m ³		(Asgari Bir Kepçe Hacmi * Kepçe Doldurma Faktörü)/ Kabarma Faktörü	2.88
Kamyon Hacmi (Kabarmış)	m ³		Asgari Bir Kamyon Tonajı / Dekapaj Kabarmış Yoğunluğu	17.05
Kamyon Hacmi (Yerinde)	m ³		Asgari Bir Kamyon Tonajı / Dekapaj Yerinde Yoğunluğu	13.64
Tumba Mesafesi	km			3.91
Dolu Kamyon Hızı	km / h			30
Boş Kamyon Hızı	km / h			50
Kamyonun Dolu Gidiş Zamanı (20 Sn.)	min	60	(Tumba Mesafesi / Dolu Kamyon Hızı)*Katsayı+ Kantarda Bekleme Süresi	8.15
Kamyonun Tumba Etme Zamanı	min			2
Kamyonun Boş Geliş Zamanı (15 Sn.)	min	60	(Tumba Mesafesi / Boş Kamyon Hızı)*Katsayı + Kantarda Bekleme Süresi	4.94
Kamyonun Ekskavatöre Yanaşma Zamanı	min			0.45
Ekskavatör Kepçe Periyodu	min			0.55
Bir Kamyonun Dolma Zamanı	min		Ekskavatör Kepçe Periyodu *(Kepçe Hacmi / Asgari Bir Kepçe Hacmi)/ İşletme Randımanı	3.26
				18.80
1 Kamyon Çevrim Zamanı	min		Kamyonun Dolu Gidiş Zamanı + Kamyonun Tumba Etme Zamanı + Kamyonun Boş Geliş Zamanı + Kamyonun Ekskavatöre Yanaşma Zamanı + Bir Kamyonun Dolma zamanı	

Çizelge 3.2 (Devam) Açık işletme makine ekipman seçimi.

Ekskavatör ve Kamyon Hesabı	Birim	Katsayı	Formül	DEĞER
1 Saate Taşınan Kübaj (Yerinde)	m ³	60	(Katsayı/1 Kamyon Çevrim Zamanı)* Kamyon Hacmi	43.52
Kamyon Adedi	adet		Saatteki Dekapaj Miktarı /1 Saate Taşınan Kübaj	15.00
Ekskavatör Adedi	adet	60	(Saatteki Dekapaj Miktarı * Ekskavatör Kepçe Periyodu * Kabarma Faktörü)/(Katsayı* Kepçe Doldurma Faktörü * İşletme Randımanı * Asgari Bir Kepçe Hacmi)	3.00
Toplam Kamyon Tonajı	m ³	1,10	(Kamyon Adedi * Asgari Bir Kamyon Tonajı *Katsayı)	495
Toplam Yükleyici Hacmi	m ³	1,10	(Ekskavatör Adedi * Kepçe Hacmi *Katsayı)	13
Delici hesabı	Birim	Katsayı	Formül	DEĞER
Basamak Yüksekliği	m			10
Delik Uzunluğu	m		Basamak Yüksekliği +1	11
Delikler Arası Mesafe	m			7
Delik Şev Mesafesi	m			7
1 M Delik Başına Kübaj(Yerinde)	m ³		(Basamak Yüksekliği * Delikler Arası Mesafe * Delik Şev Mesafesi)/ Delik Uzunluğu	44,55
Delik Çapı	mm			152,4
Delici İlerleme Hızı	m/h			25
Delici Adedi	adet	0.80	((Günlük Ortalama Dekapaj /1 M Delik Başına Kübaj)/(Delici İlerleme Hızı * Günlük Çalışma Süresi))*Katsayı	1
Bir Günde Delici Çalışma Zamanı	h	0.80	((Günlük Ortalama Dekapaj *Katsayı)/ 1 M Delik Başına Kübaj)/(Delici İlerleme Hızı)	10.00
Yardımcı iş makineleri hesabı				
Günlük Kürenecek Tumba	h	0.23	Günlük Ortalama Dekapaj *Katsayı	3,186
Bir Dozerin Küreme Kapasitesi	m ³ /h			530
Tumbada Dozer Sayısı	adet		Günlük Kürenecek Tumba /(Bir Dozerin Küreme Kapasitesi * Günlük Çalışma Süresi)	1.0
Bir Gündeki Küreme Müddeti	h		Günlük Kürenecek Tumba / Bir Dozerin Küreme Kapasitesi	6
Greyder Adedi	adet			1
Greyder Çalışma Zamanı	h			10
Sulama Tankeri	adet			1
Sulama Tankeri Çalışma Zamanı	h			12
Mazot Tankeri	adet			1
Mazot Tankeri Çalışma Zamanı	h			5
Loder	adet			1
Loder Çalışma Zamanı	h			10

Açık Ocak Sahasında Öngörülen Paçal Delme-Patlatma Oranı = % 80

4.SONUÇ

Bu çalışmada; dünya rezervinin yüzde 74'ü ülkemizde bulunan ve stratejik bir yere sahip olan bor cevherinin üç boyutlu olarak modelleme ve rezerv hesap yöntemlerinden, uygun olanın seçilip, rezerv hesabının yapılması ve verimli bir şekilde projelendirilerek üretiminin gerçekleştirilmesi amaç edinilmiştir. Bu kapsamda entegre madencilik yazılımlarından olan Vulcan madencilik programları kullanılmıştır.

Sahadan topoğrafik ölçümler sonucunda elde edilen sayısal veriler modellenerek sahanın üç boyutlu topoğrafyası oluşturulmuştur. Daha önce sahada yapılmış olan 71 adet sondaj yorumlanarak, program veri tabanına aktarılmış ve katı model yöntemlerinden 'cevher yüzeylerinden katı model' ve 'En kesitlerden katı modelleme' teknikleri ile modellenerek karşılaştırılmış, cevher yatağına, saha jeolojisine ve sondaj planlarına uygun bulunan 'cevher yüzeylerinden katı model' tekniği kullanılmıştır. Cevher rezervinin hesaplanmasında farklı yöntemler karşılaştırılmış ve saha için en uygun yöntem olarak tayin edilen DTM tekniği ile rezerv hesabı kullanılmıştır. DTM ile yapılan rezerv hesabı ve 'yüzeyler arası katı modelleme' tekniği ile yapılan rezerv hesabı ile yakın sonuçları verdiği görülmüştür. Bunun nedeni benzer tekniklerle modellemelerinin yapılmasıdır. Saha sondaj planları ve sondajların sıklığı, katı model yapılması ve cevher rezerv hesaplanması işlemlerindeki yöntem seçiminde en önemli parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Sondaj planlarının düzgün olması ve sondajların sık aralıklarda yapılması katı model ve rezerv hesabında, hata payının azalmasını sağladığı görülmüştür. Bu çalışmada yapılan hesaplama ile elde edilen toplam rezerv 10 513 053,493 m³ tür. Mevcut ocaktan günümüze kadar üretilen miktar 2 272 200,56 m³ olup toplam rezervden çıkartıldığında henüz üretilmemiş cevher rezervinin hacmi 8 300 852,933 m³ olduğu söylenebilir. Sahadaki bor cevheri sedimanter bir yataklanma gösterdiği, tenör ve safsızlıklar bakımından homojen bir dağılımda olmasından ve herhangi bir fay hattına rastlanmamış olmasından dolayı blok model yapmaya gerek görülmemiş, katı model üzerinden üretim planlamasının revizyonu ve rezerv hesapları yapılmıştır.

1981 yılından bu yana açık ocak üretim yöntemi ile çalışmakta olan, 2008 yılında klasik yöntemlerle üretim planlaması ve nihai projesi yapılan açık ocağın, basamak genişliği 5 - 12

m, basamak yüksekliği 10 m, genel Şev açısı; zeolitik tf zonunda 40° ocağın kil ve bor zonunda 25° - 60° diğer yönlerde 70° - 75° olarak hesaplanmıştır. Açık ocağın revizyonu aşamasında açık ocak parametreleri, genelŐev açıları Ercanoğlu vd. (2016) raporuna göre revize edilerek, zeolitik tf zonunda 30° kil ve bor zonunda 22° alınmıştır. Basamak geniŐiliđi ise zeolitik tf zonu için 14 m, kil ve bor zonu için 19 m hesaplanmıştır. Bu veriler doğrultusunda açık ocak parametreleri revize edilerek açık ocağın Vulcan madencilik programı ile modellemesi ve temsili projesi yapılmıştır.

Vulcan madencilik programı yardımı ile üretim planlamasının ve projesinin revizyonu aşamasında sondaj ve modelleme çalışmalarında cevherin doğrultusunun kuzey-doğu, eğiminin ise güney-doğu doğrultusunda olduğu bilinmektedir. Bölgenin doğu tarafına gidildikçe yükseltinin artması ve cevherin derinlere dalması, batı ve güney doğrultularda cevherin bulunmaması açık ocağın ötelenmesinin kuzey-doğu doğrultusunda olmasını zorunlu hale getirmiştir.

Proje alıŐması kapsamında cevherin tamamını verimli bir Şekilde üretebilmek için cevher tabanından topoğrafyaya doğru bir tasarım seçilmiştir. Açık işletme tasarım parametreleri alt borat zonu ve tf zonu için ayrı ayrı belirsizlikleri hesaplanmış ve temsili açık ocak projesi çizilmiştir. Çizilen proje üç boyutlu katı model haline getirilmiŐ, mevcut ocak ile kesiŐtirilerek bunun sonucunda nihai proje çizgileri elde edilmiştir. Nihai proje çizgileri kapsamında proje basamakları tekrardan oluşturulmuş ve mevcut ocak kotlarına bađlanmıŐtır. Elde edilen proje üç boyutlu katı model yapılarak temsili proje elde edilmiştir. Temsili nihai projenin hacmi 5 540 710,507 m³ tür. Nihai proje kapsamında 555 929,779 m³ cevher elde edilecektir. Son olarak nihai proje kapsamında açık ocak için temsili ekipman seçimi yapılmıştır.

Rezerv hesaplaması ve ocak planlamasında bilgisayarlı modelleme tekniği kullanımı ile daha düzenli bir çalışma yapılacağı, üretim verimliliğinin artırılabileceği, karŐılaŐılabilecek risklerin azaltılacağı düşünülmektedir.

5.KAYNAKLAR

- Açan, H. (2013). Bir Demir Sahasının Surpac Madencilik Entegre Yazılımı İle Değerlendirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Aksoy, C. , Onargan, T., Şimşek, C., Küçük, K., Güler, E., Özaçar V. (2017) Potansiyel Yeni Sahalardaki Bor Cevherinin Ekonomik, Güvenli Ve Uygulanabilir Üretim Koşullarının Araştırılması Ve Üretime Yönelik İşletme Modellerinin Geliştirilmesi Ar-Ge Projesi, 5-15.
- Alkan, B., (2007). Jeostatistik ve Bulanık Yaklaşımlar ile Adana Çimento Hammadde Sahasının Değerlendirmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Anonim, 2014. ÇŞB, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED Raporu, 2014. Bigadiç Yeni Atık Barajı (Maden Atığı Düzenli Depolama Sahası) ve Malzeme Ocakları Projesi Çevresel Etki Değerlendirme Raporu. Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Tesis-Mühendislik Hizmetleri Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anonim, 2016. Türk Mühendis Ve Mimar Odaları Birliği Bor Raporu. Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Yayın no: 29527, Ankara.
- Anonim, 2018. ETKB, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Bor Sektör Raporu, 2017. Ankara.
- Baysal, O., (1985). Borat Yataklarının Mineralojik ve Jenetik İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yer Bilimleri Enstitüsü, Doçentlik Tezi, Ankara.
- Ceryan C., Türkmen İ., Bölücek C., Ceryan N., Sönmez H., Ercanoğlu M., Özyurt, Nn. (2013). Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü Simav Açık Ocağının Mevcut Durumunun, Gelecekteki Fiziki Şartlarının Ve Fiziki Şartlardaki Değişikliklerin Ocak Derivasyon Kanalına Olası Etkilerini Araştırma Çalışmalarını İçeren Jeolojik - Jeoteknik Etüt Projesi. (B. Ü. Ve H.Ü. Ortak Projesi).
- Çetiner, E., (1991). Bilgisayar Destekli Maden Yatağı Modellemesi ve Kesit Yöntemiyle Rezerv Tahmininin Hüsamlar Kömür Sahasına Uygulanması. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

- Dautov, K., (2012). Konya-Ilgın Çavuşçu linyit sahasının bilgisayar destekli tasarımı ve planlaması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Ercanoğlu, M., Bayhan. H., Şen E., Çubukçu, E. (2016). Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne Ait Bigadiç, Emet ve Kırka Bor İşletmelerindeki Ocakların ve Tumba Yığınlarının Jeolojik ve Jeoteknik Değerlendirmelerine Yönelik Ar-Ge Projesi. Hacettepe Üniversitesi Simav, Tulu Ve Acep Açık Ocakları Final Raporu, Ankara.
- Eskikaya, Ş., Karpuz, C., Hindistan, M.A., Tamzok, N. (2005). Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeciliği El Kitabı, Ankara, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 744.
- Feng, X.T. (2017) Rock Mechanics and Engineering Volume 3: Analysis, Modeling & Design, CRC Press, Taylor & Francis Group, 916.
- Floyd, P.A., Helvacı, C. and Mittwede, S.K. (1997). Geochemical Discrimination Of Volcanic Rocks Associated With Borate Deposits: an exploration tool, *Journal of Geochemical Exploration* **60**: 185-205.
- Gemici, Ü., Tarcan, G., Helvacı, C. and Somay, A.M. (2008). High arsenic and boron concentrations in groundwaters related to mining activity in the Bigadiç borate deposits (Western Turkey), *Applied Geochemistry*, **23** (8): 2462-2476.
- Göksuner, E. (2010). Bilgisayar destekli maden işletme tasarımının kalker ocaklarına uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Gülmez, A., (2008). Bir maden yatağının katı modelinin oluşturulması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Helke, A. (1955). Beobachtungen an türkischen Minerallagerstätten, Tl. 1, N. Jb. Min. Abh. **88**: 178-180.
- Helvacı, C. ve Orti, F. (1998). Sedimentology and diagenesis of Miocene colemaniteulexite deposits (western Anatolia, Turkey). *Journal of Sedimentary Research* **68**: 1021-1033.
- Helvacı, C. ve Alaca, O. (1991). Bigadiç Borat Yatakları ve Çevresinin Jeolojisi ve Mineralojisi. *MTA Dergisi* **113**: 61-92.
- Helvacı, C. ve Alonso, R. (2000). Borate deposits of Turkey and Argentina. A summary and geological comparison. *Turkish Journal of Earth Sciences*, **9**: 1-27.
- Helvacı, C. ve Firman, R.J. (1977). Emet borat yataklarının jeolojik konumu ve mineralojisi. *Jeol. Müh. Derg.*, **2**: 17-28.

- Helvacı, C. (1983). Türkiye Borat Yataklarının Mineralojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, **7**: 37-54.
- Helvacı, C. (1995). Stratigraphy, mineralogy and genesis of the Bigadiç borate deposits, Western Turkey. *Economic Geology*, **90**: 1237-1260.
- Helvacı, C. (2003). Türkiye Borat Yatakları: Jeolojik Konum, Mineraloji ve Bor Politikası, *BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **5**: 4-41.
- Helvacı, C. (2004). Türkiye Borat Yatakları Jeolojik Konumu, Ekonomik Önemi ve Bor Politikası. 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 1-41.
- Helvacı, C. ve Dora, Ö. (1985). Bigadiç borat yataklarında mineral oluşumları hakkında yeni görüşler. TJK 39. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri özleri, 75-76.
- Jiang, Y. D., (1998). An Interactive 3-D Mine Modelling, Visualization and Information System. Queen's University, Mining Engineering, The Degree of Doctor of Philosophy, Canada.
- Kıvrak, H., (2011). Himmetoğlu (Bolu-Göynük) linyit sahasının jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Koçak, İ and Koç, S. 2009. Trace element enrichment of Bigadiç Borates deposits, Balıkesir, Türkiye. Goldschmidt Conference Abstracts 2009, June 22-26th, Davos, Switzerland. *Geochimica et Cosmochimica Acta* A671.
- Lemon, A., M., Jones N., L., (2003). Building Solid Models from Boreholes and User-Defined Cross-sections. Pergamon, *Computers & Geosciences*, **29**: 547-555.
- Meixner, H. (1952). Einige boratminerale (colemanitund tertschit, ein neues mineral) aus der Türkei. *Fortschr Mineralogie*, **31**: 39-42.
- Meixner, H. (1953). Neue Türkische boratlagerstätten Berg. U. Hüttenmann. *Monatsh.* **98**: 86-92.
- Meixner, H., (1956). Die neue Türkische boratprovinz in İskeleköy bei Bigadiç im Vilayet Balıkesir. Sonerabdruck aus Kaliund Steinsals, part 2, p. 43-47, Essen, Verlag Glöckauf.
- Öztürk, Y.Y., AY, S. ve Cahit,H. (2014). Bor Minerallerinin Duraylı İzotop Jeokimyası: Bigadiç (Balıkesir) Borat Yatağından Bir Örnek. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, Yerbilimleri, **35**: 37-54.
- Palmer, M.R. and Helvacı, C., (1997). The boron isotope geochemistry of the neogene borate deposits of western Turkey, v61, no.15, pp. 3161-3169.

- Selimoğlu, Ö. (2004). Bilgisayar Destekli Entegre Açık İşletme Tasarımı ve Planlaması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.F
- Sides, E., J., (1997). Geological Modelling of Mineral Deposits for Prediction in mining. Original Paper, GR Geologische Rundschau, **86**: 342-353.
- Tercan, A.E. ve Saraç, C. (1998). Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeostatistiksel Yöntemler. Jeoloji Müh. Odası Yayınları, 137.
- Türkel, E. (2008). Bilgisayar Destekli Tasarım Programlarıyla Seramik Ürünlerin Modellenmesi Ve Bir Pisuar Uygulaması Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Seramik Anasanat Dalı, Sanatta Yeterlik Tezi. İzmir.
- Yalçın, H. Ve Baysal, O., (1991). Kırka (Seyitgazi-Eskişehir) Borat Yataklarının Jeolojik Konumu, Dağılımı ve Oluşumu, *MTA Dergisi*: **113**: 93-104.
- Yılmaz, O., Gündoğdu, M. ve Gümüş, S. (1982). Neojen Yaşlı Bigadiç Volkanosedimanter Havzasının Jeolojisi, Etibank Proj. (yayımlanmamış), 89.
- Yünsel, T.Y., (2007). Maden Yataklarının Jeostatistiksel Yöntemlerle Analizi ve Modellenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.

5.1 İnternet Kaynakları

<http://www.etimaden.gov.tr//>, 01.09.2018

<http://portal.netcad.com.tr/pages/viewpage.action?pagelId=137298221> , 16.02.2018

<http://www.maptek.com/products/vulcan> , 16.02.2018

<http://www.micromine.com> , 16.02.2018

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ali ATAŞ
Doğum Yeri ve Tarihi : 24.04.1987
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) :0 554 468 25 35 / ali.atas@etimaden.gov.tr

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Denizli Lisesi, (2001-2004)
Lisans : Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Maden Mühendisliği
Bölümü, (2005-2009)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, (2011-2019)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü (2011-2019)

EKLER

Çizelge EK.1 Assay Dosyası.

Holeid	From	To
TS_1	0	84.4
TS_1	84.4	86.7
TS_1	86.7	88.2
TS_1	88.2	90.2
TS_1	90.2	91.7
TS_1	91.7	99.9
TS_1	99.9	104.2
TS_1	104.2	105.35
TS_2	0	62
TS_2	62	65.3
TS_2	65.3	67.2
TS_2	67.2	69.8
TS_2	69.8	72.5
TS_2	72.5	74.9
TS_2	74.9	79
TS_2	79	80
TS_3	0	62
TS_3	62	63.5
TS_3	63.5	67
TS_3	67	69.1
TS_3	69.1	76.45
TS_3	76.45	77.4
TS_4	0	60
TS_4	60	61.1
TS_4	61.1	64.45
TS_4	64.45	69.35
TS_4	69.35	73.75
TS_4	73.75	74.85
TS_5	0	66
TS_5	66	69.3
TS_5	69.3	72.9
TS_5	72.9	77.7
TS_5	77.7	78.2
TS_5	78.2	88.35
TS_5	88.35	90.9
TS_5	90.9	92.3
TS_6	0	49.2
TS_6	49.2	52.25
TS_6	52.25	55.5
TS_6	55.5	58.8
TS_6	58.8	60.5
TS_6	60.5	68.8

Çizelge EK.1 (Devam) Assay Dosyası.

Holeid	From	To
TS_6	73.1	73.6
TS_7	0	30
TS_7	30	32.6
TS_7	32.6	36.4
TS_7	36.4	39.6
TS_7	39.6	42.6
TS_7	42.6	48.7
TS_7	48.7	54.6
TS_7	54.6	54.75
TS_8	0	49.15
TS_8	49.15	51.35
TS_8	51.35	55.25
TS_8	55.25	58.5
TS_8	58.5	59.7
TS_8	59.7	69.6
TS_8	69.6	71.3
TS_8	71.3	72.95
TS_9	0	44.7
TS_9	44.7	47.7
TS_9	47.7	51.2
TS_9	51.2	55
TS_9	55	55.7
TS_9	55.7	64
TS_9	64	67.35
TS_9	67.35	68.25
TS_10	0	83.75
TS_10	83.75	85.5
TS_10	85.5	88.15
TS_10	88.15	91.2
TS_10	91.2	95.5
TS_10	95.5	104.65
TS_10	104.65	107.5
TS_10	107.5	107.9
TS_11	0	67.2
TS_11	67.2	73.05
TS_11	73.05	78.25
TS_11	78.25	81.05
TS_11	81.05	82.9
TS_11	82.9	90.7
TS_11	90.7	92.95
TS_11	92.95	94.2
TS_11	94.2	94.85
TS_11	94.85	95.65

Çizelge EK.1 (Devam) Assay Dosyası.

Holeid	From	To
TS_12	0	51.6
TS_12	51.6	54.7
TS_12	54.7	57.6
TS_12	57.6	60.6
TS_12	60.6	62.95
TS_12	62.95	71.4
TS_12	71.4	73.7
TS_12	73.7	75.45
TS_13	0	39.3
TS_13	39.3	42.45
TS_13	42.45	45.3
TS_13	45.3	48.75
TS_13	48.75	50.95
TS_13	50.95	60.55
TS_13	60.55	62.45
TS_13	62.45	64.15
TS_14	0	84.5
TS_14	84.5	87.35
TS_14	87.35	90.05
TS_14	90.05	93.35
TS_14	93.35	95.05
TS_14	95.05	96.5
TS_14	96.5	106.45
TS_14	106.45	107.15
TS_14	107.15	109.5
TS_15	0	67.4
TS_15	67.4	69.85
TS_15	69.85	72.8
TS_15	72.8	75.1
TS_15	75.1	77.6
TS_15	77.6	87
TS_15	87	88.5
TS_15	88.5	89.4
TS_15	89.4	90.4
TS_15	90.4	90.7
TS_16	0	36.55
TS_16	36.55	39.75
TS_16	39.75	43.7
TS_16	43.7	46.45
TS_16	46.45	48.85
TS_16	48.85	51.2
TS_16	51.2	53.85
TS_16	53.85	65.2

Çizelge EK.1 (Devam) Assay Dosyası.

Holeid	From	To
TS_16	67.15	67.75
TS_17	0	80.35
TS_17	80.35	82.65
TS_17	82.65	86.8
TS_17	86.8	87.4
TS_17	87.4	88.3
TS_17	88.3	90.2
TS_17	90.2	93.3
TS_17	93.3	95.35
TS_17	95.35	98.5
TS_17	98.5	99.1
TS_17	99.1	110.25
TS_17	110.25	113.3
TS_17	113.3	114.65
TS_18	0	69.45
TS_18	69.45	72.3
TS_18	72.3	75.75
TS_18	75.75	79.05
TS_18	79.05	80.35
TS_18	80.35	88.75
TS_18	88.75	89.7
TS_18	89.7	93.6
TS_18	93.6	98.3
TS_18	98.3	100.8
TS_18	100.8	101.5
TS_19	0	57.85
TS_19	57.85	60.25
TS_19	60.25	63.65
TS_19	63.65	67.4
TS_19	67.4	69.3
TS_19	69.3	73.6
TS_19	73.6	76.3
TS_19	76.3	80.4
TS_19	80.4	81.1
TS_19	81.1	83.2
TS_20	0	94
TS_20	94	97.05
TS_20	97.05	101.05
TS_20	101.05	103.5
TS_20	103.5	109
TS_20	109	110.35
TS_20	110.35	113.2
TS_20	113.2	115.05

Çizelge EK.1 (Devam) Assay Dosyası.

Holeid	From	To
TS_20	117.3	118.85
TS_20	118.85	126.7
TS_20	126.7	129.1
TS_20	129.1	129.4
TS_21	0	77.9
TS_21	77.9	82.35
TS_21	82.35	85.6
TS_21	85.6	88.6
TS_21	88.6	91.4
TS_21	91.4	93.5
TS_21	93.5	94.65
TS_21	94.65	97.75
TS_21	97.75	111.5
TS_21	111.5	114.3
TS_21	114.3	115.9
TS_22	0	73.2
TS_22	73.2	75.85
TS_22	75.85	78.4
TS_22	78.4	81.3
TS_22	81.3	83.6
TS_22	83.6	93.65
TS_22	93.65	96.05
TS_22	96.05	97.95
TS_23	0	58.2
TS_23	58.2	60.9
TS_23	60.9	63.6
TS_23	63.6	67
TS_23	67	68.9
TS_23	68.9	78.4
TS_23	78.4	79.4
TS_23	79.4	81.4
TS_24	0	41.55
TS_24	41.55	45
TS_24	45	48.05
TS_24	48.05	49.9
TS_24	49.9	50.8
TS_24	50.8	51.6
TS_24	51.6	53.65
TS_24	53.65	62.5
TS_24	62.5	66.7
TS_24	66.7	68.5
TS_25	0	46.45
TS_25	46.65	51

Çizelge EK.1 (Devam) Assay Dosyası.

Holeid	From	To
TS_26	46.75	49.3
TS_26	49.3	51.85
TS_26	51.85	54.65
TS_26	54.65	55.9
TS_26	55.9	65.2
TS_26	65.2	66.3
TS_26	66.3	67.5
TS_27	0	64
TS_27	64	66.9
TS_27	66.9	69.7
TS_27	69.7	74.5
TS_27	74.5	75.5
TS_27	75.5	85
TS_27	85	86.6
TS_27	86.6	87
TS_27	87	89.1
TS_27	89.1	89.7
TS_28	0	73.4
TS_28	73.4	79.1
TS_28	79.1	84.55
TS_28	84.55	88.75
TS_28	88.75	90.95
TS_28	90.95	98.65
TS_28	98.65	103.5
TS_28	103.5	106
TS_28	106	106.6
TS_29	0	84.15
TS_29	84.15	89.65
TS_29	89.65	105
TS_29	105	106.65
TS_29	106.65	110.3
TS_29	110.3	113.1
TS_29	113.1	116.6
TS_29	116.6	121.35
TS_29	121.35	124
TS_29	124	124.65
TS_29	124.65	134.7
TS_29	134.7	137.35
TS_29	137.35	138.15
TS_30	0	75
TS_30	75	78.45

Çizelge EK.1 (Devam) Assay Dosyası.

Holeid	From	To
TS_30	81.3	84.85
TS_30	84.85	87
TS_30	87	101
TS_30	101.9	107.7
TS_30	107.7	110.1
TS_30	110.1	111.5
TS_30	111.5	112.2
TS_31	0	4.25
TS_31	4.25	5
TS_31	5	7.4
TS_31	7.4	9.7
TS_31	9.7	13
TS_31	13	14.45
TS_31	14.45	17.5
TS_31	17.5	23.75
TS_31	23.75	25.35
TS_31	25.35	27.2
TS_32	0	1.6
TS_32	1.6	2.3
TS_32	2.3	2.5
TS_32	2.5	2.7
TS_32	2.7	3
TS_32	3	3.35
TS_32	3.35	3.85
TS_32	3.85	4.2
TS_32	4.2	4.5
TS_32	4.5	4.95
TS_32	4.95	6.5
TS_32	6.5	15.35
TS_32	15.35	17
TS_32	17	18.25
TS_33	0	0.9
TS_33	0.9	2.65
TS_33	2.65	8
TS_33	8	8.6
TS_33	8.6	9.6
TS_33	9.6	16.3
TS_33	16.3	16.45
TS_33	16.45	17
TS_34	0	7.25
TS_34	7.25	10
TS_34	10	14
TS_34	14	17

Çizelge EK.1 (Devam) Assay Dosyası.

Holeid	From	To
TS_34	21	34.25
TS_35	0	60.2
TS_35	60.2	61.35
TS_35	61.35	64
TS_35	64	70
TS_35	70	75.5
TS_35	75.5	85.45
TS_36	0	26
TS_36	26	26.65
TS_36	26.65	27.7
TS_36	27.7	28.55
TS_36	28.55	29
TS_36	29	30.25
TS_36	30.25	35.4
TS_36	35.4	38
TS_36	38	39.5
TS_36	39.5	41.9
TS_36	41.9	42.55
TS_36	42.55	49.7
TS_36	49.7	50.1
TS_36	50.1	50.7
TS_37	0	2
TS_37	2	5.55
TS_37	5.55	8.95
TS_37	8.95	11
TS_37	11	19
TS_38	0	41.35
TS_38	41.35	43.35
TS_38	43.35	47.6
TS_38	47.6	53.55
TS_38	53.55	56.5
TS_38	56.5	66.55
TS_38	66.55	67.8
TS_38	67.8	68.85
TS_39	0	5.5
TS_39	5.5	8
TS_39	8	10
TS_39	10	11.2
TS_39	11.2	12
TS_39	12	19.75
TS_39	19.75	22.7
TS_39	22.7	23.5
TS_40	0	46

Çizelge EK.1 (Devam) Assay Dosyası.

Holeid	From	To
TS_40	49.35	52
TS_40	52	55.7
TS_40	55.7	56.8
TS_40	56.8	65.2
TS_40	65.2	68.35
TS_40	68.35	70
TS_41	0	68
TS_41	68	71.35
TS_41	71.35	74.5
TS_41	74.5	91.1
TS_41	91.1	94.2
TS_41	94.2	96.35
TS_42	0	39
TS_42	39	43
TS_42	43	46.3
TS_42	46.3	49.4
TS_42	49.4	51
TS_42	51	58.5
TS_42	58.5	62.5
TS_42	62.5	63.6
BS_101	0	96
BS_101	96	98
BS_101	98	99.14
BS_101	99.14	100.5
BS_101	100.5	101.5
BS_101	101.5	102.5
BS_102	0	58
BS_102	58	61
BS_102	61	65
BS_102	65	69
BS_102	69	70
BS_102	70	80
BS_102	80	83
BS_102	83	83.5
BS_103	0	78.5
BS_103	78.5	86
BS_103	86	90.75
BS_103	90.75	98
BS_104	0	57
BS_104	57	61.5
BS_104	61.5	67
BS_104	67	70.5
BS_104	70.5	72.5

Çizelge EK.1 (Devam) Assay Dosyası.

Holeid	From	To
BS_105	0	67
BS_105	67	72
BS_105	72	72.5
BS_105	72.5	78
BS_105	78	79.5
BS_105	79.5	93.5
BS_106	0	41.4
BS_106	41.4	44.2
BS_106	44.2	48.5
BS_106	48.5	59.5
BS_106	59.5	64.5
BS_106	64.5	65
BS_107	0	129.5
BS_107	129.5	139
BS_107	139	149.6
BS_107	149.6	155
BS_107	155	160
BS_107	160	164
BS_108	0	58.5
BS_108	58.5	59.5
BS_108	59.5	60.5
BS_108	60.5	63
BS_108	63	66.5
BS_108	66.5	72.75
BS_108	72.75	73.5
BS_108	73.5	81.75
BS_108	81.75	84.5
BS_108	84.5	85.4
BS_109	0	24.5
BS_109	24.5	26
BS_110	0	52
BS_110	52	53.7
BS_110	53.7	84.8
BS_110	84.8	89.5
BS_110	89.5	95
BS_110	95	97.15
BS_110	97.15	97.85
BS_110	97.85	111.8
BS_110	111.8	113.5
BS_110	113.5	115
BS_111	0	182.5
BS_112	0	48
BS_113	0	102.5

Çizelge EK.1 (Devam) Assay Dosyası.

Holeid	From	To
BS_113	103.5	106
BS_113	106	109
BS_113	109	110
BS_113	110	110.5
BS_113	110.5	118
BS_114	0	79.25
BS_114	79.25	83.1
BS_114	83.1	88.7
BS_114	88.7	90.8
BS_114	90.8	93.5
BS_114	93.5	98.5
BS_114	98.5	109
BS_114	109	113.4
BS_114	113.4	114.4
BS_114	114.4	117
BS_114	117	121
BS_114	121	122
BS_114	122	125.7
BS_114	125.7	129.3
BS_114	129.3	130
BS_115	0	144
BS_115	144	146
BS_115	146	154.7
BS_115	154.7	158
BS_115	158	161
BS_115	161	165
BS_115	165	166.5
BS_115	166.5	171.67
BS_115	171.67	172
BS_115	172	174.5
BS_116	0	82.25
BS_116	82.25	90
BS_116	90	90.94
BS_116	90.94	96.5
BS_116	96.5	99.2
BS_116	99.2	104
BS_116	104	105
BS_116	105	119.25
BS_117	0	45
BS_117	45	47
BS_117	47	48
BS_117	48	60
BS_118	0	51.25

Çizelge EK.1 (Devam) Assay Dosyası.

Holeid	From	To
BS_120	0	78
BS_121	0	51.5
BS_121	51.5	53
BS_121	53	55.7
BS_121	55.7	65.7
BS_122	0	83
BS_122	83	107
BS_122	107	108
BS_123	0	67.5
BS_123	67.5	70.5
BS_123	70.5	74.8
BS_123	74.8	78
BS_123	78	87.6
BS_123	87.6	90
BS_124	0	57
BS_124	57	58.5
BS_125	0	44.5
BS_125	44.5	46
BS_127	0	50
BS_128	0	49
BS_128	49	51
BS_128	51	57.1
BS_128	57.1	63.5
BS_128	63.5	64.9
BS_128	64.9	65.5
BS_135	0	360.45
BS_135	360.45	362.32
BS_135	362.32	367.75
BS_135	367.75	388.75
BS_135	388.75	391.45
BS_135	391.45	394.35
BS_136	0	173.2
BS_136	173.2	176
BS_136	176	184.7
BS_136	184.7	186
BS_136	186	189
BS_136	189	193
BS_136	193	194
BS_136	194	198.2
BS_136	198.2	205.5
BS_136	205.5	207.2
BS_137	0	182.5

Çizelge EK.1 (Devam) Assay Dosyası.

Holeid	From	To
BS_137	184.5	191
BS_137	191	192
BS_137	192	207.5
BS_137	207.5	210.5
BS_137	210.5	218
BS_137	218	221.5
BS_137	221.5	226.5
BS_137	226.5	228.2
BS_137	228.2	229.5
BS_137	229.5	241.2
BS_137	241.2	242.5
BS_137	242.5	244.4

Çizelge EK.2 Collar Dosyası.

Holeid	Easting	Northing	Elevation	Depth
TS_1	598095.3	4374826	150.38	105.35
TS_2	597932.7	4374011	137.28	80
TS_3	597911.6	4374928	152.24	77.4
TS_4	597894.4	4374693	146.44	74.85
TS_5	597982.9	4373933	133.61	92.3
TS_6	597851.4	4374023	147.21	73.6
TS_7	597869.6	4373901	120.25	54.75
TS_8	597782.4	4374149	151.63	72.95
TS_9	597858.9	4374113	142.39	68.25
TS_10	598066.9	4374048	134.99	107.9
TS_11	598044.8	4374121	136.11	98.5
TS_12	597939.2	4374151	137.07	74.45
TS_13	597852.4	4374181	140.04	64.15
TS_14	598102.4	4374152	137	109.5
TS_15	598012.2	4374196	138.15	90.7
TS_16	597899.3	4374206	139.06	67.75
TS_17	598127.1	4374206	137.86	114.65
TS_18	598067.3	4374222	138.13	101.5
TS_19	597975	4374240	139.28	83.2
TS_20	598192.6	4374236	139.42	129.4
TS_21	598145	4374285	139.31	115.9
TS_22	598057.6	4374320	140.41	97.95
TS_23	597959.2	4374357	141.31	81.4
TS_24	597888.8	4374325	139.94	68.5
TS_25	597767.1	4374414	142.42	51
TS_26	597877.4	4374431	141.55	67.5
TS_27	598019.9	4374385	142.19	89.7
TS_28	598114.7	4374347	140.38	106.6
TS_29	598244.4	4374417	144.24	138.15
TS_30	598149	4374448	141.96	112.2
TS_31	597814	4373694	101.71	27.2
TS_32	597744.2	4373818	112.31	18.25
TS_33	597750.2	4373771	109.21	17
TS_34	597850.6	4373727	101.47	34.25
TS_35	597947.9	4373713	119.47	85.45
TS_36	597907.6	4373761	100.96	50.7
TS_37	597770.4	4373858	111.55	19
TS_38	597957.9	4373843	110.76	68.85
TS_39	597810.9	4373937	103.08	23.5
TS_40	597766.5	4374064	157	70
TS_41	598017.2	4374006	131.76	96.35
TS_42	597910.3	4374084	129.14	63.6
BS_101	598093.2	4373681	141.34	102.5

Çizelge EK.2 (Devam) Collar Dosyası.

Holeid	Easting	Northing	Elevation	Depth
BS_102	597980.2	4374086	136.36	83.5
BS_103	597993.2	4373796	132.16	98
BS_104	597835.1	4373809	152.5	83.5
BS_105	597904.2	4373674	135.1	93.5
BS_106	597744.1	4373676	148.2	65
BS_107	598150.3	4373692	154.88	164
BS_108	597916.2	4373943	142.5	85.4
BS_109	597799.1	4373562	133	26
BS_110	597835.1	4373385	125	115
BS_111	598080.2	4373123	134.38	182.5
BS_112	598182.3	4373164	134.73	48
BS_113	598104.2	4374008	135	118
BS_114	598157.3	4374175	136.83	130
BS_115	598332.3	4374278	147.26	174.5
BS_116	598185.5	4374400	141.47	119.25
BS_117	597829.3	4374365	140.96	60
BS_118	597663.6	4374475	146.72	53.5
BS_120	598126.6	4374562	144.22	94
BS_121	597846.1	4374550	143	65.7
BS_122	598172.9	4374452	142.93	108
BS_123	598027.2	4374451	143	90
BS_124	597759.1	4374601	140.36	58.5
BS_125	597665.1	4374697	143.64	46
BS_127	597484.3	4374816	156.98	50
BS_128	597806.9	4374978	152.97	65.5
BS_135	598513.9	4373860	264.51	394.35
BS_136	598282.3	4374053	161.28	207.2
BS_137	598129.8	4373407	167	244.4

Çizelge EK.3 Survey Dosyası.

Holeid	Depth	Dip	Azimuth
TS_1	105.35	-90	0
TS_2	80	-90	0
TS_3	77.4	-90	0
TS_4	74.85	-90	0
TS_5	92.3	-90	0
TS_6	73.6	-90	0
TS_7	54.75	-90	0
TS_8	72.95	-90	0
TS_9	68.25	-90	0
TS_10	107.9	-90	0
TS_11	98.5	-90	0
TS_12	74.45	-90	0
TS_13	64.15	-90	0
TS_14	109.5	-90	0
TS_15	90.7	-90	0
TS_16	67.75	-90	0
TS_17	114.65	-90	0
TS_18	101.5	-90	0
TS_19	83.2	-90	0
TS_20	129.4	-90	0
TS_21	115.9	-90	0
TS_22	97.95	-90	0
TS_23	81.4	-90	0
TS_24	68.5	-90	0
TS_25	51	-90	0
TS_26	67.5	-90	0
TS_27	89.7	-90	0
TS_28	106.6	-90	0
TS_29	138.15	-90	0
TS_30	112.2	-90	0
TS_31	27.2	-90	0
TS_32	18.25	-90	0
TS_33	17	-90	0
TS_34	34.25	-90	0
TS_35	85.45	-90	0
TS_36	50.7	-90	0
TS_37	19	-90	0
TS_38	68.85	-90	0
TS_39	23.5	-90	0
TS_40	70	-90	0
TS_41	96.35	-90	0
TS_42	63.6	-90	0
BS_101	102.5	-90	0

Çizelge EK.3 (Devam) Survey Dosyası.

Holeid	Depth	Dip	Azimuth
BS_102	83.5	-90	0
BS_103	98	-90	0
BS_104	83.5	-90	0
BS_105	93.5	-90	0
BS_106	65	-90	0
BS_107	164	-90	0
BS_108	85.4	-90	0
BS_109	26	-90	0
BS_110	115	-90	0
BS_111	182.5	-90	0
BS_112	48	-90	0
BS_113	118	-90	0
BS_114	130	-90	0
BS_115	174.5	-90	0
BS_116	119.25	-90	0
BS_117	60	-90	0
BS_118	53.5	-90	0
BS_120	94	-90	0
BS_121	65.7	-90	0
BS_122	108	-90	0
BS_123	90	-90	0
BS_124	58.5	-90	0
BS_125	46	-90	0
BS_127	50	-90	0
BS_128	65.5	-90	0
BS_135	394.35	-90	0
BS_136	207.2	-90	0
BS_137	244.4	-90	0