

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayten GÜLMEZ

BİR MADEN YATAĞININ KATI MODELİNİN OLUŞTURULMASI

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2008

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR MADEN YATAĞININ KATI MODELİNİN OLUŞTURULMASI

Ayten GÜLMEZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 04.12.2008 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

İmza:.....
Yrd. Doç.Dr. Ahmet DAĞ
DANIŞMAN

İmza:.....
Prof.Dr. Adem ERSOY
ÜYE

İmza:.....
Doç.Dr. Suphi URAL
ÜYE

İmza:.....
Doç.Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
ÜYE

İmza:.....
Yrd. Doç.Dr. Mustafa Akyıldız
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof.Dr.Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: MMF2008YL18

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİR MADEN YATAĞININ KATI MODELİNİN OLUŞTURULMASI

Ayten GÜLMEZ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Yrd. Doç.Dr. Ahmet DAĞ
Yıl : 2008, **Sayfa:** 93
Jüri : Prof.Dr. Adem ERSOY
Doç.Dr. Suphi URAL
Doç.Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
Yrd. Doç.Dr. Ahmet DAĞ
Yrd. Doç.Dr. Mustafa AKYILDIZ

Madencilik endüstrisinde en önemli sorun, teknik ve finansal planlamanın doğru yapılmasıdır. Yer altındaki cevher kütlelerinin, konum ve biçim açısından incelenebildiği anlamlı tekniklerden birisi de üç boyutlu katı modelleme metodudur. Günümüzde katı model oluşturmaya yönelik çalışmaların pek çoğunda madencilikte yaygın olarak kullanılan hazır paket programlardan yararlanılmıştır. Bazı araştırmacılar, gelişen ihtiyaçlara yönelik üç boyutlu çizim programlarından faydalanarak yeni programlar geliştirmişlerdir.

Bu çalışma kapsamında, sondaj verilerinden elde edilen üç boyutlu koordinat bilgileri kullanılarak, yatakların katı modellerini ortaya çıkaran bir model geliştirilmiştir. Bu modelde, Visual Basic dilinde iki yazılım geliştirilmiş ve veri üretimi ile AutoCAD ortamında katı model otomasyonu sağlanmıştır. Sonuçların doğruluğunu kanıtlamak için model iki farklı sahada denenmiş ve kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar, örnek bir bölge için daha önce yapılmış araştırmalar ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Maden yatağı, Katı Modelleme, Blok Model, AutoCAD, Visual Basic.

ABSTRACT
MSc. Thesis

GENERATING OF AN ORE BODY SOLID MODEL

Ayten GÜLMEZ

DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor: Assist.Prof.Dr. Ahmet DAĞ
Year : 2008, **Page:** 93
Jury : Prof.Dr. Adem ERSOY
Assoc. Prof.Dr. Suphi Ural
Assoc. Prof.Dr. Ahmet Mahmut Kılıç
Assist. Prof.Dr. Ahmet Dağ
Assist. Prof.Dr. Mustafa Akyıldız

In mining industry, most important problem is be done technical and financial planning rightly. Three dimensional solid modeling method is one of the significant method which can be examined about position and shape in underground ore body. Nowadays, most studies tended to create solid model are utilized from program packages which use commonly in mining. Some researchers were improved new programs to aid from three dimensionally drawing programs to incline developing necessity.

In scope of this study, a model, appeared solid model of deposits, was developed using three dimensional coordinate data which derived from boreholes. In this model, two programs were improved with Visual Basic and solid model automation was supplied with data production in environment of AutoCAD. To proving accuracy of results, the model was tried in two different fields and obtained acceptable results. These results are referenced with previous researches for a sample area.

Key words: Ore Body, Solid Modeling, Block Model, AutoCAD, Visual Basic.

TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yapmış olduğum yüksek lisans çalışmamın sonuca ulaştırılmasında danışman hocam Sayın Yrd. Doç.Dr. Ahmet DAĞ'a, tecrübelerini benimle paylaşan Maden Mühendisliği Bölüm Öğretim Üyelerine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma verilerini kullanmama izin veren sayın Dr. Tayfun YÜNSEL ve Maden Yüksek Müh. Betül ALKAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım esnasında yanımda olan ve beni her açıdan destekleyen aileme sonsuz sevgilerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
EKLER DİZİNİ	IX
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
2.1. Madencilikte Üç Boyutlu Modelleme Yöntemlerinin Tarihsel Gelişimi	4
2.2. Önceki Çalışmalar	4
3. MATERYAL ve METOD	8
3.1. Materyal	8
3.1.1. Tufanbeyli Linyit Sahası.....	8
3.1.2. AÇS Hammadde Sahası.....	13
3.2. Metot.....	15
3.2.1. Üç Boyutlu Modelleme yöntemleri	16
3.2.1.1. Otomatik Sınır Uydurma Metotları.....	18
3.2.1.2. Elle Sınır Uydurma Metotları	20
3.2.1.3. Üç Boyutlu Jeostatistiksel Olmayan İnterpolasyon Metotları.....	21
3.2.1.4. Üç Boyutlu Jeostatistiksel İnterpolasyon Metotları	21
3.2.2. Üç Boyutlu Katı Model Oluşturma.....	22
3.2.2.1. Katı Model Uygulamalarında Kullanılan AutoCAD Araçları.....	23
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	26
4.1. Geliştirilen Bilgisayar Programları	26
4.1.1. AutoCAD için Veri Oluşturma “BlockCAD”	27
4.1.1.1. Sondaj Lokasyonlarının Düzenlenmesi.....	27
4.1.1.2. Üçgenleme Yöntemi İle Yüzey Oluşturulması	29
4.1.1.3. Sahanın Gridlere Bölünmesi.....	33

4.1.1.4. Kesişim Noktalarının Alan Kontrolü	35
4.1.1.5. Noktaların Düzlemle Kesiştiği Kot Değerinin Bulunması.....	37
4.1.1.6. Kutu Modeller için “h” ve “Center _z ” Değerlerinin Hesaplanması.....	44
4.1.2. AutoCAD’ de Katı Model Oluşturulması “Solid Box”	46
4.2. Modelin Tanıtımı.....	47
4.3. Programların Uygulanması	53
4.3.1 Tufanbeyli Sahasına Ait Değerlendirme.....	53
4.3.2. AÇS Sahasına Ait değerlendirme	66
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	82
KAYNAKLAR	84
ÖZGEÇMİŞ	87
EKLER.....	88

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Modelleme metotlarının karşılaştırılması	19
Çizelge 4.1. Tufanbeyli sahası için elde edilen katı modele ait sayısal özellikler	61
Çizelge 4.2. AÇS sahası için elde edilen katı modele ait sayısal özellikler.....	74
Çizelge 4.3. A sektörü için yapılan rezerv tahminleri	79
Çizelge 4.4. Hesaplanan rezervlerin karşılaştırılması.....	81

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. Tufanbeyli sahasına ait yer bulduru haritası (Yünsel, 2007).....	9
Şekil 3.2. Tufanbeyli sahası sondaj lokasyon dağılımı.....	12
Şekil 3.3. AÇS sahasına ait yer bulduru haritası (Alkan, 2007).....	14
Şekil 3.4. AÇS sahası sondaj lokasyon dağılımı	15
Şekil 4.1. Model Aşamaları	26
Şekil 4.2. BlockCAD programının akış diyagramı.....	28
Şekil 4.3. Üç noktadan geçen çember (Bourke, 1990)	30
Şekil 4.4. Üçgen koordinat matrisi	32
Şekil 4.5. Sahanın gridlere bölünmesi ve artık alanlar	34
Şekil 4.6. Alan kontrolü	36
Şekil 4.7. Grid sistemi içine düşen üçgen yüzeyi	38
Şekil 4.8. Üç noktası bilinen düzlemden geçen doğru -3 boyutlu (Dağ, 2005)	39
Şekil 4.9. Düzlem ile doğrunun kesişim noktası -2 boyutlu (Dağ, 2005).....	40
Şekil 4.10. Bir noktadan geçen ve iki seviyede kesilen ışın	41
Şekil 4.11. “Z” değerlerini gösteren üçgen kesit.....	42
Şekil 4.12. Üçgen kesitte kotların düzeltilmesi	44
Şekil 4.13. Kutu modelin aranan özellikleri.....	45
Şekil 4.14 SolidBox makrosunun akış diyagramı	47
Şekil 4.15 BlockCAD program kullanıcı formu.....	48
Şekil 4.16. BlockCAD’de oluşturulmuş örnek üçgenleme	48
Şekil 4.17. Blok verilerinin belirlenmesi	49
Şekil 4.18. İşlemin sonlandırılması	50
Şekil 4.19. AutoCAD kullanım şeması.....	51
Şekil 4.20. AutoCAD dosyasında SolidBox makrosunun ara yüzü	52
Şekil 4.21. AutoCAD çizim verisinin seçilmesi.....	52
Şekil 4.22. Tufanbeyli sahasına ait üçgenleme	54
Şekil 4.23. Tufanbeyli sahasına ait katı model (100 birimlik)	54
Şekil 4.24. Tufanbeyli sahasına ait katı model (50 birimlik).....	55
Şekil 4.25. Tufanbeyli sahasına ait katı model (25 birimlik).....	56

Şekil 4.26. Tufanbeyli sahasına ait A-A' ve B-B' yönlü kesitler.....	57
Şekil 4.26(a) Tufanbeyli sahasına ait A-A' kesiti	58
Şekil 4.26(b) Tufanbeyli sahasına ait B-B' kesiti.....	59
Şekil 4.27. Tufanbeyli doğu bölümü (25 birimlik).....	60
Şekil 4.28. Sınırlandırılmış Tufanbeyli sahası	62
Şekil 4.29. Sınırlandırılmış Tufanbeyli sahası A-A' ve B-B' yönlü kesitler.....	63
Şekil 4.29(a) Sınırlandırılmış Tufanbeyli sahasına ait A-A' kesiti	64
Şekil 4.29(b) Sınırlandırılmış Tufanbeyli sahasına ait B-B' kesiti	65
Şekil 4.30. AÇS sahasına ait üçgenleme.....	66
Şekil 4.31. AÇS verilerine ait katı model (50 birimlik).....	67
Şekil 4.32. AÇS verilerine ait katı model (25 birimlik).....	68
Şekil 4.33. AÇS verilerine ait katı model (15 birimlik).....	69
Şekil 4.34. AÇS sahasına ait A-A' ve B-B' yönlü kesitler	70
Şekil 4.35. AÇS sahasına ait A-A' kesiti.....	71
Şekil 4.36. AÇS sahasına ait B-B' kesiti	72
Şekil 4.37. AÇS güney bölümü (15 birimlik)	73
Şekil 4.38. AÇS sınırlandırılmış saha (10 birimlik)	75
Şekil 4.39. AÇS sınırlandırılmış A-A' ve B-B' yönlü kesitleri	76
Şekil 4.39(a) AÇS sınırlandırılmış A-A' kesiti	77
Şekil 4.39(b) AÇS sınırlandırılmış B-B' kesiti	78
Şekil 4.40. A sektörüne ait katı model (25 birimlik)	80

EKLER DİZİNİ**SAYFA**

Ek-1. Tufanbeyli Sahasına Ait Sondaj Verileri (Yünsel, 2007).....	88
Ek-2. AÇS Sahası Marn Formasyonuna Ait Sondaj Verileri (Alkan, 2007)	90

1. GİRİŞ

Madencilik, maddi açıdan değerlendirildiğinde çok hassas hesaplamaların yapıldığı ön çalışmalar gerektirmektedir. Bir maden yatağının işletilmesine karar vermek ve üretim planlaması yapmak için bazı değerlendirme prosedürleri bulunmaktadır. Söz konusu değerlendirmeler yapılırken cevaplanması gereken en önemli sorular, yer altında var olan cevher kütesinin konumu, şekli ve miktarı hakkında olmaktadır. Bu nedenle yataklar işletilmeye başlanmadan önce matematiksel ve görsel açıdan modellenmelidir. Madencilik projelerini geliştirmek amacı ile sondaj kuyularından elde edilen üç boyutlu veriler, genellikle iki boyutlu çizimler, kesitler ve bunların planlarını elde etmek için kullanılmaktadır. Bu işlemler maden yatağının yapısını üç boyutlu ve doğru olarak temsil edilmesine izin vermemektedir (Jiang, 1998).

Hatayı en aza indirmek ve işlem süresini kısaltmak için modelleme işlemleri, bilgisayar yardımıyla yapılmaya başlanmıştır. Bilgisayarla maden modelleme tekniği ilk defa 1960'ların başlarında kullanılmıştır (Çetiner, 1991). Bilgisayarın günümüzde aktif olarak kullanılması maden modelleme teknikleri açısından da oldukça büyük yenilikler getirmiştir. Bu güne kadar yataklar pek çok kere jeostatistik yaklaşımları ile modellenmiştir. Jeostatistiksel modelleme teknikleri bu anlamda çok başarılı sonuçlar vermiştir. Ancak yatağın her anlamda tanımlanabilmesi, rezerv tahmininin ötesinde üç boyutlu olarak temsil edilebilmesine de bağlıdır. Bu problem, genel bilgisayar destekli çizim sistemlerinin (CAD) kullanılabilir olması ile kısmen çözülmüş olmaktadır. Aslında CAD uygulamaları uzun yıllardan beri ocak dizaynı ve planlama proseslerinde kullanılmaktadır (Jiang, 1998). Uygulamaların gelişimi, CAD tabanlı programlar yardımıyla katı model yaklaşımını ortaya çıkarmıştır. Katı modelleme yaklaşımı ise jeolojik yapıların üç boyutlu modellerini oluşturmak için kullanılan bir araç olarak pek çok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Lemon ve Jones, 2003). Katı model yaklaşımı temelde CAD/CAM (Bilgisayar destekli tasarım/Bilgisayar destekli üretim) endüstrisinde üç boyutlu objelerin sunumu için geliştirilmiş bulunmaktadır (Braid, 1975; Krouse, 1985; Mantyla ve Tamminen, 1983). Jeolojik yapıların katı modelleri, mühendisler ve jeologlar için kullanışlı

araçlardır. Katı modeller tam ve açık bir şekilde, herhangi bir yerde biçimlenmiş, karmaşık sınırlar ve gömülmüş damarlar içeren bir varlığın stratigrafisi olarak tanımlanabilmektedir. Stratigrafinin her bir bileşeni ayrılmış üç boyutlu bir cisim tarafından temsil edilmektedir (Lemon ve Jones, 2003).

Katı model yaklaşımı son yıllardaki gelişmelere paralel olarak oldukça sık rastlanılan modelleme yöntemleri arasına girmiştir. Bunun bir başka nedeni ise kullanılabilecek program seçeneğinin fazla olmasıdır. Katı modelleme yaklaşımı belli bir çatı altında birleşse de kullanılan program ve modelleme metodu farklılıklar gösterebilmektedir.

Bu çalışmanın amacı yeni gelişmelerin ışığında, maden yataklarının etkili bir şekilde değerlendirilmesinde kullanılabilecek katı modeller üreten bir sistem geliştirmektir. Bu amaç doğrultusunda, Katı model oluşturmak için veri girişi ve kullanıcı seçeneklerinin çokluğu nedeni ile Visual Basic dilinde kodlanmış iki basamaklı bir paket program hazırlanmıştır. Sistemin ilk basamağında üç boyutlu sondaj bilgilerinden oluşan veri dosyasını değerlendirerek blok verilerinin elde edildiği, BlockCAD, AutoCAD ortamında elde edilen blokları çizebilen SolidBOX adında yeni bir program/macro geliştirilmiştir. Program, bu aşamada blok verilerini üretmesinin yanı sıra üçgenleme işlemi sonunda oluşturduğu yüzeyleri de kullanıcı formu üzerinde izlenmesine olanak sağlamaktadır. Sistemin ikinci aşaması ise geliştirilen macro ile AutoCAD çizim ortamında, blok verilerinin gerçek uzaya yayılmasıyla kesin modeli oluşturmaktadır. Sonuçta oluşan bu katı model, çizim ortamının sağladığı tüm sorgulama araçlarından faydalanılarak değerlendirilebilmektedir.

Geliştirilen bilgisayar programı, sonuçların test edilebilmesi amacıyla birbirinden farklı muhteviyata ve özelliğe sahip iki sahaya uygulanmıştır. Bu sahaların en büyük farkı cevher zuhurlarının farklı seviyelere sahip olmasıdır. Tufanbeyli linyit sahası verileri tek bir zuhur olarak kabul edilen kömür geçişlerine sahip kot değerleri veri seti olarak kullanılmaktadır. Adana Çimento Hammadde (AÇS) ocağına ait verilerde ise marn ile karşılaşılan seviyeler seçilmiş ve modellenmiştir. AÇS hammadde sahası birden fazla cevher katmanlı bulunduran bir saha olması nedeni ile seçilmiştir. Böylece programın tekli ve çoklu katmanlara sahip

sahalarda nasıl bir performans göstereceği araştırılmak istenmiştir. Nitekim sahaların katman sayısı ne olursa olsun tek bir yazılım ile temsil edilebilir bir katı modele dönüştürülmesi gerekmektedir. Hazırlanan sistemin karşılaşılabilecek uygun sahaların tümünde kullanılabilirliğini kanıtlamak için katı modelin doğruluğu kesitlerle de desteklenmeye çalışılmıştır. Modelden alınan kesitler yardımıyla oluşabilecek hatalar izlenmek istenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Madencilikte 3 Boyutlu Modelleme Yöntemlerinin Tarihsel Gelişimi

Bilgisayarla maden modelleme tekniği ilk defa 1960'ların başlarında kullanıldı. Bu ilk günlerde sabit, büyük ve oldukça pahalı olan “mainframe” bilgisayarlar kullanmak gerekiyordu ve bu madencilik çalışmalarında bilgisayar kullanımı için önemli bir engel olarak gösteriliyordu (Denby and Croghan, 1989). Üstelik bu bilgisayarlar büyük ve yoğun çalışmalar için oldukça yavaş kalıyorlardı (Çetiner, 1991).

Madencilik sektöründe bilgisayar kullanımının gelişimi, 1961'de başlatılmış olan maden endüstrisinde işletme çalışması ve bilgisayar uygulamaları (APCOM) görüşmelerinin ilerlemesi ile belgelenmektedir (Sides,1977). Bilgisayar donanım (hardware) teknolojisindeki hızlı gelişme neticesi olarak, hem bilgisayarların güç ve kapasiteleri arttı hem de fiziksel büyüklükleri önemli ölçüde küçüldü (Çetiner, 1991). Günümüzde ise, bütünü ile taşınabilir bir masa üstü bilgisayarı (PC-Personal Computer), bilgisayarlı çalışma gerektiren işlerin büyük bir kısmında ihtiyaçlara kâfi gelebilmektedir (Evans, 1986).

Yeraltının bilgisayar modellemesinde ilk girişimler, genellikle yüzey uydurma eğilimi gibi geleneksel matematiksel yaklaşımları kullanmıştır (James, 1996). 1960'lar ve 1970'ler boyunca, geniş açık işletmelerde maden planlaması ve rezerv modellemesi için pek çok madencilik şirketi genellikle 3 boyutlu blok model temsillerinin kullanımına dayanan programlar geliştirdiler (Fairfield ve Leigh, 1969). Bunlara paralel olarak, sözü edilen uygulamaları mümkün hale getiren bilgisayar donanımları ve yazılımlarının gelişimi jeostatistiğin çalışma alanını ortaya çıkarmayı düşünen teorik gelişimleri getirmiştir (Matheron, 1963; Krige, 1966; David, 1977).

2.2. Önceki Çalışmalar

Katı model çalışmaları pek çok alanda kullanılmakta olup, yapılan çalışmaların bir kısmı bu bölümde özetlenmiştir.

Çetiner (1991), bilgisayar destekli maden yatağı modellemesi ve kesit yöntemiyle rezerv tahmininin Hüsamlar kömür sahasına uygulanması konulu yüksek lisans tezinde, sondaj araştırması yapılmış bir maden yatağını değerlendirmekte kullanılan bir program geliştirmiştir. MADMOD adı verilen söz konusu paket program, yatağın modellenmesinde sıkça kullanılmakta olan kesit yöntemleri ile rezerv tahmini yapabilmektedir. Bunların yanı sıra program harita çizimi, üç boyut yüzey çizimi, hacim hesabı ve kriging veya inverse distance (mesafenin tersi) interpolasyonları ile gridleme vb. yapabilmektedir. Programın güvenilirliğini kontrol etmek amacı ile adı geçen saha ve mevcut maden damarı üzerinde denemiştir. Sonuçları, SURFER adlı programın sonuçları ile karşılaştırılarak değerlendirmiştir. Ayrıca programın rezerv hesabı kısmının doğruluğunu ortaya koymak amacıyla hacmi bilinen bir dikdörtgenler prizması üzerinde test etmiştir.

Sides (1997), madencilikte tahmin için maden yataklarının jeolojik modellenmesi konulu çalışmada; maden yataklarının doğru ve eksiksiz değerlendirilebilmesi için kullanılmakta olan jeolojik ve üç boyutlu bilgisayarlı modelleme tekniklerini incelemiştir. Üç boyutlu modelleme tekniklerinin, tarihsel gelişimini irdeleyerek, söz konusu teknikleri farklı açılardan değerlendirmiştir. Özellikle üç boyutlu modelleme tekniklerini sınıflandırarak, sınıflara dahil ettiği metotları kısaca anlatmıştır. Söz konusu çalışma, güncel çalışma alanlarının, günümüz madenciliğine katkılarını ve teknik anlamda modelleme yöntemlerinin geliştirilebilirliğini, daha önce yapılmış çalışmalarla da desteklemiştir.

Jiang (1998)'ın yapmış olduğu, görsel olarak canlandırma ve bilgi sistemi ile interaktif bir üç boyutlu maden modellemesi konulu çalışmada; değişken ve üç boyutlu özellik gösteren maden yataklarının, ancak üç boyutlu görsel bir çevrede doğru olarak sunulabileceğini savunmaktadır. Söz konusu tez, maden yataklarının üç boyutlu canlandırılması ve bilgi yönetimi sistemini CAD tabanlı GeoTech adlı programda desteklemektedir. Mevcut bilgisayar ortamında üç boyutlu modelleme geliştirirken kullanılmakta olan metodoloji, bu çalışmada tarif edilmiştir.

Akçakoca (2001)'nın, maden yataklarının üç boyutlu olarak modellenmesinde yapay sinir ağı sistemlerinin kullanılması ve integrasyonu konulu doktora tezinde, üç boyutlu model oluşturulması ve rezerv hesaplamalarında kullanılacak, üç boyutlu bir

yapay sinir ağı sistemi programlamıştır. Turbo Pascal dilinde kodlanan programın, maden yataklarının değişken özelliklerine en uygun parametreleri tespit etmek amacıyla kendini eğitebildiği belirtilmektedir. Hesaplanan optimum hata miktarına ulaşıncaya, elde ettiği verileri blok modele yayan programın, güvenilirliğini ortaya koymak için dört farklı maden yatağında uygulamalar yapılmıştır. Uygulama sonuçlarını bilinen sonuçlar ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

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 metodolojisini anlatmıştır. 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.

Erarslan (2003), jeoloji ve madencilik sistemi (JMS) ve bir bakır sahasının değerlendirmesi konulu çalışmasında, jeolojik modelleme ve maden değerlendirme konularında kullanılmak üzere Jeoloji ve Madencilik sistemi (JMS) olarak adlandırılan bir yazılım paketi geliştirmiştir. Bu yazılım sistemi yardımıyla, üç boyutlu cevher modelleme yeteneğinin yanı sıra harita ve kesit çizimi gibi görsel, istatistik ve hacim hesaplamaları gibi matematiksel işlemleri de gerçekleştirilmektedir. Sorgulama araçları, bir bakır sahasında kullanılarak uygulama sonuçları değerlendirilmiştir.

Yangbing ve diğerleri (2007), üç boyutlu GIS’de uzaysal modelleme konulu çalışmasında üç boyutlu uzaysal modelleme metodlarını araştırmıştır. Bu inceleme esnasında doğal oluşumların yanı sıra yeraltının insan eli ile şekillendirilmiş çeşitli yapılarını da içeren tüm modelleme yöntemleri derlenmiştir. Araştırma konusu tekniklerin her biri belli kategorilerde sınıflanmıştır. Her sınıfın kendi içinde değerlendirilmesinin yanı sıra tekniklerin her biri özel olarak incelenmiştir. Mevcut inceleme, metodların temel özelliklerinin bir karşılaştırması olarak verilmiştir.

Yünsel (2007)'nin maden yataklarının jeostatistiksel yöntemlerle analizi ve modellenmesi konulu doktora tezi çalışmasında, klasik istatistik, kriging ve ardışık Gauss simülasyonu içeren jeostatistiksel yöntemler kullanılarak Tufanbeyli (Adana) ve Çayırhan (Ankara) linyit yataklarının kalite parametreleri modellenmiştir. İncelenen sahaların rezervleri adı geçen modern jeostatistik 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), jeostatistik ve bulanık yaklaşımlar ile Adana çimento hammadde sahasının değerlendirilmesi konulu yüksek lisans tezinde, sondaj bilgileri uygun veri dosyaları haline getirerek çeşitli kestirim yöntemleri kullanmış 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.

3. MATERYAL ve METOD

3.1. Materyal

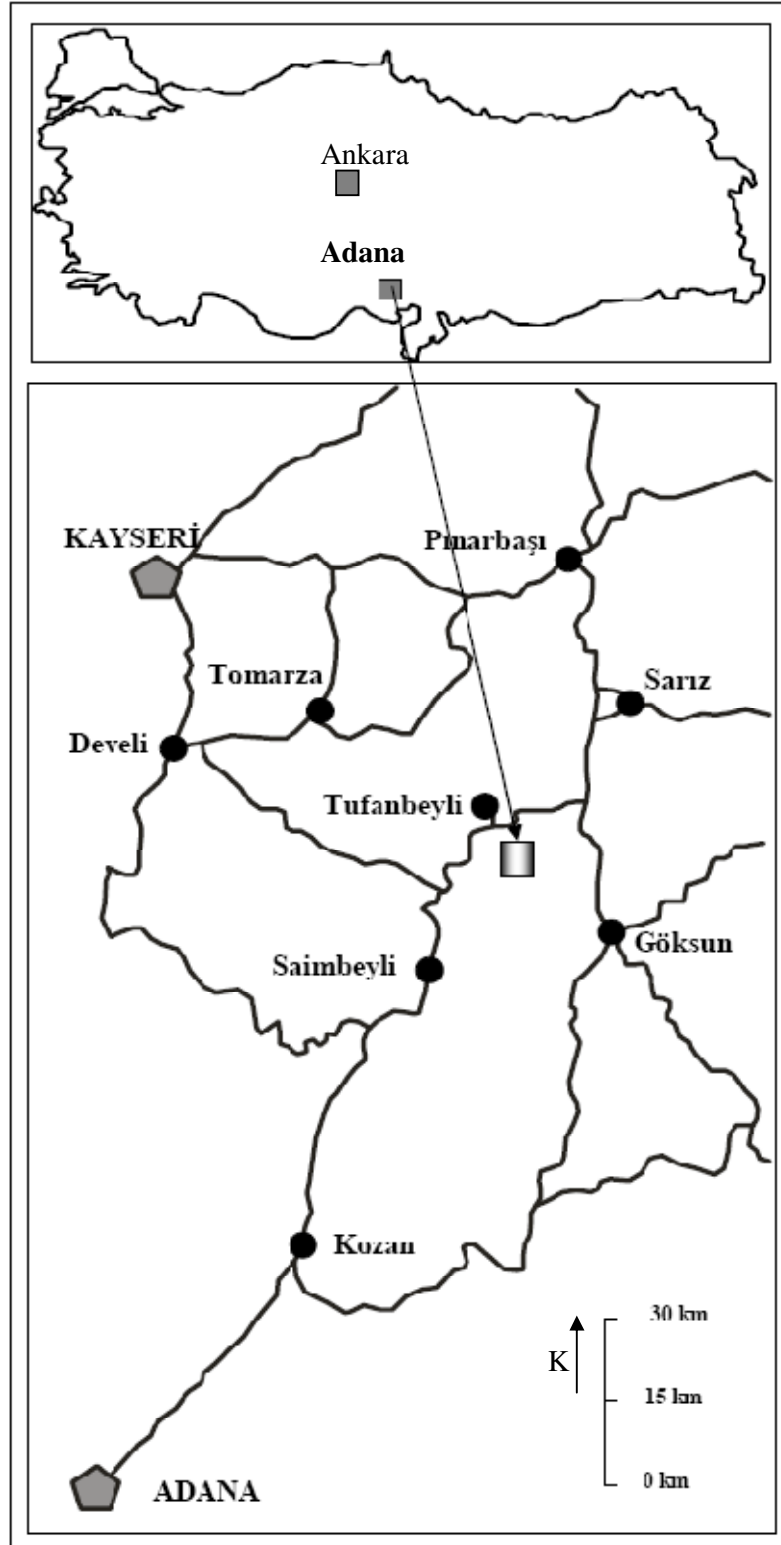
Bu çalışma ile geliştirilen bilgisayar programları, sonuçların test edilebilmesi amacıyla birbirinden farklı muhteviyata ve özelliğe sahip iki sahaya uygulanmıştır. Bu sahaların en büyük farkı cevher zuhurlarının farklı seviyelere sahip olmasıdır. Tufanbeyli linyit sahası verileri tek bir zuhur olarak kabul edilen kömür geçişlerine sahip kot değerleri veri seti olarak kullanılmaktadır. Adana Çimento Hammadde (AÇS) ocağına ait verilerde ise birden fazla cevher katmanı bulunmakta ve programın çoklu katmana sahip sahalarda yapabilecekleri incelenmektedir.

3.1.1.Tufanbeyli Linyit Sahası

Çalışma alanı, adana ili Tufanbeyli ilçesinin güneyinde yer almaktadır. Çevresindeki iki ilden Adana ve Kayseri'ye sürekli karayolu bağlantısı olup, Adana'ya 170 km, Kayseri'ye 130 km mesafededir (Şekil 3.1). Sahaya en yakın yerleşim yeri 5 km kuzeyde bulunan Tufanbeyli ilçesidir. Çalışma alanı yaklaşık 5 500 000 m²'dir.

Saha Kambriyen yaşlı Emirgazi ve Değirmentaş Formasyonları ile Ordovisyen yaşlı Armutludere Formasyonu ile temsil edilmiştir. Kambriyen yaşlı Toroslardaki benzeri oluşuklarla deneştrilmeye, Ordovisyen yaşlı ise fosil kapsamına dayanılarak verilmiştir.

Çalışma sahası ve çevresi üç ana formasyondan oluşmuştur. Bu formasyonlar temel birimler, kömür içeren Üst Pliyosen-Pleyistosen yaşlı birimler ve günümüz alüvyonlarından oluşmuştur.



Şekil 3.1. Tufanbeyli sahasına ait yer bulduru haritası (Yünsel, 2007)

Paleozoyik ve Mesozoyik yaşı temel birimler kireçtaşı, dolomit ve kuvarsitten oluşmuşlardır. Bu kayaçlarda tektonizma etkileri çok fazla olup, kompleks bir yapı gösterirler.

Kömürlü zon ve kömür yan kayaçları genç birimler olarak adlandırılır. Üç tür litoloji belirlenmiştir. Bunlar; çakıllı gri-mavi killer, kömür ve gıdya, gri-yeşil killerdir. Çakıllı gri-mavi killer kömür tabanını oluşturur. Yukarıya doğru çakıl azalmakta kil ve silt oranı artmaktadır. Kömürlü zonda çeşitli kalınlıklarda kömür ve gıdya tabakaları bulunur. Bu zonda dört kömür damarı belirlendiği, havza ortasında damar kalınlıklarının arttığı, havzanın batısına doğru azaldığı gözlenmiştir. Birim en altta linyit boyamalı killerle başlamakta ve yukarıya doğru linyit- gıdya- linyit ardalanması olarak devam etmektedir.

Gıdyalar; bej renkli yumuşak ve fosillerden oluşmuştur. Gıdyalar %96 CaCO_3 içermekte olup, kalınlıkları değişkendir. Havzanın her yerinde görülen gıdya tabakaları kömür damarının korelasyonunda kılavuz seviye olarak değerlendirilebilir. Gıdya ve kömür toplam kalınlığı yaklaşık 75 m civarındadır.

Kömürlü zon üzerinde gri- yeşil killer bulunur. Bu killer yaklaşık 100 m kalınlığa sahip olup, silt ve ince kum mercekleri içerir. Killer zaman zaman kömür zonları içerir ve tabakalanma göstermezler.

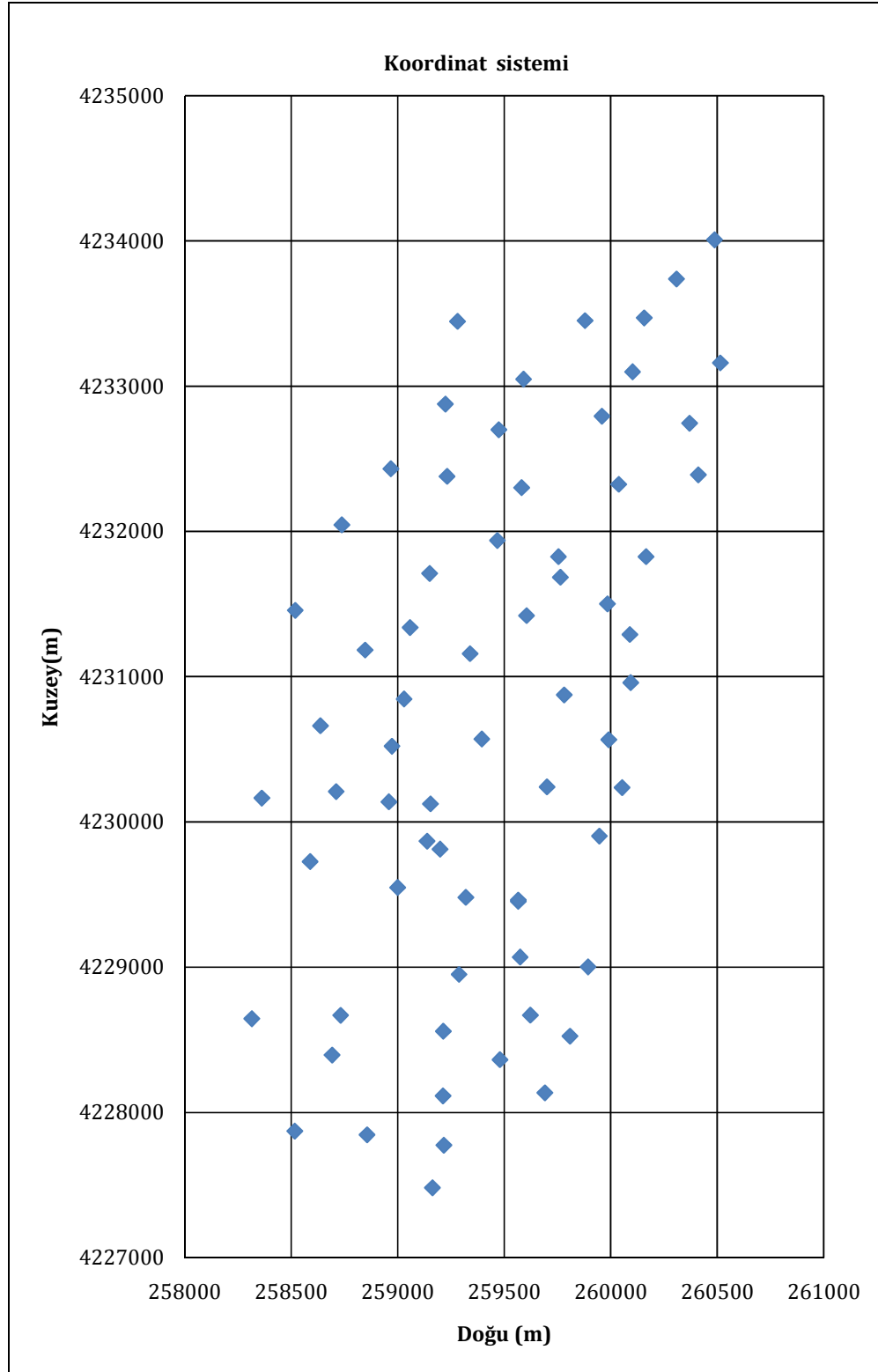
Sahada en geç birimleri, Pleistosen yaşı konglomera ve tüfit serileri ile kuvaterner yaşı alüvyonlar oluşturur. Alüvyonlar kayaç parçacıklarından, çakıl, kum ve siltlerden oluşur. Bazı sondajlarda 10 m kalınlığa ulaşır. Daha çok Mağara Çayı ve kollarında (Yamanlı ve Yeşilova Köyleri Kuzeyinde) görülür. Alüvyonlar Kuvaterner (günümüz) yaşlıdır.

Çalışma sahasında yoğun bir tektonizma izleri görülmektedir. Bu hareketlilikten dolayı kömürlü havzayı doğrultu atımlı fayların oluşturduğu düşünülebilir. Bu faylanmalar sonucu sınırları genişlemeyen havza, eğim atımlı faylarla derinleşmeye başlamıştır ve bunun sonucu olarak gri- mavi killerin tabanını oluşturan birimler çökelmiştir. Havzanın daha duraylı olduğu dönemlerde ise bu gri-mavi killer ve linyit boyamalı kil tabakaları oluşmaya başlamıştır. Birimlerin çökmesi sonucunda havza bataklık hale gelmiş, uygun iklim ve bitki örtüsünün olduğu dönemlerde de kalın kömür damarları oluşmaya başlamıştır. Kömür

zonlarında görülen bol fosilli zonlar ortamın canlı yaşamına oldukça uygun olduğunu göstermektedir. Sahadaki derinleşmelerin havzanın doğusunda bulunan güney-kuzey yönünde uzanan eğim atımlı fayın neden olduğu düşünülmektedir. Kömür oluşumunun ardından bu faylanmaların da etkisiyle sahada gri-yeşil killer çökelmiş ve holosen sonunda ise havza bu günkü görünümünü almış, alüvyonlar oluşmuştur (Yünsel, 2007).

Veriler, çalışma sahasında faaliyet gösteren Park Holding'in ve daha önceki yıllarda MTA (Maden Tetkik ve arama Enstitüsü)'nin yapmış olduğu sahadaki arama sondajlarından elde edilmiştir.

Bu sahada toplam 68 adet sondaj bulunmaktadır. Sondaj verileri topluca Ek-1'de verilmiştir. Şekil 3.2'de ise tespit edilen sondaj lokasyonlarının koordinat sistemindeki dağılımları gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Tufanbeyli sahası sondaj lokasyon dağılımı

3.1.2. AÇS Hammadde Sahası

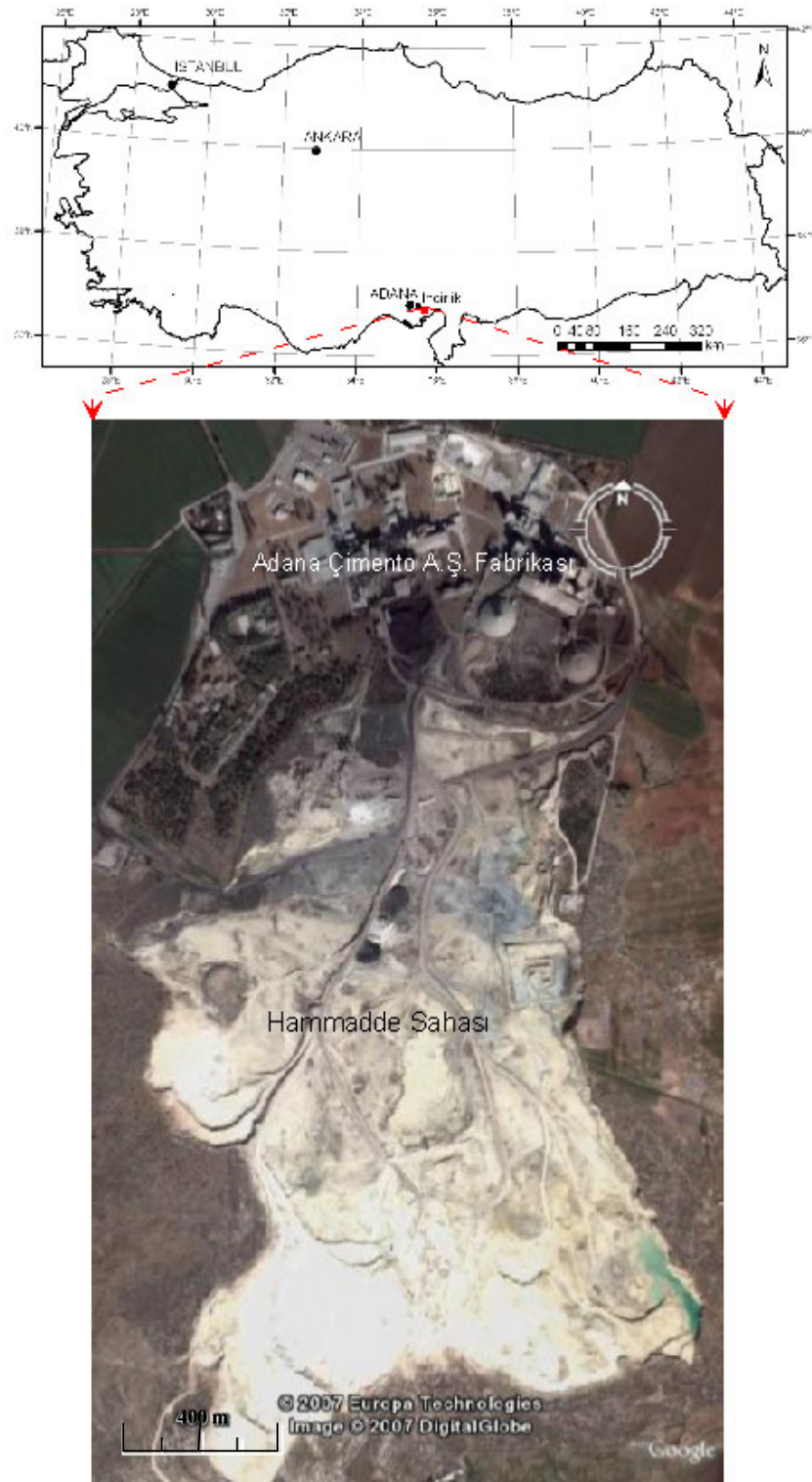
Adana Çimento Sanayi'ne ait hammadde ocak sahası Adana-Ceyhan Karayolu 12. km İncirlik mevkiinde olup, klinker üretim ünitesiyle aynı saha içerisinde yer almaktadır (Şekil 3.3).

AÇS hammadde ocak sahasının Jeolojik formasyonu, stratigrafik olarak Tortoniyen'de oluşup gelişmiş bir resif olan Kuzgun formasyonudur. Bu birim, açık renkli, iyi boyplanmalı kumtaşı, bol fosilli–yeşilimsi kilaşı-marn, silttaşı ve kireçtaşı (kalker) litolojisinden oluşmaktadır. AÇS ve yakın civarında Kuzgun formasyonu tamamen litoral ve sığ deniz koşullarının egemen olduğu bir ortamda, Tortoniyen'de oluşup, gelişmiş resifal düzeylerine sahiptir.

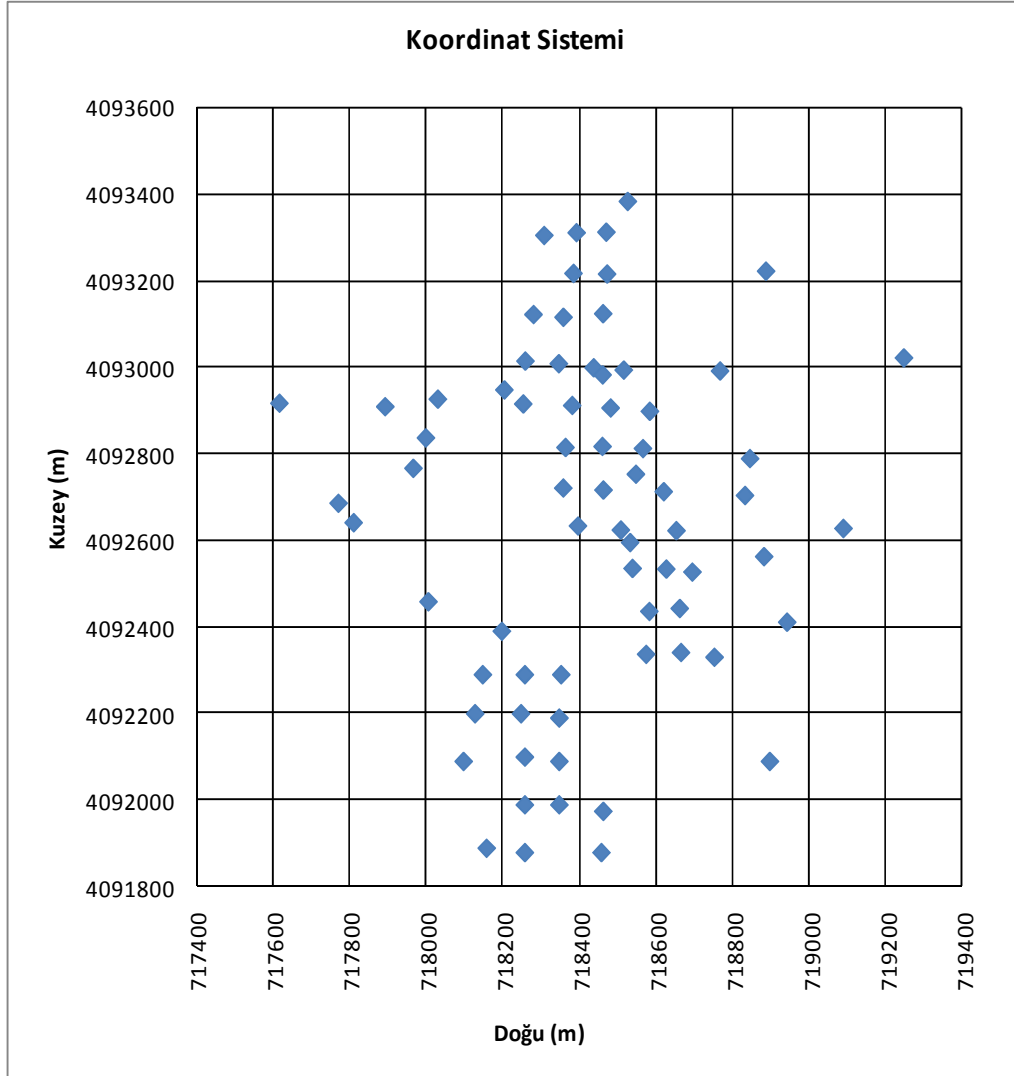
İnceleme alanında formasyon resif ilerisi (resif önü) kesimde silttaşı ve kilaşları, resif çatısında (resif çekirdeği) genellikle kireçtaşları, lagün (resif gerisi) kesiminde iyi boyplanmalı kumtaşı, yeşilimsi mavi renkli kilaşı-marn, killi kireçtaşlarından oluşan litolojiler sunmaktadır. İnceleme alanında Kuzgun formasyonu resifal özellikte gelişmiştir. Genç resif oluşumunun resifal ortamının resif gerisi-lagün, resif çatısı ve resif önü fasiyeslerde geçişler girik yapıdadır

İnceleme alanında stratigrafik birim olarak bulunan Kuzgun formasyonunu oluşturan litolojik birimler kalker, killi kalker, kil, kilaşı, marn, silttaşı ve kumtaşıdır. Bu birimlerin tabaka eğimleri 0-5° olup doğuya doğru eğimlidirler. Tabakaların doğrultuları Kuzey-Güney yönündedir (Alkan, 2007).

Bu çalışmada, AÇS sahasında yapılmış olan toplam 74 adet sondaj logundan Marn kesen 67 adet sondaj bilgisi kullanılmıştır ve Ek-2'de topluca verilmiştir. Ayrıca sondaj loglarının dağılım grafiği aşağıda sunulmuştur (Şekil 3.4).



Şekil 3.3. AÇS sahasına ait yer bulduru haritası (Alkan, 2007)



Şekil 3.4. AÇS sahası sondaj lokasyonları

3.2. Metot

Maden yataklarının 3 boyutlu modellenmesi için yıllar boyunca çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Her yöntem teknolojik gelişime paralel olarak özel ihtiyaçları karşılayacak şekilde etkinleştirilmiştir. Bu çalışma esnasında madencilikte modelleme tekniklerinin gelişimi incelenmesi gereken bir konu olarak göze çarpmaktadır. Ayrıca modelleme metodunun seçimi de önemli bir mesele olarak görülmektedir.

Katı modelleme yaklaşımı ise jeolojik yapıların üç boyutlu modellerini oluşturmak için kullanılan bir araç olarak pek çok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Lemon ve Jones, 2003). Katı model yaklaşımı temelde CAD/CAM (Bilgisayar destekli tasarım/Bilgisayar destekli üretim) endüstrisinde üç boyutlu objelerin sunumu için geliştirilmiş bulunmaktadır (Braid, 1975; Krouse, 1985; Mantyla ve Tamminen, 1983).

3.2.1. Üç Boyutlu Modelleme Yöntemleri

Madencilik projelerini geliştirmek amacı ile sondaj kuyularından elde edilen üç boyutlu veriler, genellikle iki boyutlu çizimler, kesitler ve bunların planlarını elde etmek için kullanılmaktadır. Bu işlemler maden yatağının yapısını üç boyutlu ve doğru olarak temsil edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu problem, genel bilgisayar destekli çizim sistemlerinin (CAD) kullanılabilir olması ile kısmen çözülmüş olmaktadır. Aslında CAD uygulamaları uzun yıllardan beri ocak dizaynı ve planlama proseslerinde kullanılmaktadır. Başta AutoCAD olmak üzere yaygın CAD programları maden yataklarının değişken ve karmaşık özelliklerini üç boyutlu olarak gösterme de yetersizliklere sahip olsalar da çizim tekniklerinin rahatlığı ve çizilen objeler ile mühendislik özelliklerin bazılarını kısmen birleştirebilme yetenekleri sayesinde oldukça sık kullanılmakta olan programlar haline gelmişlerdir (Jiang, 1998). Çeşitli araştırmacılar tarafından genel madencilik uygulamaları için paket programlar hazırlanmıştır. Jeolojik modelleme ve maden değerlendirme konularında, ticari pek çok yazılım bulunmaktadır (Erarslan, 2003). Temel işlevleri incelendiğinde, ticari yazılımların sondaj verilerinden veri tabanı oluşturma ve yönetimi, kompozit değer hesaplamaları, kuyu log kesit çizimi, harita çizimi, 3 boyutlu yüzey modelleme, kesit çıkarma, 3 boyutlu cevher modelleme, ocak tasarımı, alan ve hacim hesapları gibi işlevlere sahip olduğu görülmektedir. Bu paket yazılımların bir kısmında iki, bir kısmında üç boyutla çalışılmaktadır. Ancak bunların çoğunda çatı ya da yüzey modelleme kullanılmaktadır. Dahası, birçok paket programın veri tabanı yönetimi sınırlıdır, bu nedenle yer altı verilerini etkili bir şekilde kullanılamamakta ve görsel olarak temsil edilememektedir. Madencilikte ise daha sağlam katı modelleme yapabilen programlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Araştırmacıların ve yazılım satıcılarının gayret göstermesine rağmen, madencilik endüstrisi halen tek bir kullanıcı yardımlı çevrede 3 boyutlu maden modellemesi, görsel olarak canlandırma ve bilgi yönetimini kombine eden oldukça entegre sistemler talep edilmektedir (Cazavant, 1993; Henley, 1998). Madencilik endüstrisinde sık kullanım bulan CAD tabanlı bir program olan GeoTech ise pek çok ihtiyaca cevap verebilmektedir. Söz konusu programda yüzey modelleme ve katı modellemeyi birleştiren bir modelleme anlayışı bulunmaktadır. Sistem üç boyutlu bir CAD ortamında madencilik uygulamalarına yönelik veri işleme olanağı sağlamaktadır. Daha açık bir anlatımla, veri tabanı desteğiyle yatağın karmaşık ve değişken özellikleri ekranda canlandırılabilir. Sistem özel madencilik uygulamaları için esnek bir çatı olarak kullanılmaktadır (Jiang, 1998). Üç boyutlu modellemede kullanılmakta olan diğer bir metot da GIS modelleme metotlarıdır. Üç boyutlu GIS, yeryüzü ve yeraltının bütün ayrıntılarının kazanımı, saklanması, yönetimi, görsel olarak canlandırılması ve analizi için etkili bir metottur (Yangbing ve diğ., 2007).

Üç boyutlu modelleme yöntemleri temelinde modellenecek objelerinin farklılıklarından dolayı birbirinden farklılık göstermektedir. Üç boyutlu uzaysal modelleme metotları; uzaysal modelleme nesnelerinin farklılıklarına dayandırılarak iki gruba ayrılmakta olup, coğrafi uzay modelleme ve jeolojik uzay modelleme olarak incelenmektedir. Bunlara ek olarak, entegre edilmiş modeller de pratikte kullanılmakta olan başka bir grup olarak tespit edilmiştir (Yangbing ve diğ., 2007).

Bu grupta içerisinde mevcut modellerin çeşitli özelliklerinin gösterildiği ve Yangbing ve arkadaşları tarafından 2007’de yapılmış olan bir çalışmadan alınan üç boyutlu uzaysal veri modelleme tekniklerinin karşılaştırılması Çizelge 3.1.’de gösterilmektedir.

Modelleme metotları; geometrik, topolojik ve nitelik içeren verilerin yönetimini göz önüne alarak 3 boyutlu jeolojik modelleri düzenlemek ve oluşturmak için kullanılmaktadır. En geniş şekilde kullanılmış modelleme metotları 4 kategoriye bölünebilmektedir (Sides, 1997):

- Otomatik sınır uydurma metotlarını kullanarak geometri ve topolojinin modellenmesi

- Elle sınır uydurma metotlarını kullanarak geometri ve topolojinin modellenmesi
- Jeostatistiksel olmayan 3 boyutlu interpolasyon metotlarını kullanarak niteliklerin modellenmesi
- 3 boyutlu jeostatistiksel interpolasyon metotları kullanarak niteliklerin modellenmesi

3.2.1.1. Otomatik Sınır Uydurma Metotları

Otomatik sınır uydurma metotları konturlama ve üçgenleme gibi rezervlerin elle tahmini için kullanılmakta olan geleneksel yöntemleri içermektedir (Popoff, 1966; Annels, 1991). Oldukça basit geometrilere sahip olan yüzeyleri tanımlayan düzensiz bir şekilde sınıflandırılmış veri noktaları ile kullanmak için çok sayıda birbirinden farklı üçgenleme algoritmaları mevcut bulunmaktadır. Bu algoritmalar genellikle Delaunay üçgenlemesi adı verilen ve ilgilenilen seviye de mümkün eş açılı üçgenlemeleri üretir (Watson, 1992). Sonuçta oluşan modelin yönetimi, ekleme, silme ya da tepelerin yerleştirilmesi ile mümkün olmaktadır ve o zaman yeniden üçgenlenir. Sayısallaştırılmış kontur çizgileri, tepe çizgileri veya nehir vadilerini korumak için kısıtlamalar üçgenleme boyunca yük olabilmektedir (Pilouk, 1996). Delaunay'ın üçgenlerinin merkezlerinin etrafının bağlanmasına dayanan bir poligonсал donatma işlemi; bir grup tepe noktası için en yakın komşu poligonları tanımlayan niteliklere sahip olan bir Voronoi donatma işlemi olarak adlandırılmaktadır. Uyuşan poligonun alanına göre her tepe noktasında, kalınlıkları ağırlıklandırmak veya diğer nitelik değerleri tarafından hacmin veya tonajın tahmini yapılabilmektedir. Bu yaklaşım rezerv tahminlerinde kullanılmakta olan geleneksel poligon yöntemine eşdeğer bir yaklaşımdır. Parametrik fonksiyonlar tarafından tanımlanmış, bükülmüş arazi parçalarına dayanan modeller için daha karmaşık yüzey uydurma prosedürleri takip etme zorunluluğu olabilmektedir. Yinede sonuçta oluşan modeller, kullanıcı tarafından modifiye edilebilen, isteğe bağlı kontrol noktaları ve işlenmemiş veri noktalarına bağlı olabilmektedir.

Çizelge.3.1. Modelleme metotlarının karşılaştırılması

	İsim	Yazar / Tarih	Kullanım	Köken	Bağımsız Nesne	Model Temeli	Avantaj	Dezavantaj
Coğrafi Model	3DFDS	Molenaar, 1990	3D Şehir Modeli	Düğüm, Yay, Kenar	Nokta, Çizgi, Dış Yüzey, Kütle	Tek Değerli Harita	Uzaysal ve uzaysal olmayan nesneler arasında kolay yakınlık kurma	Karmaşık uzaysal nesneleri açıklamada zorluk
	Molenaar, 1990	Pigot, 1992	Jeoloji, Karmaşık yapılar	0-3 Hücre	Karmaşık 0-3 Tuple Hücre	Çoklu n	Toplumsal ifade, kolay muhafaza	Karmaşık uzaysal nesneleri açıklamada zorluk
	SSM	Zlatanova, 2000	Yönlendirilmiş Web, görsellik, sorgu	Düğüm, Düzlemsel Yüzey	Nokta, Çizgi, Dış Yüzey, Kütle	Yalın Kavram	Kolyca teorik kökenler yapmak, küçük bellek	dinamik güncelleme ve modifiyesi karmaşık, nesneler çoklu değerli
	UDM	Coors, 2003	Şehir Canlandırma	Düğüm, Üçgen	Nokta, Çizgi, Dış Yüzey, Kütle	Üçgenleme	Kolyca teorik kökenler, küçük bellek, yüzeysel görselleme	dinamik güncelleme ve modifiyesi karmaşık
	OO3D	Shi Wenzhong, Yang Bisheng, 2002	Şehir Canlandırma	Düğüm, Kısım, Üçgen	Nokta, Çizgi, Dış Yüzey, Hacim	OO Modelleme	Karmaşık nesne, LOD, görselleme	Belli belirsiz topoloji, çok az uzaysal analiz fonksiyonu
Jeolojik Model	3D-TIN	Abdul, 2000	Jeoloji, Arazi	Düğüm, Hat, Dış Yüzey, Katı Model	Nokta, Çizgi, Dış Yüzey, Kütle	Tek Değerli Harita/FDS	Yüzeysel görselleme	Nesnede özellik yok
	Grid		Arazi	Kare, Dikdörtgen		Yüzey Bölme	Yüzeysel görselleme	masif veri
	TEN	Pilouk, 1996	Jeolojik bilgi, Kirlilik Kümesi	Düğüm, Yay, Üçgen, Dört Yüzlü	Nokta, Çizgi, Dış Yüzey, Kütle	Yalın Kavram	Yüzeysel görselleme, Karmaşık kütle ve yüzey	Karmaşık nesneleri görsellemede zorluk, oldukça büyük bellek
	Octree	Hunter, 1978	CAD/CAM, Jeoloji, deniz	Küp		Kütle Bölme	Basit yapı, iç uzaysal nitelik dönüştürme ifadesi	Jeolojiyi açıklamada zorluk, geometrik sınır, masif ,artık veri
	Solid Model	Simon Houlding, 1994	Jeoloji, Maden	Bileşen	Jeolojik Nesnenin Sınırı	3- Çift	Açıklama içindeki karmaşık yapılar için uygun	Büyük oranda elle çalışmak
	GTP	Wu LiXin, 2004	Jeoloji Mühendisliği	Düğüm, Hat, Yüzey, GTP, Köşegen	Nokta, Çizgi, Dış Yüzey, Kütle	Kütle Bölme	topolojinin tamamı, sondaj verilerine dayanarak jeolojinin 3D açıklanması	Karmaşık jeolojik nesnenin görsellenmesinde zorluk
Birişik Model	TIN+ CSG	Li Qingquan 1998	3D Şehir Modeli	Düğüm, Kısım, Üçgen	Nokta, Çizgi, Dış Yüzey, Kütle, DEM	Yüzey Bölme	Bir kullanıcı penceresinde iki model birleştirme	Fay, kıvrım, çatlak gibi karmaşık jeolojik nesneaçıklamasında zorluk
	TIN+ Octree	Shi Wenzhong, 1996	3D Şehir Modeli, Jeoloji Mühendisliği	Düğüm, Kısım, Üçgen, Octree		Yüzey TIN ve İç Octree Gösterimi	Topoloji açıklaması, kolay sorgulama	TIN'in değişimi ile Octree verisinde değişiklik, kolayca Gösterge tarafından rahatsız edilmek
	TEN+ Octree	Li Qingquan, Li Deren	Jeoloji Mühendisliği	Octree, TEN		Tüm Octree ve Parçalı TEN Gösterimi	Nesnelerin doğruluğunu arttırmak, veri belleğini azaltmak	Uzaysal nesnelerin topolojilerini oluşturmada zorluk

Kesin modelin seçimi; görsel benzerlikler ve mukayeselerle desteklenmiş, orijinal veri noktalarına uyma derecesinin bazı matematiksel ölçümlerine dayandırılabilir. Bu alandaki ilginç bir gelişme de, GOCAD programında 3 boyutlu model oluşturmak için temel oluşturan ve 1992’de Mallet tarafından geliştirilen “ayrı düz interpolasyon (DSI: Discrete smooth interpolation)” metodudur. Otomatik yüzey uydurma, bir X-Y düzleminde bir grup Z değerinin konturlanmasına da dayandırılabilir. Söz konusu yöntemlerin pek çoğunda kullanılan tekniklerin büyük bir bölümü bu yordamı kullanmak için geleneksel konturlama işini yapan paket programlarda geliştirilmiş bulunmaktadır. Konturlama metotlarının bir grubu, otomatik üçgenleme algoritmaları kullanılarak oluşturulmuş üçgenlerden, konturların seçilmesine dayanmaktayken, diğer bir grubu da interpolasyon yapılmış değerlerin düzenli 2 boyutlu gridlerinden eş eğriler seçilmesine dayanmaktadır (Sides, 1997).

3.2.1.2. Elle Sınır Uydurma Metotları

Elle sınır uydurma metotları genellikle kesitlerin veya paralel tabakaların bir serisine dayanan jeolojik yorumların kullanılmasına güvenir. Daha açık bir şekilde anlatmak gerekirse; jeolojik yapının değişim gösterdiği bölgeleri farklı tabakalar ile tanımlayan poligon yüzeyleri oluşturulmalı ve bu yüzeylerin etki genişliği saptanmalıdır. Sık sık seri-dilim yaklaşımı olarak adlandırılan bu metot, bitişik dilimlerin veya yorumlanmış tabakaların etkisinin limitlerini tanımlayan sınır tabakalarında meydana gelebilecek başta ani değişimler olmak üzere çeşitli dezavantajlara sahip olmaktadır. Bu problemin üstesinden gelebilmek için bağlanmış dilim metodu olarak adlandırılan modifiye edilmiş bir yaklaşım bulunmaktadır. Yaklaşım dilimden dilime yavaş yavaş değişiklik gösteren, daha kompleks biçimleri şekillendirebilmek için mevcut eğrilerin bir grubu tarafından direkt olarak bağlanan sınırları özel bir şekilde (üçgenler veya dörtgenlerden oluşan poligonlar ile) tasvir etmektedirler (Houlding, 1994). Bağlanmış dilim yaklaşımında 3 boyutlu poligon eğrilerinin kullanan bazı sistemler, incelenen tabakada farklı uzaklıklarda bulunan sondaj kuyularının kesişim noktaları dijital ortama dâhil edilebilmektedir. Söz edilen tekniklerde oluşturulan tabakalar genelde birbirine paralel bulunmaktadır. Bu ise tabakalar arasında herhangi bir boşluğun veya üst

üste binmiş bölgelerin bulunmadığını varsaydığını göstermektedir. Özellikle bitişik bölümler arasındaki sınırlar birçok kez birlikte bağlanarak işlem yapılmak zorunda kalınırsa tabakaları birbirine bağladığı varsayılan hacimlerin içinde de boşluk ve/veya üst üste binmiş bölgelerin varlığı büyük bir problem olarak ortaya çıkabilmektedir (Sides, 1997).

3.2.1.3. Üç Boyutlu Jeostatistiksel Olmayan İnterpolasyon Metotları

Jeostatistiksel olmayan 3 boyutlu interpolasyon metotları kullanarak 3 boyutlu bir interpolasyon yapmak, uzaysal bir interpolasyon ile geniş aralıklarda yapılmış olan örnekleme noktalarının daha yakın noktalar ile temsil edilmesi işlemine dayanan geniş bir interpolasyon kullanımını gerektirmektedir. Kullanılmakta olan interpolasyon metotları veri noktaları ve bu noktalardaki çeşitli nitelik ölçümlerinin bir kombinasyonuna dayanan tahmini bir hesaplama işlemidir. İnterpolasyon tekniklerinin bazıları sadece bir veri noktası kullanmakta ve tahmin edilmek istenen nokta ile en yakın nokta ile karşılaştırılmaktadır. Hareketli ortalama interpolasyonunda ise birden fazla örnek kullanılmaktadır ancak örnekler arasında eşit değerler olması, tüm örneklerin doğru yansıtılabilmesi açısından sakıncalı görülmektedir. Uzaklığın ters kuvvetini ağırlıklandırma metotları (IPDW), tahmin edilmekte olunan noktalara daha düşük yakınlıkta ki örnekler için daha büyük ağırlıklar saptamaya dayanmaktadırlar (Davis, 1986). İnterpolasyon tipi metotlarda ve benzer jeostatistik yaklaşımlar sergileyen metotlarda tahminlerin kullanılan örneklerden büyük ölçüde etkilendiği bilinmektedir. Bu nedenle örnek seçme parametreleri belirlenirken dikkatli olunmalı, seçimin tesadüfiliği ve gerçekliği korunmaya çalışılmalıdır.

3.2.1.4. Üç Boyutlu Jeostatistiksel İnterpolasyon Metotları

Bilgisayar temelli rezerv tahmini yapan pek çok çalışmada 3 boyutlu interpolasyonlar için genellikle jeostatistiksel metotlar kullanıldığı gözlemlenmiştir. 3 boyutlu jeostatistiksel interpolasyon metotları, Güney Afrika altın madenlerinde D. Krige'nin sözü edilen yaklaşımlara temel oluşturan ilk çalışmalarından sonra

isimlendirilerek genel Kriging adı altında toplanmıştır (Krige, 1966). Dünyanın pek çok yerindeki merkezlerde araştırmacılar bu çalışmalara katkıda bulunarak avantajlarını arttırsalar da çalışma adına ilk teorik temellerin çoğu Fransa da geliştirilmiş bulunmaktadır (Matheron, 1963). Kriging tekniğinin kullanımının artmasına neden olan en büyük avantajı, yapılan tahminin kararsızlığının “Kriging varyansı” adı verilen bir katsayı yardımı ile tahmin edilmesidir ki bu varyans ile yapılan hesaplamaların istatistiksel olarak güvenli sınırlar içinde olup olmadığının kontrolü mümkün kılınmaktadır. Kriging tekniği üzerine yapılmış olan çalışmalarda genellikle jeostatistiksel olmayan metotlara karşı çıkılmaktadır.

3.2.2. Üç Boyutlu Katı Model Oluşturma

Katı model yaklaşımı, tam ve açık bir şekilde üç boyutlu bir nesne hacmini tanımlar. Örneğin iki cismin arasındaki boşluğun hacimsel olarak doldurulmasından, birbirlerinden çıkarılmasından veya kesilmesinden yeni bir cisim yaratılabilmektedir. Katı modellerin tanımlanması için birkaç metot geliştirilmiştir. En yaygın metotlarda katı bir model, cismin dış yüzeyinin tasvir edilmesiyle tanımlanmaktadır. Bu yüzey, özel yüzeylerin tipik dörtgenlemeleri veya üçgenlemeleri ile ortaya çıkarılmaktadır. Katı model düzgün bir şekilde inşa edildi ise modelin sınırları, boşluklar veya üst üste binmiş bölümler olmadan tümüyle ve tam olarak eşleşebilmektedir. Katı modelleme, karmaşık yapıların hemen her seviyesinde uygulanabilmektedir. Stratigrafideki her türlü değişim, sınır dışı yataklanmış damarlar ve faylar, katı model geometrisi tarafından direkt olarak temsil edilebilmektedir (Lemon ve Jones, 2003).

Madencilik de kullanılacak katı model uygulamaları, eş zamanlı veri dağıtımı ve grafiksel yetenekler gibi pek çok özelliği içinde barındıran geliştirilebilir sistemler gerektirmektedir. Problem sadece bir veri tabanı geliştirmek değildir, çünkü pek çok madencilik verisi grafiksel ve en iyi birleştirilmiş nitelikler ve çizimler tarafından sunulabilmektedir. Bu basit bir CAD problemi de değildir, zira genel CAD sistemleri, yatakların heterojen özellikleri olan 3 boyutlu tanımlama ve yönetim yeteneği sağlamamaktadırlar, onlar tarafından sadece birleştirilmiş nitelikler olmadan çizimler üretilmektedir. Buna karşılık madencilik verisinin büyük bir kısmı ve çeşidiyle direkt olarak etkileşme yeteneğine ihtiyaç duyulmaktadır ki bu da CAD

ortamında rahatlıkla sağlanabilmektedir (Jiang,1998). Üç boyutlu katı nesne, özgür yüzey formlu bir katı cisim tanımlamakta olduğundan bu nesnenin hemen hemen her şekli alabileceği anlamına gelmektedir. ActiveX ile şaşırtıcı bir şekilde AutoCAD'deki katı cisimlerin ve yüzeyleme özelliklerinin yapılabilmesine rağmen AutoCAD'in istifade edebildiği tüm fonksiyonları sağlamamaktadır. Daha önceden yapılmış ve bir modelleme kullanılarak yönetilmiş katı cisimler ve yüzeylerdeki yapılış yöntemi nedeni ile bu sınırlama ortaya çıkmaktadır (Sutphin, 2005). Tüm bu bilgilerin ışığında CAD sistemlerinden biri olan AutoCAD çizim programının bu çalışmanın esasını oluşturan katı modelleme işlemi için kullanılması uygun görülmüştür. Kullanılan sistemde VBA dili ve geliştirme ortamından faydalanılarak, manüel olarak gerçekleştirilen pek çok işlemin otomasyonu sağlanmıştır. Hazırlanan programın uygulama aşamaları bir sonraki bölümde ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

3.2.2.1. Katı Model Uygulamalarında Kullanılan AutoCAD Araçları

Hazırlanan program AutoCAD ortamında değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Daha önceden de bahsedildiği gibi AutoCAD pek çok faydalı kullanım araçlarına sahiptir. Söz konusu araçlar sayesinde oluşturulan katı model pek çok açıdan sorgulanabilmektedir. Sorgulama işlemi maden planlama işlerinin hemen hepsinde aranan özellikleri saptamaya yöneliktir. Bu çalışma sırasında faydalanılan önemli AutoCAD uygulamaları belli sınıflar altında toplanabilmektedir. Aşağıda belirtilen komutlar, hazırlanan program sonunda elde edilecek katı modeli kolay yoldan tanımlamaya yarayan seçilmiş komutlardır. Uygulama aşamasında kullanılabilecek pek çok komut ve işlem olmasına karşın, burada oldukça küçük bir bölümünden bahsedilmektedir.

- Katı model oluşturma
 - Box
- Sorgulama (Inquiry) komutları
 - Locate Point
 - Distance
 - Area
 - Region/Mass Properties
- Katı (solid) model komutları

- Union
- Slice
- Section

Sorgulama komutları, AutoCAD çizim programının nesne tanımlama araçlarını içermektedir. Bu komutlar sayesinde çizilen nesnenin, lokasyon, mesafe, alan ve hacim sorgulama olmak üzere pek çok sayısal özelliği tespit edilebilmektedir.

Locate Point: Çizilen bir nesne ister üç boyutlu ister iki boyutlu olsun, çizim alanı üzerinde istenen her noktaya ait koordinat bilgileri çağırılabilir. Sorgulama komut satırında kimlik tanımlama komutu ile başlanmaktadır. Daha sonra program incelenmekte olan noktanın seçilmesini istemektedir. Nokta seçildikten sonra koordinat bilgileri komut satırında belirlemektedir. Özellikle gerçek koordinat sistemi ile çalışılan çizim işlemlerinde bu sorgulama tekniği, nesne üzerinde kesin bir tanımlayıcı görev üstlenmektedir.

Distance: Çizim alanı içinde iki nokta arasındaki mesafeyi ölçmek için kullanılmaktadır. Komut satırından veya araç kutusundan ilgili komut çağırılarak iki nokta işaretlenerek hesaplatılır. İşlem sonunda, iki nokta arasındaki mesafe, bu iki noktanın oluşturduğu düzlemin yatay düzlemle yaptığı açı başta olmak üzere üç boyutlu koordinat sisteminde hesaplanan tüm farklar komut satırından elde edilebilmektedir.

Area: Kapalı bir bölgenin alanını ve çevresini bulmak için kullanılmaktadır. Sorgulama iki boyutlu sistemlerde yapılabilmektedir. İlgili komut girildikten sonra kapalı bölgenin köşeleri girilmelidir. Ardından da alan (area) ve çevre (Perimeter) değerleri komut satırında belirlemektedir.

Mass Properties: özellikle katı model çalışmalarında kullanılmakta olan bu komut sayesinde, seçilen nesnenin sayısal özellikleri açılan bir pencerede gösterilmektedir. Başta hacim olmak üzere çizilen ve katı cisim haline getirilen nesnenin ağırlık merkezi, üç boyutlu koordinat verileri ile bu pencerede yansıtılmaktadır.

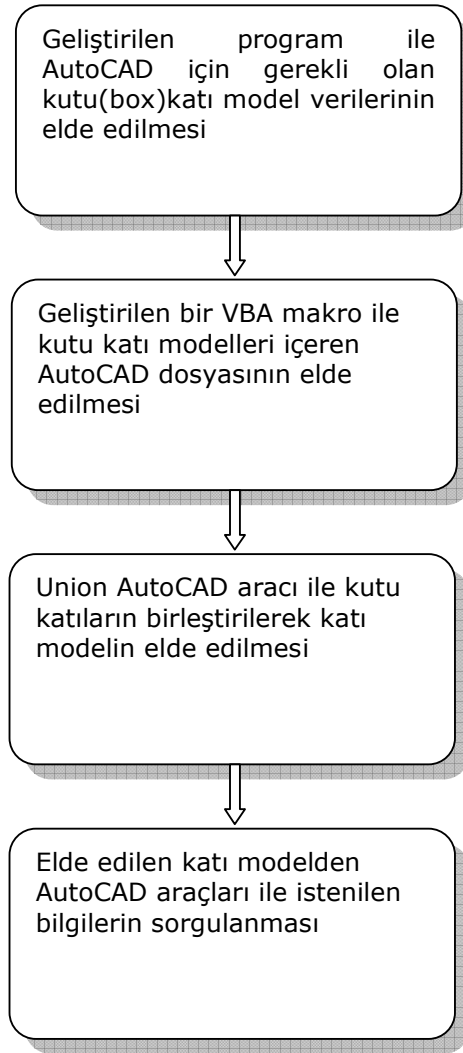
Özellikle katı model yaklaşımlarının bu biçimde değerlendirilebilmesi nedeni ile AutoCAD çok sık başvurulmuş bir program olmaktadır. Dahası program veri giriş ve dosya aktarımı yetenekleri sayesinde tercih edilmektedir. Dosya ithali kolay

olmakla birlikte yaratılan dosyalar hatta nesneler çeşitli formlarda ihraç edilebilmektedir. Bu sayede farklı dosya türleri ile çalışmak da mümkün olmaktadır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Geliştirilen Bilgisayar Programları

Sondaj verileri bilinen bir maden yatağının, AutoCAD ortamında katı modelinin elde edilmesi için geliştirilen model Şekil 4.1’de verilen aşamalardan oluşmaktadır. İlk iki aşama geliştirilen iki bilgisayar programı ile gerçekleştirilmektedir. Birinci aşamayı gerçekleştiren program “BlockCAD”, ikinci aşamayı gerçekleştiren makro ise “Solid Box” olarak isimlendirilmiştir.



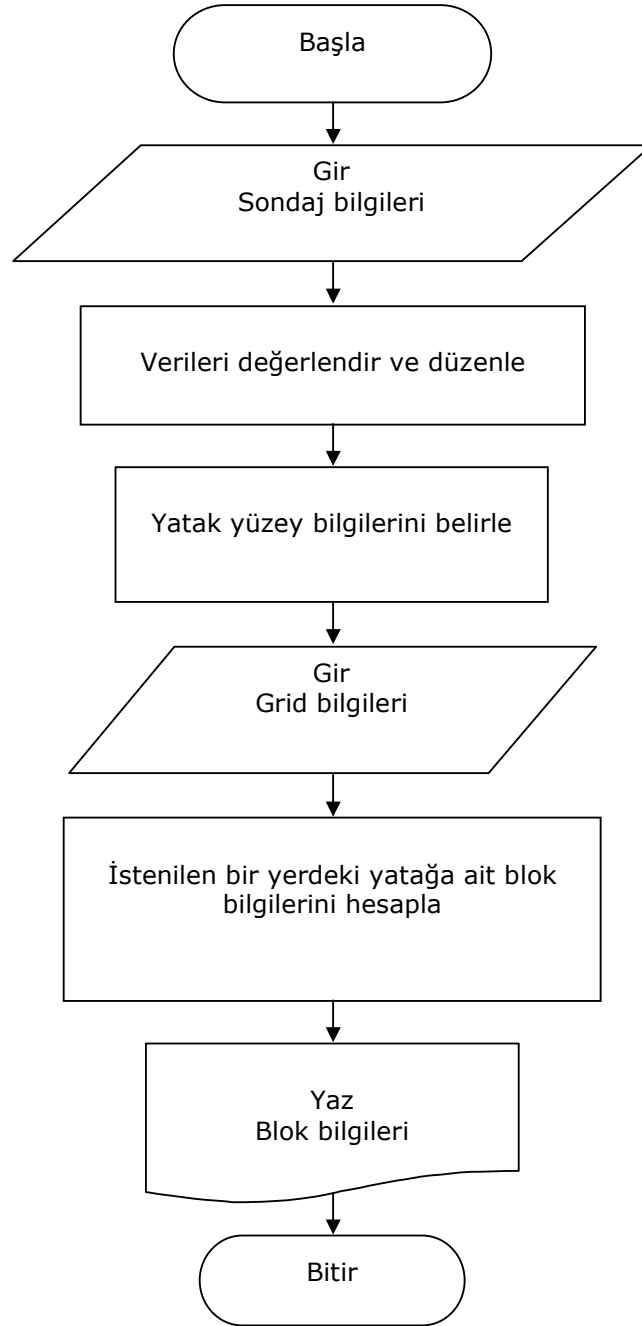
Şekil 4.1. Model aşamaları

4.1.1. AutoCAD İçin Veri Dosyası Oluşturma “BlockCAD”

BlockCAD ile sondaj verilerinden AutoCAD ortamında çizilecek olan kutu model bilgileri elde edilmektedir (Şekil 4.2). Bilindiği gibi bu aşama pek çok karmaşık hesaplama işleminin yanı sıra elle yapılamayacak kadar çok sayıda işlemten oluşmaktadır. Rastgele alınmış basit sondaj verilerini sınıflandırarak komplike veri setleri elde etmek oldukça zor bir uğraştır. Aynı şekilde bu verileri başka bir programın kullanım amaçlarına göre düzenlemek de zaman alıcı bir dizi işlemi gerektirmektedir. Sonraki aşamada çizilecek kutu modelleri için bir takım değerlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu değerler; çizilecek kutunun, $Center_x$, $Center_y$, $Center_z$, Height, Length, Width değerleri olup, program içinde ki hesaplama teknikleri ilerleyen aşamalarda ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. Anlatılmakta olan aşamaların her birinde kendinden sonra gelen aşama için veri düzenlenmekte ve/veya oluşturulmaktadır.

4.1.1.1. Sondaj Lokasyonlarının Düzenlenmesi

Sahadan elde edilen sondaj bilgileri, x, y koordinatları ile bu koordinatlardaki damarı kesme derinliklerinden ibarettir. Bu bilgilerin kullanılabilir hale getirilmesi genellikle yazılan programın türüne ve işleme yöntemine göre değişiklik göstermektedir. Hazırlanan bu programda, veriler sıralı dosya yöntemi ile “.txt” formatındaki bir dosyaya işlenmelidir. Dosyada sırası ile X, Y, koordinatları, katman derinlik bilgileri ($Z_{giriş}$, $Z_{çıkış}$ ve varsa diğer katmanlara ait derinlik değerleri) bulunmalıdır. Bu bilgiler program içerisinde çeşitli işlemler için çağırılmak üzere kaydedilmelidir.



Şekil 4.2. BlokCAD programının akış diagramı

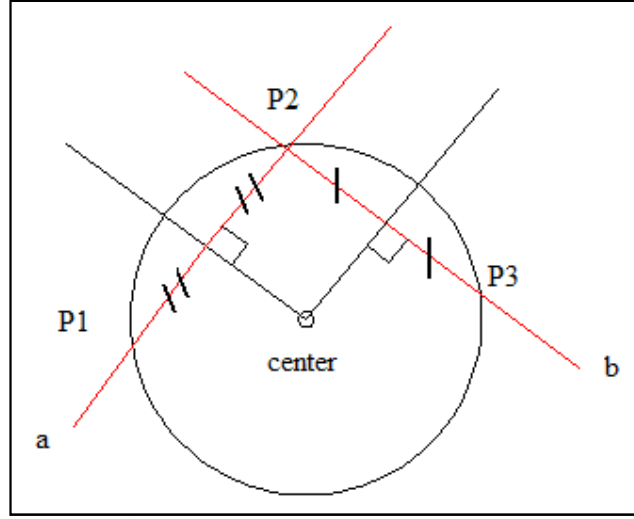
Bir noktadan alınan sondaj bilgileri, ara kesme ve buna benzer düzensizlikler içermesi durumunda birden fazla $Z_{giriş}$, $Z_{çıkış}$ değeri girilebilmektedir. Bu gibi durumlarda program altı adet kot değerini kabul etmekte ve ilgili tabakalar için hesap yapmayı sürdürebilmektedir. Doğada kesin bir matematiksel düzen bulunmadığı

düşünülürse her sahada ve her sondaj deliğinde eşit sayıda kot değeri bulunması düşük bir ihtimal olarak görülmektedir. Altıdan az kot değeri içeren sondaj noktalarında değerler girilirken, eksik Z değerleri yerine “0” girilerek hatalı hesaplama ihtimali ortadan kaldırılmalıdır. Çoğunluk olarak daha fazla ara kesme ve damar sayısı gözlenmiş sahalarda, program içerisindeki ufak bir değişiklik ile kot değerlerinin sayısı arttırılabilmektedir.

4.1.1.2. Üçgenleme Yöntemi İle Yüzey Oluşturulması

Her sondajın iki boyutlu koordinat değerleri (X, Y) Delaunay’ın Üçgenleme tekniğinden yararlanılarak oluşturulacak bir üçgenin köşe noktaları olarak anılacaktır. Bu üçgen öyle bir üçgendir ki üçgen alanı içine başka hiçbir sondaj noktası düşmez ve aynı zamanda oluşturulan üçgen bütün noktalarla kombinasyona girildiğinde oluşabilecek en küçük alanlı üçgendir. Bu metot, sondaj noktalarının sahayı doğru temsil edebilmesi için düşünülmüş, nitekim daha önce söz edilen ters uzaklık yöntemlerine benzer bir mantık çerçevesinde hareket ederek yatağın katı modelinin oluşturulabilmesi için tercih edilmiştir. Delaunay’ın Üçgenleme tekniğinde üçgenlerin bu özelliklere sahip olup olmadığını sorgularken çeşitli matematiksel işlemlerden faydalanılmaktadır.

Kullanılan işlemlerin en belirginini, iki boyutu bilinen üç noktadan geçen çemberin denklemini sorgulayan işlemlerdir. Bu denklem yardımı ile iki boyutlu bir düzlemdeki, üç noktası (P_1 , P_2 , P_3) verilen çemberin niteliklerini (merkezi, çapı) saptamak mümkün olmaktadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Üç Noktadan Geçen Çember (Bourke, 1990)

Bu üç noktadan iki tane doğru oluşturulabilmektedir. İlki, ilk iki noktadan yani P_1 ve P_2 'den geçen "a" doğrusu, diğeri P_2 ve P_3 'den geçen "b" doğrusudur. Bu iki doğrunun denklemi:

$$y_a = m_a(x - x_1) + y_1 \quad (1)$$

$$y_b = m_b(x - x_2) + y_2 \quad (2)$$

"m" doğruların eğimidir ve formül düzenlenerek elde edilen şu eşitliklerle bulunabilir:

$$m_a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (3)$$

$$m_b = \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} \quad (4)$$

Çemberin merkezi, iki doğrunun orta noktalarından geçen ve iki doğruyu dik kesen kesişme hattında bulunmaktadır. Bir doğruyu dik kesen doğru ile eğimi (m),

“ $-\frac{1}{m}$ ”lik bir eğime sahiptir. Buda a ve b doğrusuna dik olan doğruların denklemleridir ve P_1P_2 ve P_2P_3 doğrularının orta noktalarından geçmektedirler.

$$y_a^1 = -\frac{1}{m_a} \left(x - \frac{x_1 + x_2}{2} \right) + \frac{y_1 + y_2}{2} \quad (5)$$

$$y_b^1 = -\frac{1}{m_b} \left(x - \frac{x_2 + x_3}{2} \right) + \frac{y_2 + y_3}{2} \quad (6)$$

Bu iki doğru merkezde kesişmektedir ve merkezin X koordinatı, yukarıdaki eşitliklerden şu şekilde elde edilmektedir:

$$x = \frac{m_a m_b (y_1 - y_3) + m_b (x_1 + x_3) - m_a (x_2 + x_3)}{2(m_b - m_a)} \quad (7)$$

Dikey doğrulardan birinin içinde X değeri yerine koyularak, merkezin Y koordinatı da hesaplanabilmektedir. Bu aşamada ise bilinen noktalardan merkeze çizilen bütün doğrular çapı vereceği göz önünde bulundurularak, merkezle bu noktalar arasındaki uzaklık kolayca hesaplanabilmektedir (Bourke, 1990).

Yukarıda bahsedilen çemberin merkez koordinatları ve yarıçap uzunluğu üçgenleme işlemi için çok önemlidir. Sistem öncelikle her bir nokta için diğer bütün noktaları taramakta, incelenen nokta ve daha başka iki noktadan geçen tüm çemberlerin merkez koordinatlarını, ardından da yarıçaplarını hesaplamaktadır. Oluşan çemberler ve seçilen noktalar karşılaştırılarak en küçük çaplı çember tespit edilerek, diğer noktaların konumu sorgulanmaktadır. Son durumda tespit edilen çember öyle bir çemberdir ki bu çemberin üzerinde sadece üç nokta bulunmakta ve çember alanı içinde başka hiçbir nokta yer almamaktadır.

Program bütün noktalar için aynı işlemleri tekrarlamakta ve bu esnada daha önce tanımlanmış üçgen noktalarını tekrar kullanabilmektedir. Bir nokta pek çok üçgenin köşe noktası olabilmekte aynı zamanda bir üçgenin elemanları da başka üçgen gruplarının elemanlarını oluşturabilmektedir. Ancak bir üçgenin üç elemanının da bir daha asla aynı grupta olamayacağı unutulmamalıdır. Bu mantık hatası birden

fazla aynı üçgenin oluşturulmasına, programın işlem kapasitesini zorlamaya ve elde edilecek son çizimlerde fazla nesneler yaratılmasına neden olmaktadır. Tüm bunları önlemek için sistem belirlediği her üçgenin üç köşesinin koordinat değerlerini bir grup olarak tanımlar ve bir değişkene atamaktadır. Değişkenin grupladığı bu koordinatların tüm özellikleri, o değişkeninin adını alan matrisin bir elemanı olarak tanımlanmaktadır. Sözü edilen matrisin temsili bir örneği gösterilmektedir (Şekil 4.4).

$$\begin{array}{c}
 {}^1 \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & Z_{g11} & Z_{g12} & Z_{g13} & Z_{g14} & Z_{g15} & Z_{g16} & Z_{g17} & Z_{g18} \\ X_2 & Y_2 & Z_{g21} & Z_{g22} & Z_{g23} & Z_{g24} & Z_{g25} & Z_{g26} & Z_{g27} & Z_{g28} \\ X_3 & Y_3 & Z_{g31} & Z_{g32} & Z_{g33} & Z_{g34} & Z_{g35} & Z_{g36} & Z_{g37} & Z_{g38} \end{bmatrix} \\
 {}^2 \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & Z_{g11} & Z_{g12} & Z_{g13} & Z_{g14} & Z_{g15} & Z_{g16} & Z_{g17} & Z_{g18} \\ X_2 & Y_2 & Z_{g21} & Z_{g22} & Z_{g23} & Z_{g24} & Z_{g25} & Z_{g26} & Z_{g27} & Z_{g28} \\ X_3 & Y_3 & Z_{g31} & Z_{g32} & Z_{g33} & Z_{g34} & Z_{g35} & Z_{g36} & Z_{g37} & Z_{g38} \end{bmatrix} \\
 {}^3 \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & Z_{g11} & Z_{g12} & Z_{g13} & Z_{g14} & Z_{g15} & Z_{g16} & Z_{g17} & Z_{g18} \\ X_2 & Y_2 & Z_{g21} & Z_{g22} & Z_{g23} & Z_{g24} & Z_{g25} & Z_{g26} & Z_{g27} & Z_{g28} \\ X_3 & Y_3 & Z_{g31} & Z_{g32} & Z_{g33} & Z_{g34} & Z_{g35} & Z_{g36} & Z_{g37} & Z_{g38} \end{bmatrix} \\
 \dots \\
 \dots \\
 \dots \\
 \dots \\
 \dots \\
 {}^n \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & Z_{g11} & Z_{g12} & Z_{g13} & Z_{g14} & Z_{g15} & Z_{g16} & Z_{g17} & Z_{g18} \\ X_2 & Y_2 & Z_{g21} & Z_{g22} & Z_{g23} & Z_{g24} & Z_{g25} & Z_{g26} & Z_{g27} & Z_{g28} \\ X_3 & Y_3 & Z_{g31} & Z_{g32} & Z_{g33} & Z_{g34} & Z_{g35} & Z_{g36} & Z_{g37} & Z_{g38} \end{bmatrix}
 \end{array}$$

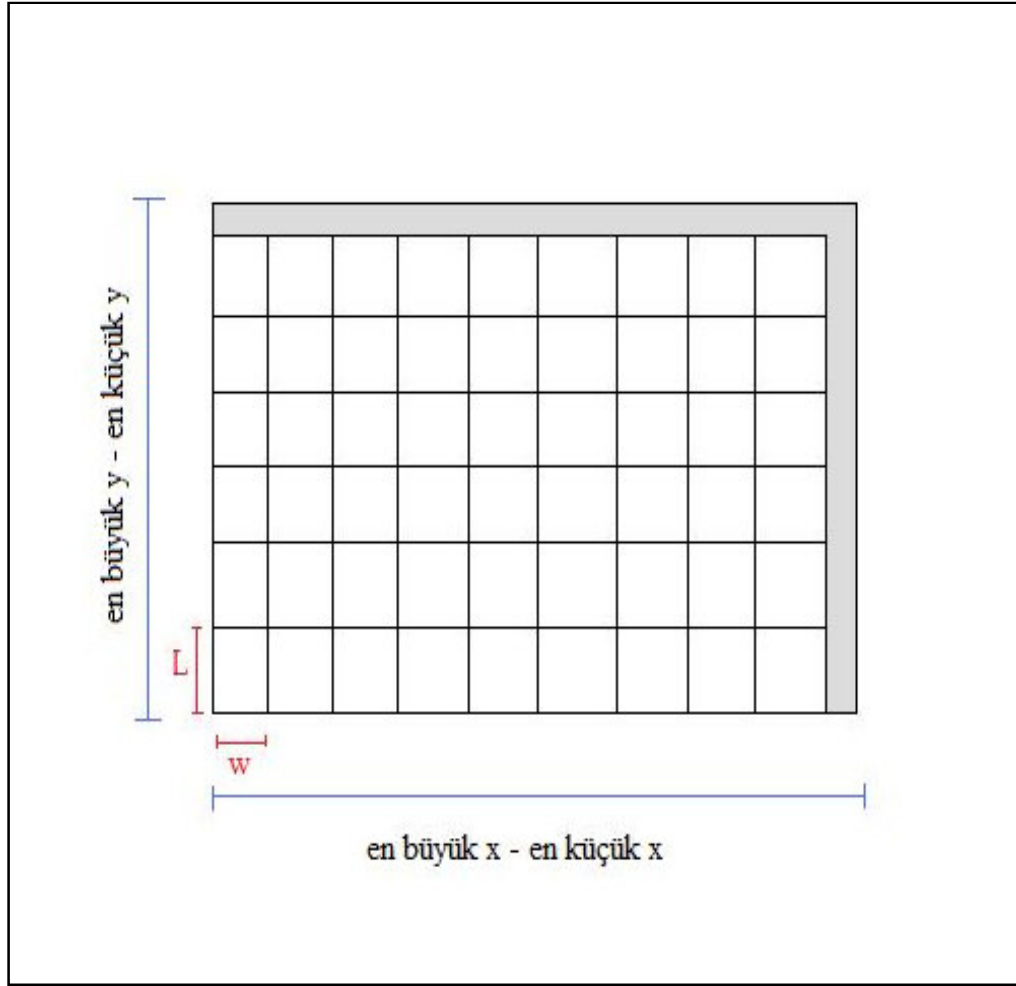
Şekil 4.4. Üçgen koordinat matrisi

Birinci satır ve birinci sütundaki X_1 değeri ile tanımlanan üçgeninin birinci köşesinin X koordinat değeri temsil edilmektedir. Program Şekil 4.4’deki gibi “n” tane üçgeni, değişkeni birer birer artan matris grupları olarak sınıflandırır ve işleme koyar. Bu aşamada tanımlanan üçgenler, birer yüzey olarak algılanmaya hazır hale getirilmektedir.

4.1.1.3. Sahanın Gridlere Bölünmesi

Sahanın Gridlere bölünmesi iki önemli işlemi gerçekleştirmektedir. Birincisi sahadan elde edilen verilerin tüm elemanlarının eksiksiz kullanılabilmesi için oluşturulacak grid sisteminin tanımlanan tüm noktalardan geçmesi gerekmektedir. Dahası, grid sisteminin kesişim noktaları kutu modellerin merkezini oluşturacağından grid sisteminin sınırları oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Sınırlar belirlenirken koordinat değerleri (X, Y) taranarak, x ve y koordinat eksenindeki “en büyük” ve “en küçük” değerler tespit edilmektedir (Şekil 3.7). İkincisi ise programın bundan sonraki aşamalarını doğrudan etkileyecek olan grid genişliklerinin seçimidir. Program çalışmaya başlatıldığında kullanıcıya “Width” ve “Length” değerlerini sormakta ve bu değerler kullanıcının isteğine bağlı olarak hesaba katılmakta ve çizilen gridlerin kesişim noktaları en son aşamada oluşturulacak kutu modellerinin merkez koordinatlarının bir kısmını oluşturmaktadır (Şekil 4.5). Elde edilen kesişim noktaları, ana modelimizi oluşturacak küplerin merkez koordinatlarını (x, y) tanımlamaktadır.

İlk başta program tarafından grid doğrularının oluşturulması ve daha sonra bu grid uzunluklarından hesaplanan “Length”(L) ve “Width” (W) değerleri tanımlayabilen kullanıcı etkileşimli bir alan oluşturulmaktadır. Bu alanda kullanıcı tarafından isteğe bağlı olarak girilen uzunluklardan W değeri x ekseninin grid uzunluklarını, L değeri ise grid sisteminin y eksenindeki grid uzunluklarını temsil etmektedir. Bu noktada şu hatırlatılmalıdır ki sistemin sınırları en büyük x ve y ile en küçük x ve y değerleri hesaplanarak çizilmiştir. Kullanıcı program içinde yapılan bu hesabın farkında olmadan L ve W seçimi yapacağından, çoğunlukla bu sınır içine düşen L boyunda ve W eninde kaç tane kutu yüzeyi oluşacağını bilememektedir. Lokasyon değerlerinin rakamsal hassasiyeti nedeni ile kutu sayısını tam sayı olarak elde etmek bir takım işlemler gerektirmektedir. Aksi takdirde artık kutucukların göz ardı edilmesi ya da kusurlu kutucuklar için yeniden zahmetli bir programlama prosedürü oluşturulması gerekli görülecektir. Bu problem, programın işleyişindeki küçük mantık düzeltmeleri ile kolayca halledilebilmektedir.



Şekil 4.5. Sahanın gridlere bölünmesi ve artık alanlar

Program önce sınır koordinat değerleri farkından sınır uzunluklarını bulmaktadır. Bu işlem esnasında girilen W ve L değerleri kullanılarak kaç kutu çizileceği hesaplanır.

$$X_{Kutu} = \frac{x_{enbüyük} - x_{enküçük}}{L} \quad (8)$$

$$Y_{Kutu} = \frac{y_{enbüyük} - y_{enküçük}}{L} \quad (9)$$

Buradaki en önemli husus bölme işleminin “tam bölen” deyimi ile yapılmasıdır. Nedeni ise bölmeden elde edilen sonucun bir önceki tam sayıya yuvarlanmasıdır. Normal bir bölme de ondalıklı bir sayı bulunması yüksek bir

ihtimaldir çünkü işlemde kullanılan veriler koordinat değerleridir ve hassasiyeti yüksek sayılardan oluşmaktadır. Bu durumda kutu sayısının bir tam sayı ile temsil edilmesi olanaksız görülmektedir. Nitekim hesaplamada kullanılan bölme işlemi bu nedenle “ tam bölen” olarak seçilmiştir. Benzer şekilde yuvarlama sırasında artık olarak kalan alan problemi de yeni bir işlem basamağı eklenmesi ile kolayca çözülmüştür. İlk basamakta hesaplanan X_{Kutu} ve Y_{Kutu} sayıları kullanılarak kutu eni (W) ve boyu (L) tekrar tanımlanmaktadır.

$$W_{Hesaplanan} = \frac{X_{enbüyük} - X_{enküçük}}{X_{Kutu}} \quad (10)$$

$$L_{Hesaplanan} = \frac{Y_{enbüyük} - Y_{enküçük}}{Y_{Kutu}} \quad (11)$$

Buradaki bölme işlemi yüksek hassasiyetli yapılmaktadır. Böylece kutu sayısı sabit kalırken ön görülen W ve L değerlerine sayısal hassasiyet kazandırılarak kayıplar engellenmiştir. Program bu aşamadan sonraki tüm hesaplamaları mevcut nokta koordinatlarına atamaktadır.

4.1.1.4. Kesişim Noktalarının Alan Kontrolü

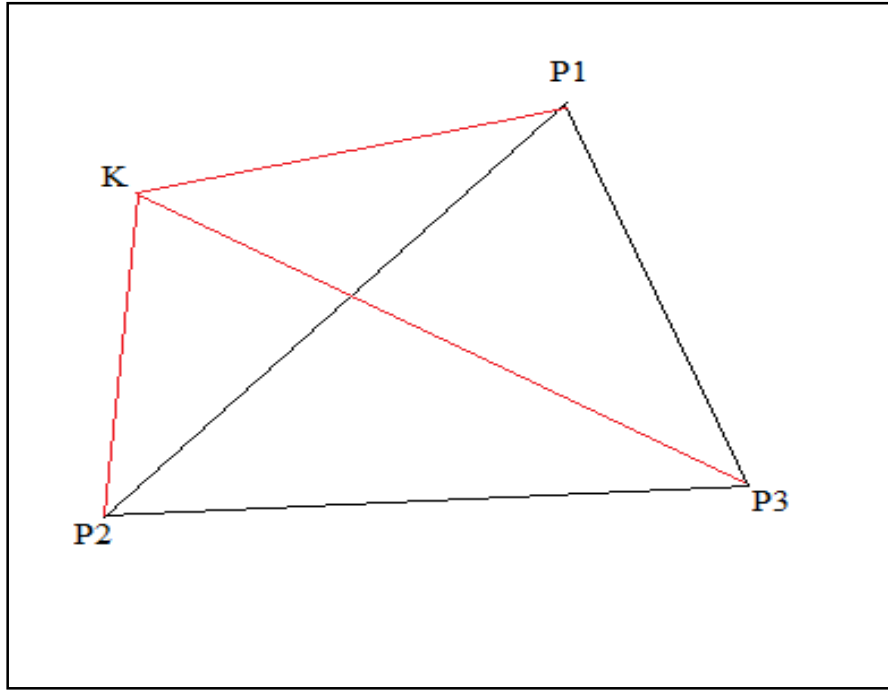
Bundan önceki aşamada, sondaj lokasyonlarının en büyük ve en küçük değerlerini içine alacak şekilde bir grid sistemi tanımlanmıştır. Ancak unutulmaması gereken, eldeki verilerin üçgensel yüzeyler tarafından temsil edilmekte olduğudur. Bu üçgensel yüzeylerin alanının, grid alanı şeklinde olması düşük bir ihtimaldir. Bu da sonraki aşamalarda kesişim noktalarından gönderilecek izafi ışınların her birinin üçgensel alanların içine düşmeyeceğine işaret etmektedir. Yapılması gereken ise her bir kesişim noktasının belirlenen alanların içinde olup olmadığının tespitidir.

Tespit yapılırken kullanılan mantık, basitçe üç kenarlı bir poligonun alanını hesaplamaya dayanmaktadır ve bu mantığın algoritması şu kurallara dayanır:

- Bir nokta ancak bir üçgen alanı içine düşebilir

- Kesişim noktası ile daha önce tanımlanmış noktalar arasında oluşturulan üçgen alanlarının toplamı daha önce tanımlanmış üçgen alanlarından sadece birine eşit olabilmektedir. Bu durumda kesişim noktası o üçgenin içinde konumlanmıştır
- Aksi halde kesişim noktası üçgenin dışındadır.

Daha açık bir anlatımla; program her noktadan, daha önce hesaplanan üçgenlerin her bir köşesine yeni üçgenler atanmaktadır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Alan kontrolü

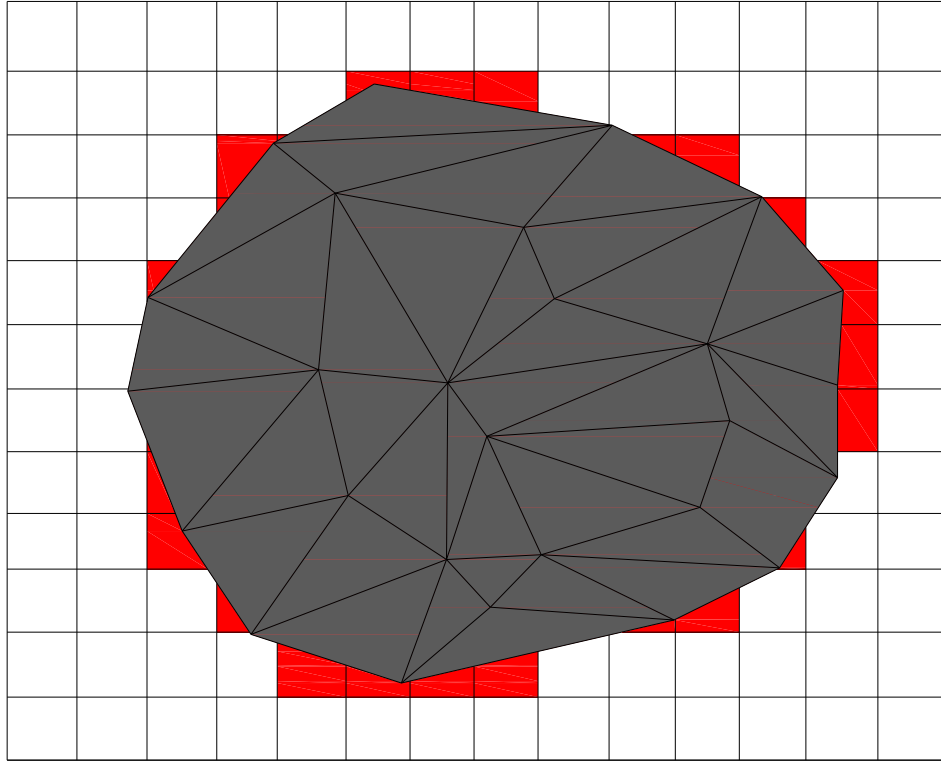
Köşe noktaları (K, P_1, P_2) , (K, P_2, P_3) , (K, P_1, P_3) şeklinde olan üçgenlerin alanları hesaplanır ve toplanır. Bu alanlar toplamının ilk üçgenin (P_1, P_2, P_3) alanına eşit olup olmadığı sorgulanır. Eşitliği sağlayan noktaların bir üçgenin alanına girdiği kabul edilir. Program tüm noktalar için bütün üçgensel alanları inceler ve alanların içinde kalan noktalar tespit edilir. Tespit işlemi sırasında her noktanın koordinatları (x, y) ve içine düştükleri üçgenlerin indisleri aynı anda tanımlanmakta ve kaydedilmektedir.

4.1.1.5. Noktaların Düzlemle Kesiştiği Kot Değerinin Bulunması

Bundan önceki bölümlerde, üçgen yüzeyler oluşturulmuş, grid sistemindeki noktaların oluşturulan üçgenlerin alanları içinde olup olmadığının kontrolü yapılmıştır. Oluşturulan üçgenlerin köşe noktalarının seviye değerleri olarak sondajların cevheri kestiği kot olarak düşünüldüğünde bu komşu üçgenler yatağın yüzeyini oluşturur. Kesin modellerin tespit edilen noktaları esas alınarak çizilen kutulardan oluştuğu unutulmamalıdır.

Şekil 4.7’de görüldüğü gibi üçgenlerden oluşan kapalı alanın içine düşen bütün kesişim noktaları kutu modellerin merkezini oluşturmaktadır. Bu mantıkta, herhangi bir kutunun çizilebilmesi, merkezinin, üçgensel alanın içinde olması koşuluna bağlı bulunmaktadır.

Bu aşamada ise tanımlanan noktaların, üçgen yüzeylerle kesiştiği “Z” değerleri hesaplanmaktadır. Merkez koordinatları iki boyutlu (X, Y) olarak belirlenen her kutu yüzeyinin, gerçek bir kutu modelinin temsil edebilmesi için üç boyutunun da bilinmesi gerekmektedir. Ancak bu şekilde tanımlanan noktalardan oluşan asıl modelin üç boyutlu katı bir modele dönüşmesi sağlanabilmektedir. Üçgen alanı içine düşen noktaların, yüzeyi hangi derinlikte kestiği bilinmemektedir fakat üçgeni oluşturan her köşe noktasının (X, Y, Z) değerleri bilinmektedir. Yapılması gereken, tanımlanmış her nokta için ilgili üçgenin $P_1(X_1, Y_1, Z_1)$, $P_2(X_2, Y_2, Z_2)$, $P_3(X_3, Y_3, Z_3)$ köşe değerleri kullanılarak, $N_n(X_n, Y_n, Z_n)$ değerlerinin hesaplanmasıdır. Bundan önceki aşamalarda N noktalarının iki boyutu tespit edildiğinden, koordinatları bilinen üç noktadan geçen düzlem üzerindeki noktanın Z doğrusunun koordinatları bulunmalıdır.



Şekil 4.7. Grid sistemi içine düşen üçgen yüzeyi

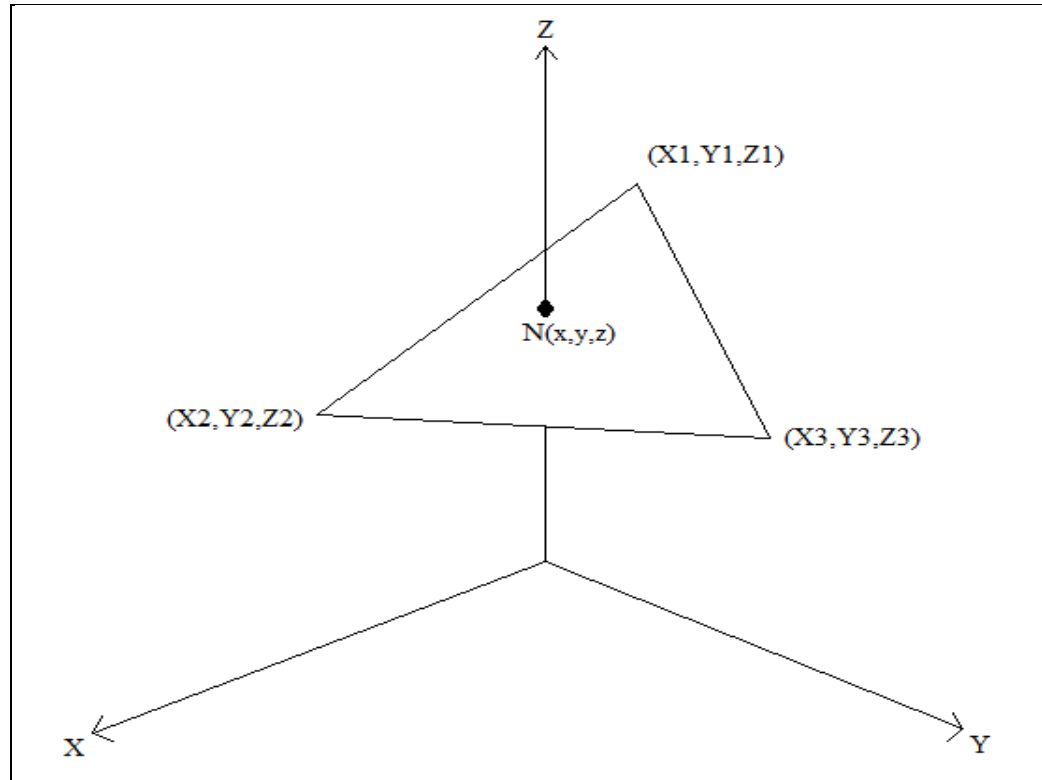
Köşe noktaları bilinen bir üçgen yüzeyinin içinden Z eksenine doğrultusundan geçen doğru ile bu yüzeyin kesiştiği noktanın koordinatı (x, y, z) olduğu kabul edilmektedir. Şekil 4.8'deki gibi üçgenin köşe noktalarından geçen düzlemin kartezyen denklemi aşağıdaki gibidir.

$$\begin{bmatrix} x - x_1 & y - y_1 & z - z_1 \\ x_2 - x_1 & y_2 - y_1 & z_2 - z_1 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 & z_3 - z_1 \end{bmatrix} = 0 \quad (12)$$

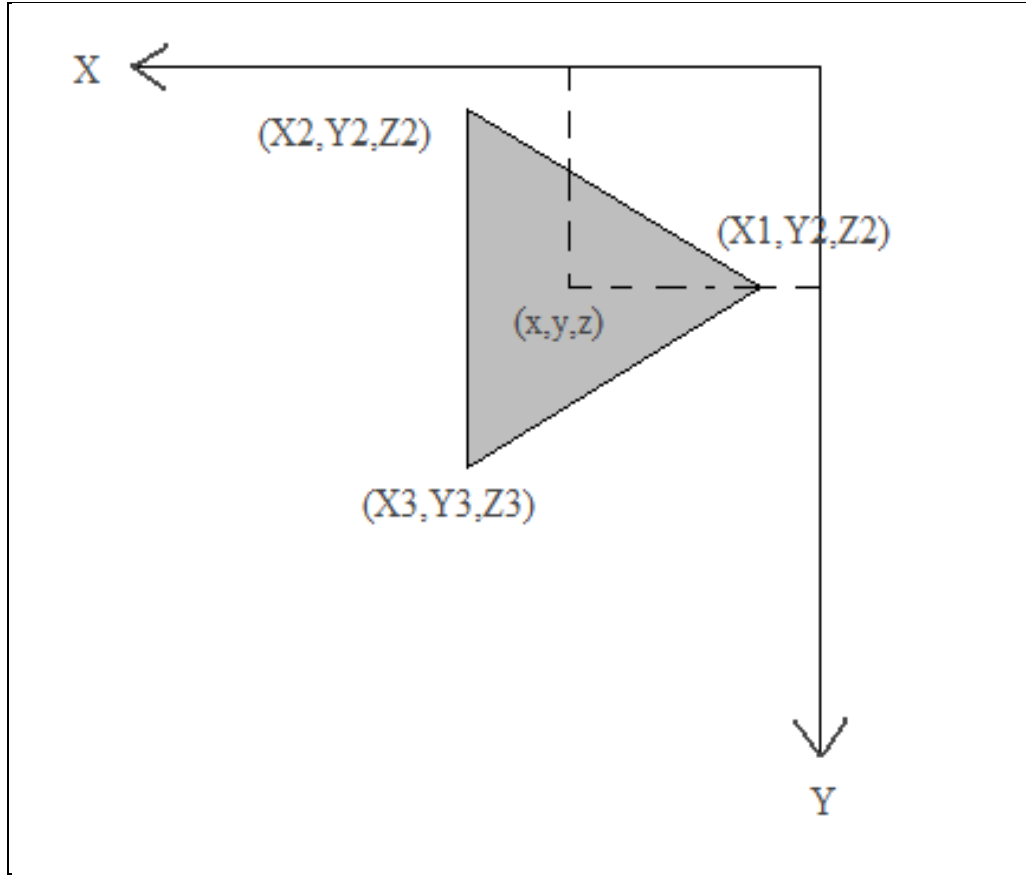
Bu düzlem ile Şekil 4.9'da gösterilen (x, y) noktasından Z eksenine doğrultusunda geçen doğru ile kesişim noktasının z değeri ise aşağıdaki formül ile hesaplanılır (Dağ, 2005).

$$Z = \left[\frac{(y_1 z_3 - y_2 z_3 + y_2 z_1 + y_3 z_2 - y_3 z_1 - y_1 z_2)x + (x_1 z_2 - x_3 z_2 + x_3 z_1 + x_2 z_3 - x_2 z_1 - x_1 z_3)y + (x_1 y_2 z_3 - x_1 y_3 z_2 + x_2 y_3 z_1 + x_3 y_1 z_2 - x_3 y_2 z_1 - x_2 y_1 z_3)}{(x_2 y_3 - x_2 y_1 - x_1 y_3 - x_3 y_2 + x_3 y_1 + x_1 y_2)} \right] \quad (13)$$

Oluşturulan program bu formül yardımı ile kutu modellerin merkez koordinatların üç boyutu (x, y, z) da hesaplanmış olmaktadır. Ancak bu aşamadaki asıl sorun “Z” değerlerinin hangi yüzeyi temsil ettiğinin bulunması ve ona göre tanımlanabilmesidir. Oluşturulan ilk üçgensel yüzey, damara giriş yüzeyi kabul edildiği takdirde birde çıkış yüzeyi tanımlama zorunluluğu vardır. Bu durumda her nokta için en az bir seri “Z_g” ve “Z_ç” değeri hesaplanmalıdır.



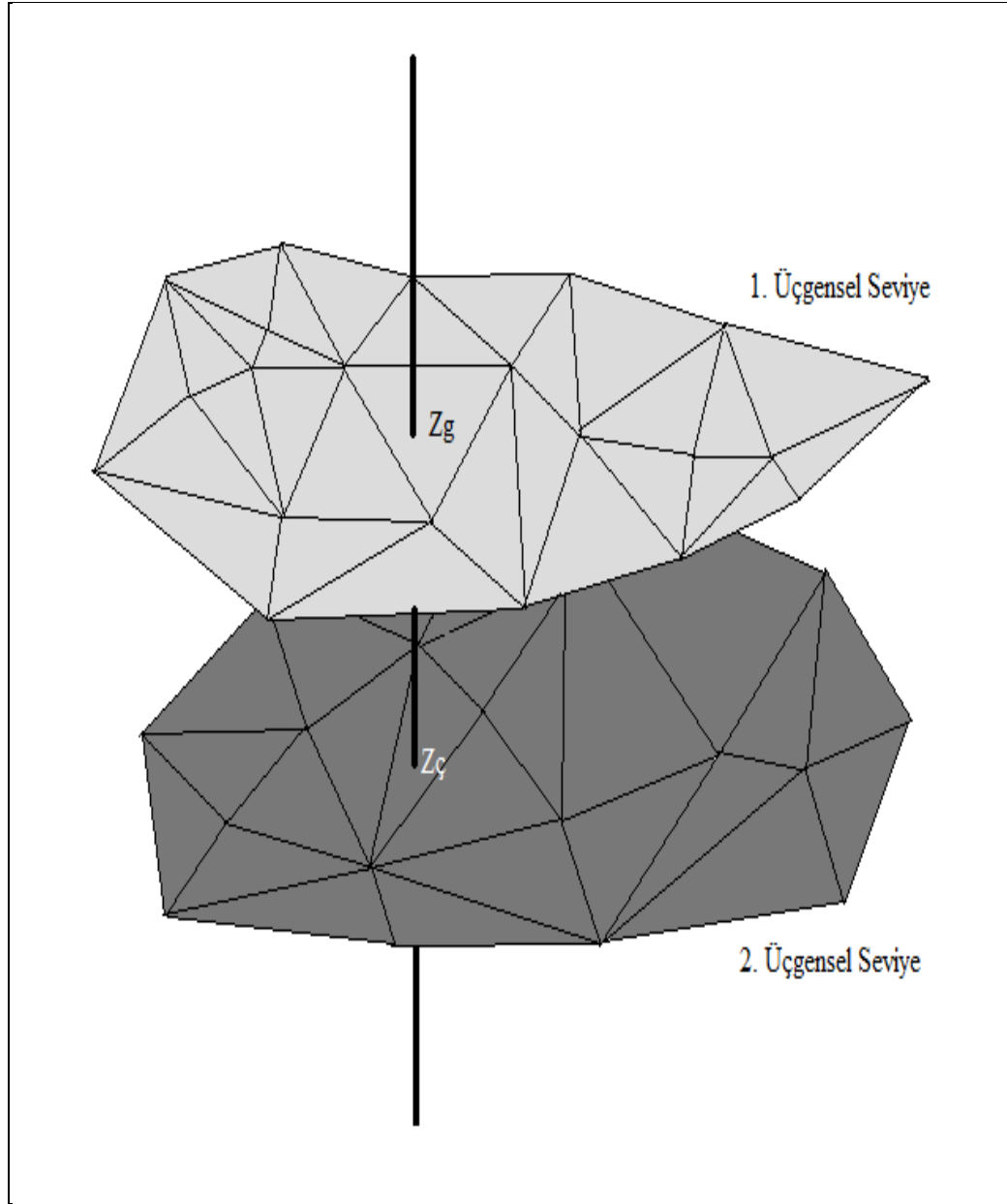
Şekil 4.8. Üç noktası bilinen düzlemden geçen doğru -3 boyutlu (Dağ, 2005)



Şekil 4.9. Düzlem ile doğrunun kesişim noktası -2 boyutlu (Dağ, 2005)

Bu mantık çerçevesinde düşünüldüğünde, program, sondaj verilerinden elde ettiği her derinlik değeri için bir seviye ve her seviyede bir üçgensel yüzey oluşturmaktadır (Şekil 4.10).

Her seviyede, içinden geçtiği varsayılan ışınlar, daha önce tanımlanan her noktanın iz düşümü olarak kabul edilmektedir. Bu ışınların yüzeyi kestiği noktalar yukarıda anlatıldığı gibi hesaplanmakta ve “ Z_g ”, “ $Z_ç$ ” değerleri atanmaktadır.

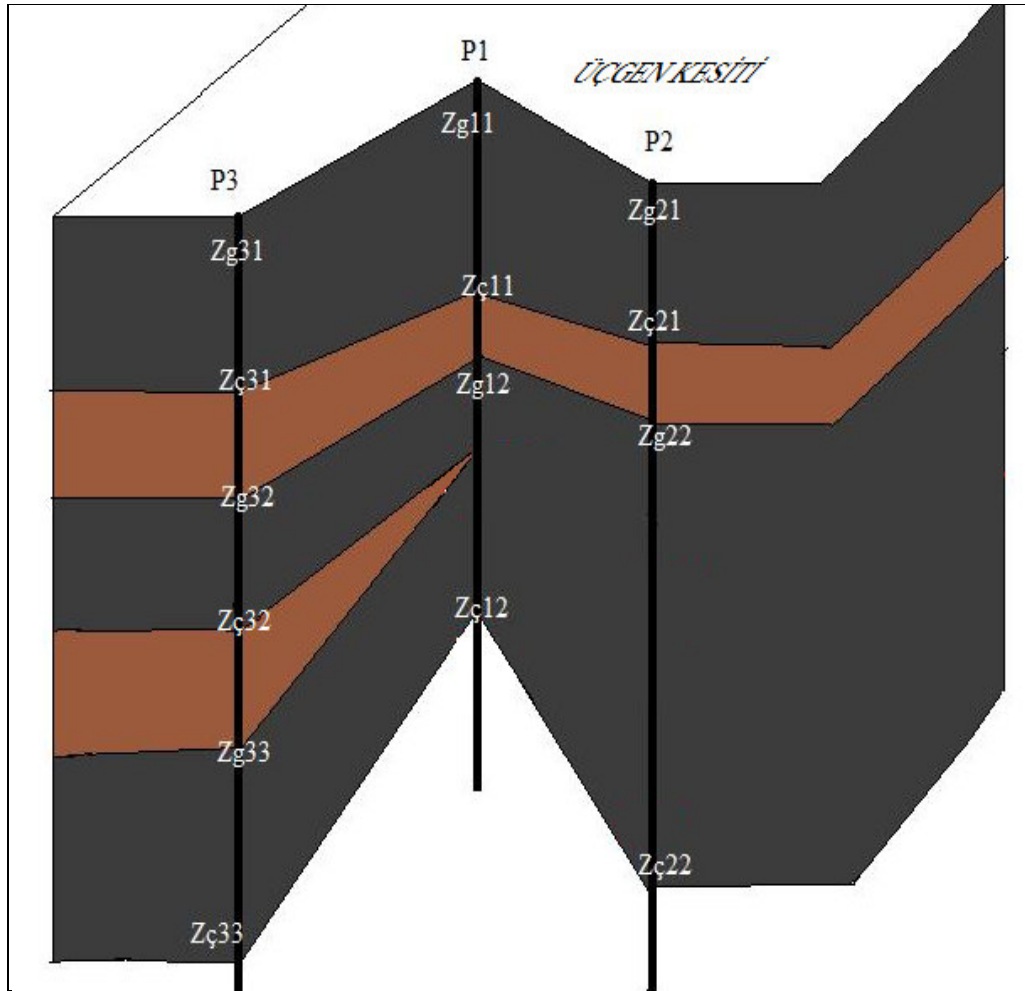


Şekil 4.10. Bir noktadan geçen ve iki seviyede kesilen ışın

Her seviyede, içinden geçtiği varsayılan ışınlar, daha önce tanımlanan her noktanın iz düşümü olarak kabul edilmektedir. Bu ışınların yüzeyi kestiği noktalar yukarıda anlatıldığı gibi hesaplanmakta ve “ Z_g ”, “ $Z_{\check{c}}$ ” değerleri atanmaktadır.

Maden yatakları, cevherin çeşidine ve yataklanma türüne göre değişen kütleler olarak yer altında zuhur etmektedirler. Öyle ki bu çeşitlilik altında her yatak farklı geometrik şekillere, ara kesmelere ve faylara sahip olabilmektedir. Bu

durumda, daha önce tanımlanmış noktalar arasında farklı sayıda üçgensel seviye kesen ve boşluğa rast gelen noktalarda bulunabilmektedir (Şekil 4.11). Hazırlanan programın bir veya daha fazla ara kesme ile karşılaşılacak durumlarda kullanılabilir olması için birden fazla “Z_g” ve “Z_ç” serisi hesaplayabilecek kapasitede olması sağlanmıştır.



Şekil 4.11. “Z” Değerlerini gösteren üçgen kesiti

Program bu aşamada öncelikle noktaların “Z_g” ve “Z_ç” değerlerini tespit ederek, üçgenin her bir köşesinin kaç tane kot değeri olduğunu sorgulamaktadır. Şekil 4.11’de de gösterildiği gibi bir üçgenin üç köşesinin sondaj verilerinden elde edilen kot değerlerinin sayısı farklı olabilmektedir. Daha önceden bahsedildiği

biçimde her seviye için ayrı üçgen yüzeyleri oluşturulurken her köşede eşit sayıda “Z” değeri gerekmektedir. Bu matrisin simetrik olma özelliğinden ileri gelmektedir.

Şayet Şekil 4.12’de gösterildiği gibi bir düzeltme yapılmaz ise veri serileri aşağıdaki matris de olduğu gibi algılanmaktadır.

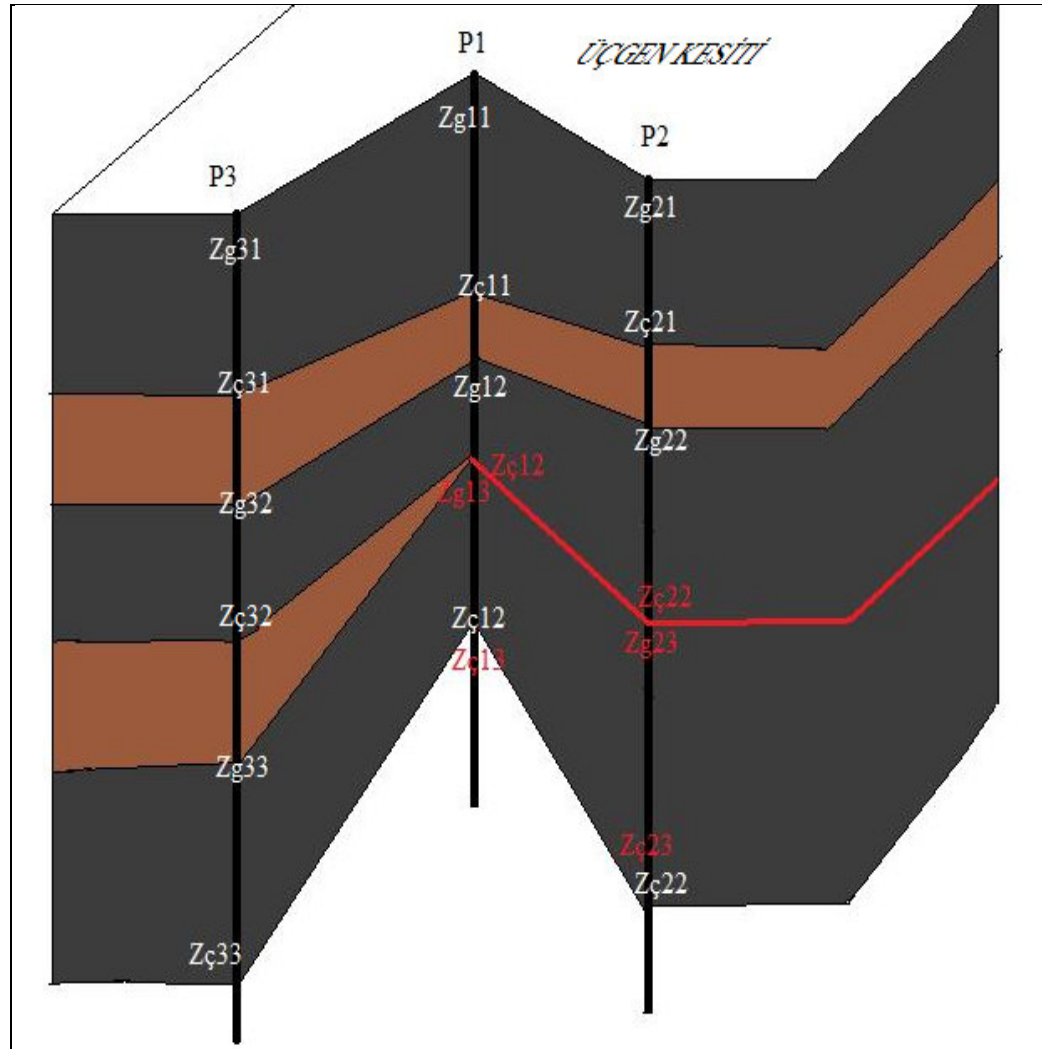
$$\begin{matrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{matrix} \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & Z_{g11} & Z_{\epsilon11} \\ X_2 & Y_2 & Z_{g21} & Z_{\epsilon21} \\ X_3 & Y_3 & Z_{g31} & Z_{\epsilon31} \end{bmatrix} \text{ (Birinci Dilim Serisinin Matrisi)} \quad (14)$$

$$\begin{matrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{matrix} \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & Z_{g12} & Z_{\epsilon12} \\ X_2 & Y_2 & Z_{g22} & Z_{\epsilon22} \\ X_3 & Y_3 & Z_{g32} & Z_{\epsilon32} \end{bmatrix} \text{ (İkinci Dilim Serisinin Matrisi)} \quad (15)$$

$$\begin{matrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{matrix} \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & 0 & 0 \\ X_2 & Y_2 & 0 & 0 \\ X_3 & Y_3 & Z_{g33} & Z_{\epsilon33} \end{bmatrix} \text{ (Üçüncü Dilim Serisinin Matrisi)} \quad (16)$$

Açıkça görüldüğü gibi program verileri bu şekilde algılasaydı üçüncü seviyede herhangi bir tabaka tanımlanmayacak, dolayısı ile P_3 noktasında üçüncü seviyedeki bilgiler değerlendirilmemiş olacaktır. Bu eksikliği gidermek için programın her bir seviyeyi algılayabilmesini sağlayan çeşitli yordamlar yardımı ile noktadaki seviye sayısı eşitlenmiştir. Buna göre program tarafından öncelikle daha önce tanımlanmış her üçgen serisi için kaç tane “Z” seviyesi ile karşılaşıldığını sorgulanarak ve maksimum “Z” sayısını tespit edilmektedir. Seviye sayısı eksik görülen noktalar da seviye eşitlemesi yapılmaktadır. Bu eşitleme işleminde üçgenlenmiş gruplardaki eksik noktalarda ki cevher damarı ikiye, üçe bölünerek birden fazla seviye varmış gibi tanımlanır. Bu seviyeler birbirlerine komşu oldukları için arada kot farkı olamayacak şekilde çizileceğinden veri kaybı engellenmiş olunmaktadır. Aynı şekilde P_3 noktasındaki değişimde rahatlıkla gözlenebilmektedir. Şekil 4.12’de olduğu gibi, P_1 ve P_2 noktalarındaki cevher tabakası ikiye bölündüğünde yeni kot değerleri tanımlanarak işleme devam edilmekte ve yatağın temsil edilebilirliği arttırılmaktadır. İşlem sonunda her seviyeye ait düzenli matrisler

başka bir deyişle üçgen yüzeyler tanımlanmaktadır. Bu üçgen yüzeylere dayanılarak çizilen katı modelin içinde ara kesmeler rahatça seçilebilmektedir. Hatta kutu modeller içinde bazı ara kesmeler öyle bir yerleşecektir ki ara kesme sıfırlanarak gerçeğe yakın matematiksel ve görsel veriler elde etmek mümkün olacaktır.

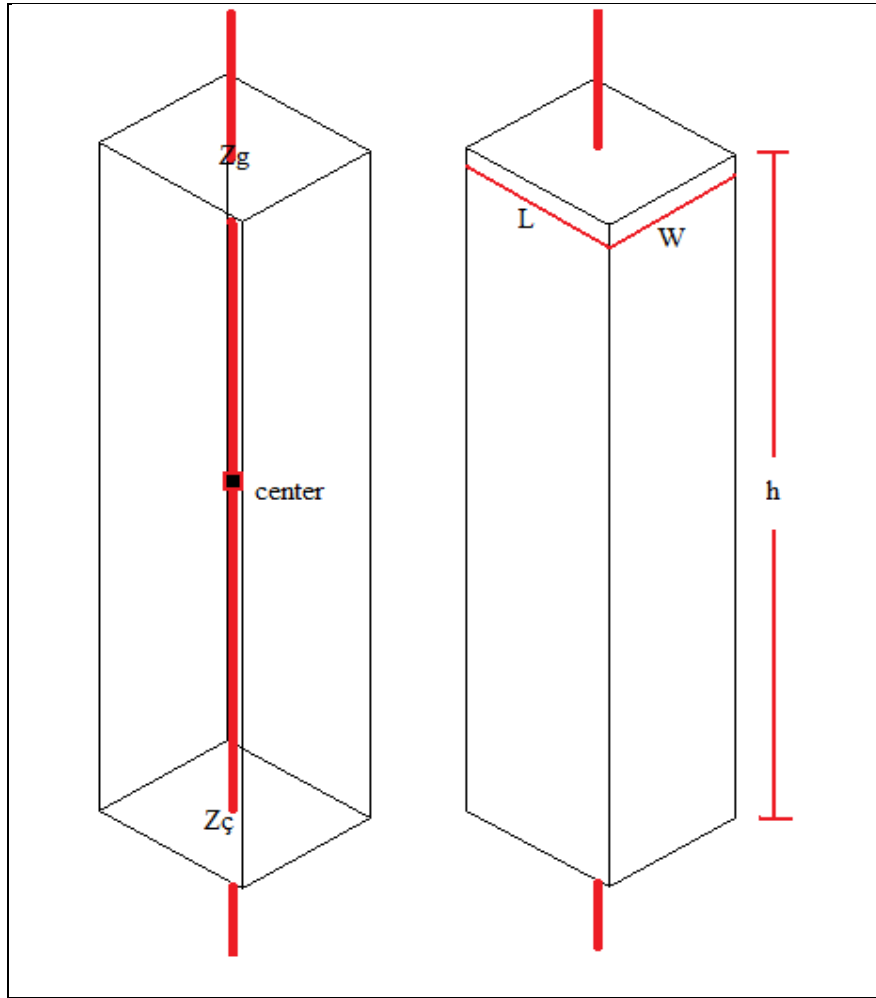


Şekil 4.12. Üçgen kesitte kotların düzeltilmesi

4.1.1.6. Kutu Modelleri İçin “h” ve “Z_{center}” Değerlerinin Hesaplanması

Programın son bölümünde oluşturulması planlanan kutu modelleri için her bir kutuya ait X_{center} , Y_{center} , Z_{center} , koordinat değerleri ile kutulara ait uzunluk (length), genişlik (width) ve yükseklik (height) değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Kutu

modellerinin alt ve üst yüzeyleri, daha önce oluşturulan üçgensel yüzeylerle çakışmakta ve merkez ışınlarının bu yüzeylerden geçtikleri seviyeler Z_g $Z_ç$ değerleri olarak tanımlanmaktadır (Şekil 4.13). Daha önceki aşamalarda X_{center} , Y_{center} değerleri tanımlanmıştır. Öyle ki bu değerler daha önce oluşturulan gridlerden geçen varsayımsal ışınların koordinat değerleri olarak sözü edilen aşamalarda anlatılmıştır. Geriye kalan Z_{center} değerini hesaplamak için aşağıdaki basit formülden faydalanılmaktadır.



Şekil 4.13. Kutu modelin aranan özellikleri

$$Z_g - Z_ç = h \quad (17)$$

$$\frac{h}{2} = Z_{center} \quad (18)$$

Yukarıdaki basit formüller yardımı ile daha önce tanımlanmış tüm kesim noktaları (yani kutu modellerinin merkezinden geçen ışınlar) için gerekli tüm veri setleri hesaplanarak tanımlanmaktadır.

Anlatılan tüm aşamaların ardından program tarafından elde edilen tüm veriler “.txt” dosya formatında kaydedilmekte ve bu dosyaya AutoCAD ortamında katı modeli oluşturacak blok bilgileri yazdırılmaktadır.

4.1.2. AutoCAD’de Katı Model Oluşturulması “SolidBox”

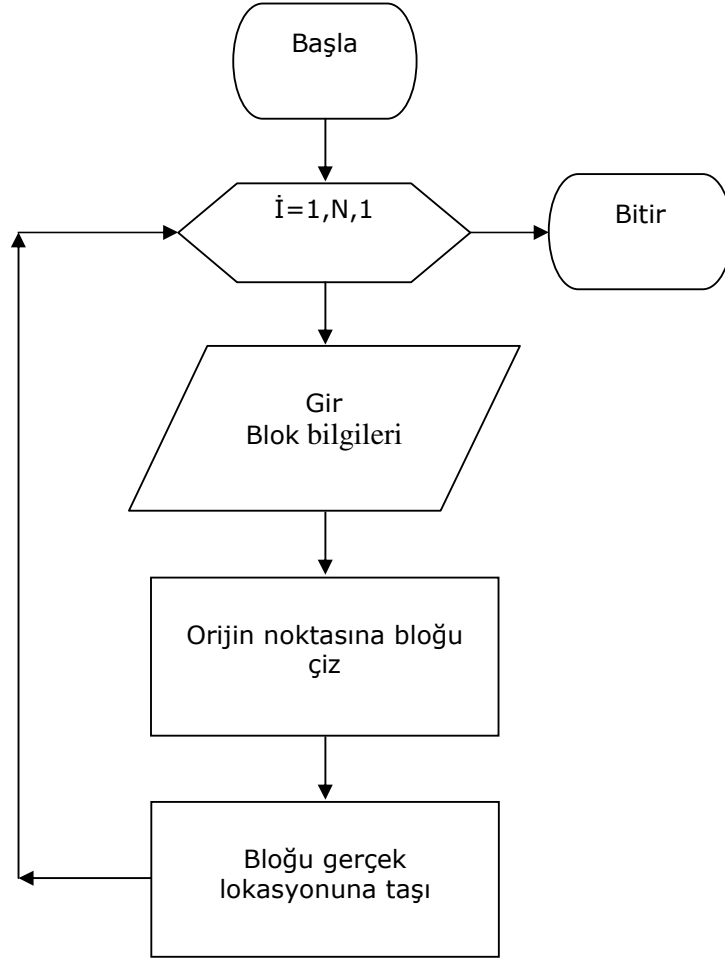
Autodesk şimdiye kadar sadece ObjectARX üzerinde inşa edilmiş olsa da Shape Manager (şekil yöneticisi) için bir API geliştirilmektedir. Bu metotlar, üç boyutlu katı nesnelerin her birini oluşturmak için Model Space, PaperSpace ve Block nesneleri tarafından ortaya çıkarılmaktadır. Karmaşık geometrik şekillerin birimleri ile katı cisimler kombine edilebildiği için herhangi bir özel başlangıç ya da bitiş noktaları bulunmamaktadır. Katı cisimler bir kontrol noktası yerine yüzeyle sınırlanmış bir kutunun merkezinde duran merkez sayesinde belirlenmektedir. Katı cisim ne kadar karmaşık olursa olsun, merkez noktası çabucak hesaplanabilmektedir (Sutphin, 2005).

Bu çalışmada da AutoCAD çizim programındaki Visual Basic editörü ile geliştirilen bir Macro (SolidBox) yardımı ile tüm veriler kullanılarak üç boyutlu bloklar çizilmektedir. Her bir blok aşağıdaki basit komut (Sutphin, 2005) sayesinde “AddBox” metodu kullanılarak kolayca oluşturulabilmektedir.

$$\text{Set 3DSolidObject} = \text{Object.AddBox}(\text{BoxCenter}, \text{Length}, \text{Width}, \text{Height}) \quad (19)$$

Yatağın katı modelini oluşturan bütün blokların çizilip bunların birleştirilmesinden sonra yapılması gereken AutoCAD’in tüm matematiksel ve görsel ve sayısal sorgulama araçlarından faydalanılarak modelin incelenmesidir. Oluşturulan model birden fazla seviye de içerebilen tek bir katı nesne olarak algılanabilmektedir. Bu cismin kütlesi hesaplanabilmekte, herhangi bir noktasından

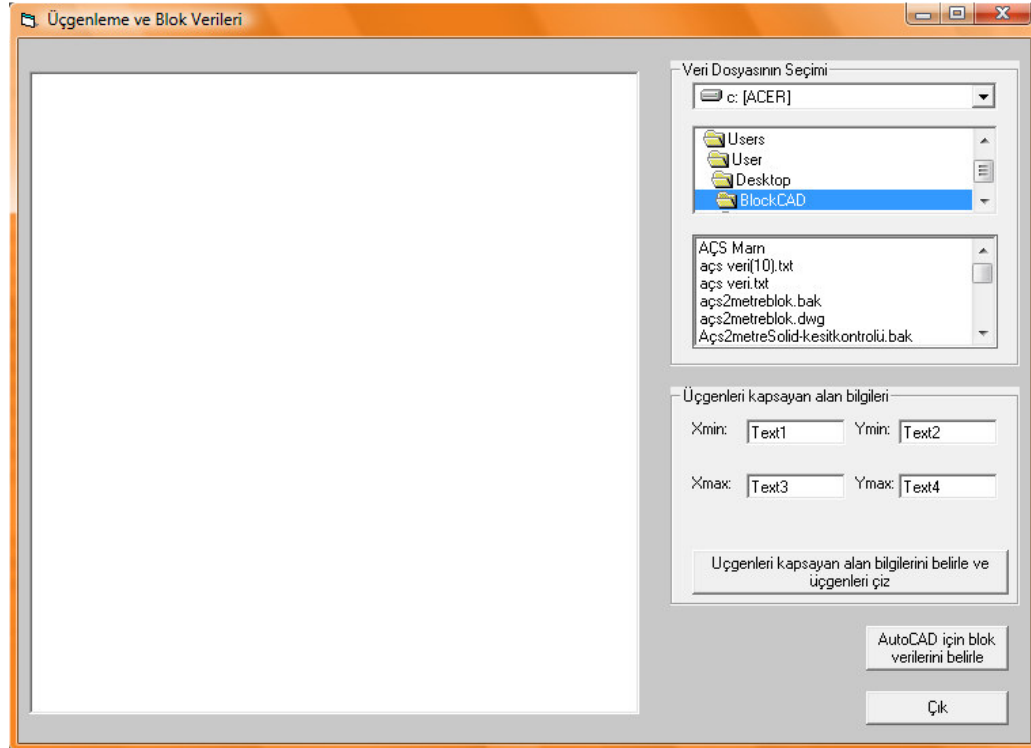
kesit alınabilmekte ve ara kesmeler takip edilebilmektedir. Kullanıcı isteklerine uygun işlemler kolaylıkla ulaşılabilir durumda olduğundan incelenecek organizasyonun pek çok aşamasında kullanılabilir hale getirilmiş bulunmaktadır.



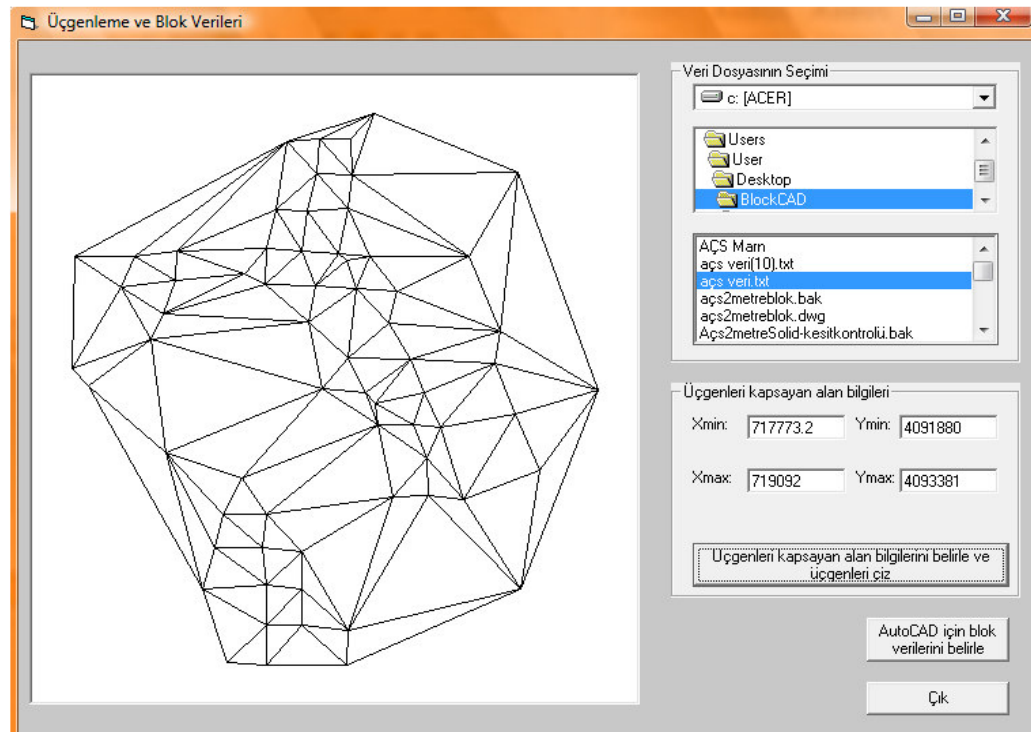
Şekil 4.14. SolidBox makrosunun akış diyagramı

4.2. Modelin Tanıtımı

BlockCAD ile ilk olarak üçgenleme ve blok verilerini üreten kullanıcı formunun aktif hale getirilmesi ile başlamaktadır (Şekil 4.15.). Söz konusu form kullanıcı için araştırma bilgilerini kolayca girebileceği, kullanışlı ve basit bir yapıdadır. Programın işleyişine uygun olarak birkaç adımda gerçekleşen hesaplamalar ve çizimler yapan bu formda kullanıcıya ait bilgilerin tanımlanması ile işlemler başlatılmış olmaktadır.



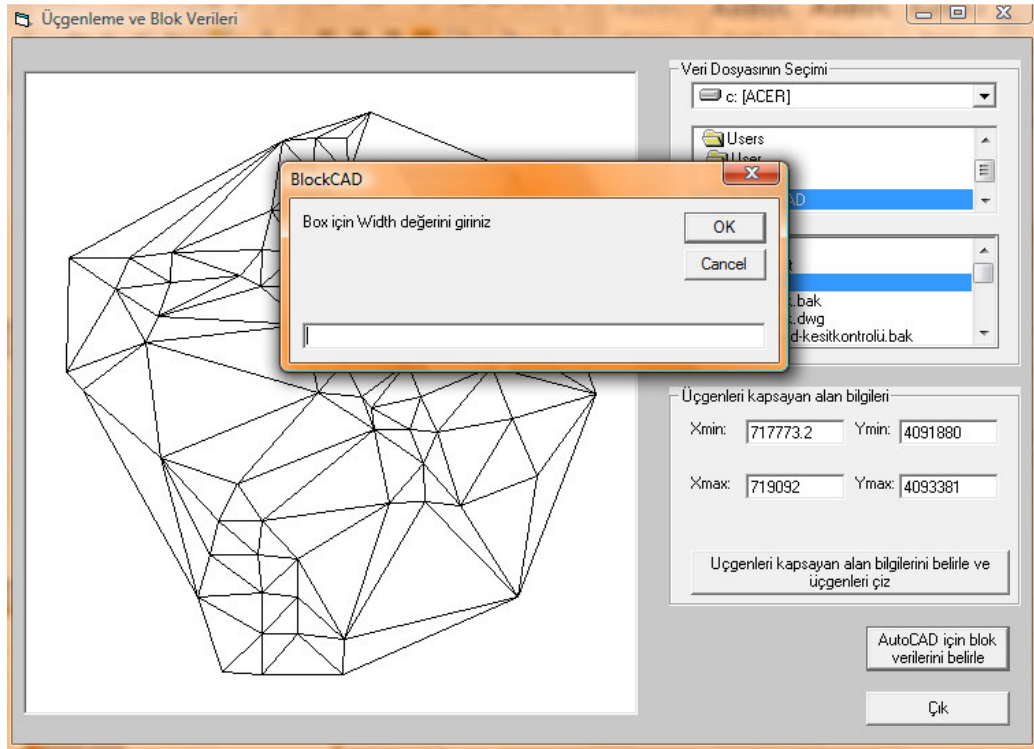
Şekil 4.15. BlockCAD program kullanıcı formu



Şekil 4.16. BlockCAD’de oluşturulmuş üçgenleme

Öncelikle listeden bir klasör ve bu klasör içinde incelenecek sahaya ait bilgileri içeren veri dosyası seçilmelidir. Bu seçim sonunda form üzerinde mevcut olan “ Üçgenleri kapsayan alan bilgilerini belirle ve üçgenleri çiz” komutu işletilmekte ve işlem sonunda söz konusu sahaya ait üçgen sistemi çizim alanında belirmektedir (Şekil 4.16). Ayrıca dosya bazında da üçgenlemeleri kapsayan alan bilgileri tanımlanmaktadır.

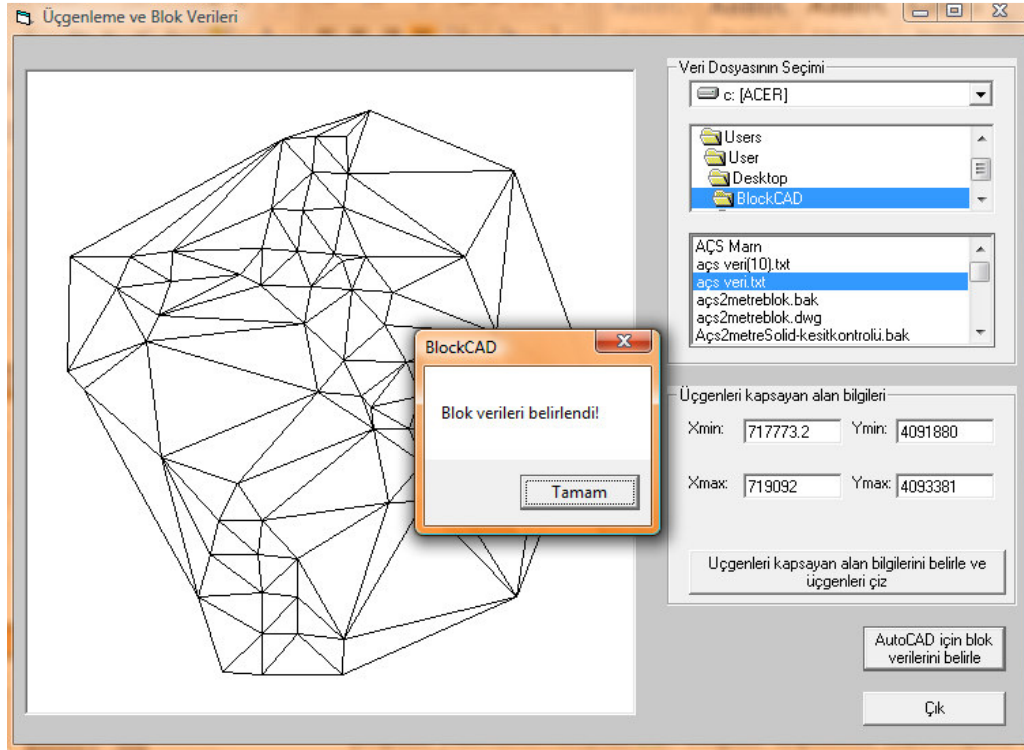
Bu bölümdeki ikinci aşama ise ekrandan girilen alan bilgileri ile tanımlanan sahaya ait blok modellerinin oluşturulmasını sağlayacak verilerin elde edilmesidir. Söz konusu işlemin yapılması için “AutoCAD için blok verilerini belirle” komutunun işletilmesinin ardından çeşitli değerlerin kullanıcı tarafından isteğe bağlı olarak tanımlanması gerekmektedir. Metot bölümünde anlatılan ve blok eni ve boyu olarak tanımlanacak W ve L değerleri, bu aşamada açılan pencerele yazılarak giriş işlemi tamamlandığında hesaplama da başlatılmış olacaktır (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Blok verilerinin belirlenmesi

İstenen değerler uygun yerlere yazıldıktan ve “OK” tuşuna basıldıktan sonra işlem başlatılmaktadır. Program hesaplamayı tamamladığında bir mesaj kutusu belirecektir (Şekil 4.18). Mesaj kutusunu kapatmak için “Tamam” butonuna basılması gerekmektedir. Bu aşamada ve istenilen herhangi bir anda programı kapatmak için “Çık” tuşuna basmak yeterli olmaktadır.

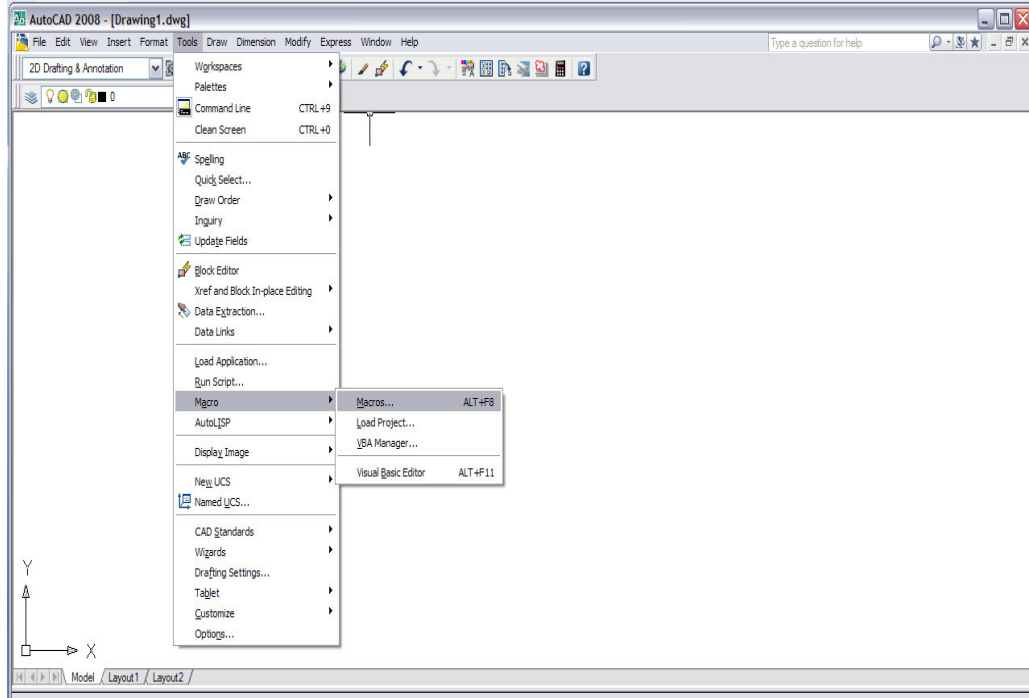
BlockCAD çok esnek ve basit bir kullanıcı formu içermektedir. Nitekim söz konusu işlemler kolaylıkla takip edilebilmekte, dolayısı ile oluşabilecek kullanım hataları azaltılabilmektedir. Söz konusu kullanıcı hataları ile karşılaşılsa bile işlem istenildiği yerde kesilebilmektedir.



Şekil 4.18. İşlemin sonlandırılması

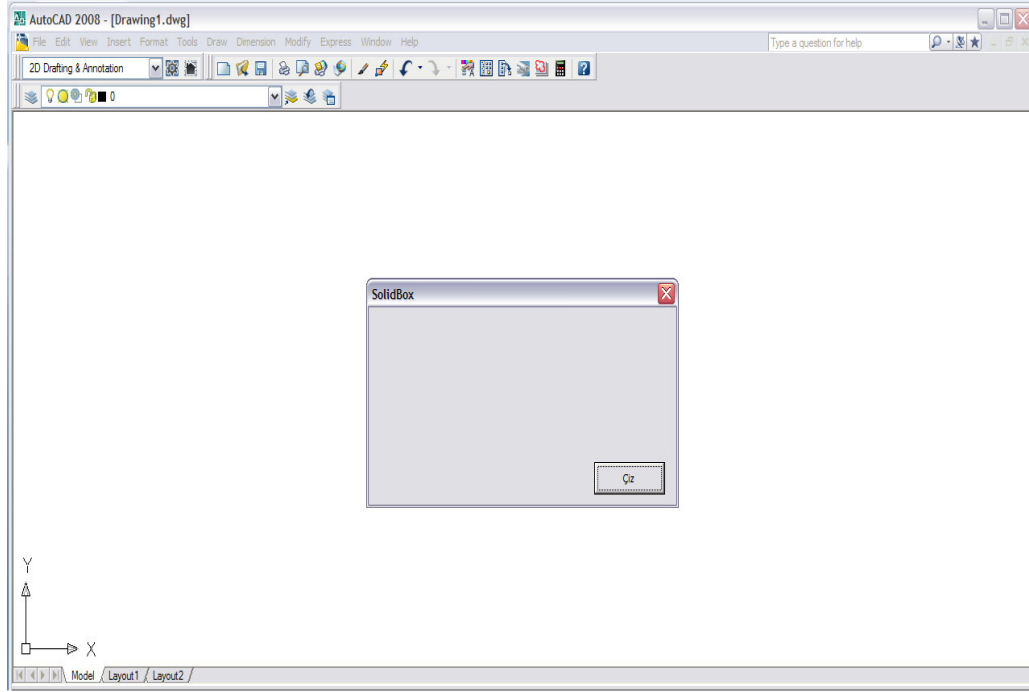
İşlem sonunda hesaplanan blok verileri, seçilen dosya ismine ve girilen W değerine bağlı bir isim ile işlemin yapıldığı dosya uzantısını kullanarak, bulunması kolay bir dosyaya otomatik yazdırılmaktadır. Örneğin; “AutoCAD200açs veri.txt” adlı dosya W değeri 200 olarak girilen, AÇS sahasına ait veri dosyasıdır. Bu dosya BlockCAD’in içinde bulunduğu klasörün içine adreslenecektir.

İkinci bölümün başlatılması için ise AutoCAD ortamının açılması gerekmektedir. AutoCAD'in "Tools" ana menüsü altındaki "Macro" fonksiyonu (Şekil 4.19) ile mevcut olan SolidBox (Şekil 4.20) makrosu dosyaya yüklenmektedir. Macro işletildiğinde ise arka arkaya iki pencere açılmakta ve sırası ile dosya uzantısı, dosya adı sorulmaktadır (Şekil 4.21).

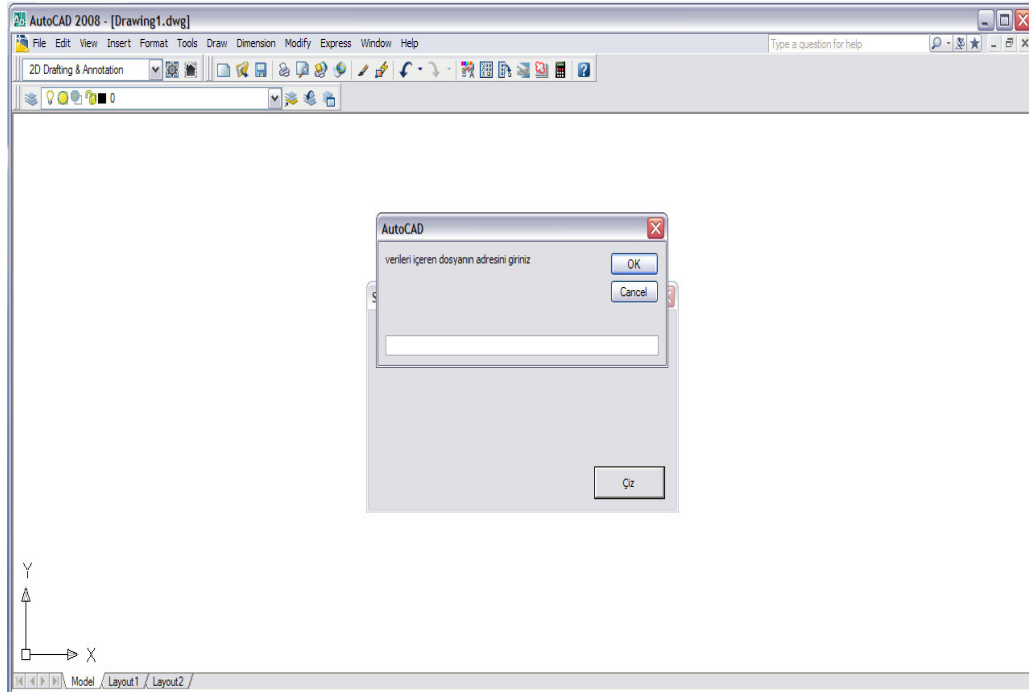


Şekil 4.19. AutoCAD kullanım şeması

“Çiz” komutu işletildikten sonra dosya uzantısı ve adı girilerek blokların çizim otomasyonu başlatılmaktadır. Çizim işleminin süresi ise kullanılan bilgisayarın işlemci hızına bağlı olmakla birlikte, asıl belirleyici faktör çizim alanının bölündüğü birimlerin boyutu olarak görülmektedir. Daha açık bir anlatımla, tercih edilen W ve L değerleri küçüldükçe birim alana düşen cisim sayısı artacağından çizim süresi de aynı oranda artacaktır. Bu durum, aynı sahadan elde edilmiş eşit sayıdaki sondaj verileri kullanılarak farklı uzunlukların tanımlandığı çizim işlemlerinin farklı sürelerde gerçekleşmesi sonucunu doğurmaktadır.



Şekil 4.20. AutoCAD dosyasında SolidBox makrosunun ara yüzü



Şekil 4.21. AutoCAD çizim verisinin seçilmesi

4.3. Programların Uygulanması

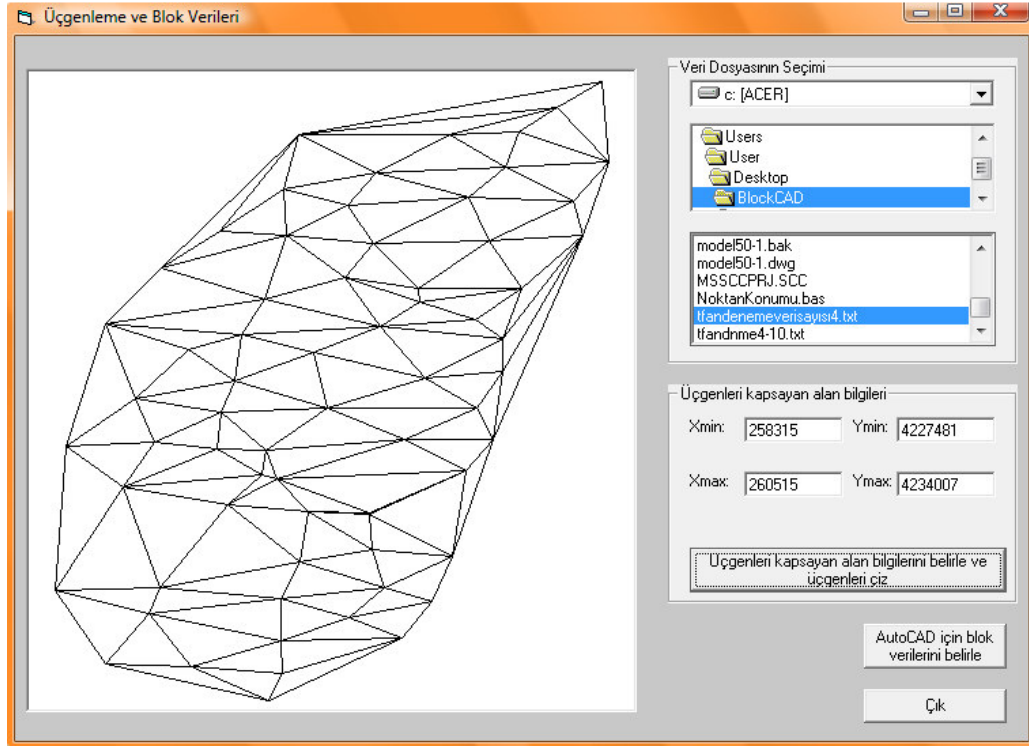
AÇS ve Tufanbeyli sahalarından elde edilen veriler değerlendirilmiş ve işlem basamaklarına uygunluk gösteren eksiksiz bilgi içeren noktalar tespit edilmiştir. İki sahadan da 67 tane olmak üzere, tespit edilen lokasyonlara ait veriler kullanılarak modelleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Değerlendirmenin iki saha üzerinde gerçekleştirilmesindeki amaç; aynı sayıda sondaj bilgisi içeren, farklı katmanlara sahip sahalarda programın kullanılabilirliğini test etmektir. Zira AÇS verisi en fazla 4 katmana sahip olup Tufanbeyli sahası kömür zuhuru şeklinde kabul edilerek tek bir tabaka olarak değerlendirilmiştir.

Veriler öncelikle üçgenleme tekniği ile ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme, söz konusu sahalarda yapılmış sondaj noktalarının üçgensel alanlara bölünmesini ve final modelin katmanlar arası yüzeylerinin belirlenmesini içermektedir. Daha sonra ise incelenen sahalara için çeşitli birimlerde katı modeller oluşturulmuş ve yorumlanmıştır.

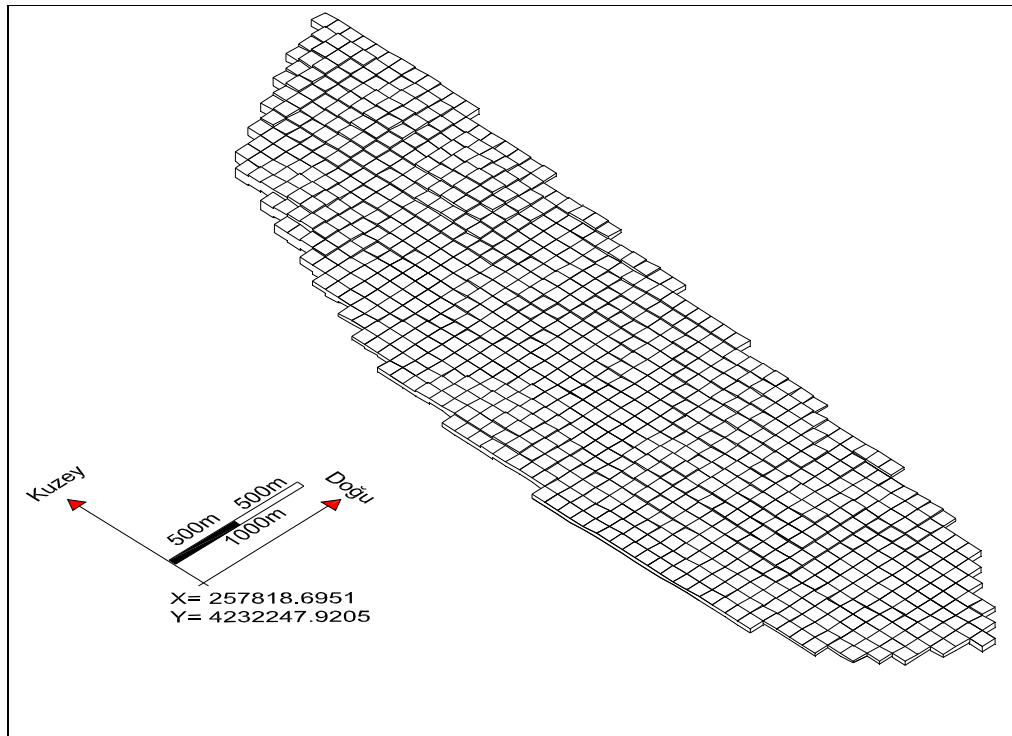
4.3.1. Tufanbeyli Sahasına Ait Değerlendirme

Üçgenleme işlemi sonucu oluşturulan üçgen yüzeyleri Şekil 4.22’de gösterilmektedir. Tufanbeyli sahasına ait veri seti incelendiğinde karşılaşılan en büyük ve en küçük değerler üçgenleme çiziminin oluşturulduğu resim kutusunun hemen yanında gösterilmektedir. Buna göre karşılaşılan $X_{\text{enbüyük}}=260515$, $X_{\text{enküçük}}=2588315$, $Y_{\text{enbüyük}}= 4227481$ ve $Y_{\text{enküçük}}=4234007$ şeklinde izlenmektedir. Bu değerlerin bilinmesi sahanın daha sonraki aşamalarda anlatılacak olan, bölümlere ayrılarak incelenmesi işlemlerini de kolaylaştırması açısından oldukça önemlidir. Zira bu değerler saha tümüyle ele alındığında karşılaşılabilecek değerler olarak gözlenecektir.

Ayrıca oluşturulan üçgen sayısı aynı klasöre otomatik olarak açılan bir “mantık” dosyasına yazdırılmaktadır. Buradan Tufanbeyli sahası için yapılan üçgenleme işleminde 118 adet üçgen oluşturulduğu tespit edilmektedir. Şekilden de anlaşıldığı üzere Tufanbeyli veri setinden düzenli üçgen yüzeyleri elde edilmiştir. Bunun başlıca nedeni sondaj lokasyonlarının düzenli dağılımıdır.



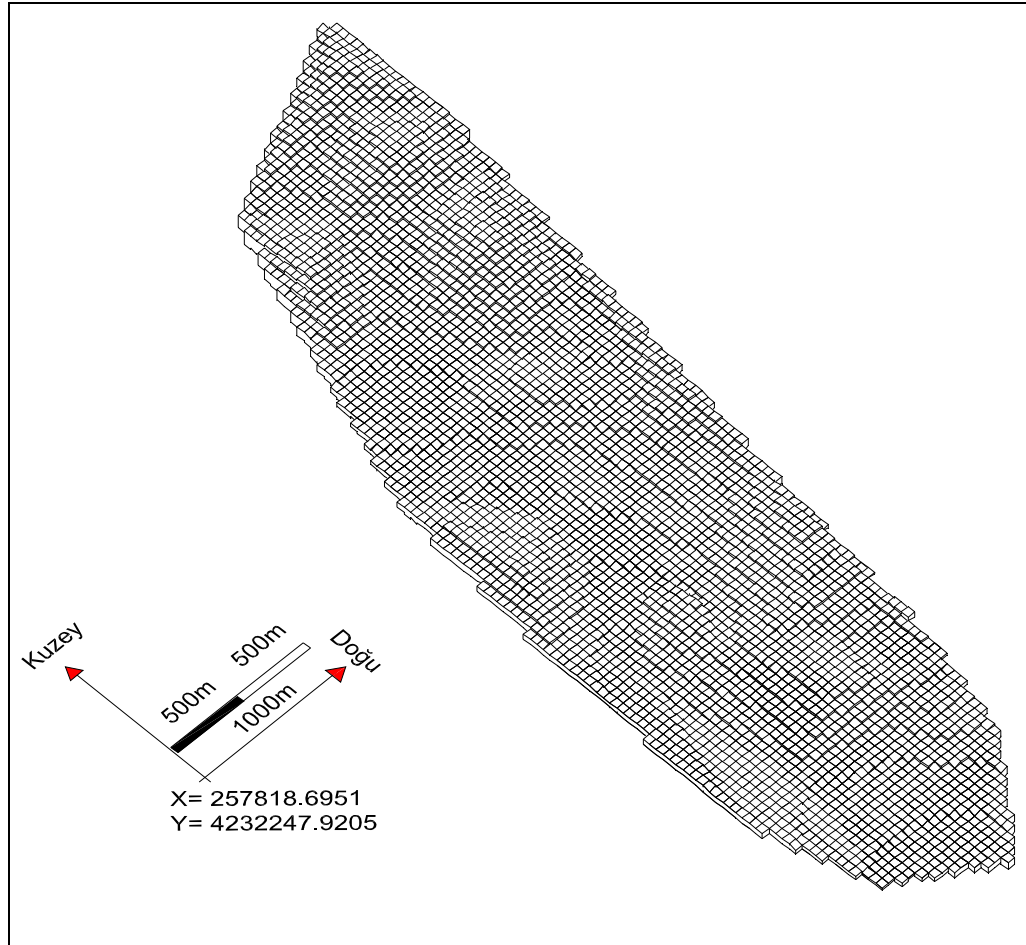
Şekil 4.22. Tufanbeyli sahasına ait üçgenleme



Şekil 4.23. Tufanbeyli sahasına ait katı model (100 birimlik)

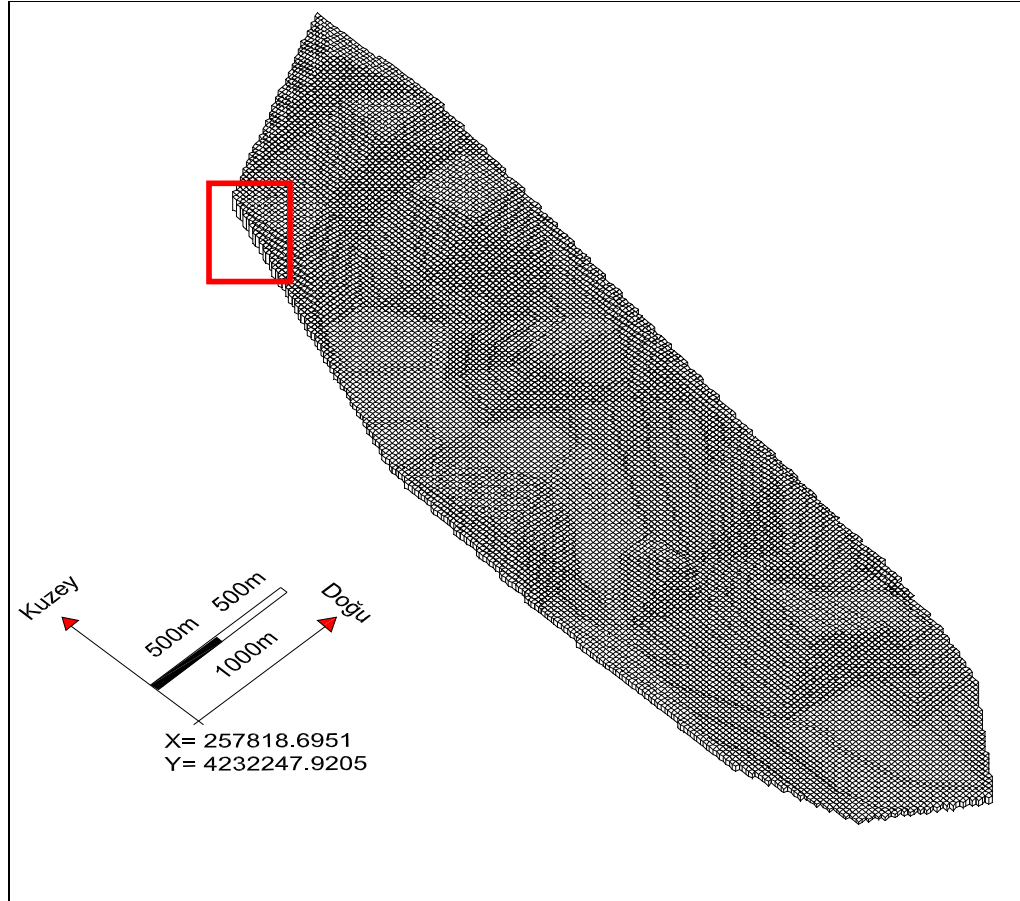
Oluşturulan katı modeller sahalarla göre ayrı ayrı incelenmektedir. Şekil 4.23’de Tufanbeyli sahasına ait tüm veriler kullanılarak oluşturulan 100 m’lik bloklardan kurulu katı model gösterilmektedir.

Şekil 4.23’de gösterilen, sahaya ait katı model kuzey-doğu eğimi ile koordinat sisteminde uzanan geniş bir alanda yerleşmiştir. Sahanın yüzeysel değişimleri seçilebilmekte ve tahmin edilen sınırlar gözlenebilmektedir. Oluşturulan katı modelde yataklanmanın tek tabakadan meydana geldiği tahmin edilmektedir. Bu tahminin doğruluğu daha küçük birimli modellerde incelenecektir. Yaklaşık 100 m’lik blok boyutları ile oluşturulan katı model yüzeysel değişimi yansıtmada yeterince güçlü görülmemektedir. Bu nedenle aynı sahaya ait veriler yaklaşık 50 m’lik birimlerde tekrar modellenmiştir (Şekil 4.24).



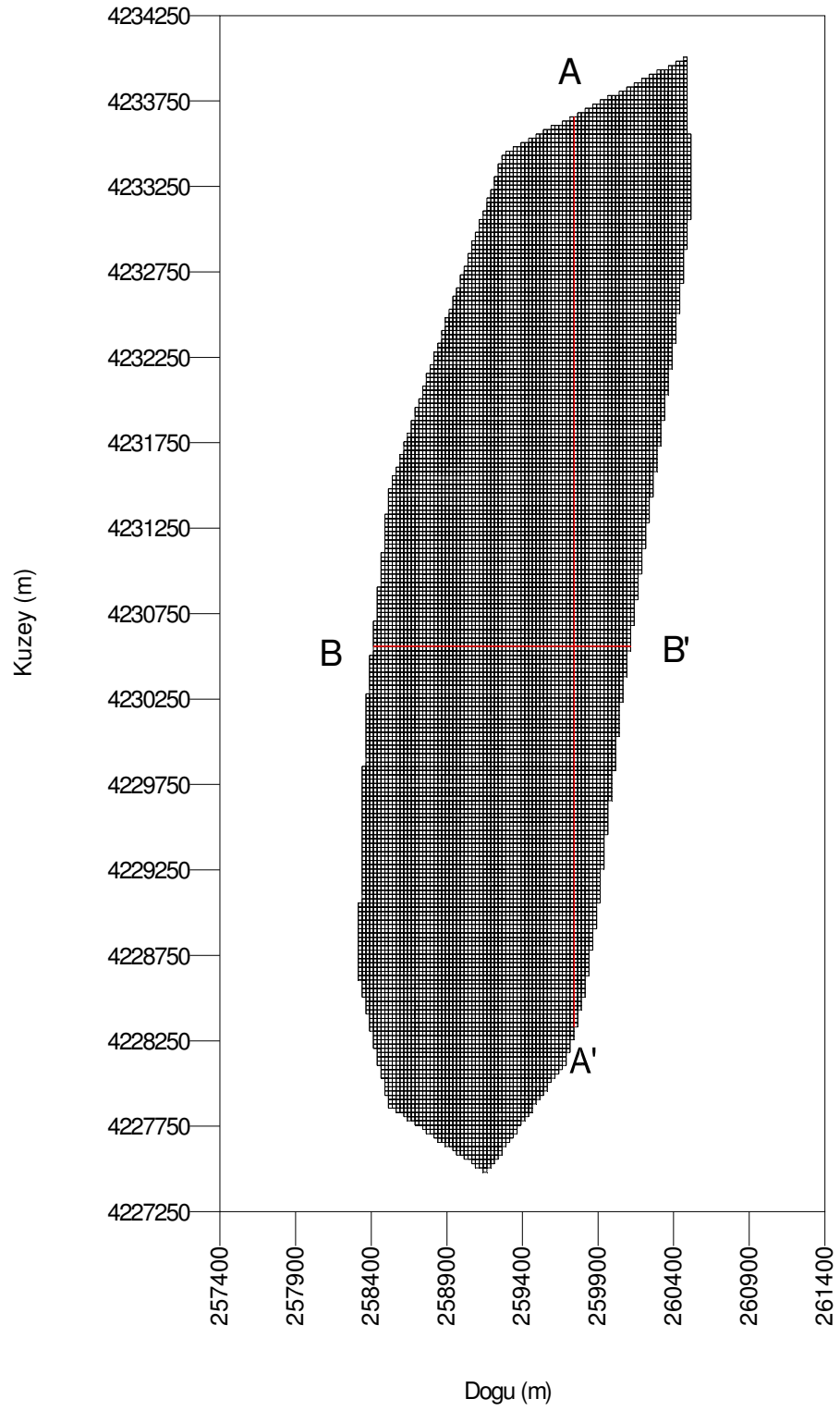
Şekil 4.24. Tufanbeyli sahasına ait katı model (50 birimlik)

Şekil 4.24’de gösterilen modelde daha ayrıntılı yüzey değişimi yansıtılmaktadır. Yüzey değişiminin yanı sıra özellikle sahanın kuzeyden, güney-doğu yönüne doğru tabakalarında incelme gözlenmiştir. Aynı saha daha küçük birimlerle modellendiğinde Şekil 4.25’deki gibi bir katı model elde edilmektedir.

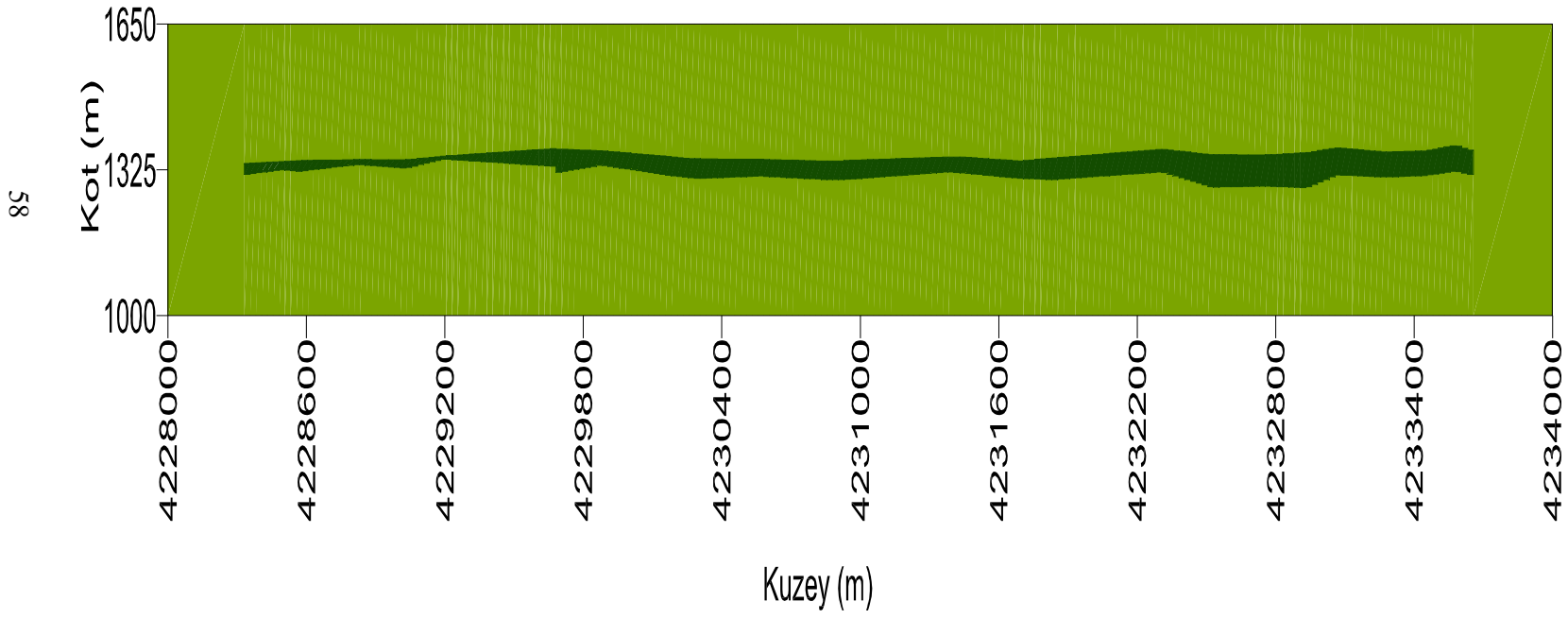


Şekil 4.25. Tufanbeyli sahasına ait katı model (25 birimlik)

Mevcut katı model üzerinde A-A’ ve B-B’ olmak üzere iki yönlü kesit alınmış ve Şekil 4.26’de gösterilmiştir. Şekil 4.26 (a) ve 4.26 (b) de kesitlerin plan görünüşü verilmiştir.

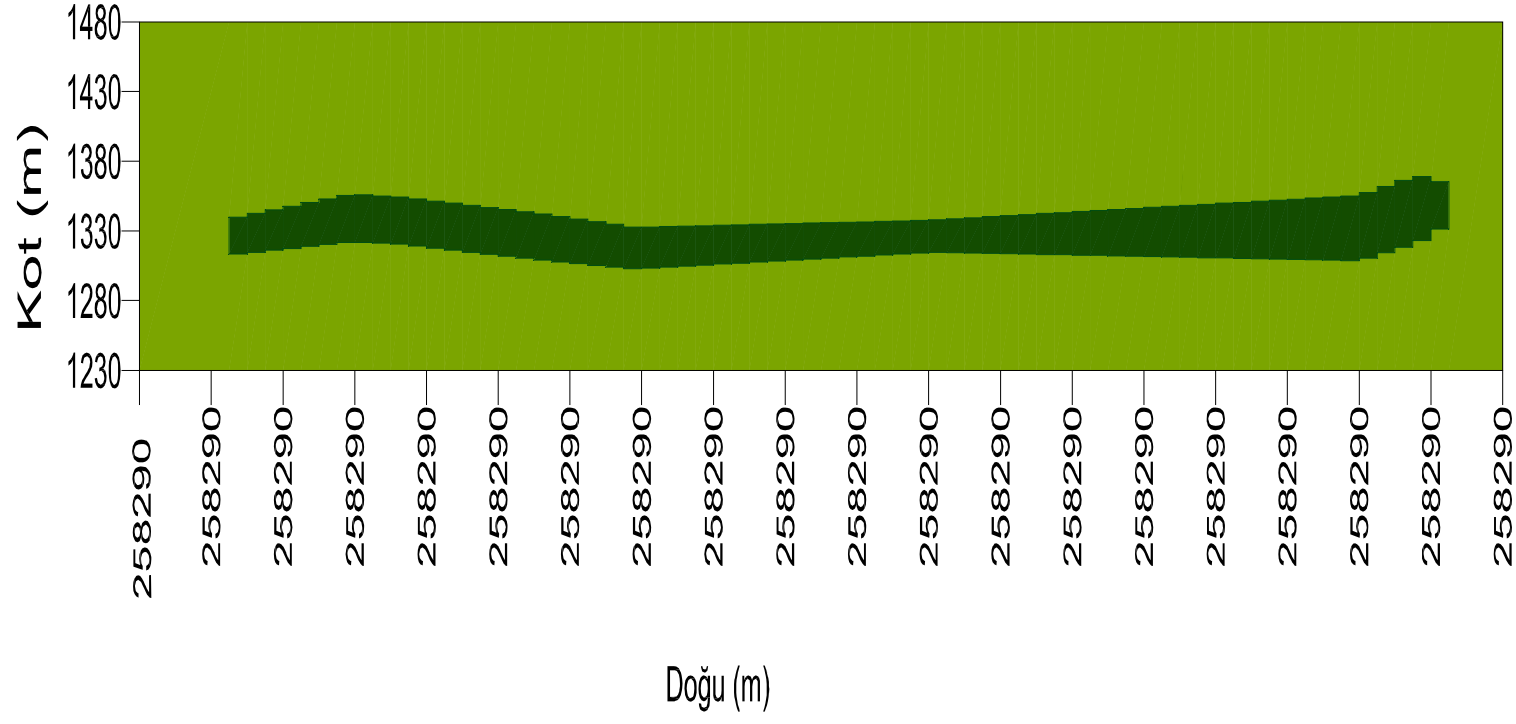


Şekil 4.26. Tufanbeyli sahasına ait A-A' ve B-B' yönlü kesitler

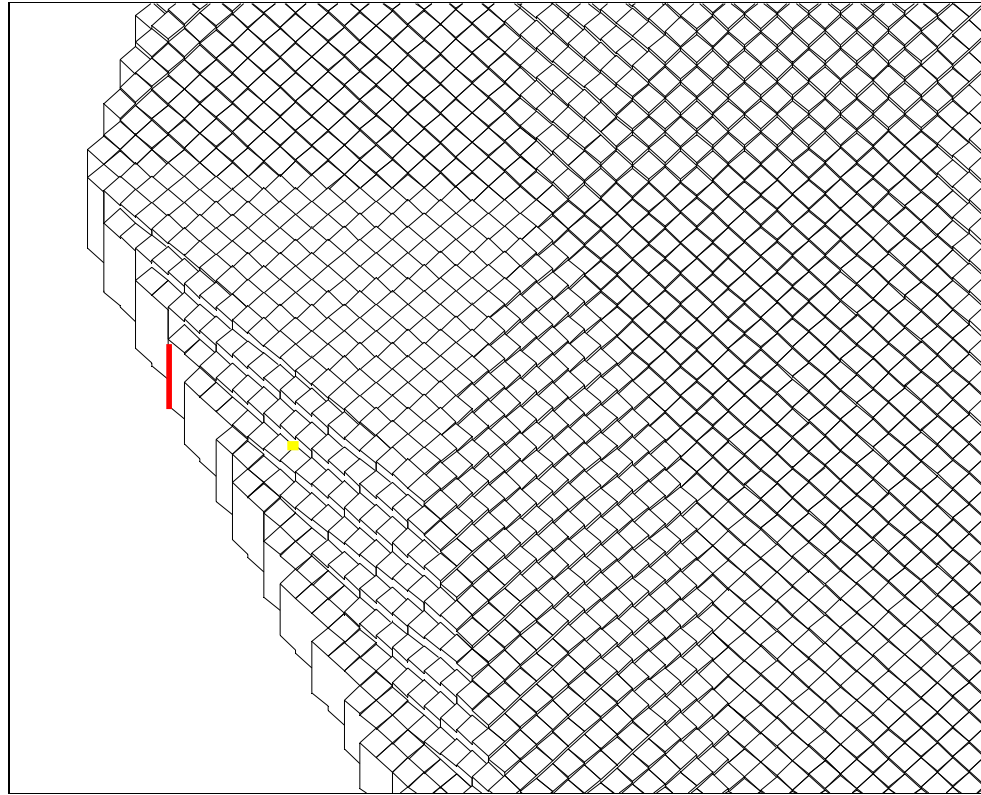


Şekil 4.26 (a). Tufanbeyli sahasına ait A-A' kesit

Şekil 4.26 (b) Tufanbeyli sahasına ait B-B' kesit



Kesitten de anlaşılacağı gibi saha tek tabakadan oluşmuştur. Saha boyutlarına göre oldukça küçük parçalara ayrılarak modellendiğinden yüzeydeki değişim özgün boyutunda rahatça gözlenememektedir. Burada ise kullanılan çizim programının araçlarından faydalanıldığında isteğe bağlı olarak çeşitli bölgelerin ayrıntılı ve kolay gözlemlene imkânı bulunmaktadır. Şekil 4.25'deki kırmızı ile işaretlenmiş sahanın en batı ucunda bölgeye odaklanılmıştır (Şekil 4.27). Tabakalanma rahatça seçilebilir hale gelmiştir.



Şekil 4.27. Tufanbeyli doğu bölümü (25 birimlik)

Bunun yanı sıra yüzeysel eğimler rahatlıkla gözlenebilmekte ve hatta ölçülebilmektedir. Daha açık bir ifade ile tabakanın herhangi bir yerindeki tesadüfî seçilen iki nokta arasındaki uzunluk ve/veya kalınlık bilgileri programa rahatlıkla hesaplatılabilmektedir. Bunu basitçe örneklendirmek gerekir ise şekilde kırmızı ile belirginleştiren hatta ait uzunluk bilgisi kolayca sorgulanmış ve uzunluk 54.7759

m olarak hesaplatılmıştır. Aynı şekilde yüzeysel değişimin uzunluk yükseklik yönünden değerlendirilmesi istenir ise sarı ile işaretlenmiş bölgede ki kot farkı 5.7166 m olarak bulunmaktadır.

Tüm bu bilgiler ışığında genel bir inceleme ile Tufanbeyli sahasına ait verilerin değerlendirilmesi oldukça basit işlem basamakları ile tamamlanmıştır. Bu aşamada daha kapsamlı bir araştırma istenir ise programın sağladığı kolaylıklardan faydalanılabilir. AutoCAD araçlarından olan “massprop” komutu sayesinde çizim alanı içerisine düşen modelin sayısal özellikleri kolayca saptanabilmektedir. Bu doğrultuda söz konusu sahanın çeşitli özellikleri hesaplatılarak Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

Çizelge.4.1. Tufanbeyli sahası için elde edilen katı modele ait sayısal özellikler

Hacim(Volume)	319466878.4496 (m ³)
Kutu Sınırı (Bounding box)	X: 258315.0000 -- 260515.0000 Y: 4227481.0000 -- 4234007.0000 Z: 1272.0641 -- 1412.6176
Merkez (Centroid)	X: 259484.2077 Y: 4231170.4403 Z: 1334.1582

Yapılan hesaplama göre sahanın hacmi; 319466878.4496 m³ olarak belirlenmiştir. İncelenen sahadaki ortalama cevherin yoğunluğu biliniyor ise toplam kütle yoğunluk ile hacmin çarpımından kolaylıkla bulunabilmektedir. Ortalama kömür yoğunluğunun 1.2 kg/m³ olduğu düşünülürse hesaplanan kütle çizelgede ki gibi bulunmaktadır.

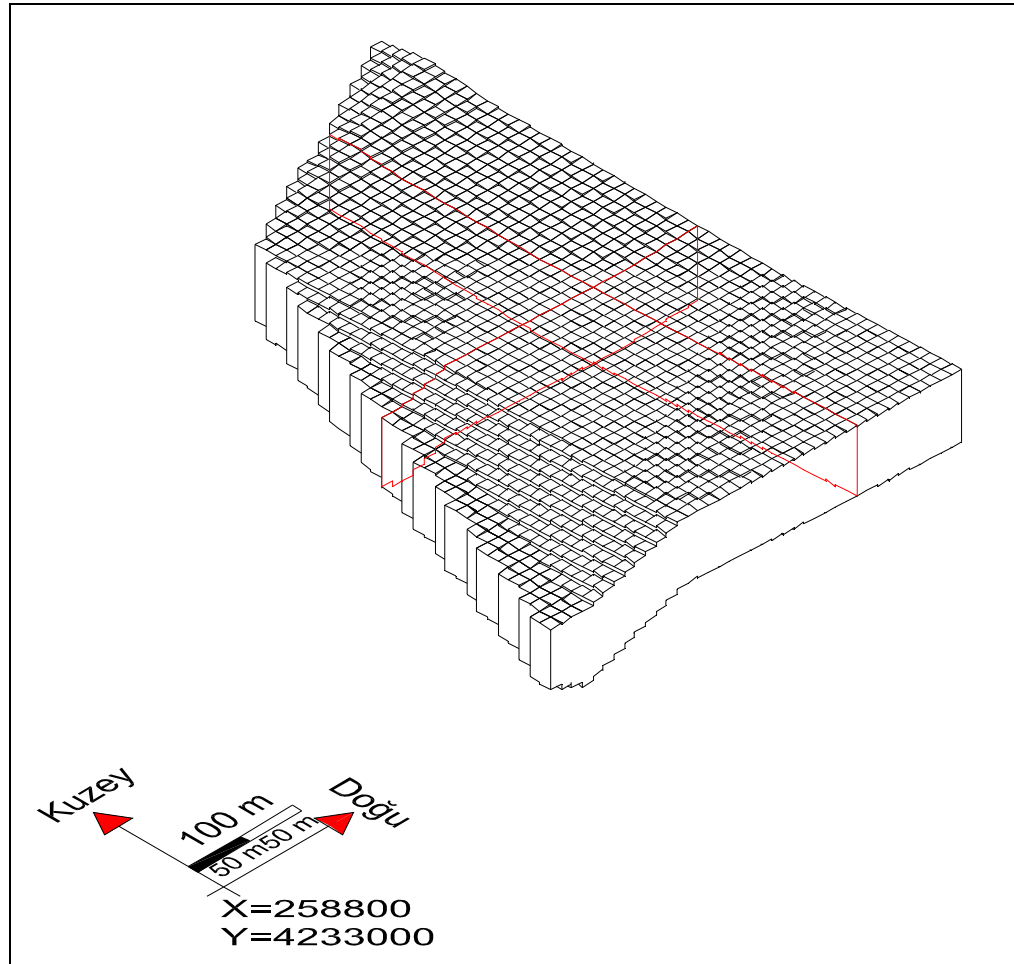
Bunun dışında sınır değerleri de hesaplanmaktadır. Kuzey (x), doğu (y) ve kot(z) değerlerinin aldıkları değer aralıkları çizelgedeki gibidir. Oluşturulan modelin merkez koordinatları da bu çizelgede yer almaktadır.

Özellikle belli bir bölgede detay incelemesi gerekli görülür ise öncelikle söz konusu alanın koordinatları belirlenmelidir. Örnek bir alan, üçüncü bölümde verilen

Tufanbeyli sahasına ait lokasyon dağılım şemasından (Şekil 3.2) tespit edilmiştir.

Buna göre incelenecek sahanın sınır koordinatları aşağıdaki gibidir:

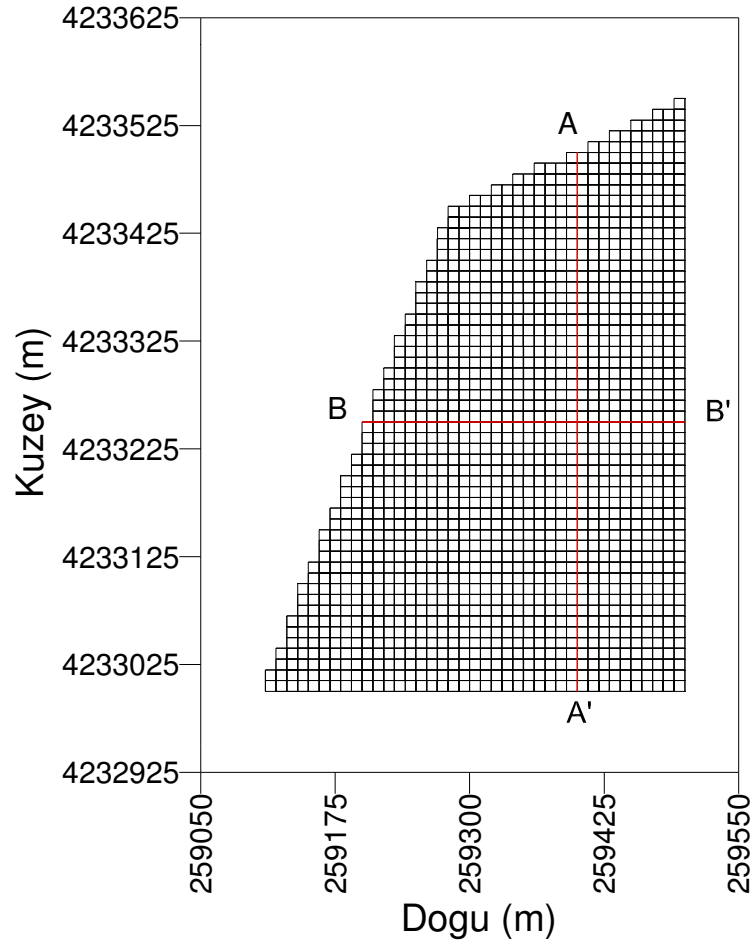
- En büyük X koordinat değeri; 259500
- En küçük X koordinat değeri; 259000
- En büyük Y koordinat değeri; 4233600
- En küçük Y koordinat değeri; 4233000



Şekil 4.28. Sınırlandırılmış Tufanbeyli Sahası

Koordinatları yukarıda verilen sahanın yaklaşık 10 m'lik blok değerleri ile katı modeli elde edilmiştir (Şekil 4.28). Şekilde izlendiği gibi sahanın incelenen bölümü oldukça düzenli bir tabakalanma göstermektedir. Kuzey/Güney yönünde ve Doğu/Batı istikametinde iki adet kesit alınarak mevcut değişimler takip edilmek istenmiştir (Şekil 4.29). İşlem neticesinde oluşturulan kesitler ara kesme olmaksızın

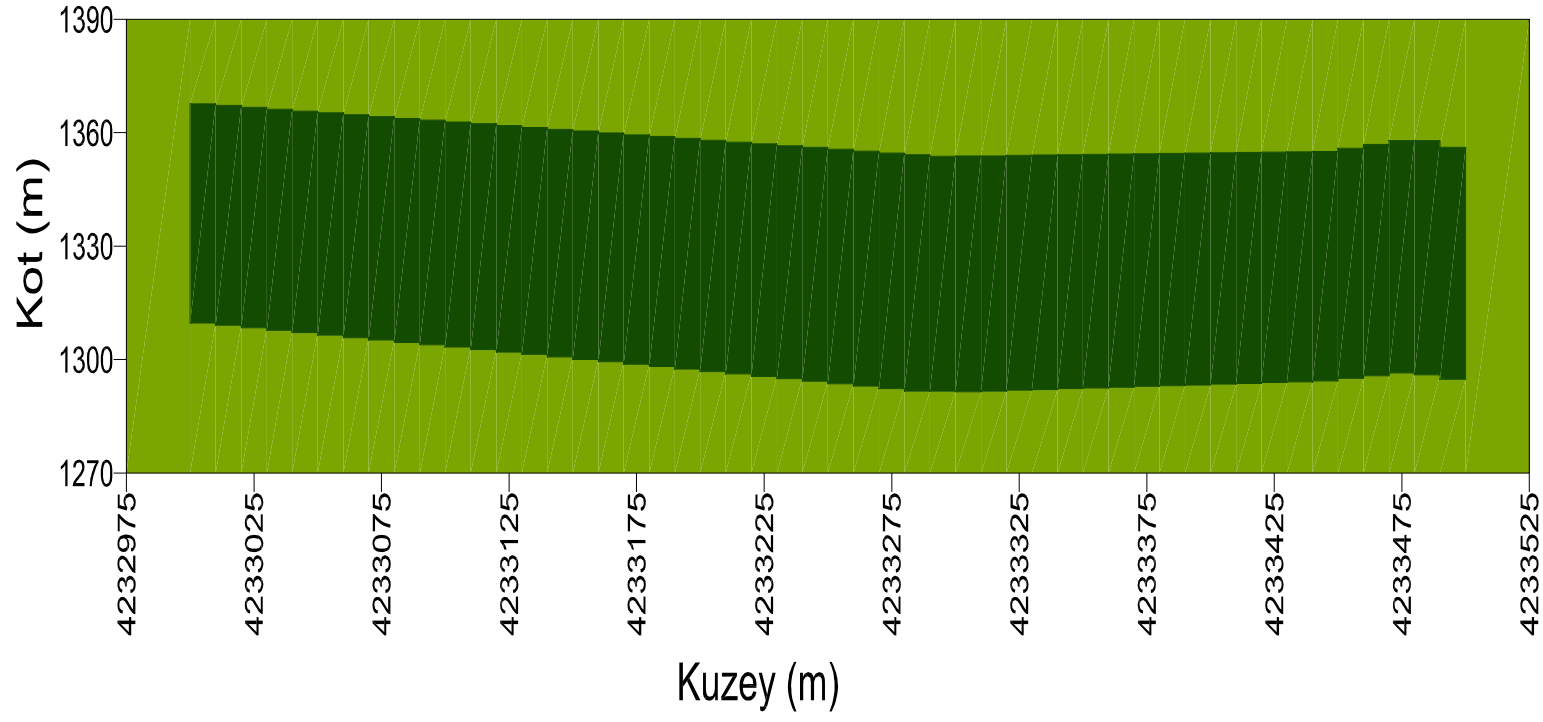
meydana gelmiş bir yataklanma işaret edilmekte ve bundan önce yapılmış olan çizimlerinde tutarlılığı ortaya koyulmaktadır.



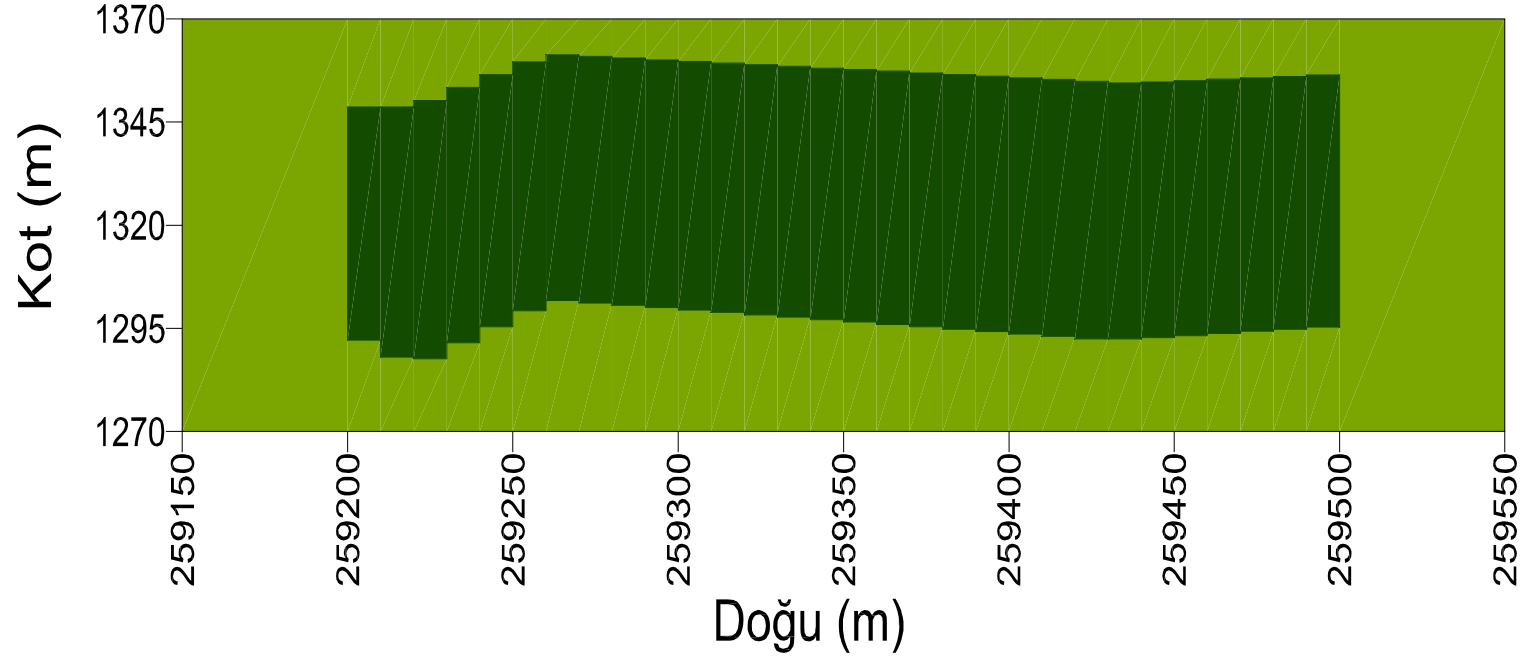
Şekil 4.29. Sınırlandırılmış Tufanbeyli sahası A-A' ve B-B' yönlü kesitler

Daha öncede belirtildiği gibi boyuna kesitin dik kalınlık yüzeyinden bir ölçüm yapıldığında o bölümdeki tabaka kalınlığı 56,9879 m olarak kaydedilmiştir. Aynı şekilde bir kesit yardımı ile veya oluşturulan modelin, istenen herhangi bir yerinden alınacak ölçümler neticesinde yataklanma sisteminin ortalama bir değeri alınabilmektedir. Unutulmamalıdır ki bu yalnızca örnekteki gibi bir yataklanma söz konusu olduğunda uygun olabilmektedir. Bir sonraki örnekte ortalama hesaplamak ve yatağı bu ortalama ile değerlendirmek yanlış olacaktır.

Şekil 4.29 (a) Sınırlandırılmış Tufanbeyli sahasına ait A-A' kesiti



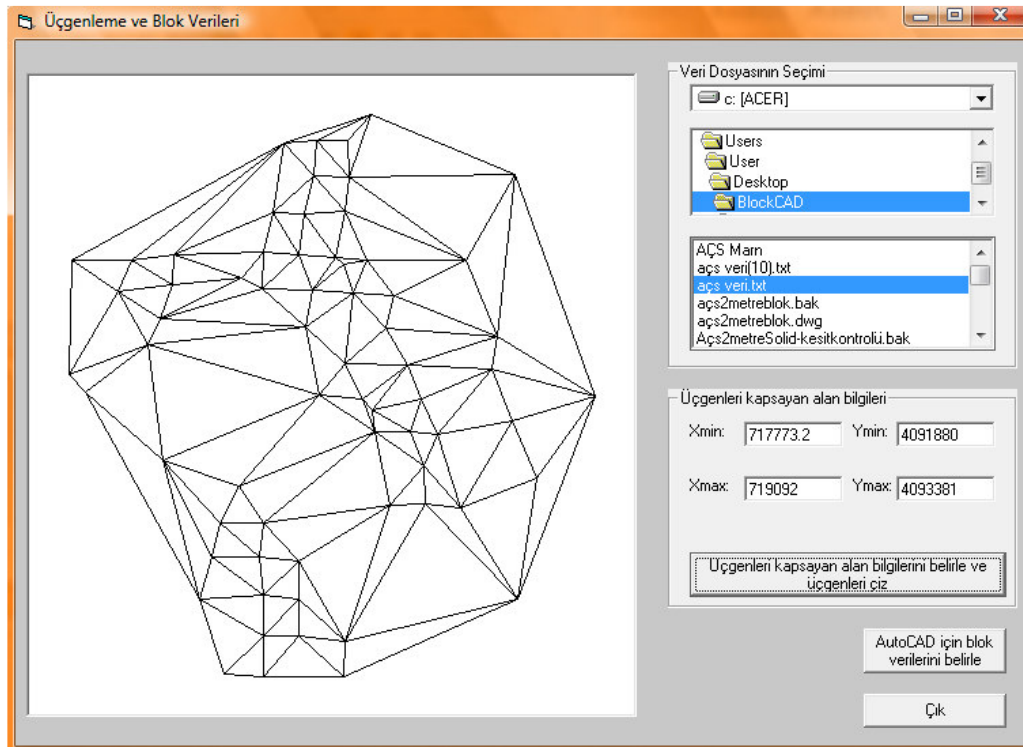
Şekil 4.29 (b) Sınırlandırılmış Tufanbeyli sahası B-B' kesiti



Tufanbeyli sahası tek bir tabakadan oluşan kömür zuhuru olarak tanımlanmış nitekim uygulama sonunda da bu sonuca varılmıştır. Saha değişimin az olduğu düzenli bir yataklanma sistemine sahip bulunmaktadır. Daha önceki çalışmalarda da aynı sonuca ulaşılması, uygulanan programın doğruluğunu ortaya koymaktadır. Sistem tek tabakalı veri ortamında yaklaşık olarak doğru sonucu vererek, güvenilirliğini arttırmıştır.

4.3.2. AÇS Sahasına Ait Değerlendirme

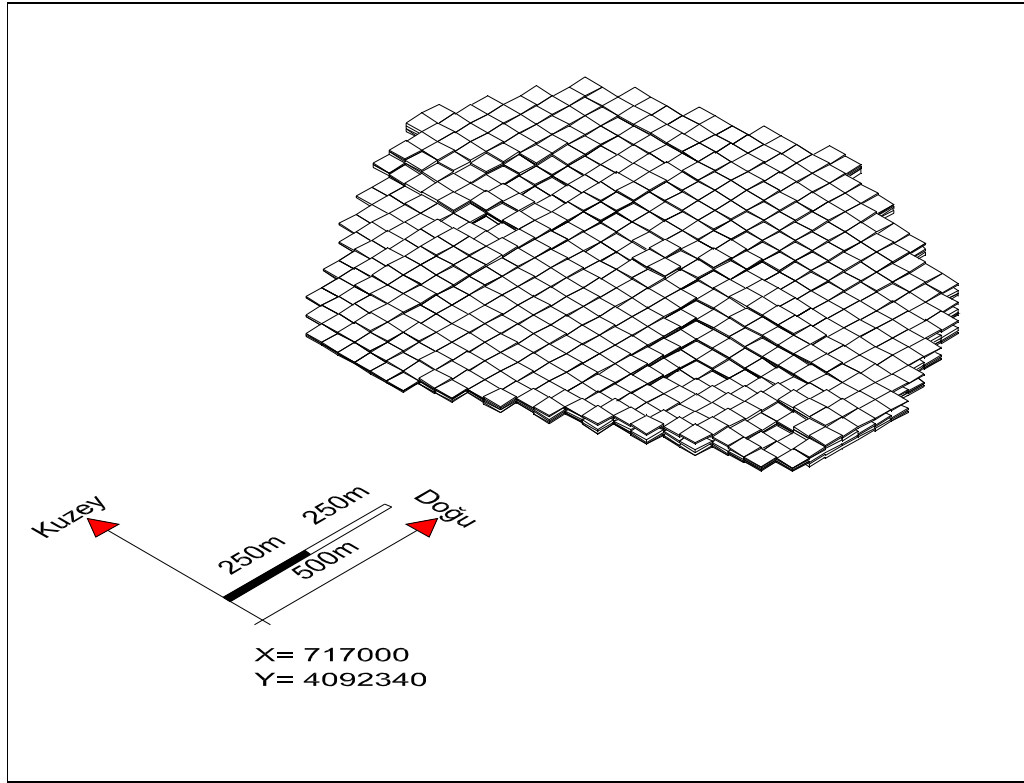
Bir önceki bölümde farklı bir saha için yapılmış olan tüm inceleme basamakları AÇS sahası içinde yapılmıştır. Öncelikle sahadaki sondaj lokasyonlarına ait üçgenleme işlemi yapılmış ve üçgenlenmiş saha Şekil 4.30'da gösterilmiştir.



Şekil 4.30. AÇS sahasına ait üçgenleme

AÇS veri setinde yapılan inceleme de programın karşılaştığı lokasyon değerleri içinde $X_{\text{enbüyük}}=719092$, $X_{\text{enküçük}}=717773.2$, $Y_{\text{enbüyük}}= 4093381$ ve $Y_{\text{enküçük}}=4091880$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.30).

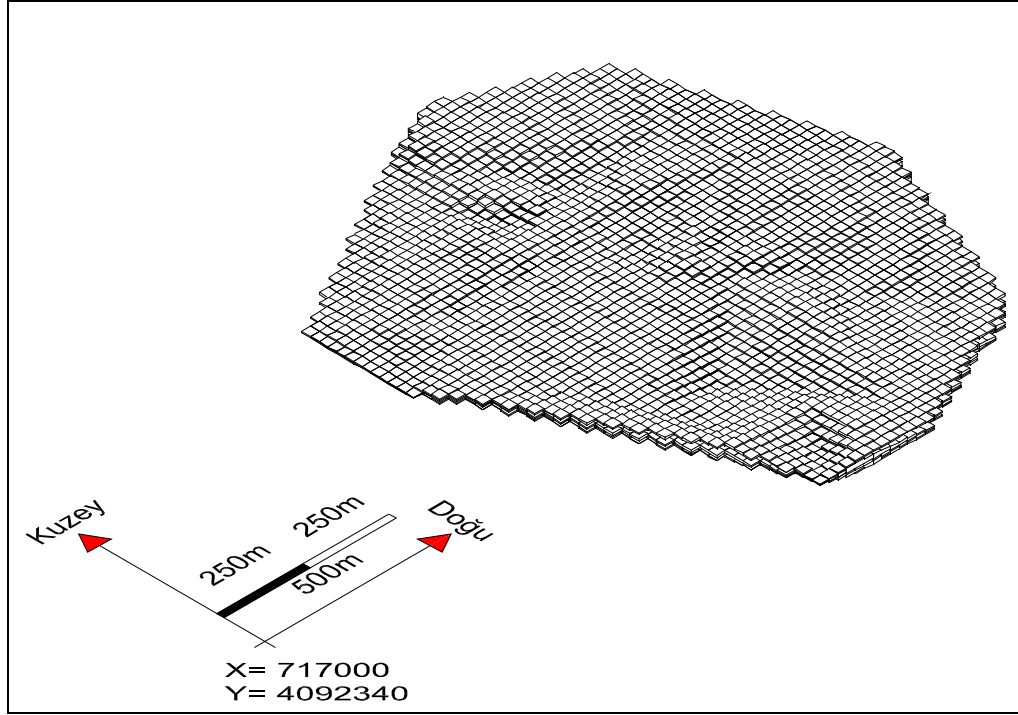
AÇS veri seti oluşturulurken kullanılan sondajların, koordinat sistemindeki dağılımlarının üçgenleme işlemini ne ölçüde etkilediği açıkça görülmektedir. Nitekim gözlenen üçgen yüzeylerinde düzensiz niteliklerde üçgenler dikkat çekmektedir. Bu düzensizlik; dağınık, boyutları birbirinden çok farklı ve gruplar halinde yerleşmiş üçgen varlıkları ile ayırt edilebilmektedir. Bu durum üçgenleme mantığında sondaj lokasyonlarının önemini arttırmaktadır.



Şekil 4.31. AÇS verilerine ait katı model (50 birimlik)

Hemen ardından çeşitli blok boyutlarında oluşturulmuş katı modeller elde edilmiştir. Alan küçük olduğundan modelin diğer sahada olduğu gibi büyük birimlerle çizilmesine ihtiyaç duyulmamıştır. Şekil 4.31’de AÇS sahasına ait yaklaşık 50 m’lik ölçülere sahip kutulara dayalı katı model gösterilmektedir. Sondaj lokasyonlarının dar bir bölgede yoğunlaşması, modelin küçük bir alanda yerleşmesine sebep olmaktadır. Marna ait ince yataklanma özellikleri az da olsa bu ölçülerde göze çarpmaktadır.

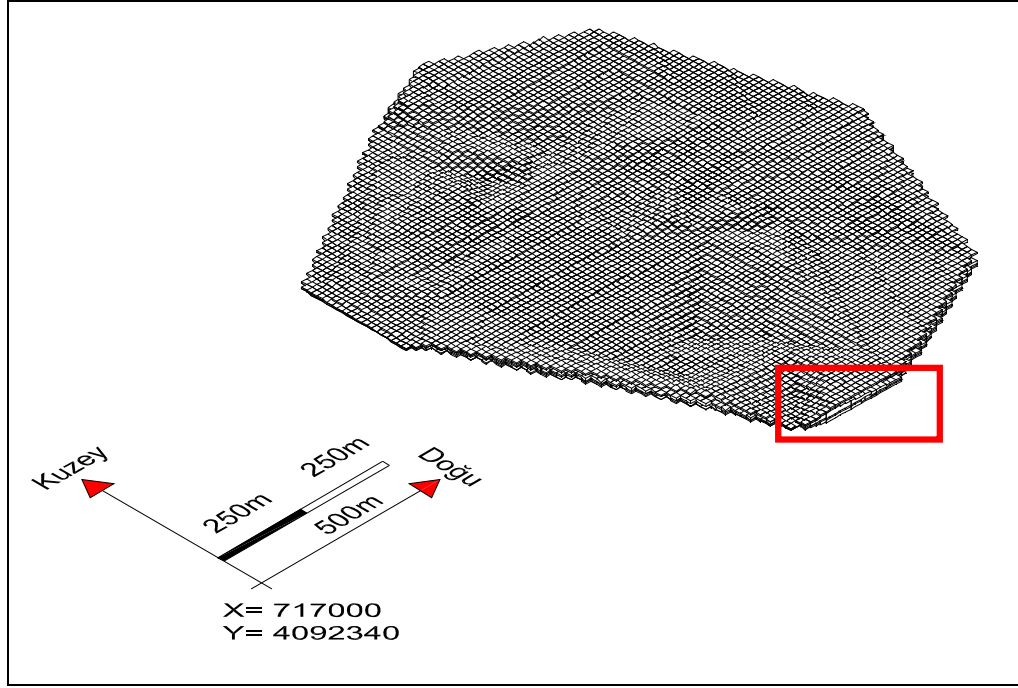
Tam seçilmemekle birlikte tabakalanma düzeni ve ara kesmeler izlenebilmektedir. Daha net görsel yönetim için blok birimi 25 m'ye düşürülmüş ve yeni bir model oluşturulmuştur (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. AÇS verilerine ait katı model (25 birimlik)

Şekilden de anlaşılacağı gibi sahadaki yüzey dağılımı, tabakalanma sayısı ve tabaka inceliği oldukça değişkendir. Tabakaların eğimi göze çapmaktadır. Oluşturulan katı modelde yüzey kot farkı değişimi mevcut blokların yerleşim şekillerinden anlaşılabilir.

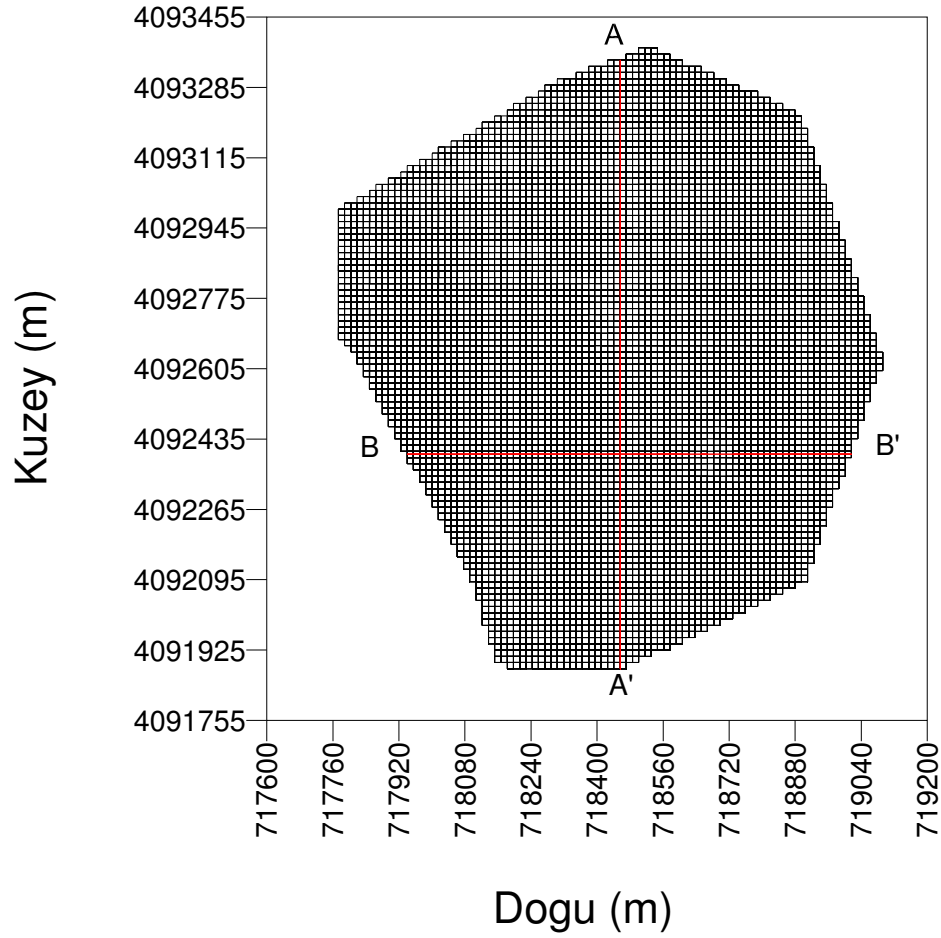
Örnek alandaki niteliklerin değişimine paralel olarak birimin küçültülmesi gerekli görülmüş bu nedenle blok boyutları yaklaşık 15 m'lik birimler kullanılarak yeni bir model oluşturulmuştur (Şekil 4.33).



Şekil 4.33. AÇS verilerine ait katı model (15 birimlik)

Oluşturulan son modelde yüzey özelliklerinin aktarılması açısından daha verimli bir boyut yakalanılmıştır. Nitekim görsel olarak daha ayrıntılı bir sunum söz konusu olmuştur. Katı model yaklaşımının pek çok avantajından biri olan kesit alma kolaylığı burada da söz konusu olmaktadır. Sistem araçları sayesinde bu avantaj daha ulaşılır hale getirilmektedir. Ancak kesit işleminin en hassas noktası kesit alınacak yerin uygunluğudur. Bu anlamda en uygun kesit yeri, değişimin fazla olduğu bölgelerdir.

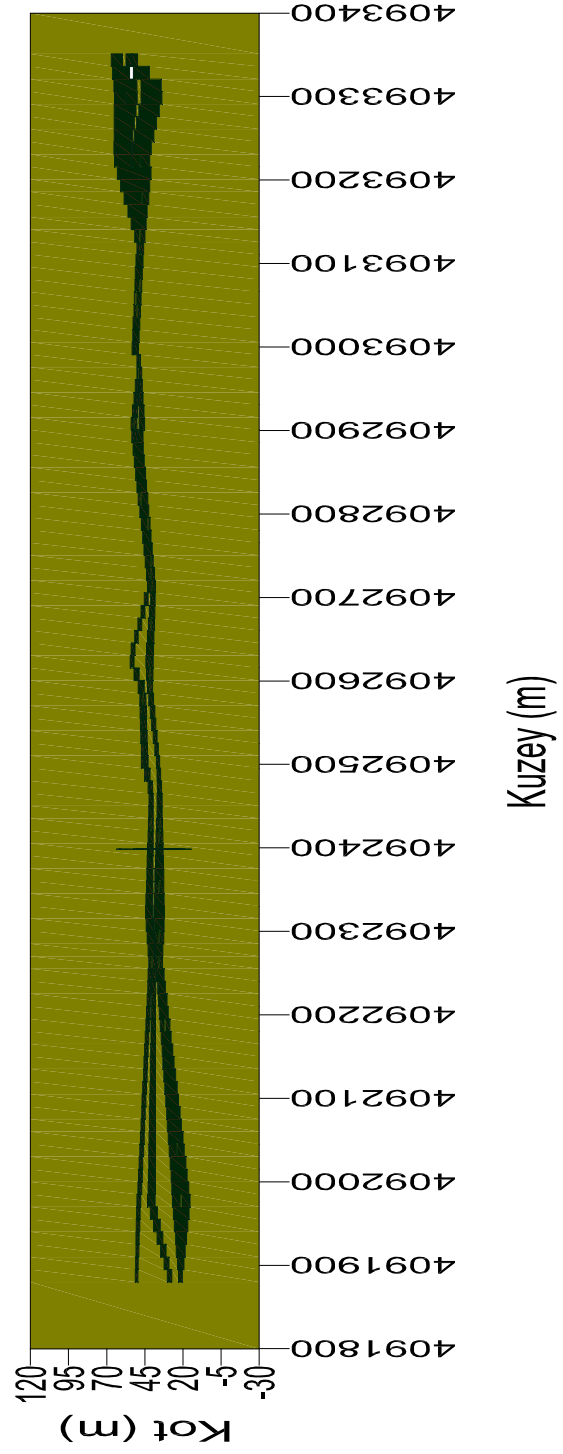
Küçük blok boyutuna sahip sahadan Şekil 4.33’de gösterildiği gibi iki farklı yönde kesit alınmıştır. Bunun nedeni sahanın değişken sayıda tabakaya ve kalınlığa sahip olmasıdır.



Şekil 4.34. AÇS sahasına ait A-A' ve B-B' yönlü kesitler

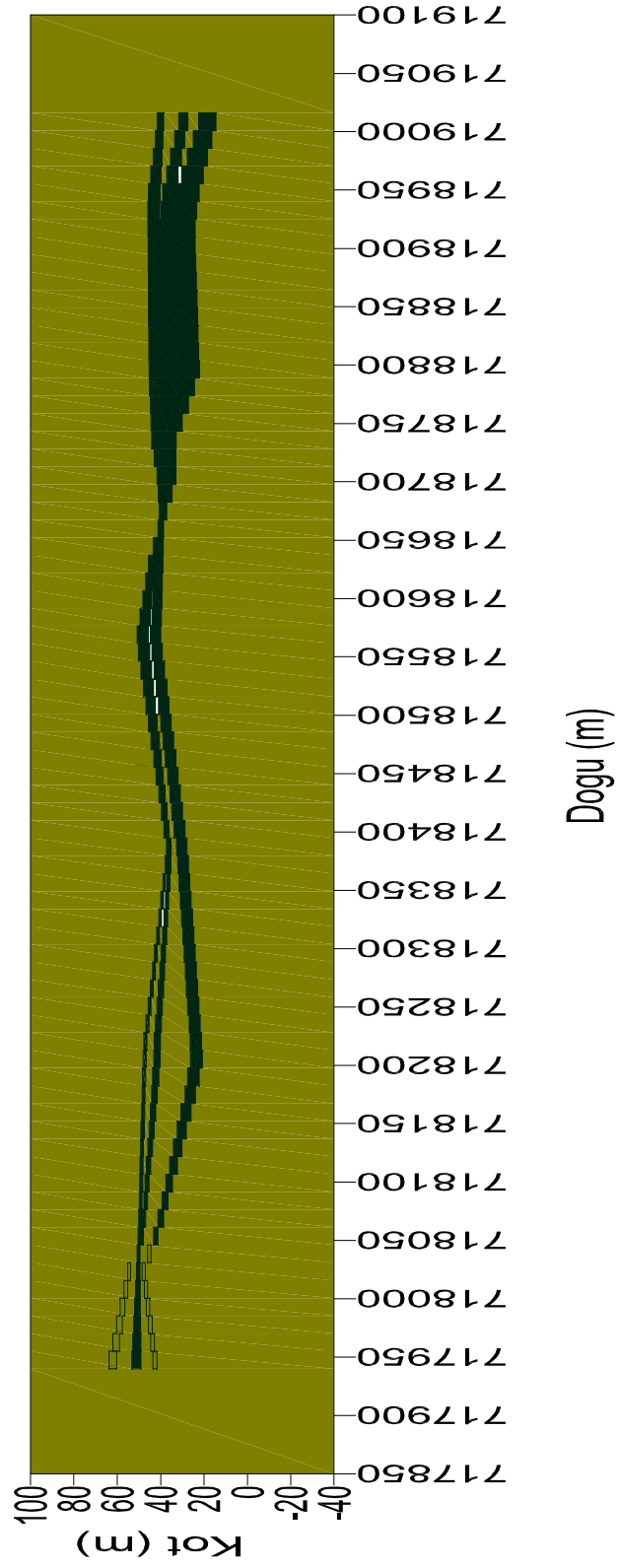
Sahanın tamamı iki boyutlu olarak Şekil 4.34'de sunulmaktadır. Şekil üzerinde, kuzey / güney ve doğu / batı yönelimli iki kesit izlenmektedir. Söz konusu kesitler işaretli hatlardan geçmektedir

İşaretlenen bölgelerden elde edilen kesitler Şekil 4.35 ve Şekil 4.36'da gösterilmektedir. Kesitler alan içerisindeki mevcut cevher yerleşimi açısından bir boşluk olmadığını göstermektedir. Tabakaların iç kısımlarında bir kopma gözlenmemiştir.



Şekil 4.35 AÇS sahasına ait A-A' kesiti

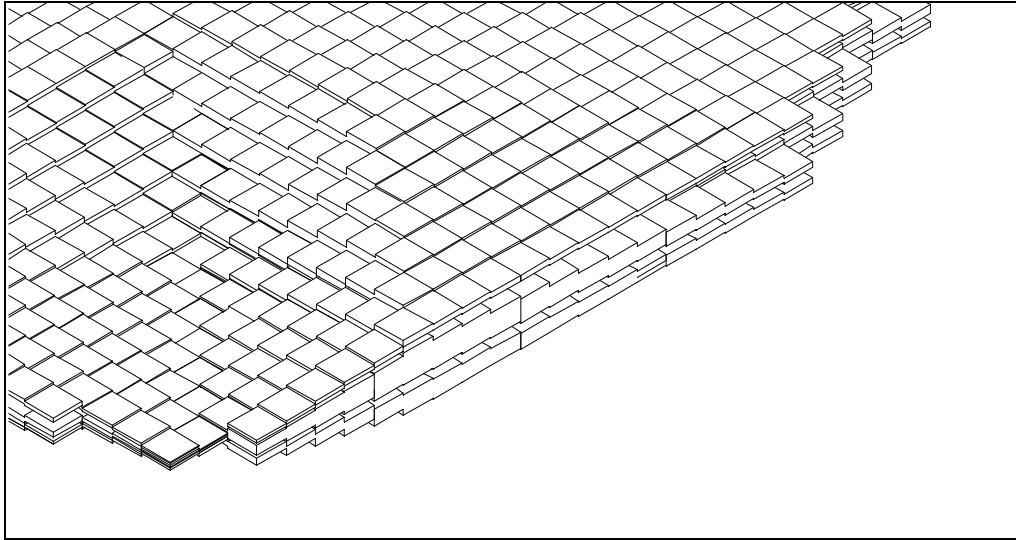
Şekil 4.36 AÇS sahasına ait B-B' kesiti



Kesitin kuzey ucunda gözlenen üç tabaka, cevher kütlesinin orta kesimlerine doğru incelererek birleşmiş ve iki tabaka halini almıştır (Şekil 4.35). Bu durum benzer sahalarda sık rastlanan bir durum olmakla birlikte hazırlanmış programın ve seçilen çizim ortamının avantajlarından birini de ortaya koymaktadır. Bu durumun neticesinde, biriktirilen veriler kaybedilmeksizin kullanılarak doğal değişimler sunulmuştur.

Yukarıda sözü edilen değişkenliğe, yatağın doğu bölümünden alınan kesitte de rastlanılmıştır. Burada da görüldüğü kadarı ile üç tabaka birleşerek tek bir tabaka haline gelmiştir (Şekil 4.36).

Bu nokta da kesit incelenmesinin yanı sıra ayrıntılı görüntü incelemesi de yapılabilmektedir. Son model yüzey değişimlerini göstermede daha etkili olurken, görsel olarak daha küçük birimlerden oluştuğu için ilk bakışta nispeten karmaşık gelebilmektedir. Kullanılan sistemin kolaylıklarından faydalanılarak, daha önce de yapılan odaklanma araçları kullanılmıştır. Bu sayede sahanın katı modelinin incelenmesinde kırmızı ile işaretlenmiş bölgede devam edilebilmektedir. Şekil 4.33’de işaretlenen bölgeden yakın görüş alınarak yansıtılan modelin bu kısmında sahanın katmanları rahatça görülebilmektedir (Şekil4.37).



Şekil 4.37. AÇS güney bölümü (15 birimlik)

Özellikle tabakaların eğimi, yönelimi ve ara kesmeleri kolayca seçilebilmektedir. Sahada 3 katman 2 ara kesme dikkat çekmektedir. Birinci tabaka oldukça ince yataklanmaya sahip olup, hemen altında nispeten daha kalın tabakalar izlenmektedir. Mevcut ara kesme kalınlık bakımından birbirlerine yakın görülmektedir. Daha ayrıntılı bir inceleme için tabaka ve ara kesme kalınlıkları sorgulanabilmektedir.

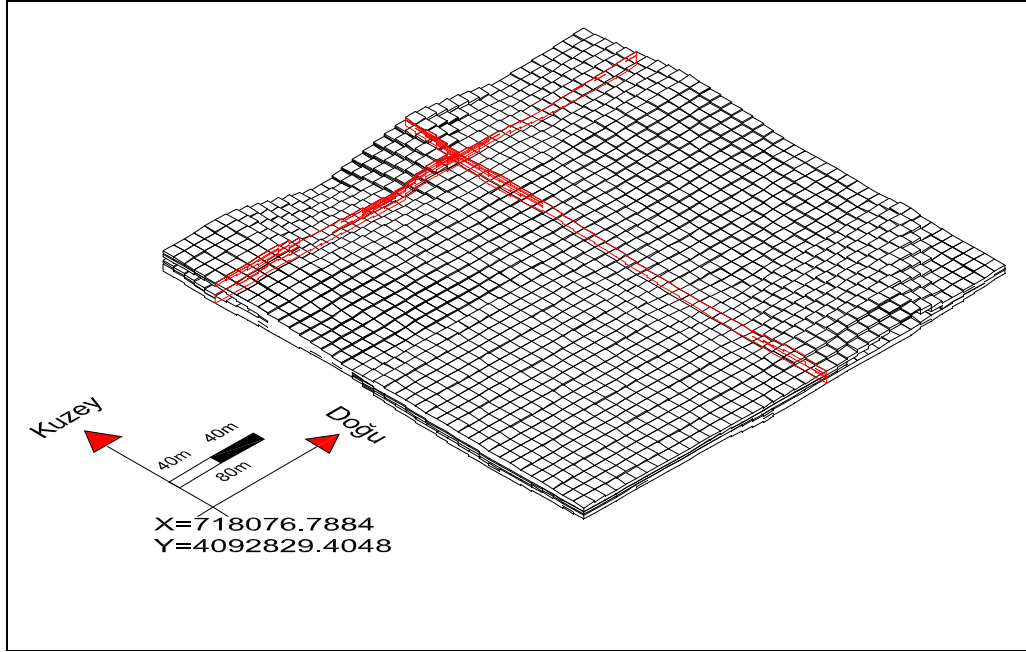
Çizelge 4.2. AÇS sahası için elde edilen katı modele ait sayısal özellikler

Hacim (Volume)	17596883.8610 (m ³)
Bounding box	X: 717773.2000 -- 719092.0000 Y: 4091880.0000 -- 4093381.0000 Z: -3.5169 -- 68.4350
Centroid	X: 718559.3820 Y: 4092648.3524 Z: 40.4664

Saha sayısal özellikleri bakımından da sorgulanmıştır buna göre modelin hacim, kütle, koordinat sınır değerleri ve merkez noktası koordinatları hesaplanmış ve Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

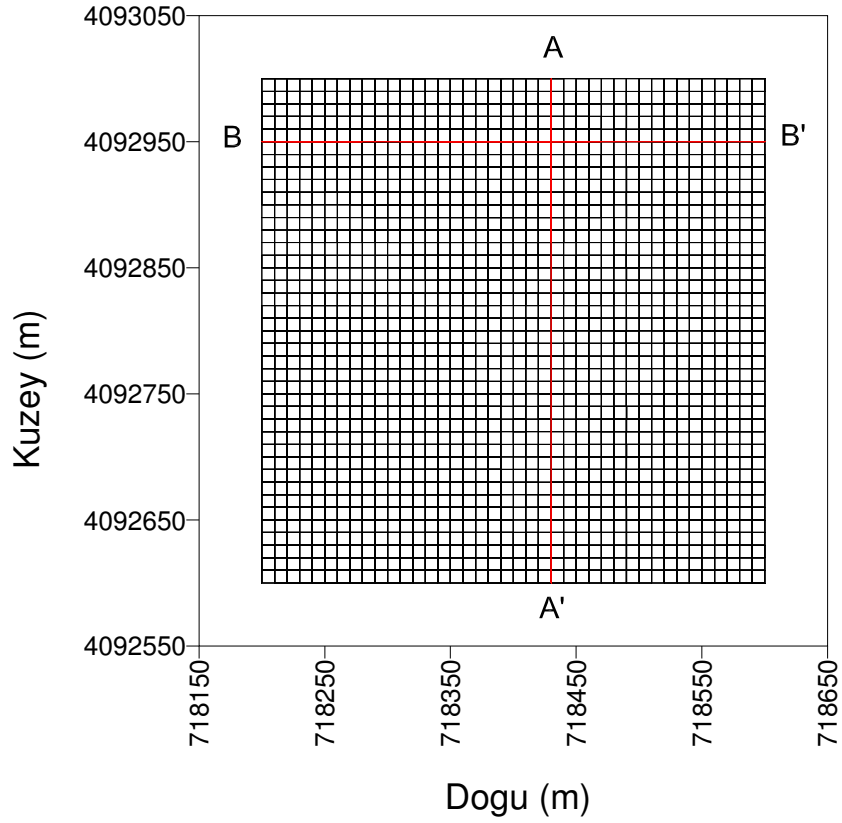
Başka bir sorgulama tekniği olan ve diğer sahaya da uygulanan sınırlandırılmış model incelemesi bu sahada da kullanılmıştır. Buna göre AÇS sahasına ait üçüncü bölümde verilen, sondaj lokasyonlarının dağılımını gösteren Şekil 3.4’den yararlanılmış ve sınır değerleri tespit edilmiştir. Unutulmamalıdır ki sondaj lokasyon dağılımlarının kullanılarak sınır değerleri tespit edilmelidir. Aksi halde rast gele seçilen bir bölge içine sondaj noktası düşmeyebilmekte ve program hiç veri elde edemediği için hata verebilmektedir. Tüm bu koşullar ele alınarak tespit edilen sınır değerleri aşağıda gösterilmiştir.

- En büyük X koordinat değeri; 718600
- En küçük X koordinat değeri; 718200
- En büyük Y koordinat değeri; 4093000
- En küçük Y koordinat değeri; 4092600



Şekil 4.38. AÇS sınırlandırılmış saha (10 birimlik)

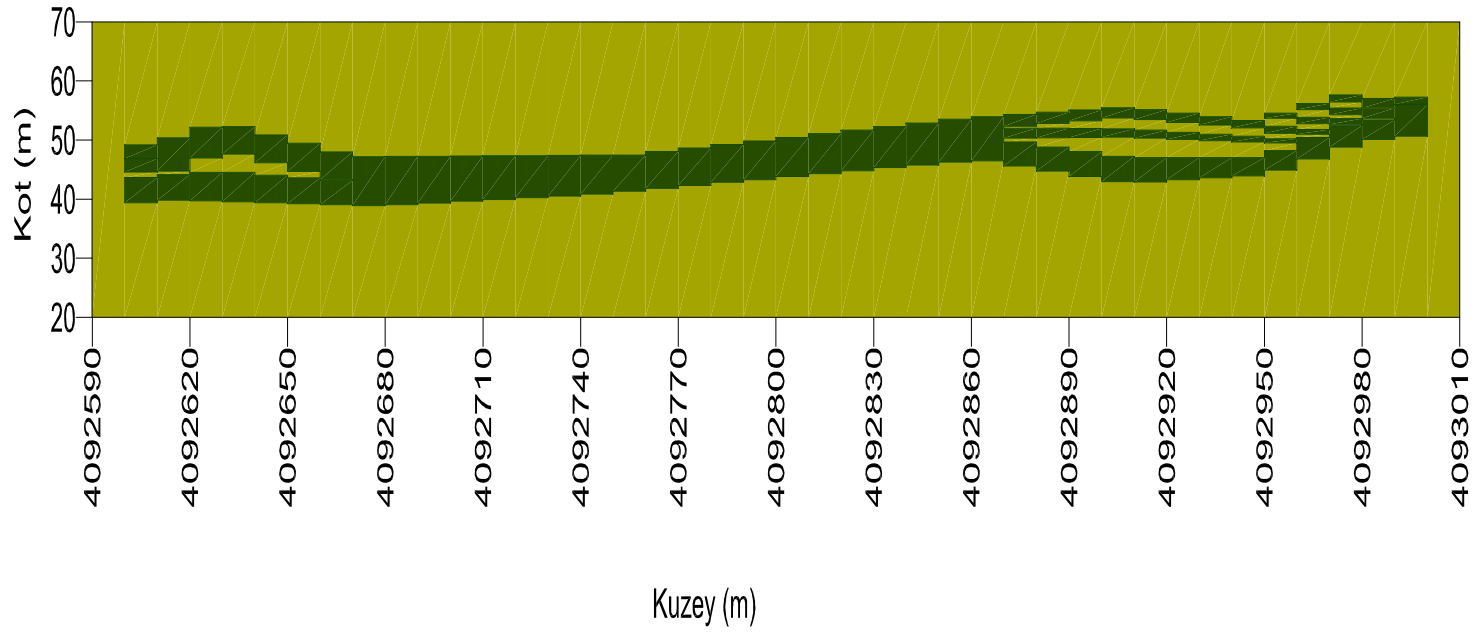
Sınır değerler kullanılarak çizilen sınırlandırılmış model yaklaşık 10 birimlik blok değerleri ile oluşturulmuştur (Şekil 4.38). Sınırlandırılmış bu model belli bir bölgedeki ayrıntıları daha hassas bir biçimde gösterebilmektedir. Nitekim model üzerinde çizilmiş olan kesitler sayesinde modeldeki hassas değişim izlenebilmektedir. Bu maksatla güney-doğu ve güney-batı doğrultusunda birbiri ile kesişen iki kesit saha içerisinde gösterilmektedir. Net bir görünüm için Şekil 4.39’da bu kesitler yalın halde sunulmuştur.

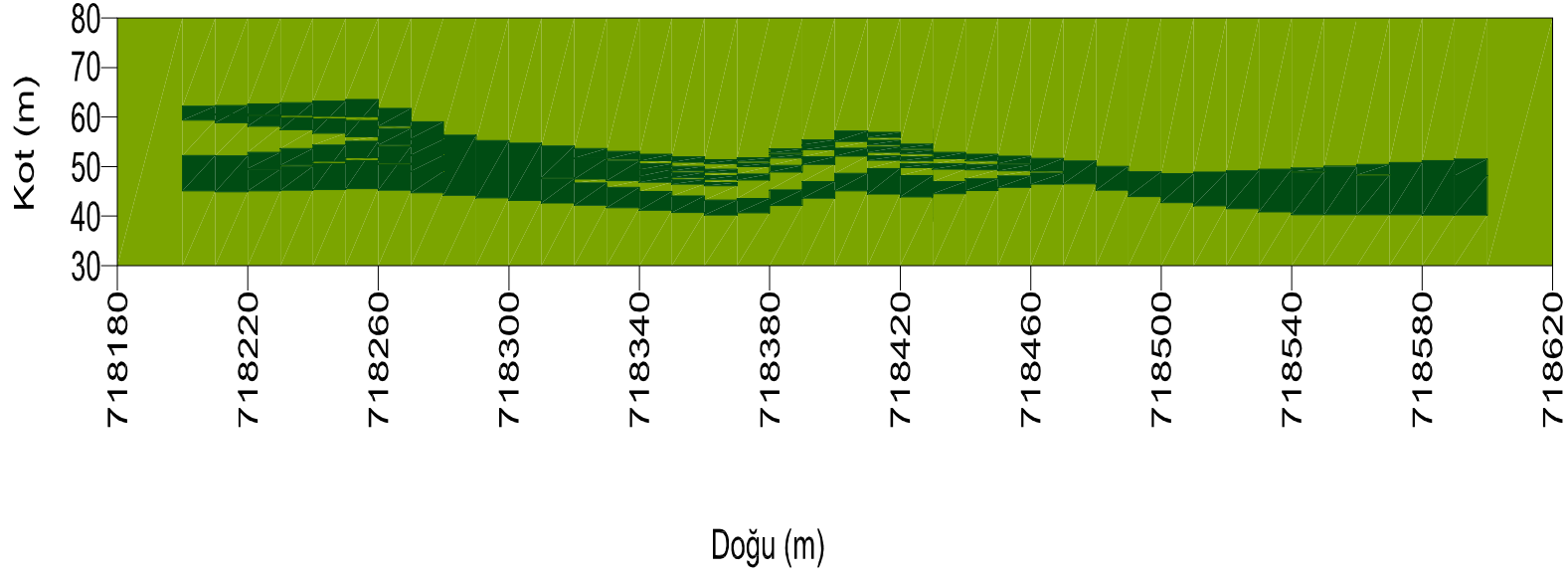


Şekil 4.39. AÇS sınırlandırılmış A-A' ve B-B' yönlü kesitler

Seçili bölgedeki A-A' ve B-B' kesitleri sırası ile Şekil 4.39.(a) ve Şekil 4.39.(b)'de sunulmaktadır. Kesitler bu halleri ile oldukça net olup, her iki şekilde de tabakalanma rahatça izlenebilmektedir. Tabakalar arasındaki ara kesmeler modelin orta noktasına doğru birleşerek tek bir tabaka oluşturmaktadır. Hatırlanacağı üzere aynı sahanın genel modellemesinden alınan kesitlerde de aynı durum saptanmış ve değişimlerin, dolayısı ile programın tutarlılığı bir kez daha ispatlanmıştır.

Şekil 4.39.(a) AÇS sınırlandırılmış A-A' kesiti





Şekil 4.39.(b) AÇS sınırlandırılmış B-B' kesiti

Özet olarak AÇS sahası ince yapılı bilinen içeriği en fazla üç tabaka ile izlenmiş olup, yer yer çeşitli kalınlıklarda farklı tabaka sayıları saptanmıştır. Tabaka eğilimleri rahatlıkla izlenmiş ve ayrıntılı halde sunulmuştur. Sahada yapılmış olan sondaj lokasyonlarının dağınıklığına rağmen programın ürettiği verilerde tutarlılık ispatlanmıştır. Sistem çok tabakalı veri ortamında da başarılı sonuçlar üretmiştir.

4.4. Geliştirilen Modelin Çıktılarının Karşılaştırılması

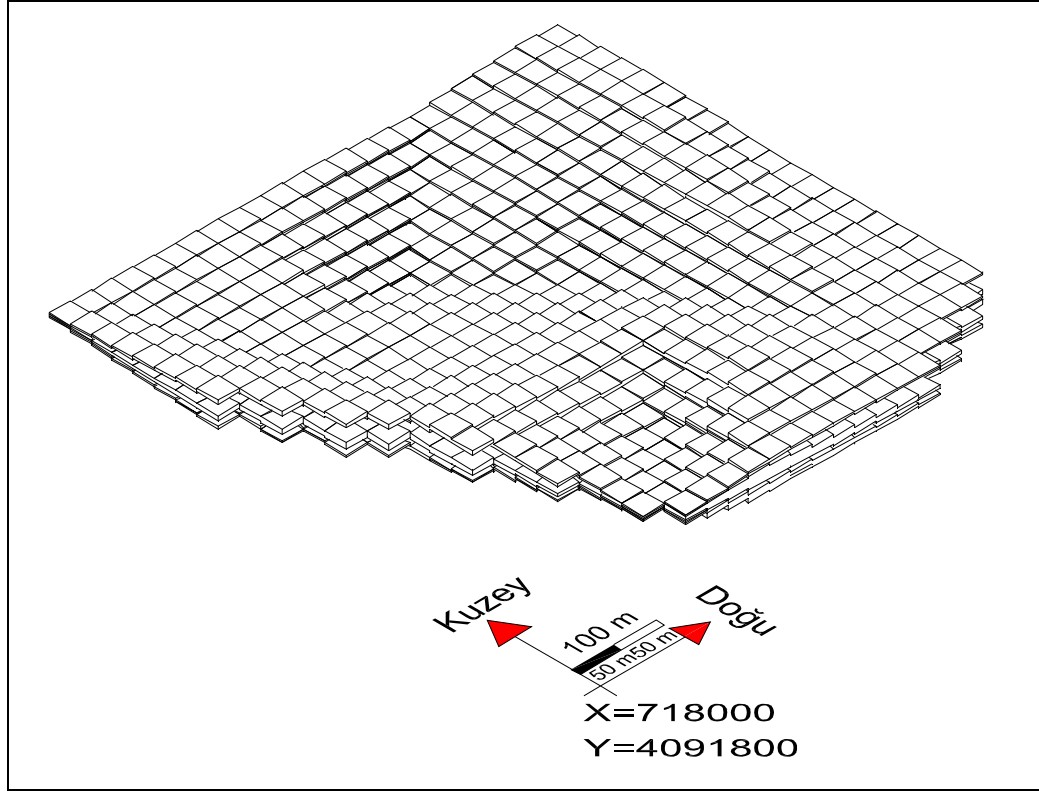
Geliştirilen modelin ürettiği sonuçların doğruluğunu test etmek için AÇS hammadde sahasındaki marn formasyonu rezerv hesabı çalışmalarını içeren Alkan (2007) tarafından hazırlanan tez ve Zemka (2006) tarafından hazırlanan etüt çalışmalarından elde edilen sonuçlar kullanılmıştır.

Bu çalışmalarda AÇS hammadde sahasında koordinatları Doğu (718000;718600) ve Kuzey (4091800;4092450) olan A sektörü içerisindeki marn formasyonuna ait hesaplanan rezerv bilgileri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Geliştirilen sistem ile bu sektör içerisindeki marn formasyonunun katı modeli elde edilmiştir.

Çizelge 4.3. A sektörü için yapılan rezerv tahminleri

	Kullanılan Yöntem	Rezerv (m³)
Alkan (2007)	Bulanık Mantık	4831225.8
Zemka (2006)	Kriging	3834600.0

Bu sisteme göre hesaplanan en büyük ve en küçük koordinat değerleri ile BlockCAD programına 25 birimlik blok boyu için hesaplama yaptırılmıştır. Oluşturulan model, Alkan (2007) tarafından oluşturulan grid sistemi ile benzerlikler gösterse de Alkan (2007) bu grid sistemi içine düşen tüm alanı bulanık mantık yöntemiyle tahmin etmiştir. BlockCAD ise sadece sondaj noktalarının sınırladığı bölgeyi tahmin etmektedir (Şekil 4.40).



Şekil 4.40. A Sektörüne Ait Katı model (25 birimlik)

Şekilde gösterilen koordinat sistemi tabanında hazırlanmış ölçek Alkan (2007) tarafından hazırlanan grid sisteminin başlangıcıdır. Bu sisteme göre BlockCAD ve SolidBox sistemlerinin hesapladığı rezerv miktarı daha küçük bir alana aittir. Sonuçların karşılaştırılabilmesi için ortak bölgenin dışındaki alanlara ait rezerv bilgileri Alkan (2007)'in hesaplamış olduğu rezervden çıkarılmış ve BlockCAD ve SolidBox sistemleri ile elde edilen rezerv ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelgeden de anlaşıldığı üzere alanlar birebir düşünüldüğünde tahmin edilen rezerv miktarları birbirine yaklaşmaktadır. Bu durum BlockCAD'in istenen sınırlar içerisine düşen bölgedeki verileri sondaj alanına bağlı kalarak hesapladığını ortaya koymaktadır.

Daha genel bir karşılaştırma için çizelge 5.2'ye bakıldığında BlockCAD'in, aynı bölgeye ait Alkan (2007)'dan alınan Zemka'ya ait değerlendirilmesine de

uygunluk gösterdiği belirlenmiştir. Hesaplanan rezerv hacmi gerçeğe yakın sonuçlar vermektedir.

Çizelge 4.4. Hesaplanan Rezervlerin Karşılaştırılması

Yöntem	Rezerv (m ³)
Bulanık Mantık (Alkan, 2007)	4831225.8
Bulanık Mantık (Eksiltilmiş)	3687812.5
Kriging (Zemka, 2006)	3834600.0
BlockCAD	3573728.1

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada katı model yaklaşımına uygun bir yazılım geliştirilmiş ve yazılımın tüm aşamaları ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Sistemin ürettiği sonuçlar farklı yapılara sahip sahalarda denenmiş ve elde edilen sonuçların doğruluğu gerçek veriler ile karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırma için AÇS hammadde sahasında belirlenen bir bölgeye ait marn formasyonu hazırlanan sistemle modellenmiştir. Sahanın aynı bölgesinde marn formasyonu için daha önce yapılmış farklı çalışmalardan elde edilen rezerv bilgileri modelin hesapladığı rezerv bilgileri ile karşılaştırılmıştır. Buna göre Alkan (2007)'a ait hesaplamada marn formasyonuna ait rezerv 4831225.8 m^3 olup sondaj noktalarını içine alan sahanın rezervi 3687812.5 m^3 olarak hesaplanmıştır. Aynı sahaya ait bir başka çalışmada Zemka (2006) tarafından yapılmıştır. Bu etüt çalışmasında sahanın ilgili bölgesinin rezerv hacmi 3834600 m^3 bulunmuştur. Tez konusu olan modelleme tekniği ve üretilen sistem ile sahanın daha önce incelenerek yukarıda sözü edilen bölgesi modellendiğinde ise rezerv hacmi 3573728.1 m^3 olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü gibi hesaplama teknikleri birbirlerine yakın sonuçlar vermektedir. Özellikle Alkan (2007) tarafından yapılan çalışmada indirgenen değerler bu tez çalışması kapsamında hesaplanan değerlere yakınlık göstermektedir. Ayrıca Zemka (2006)'nın elde ettiği sonuçlar da BlockCAD ile üretilen sonuçlardan elde edilen rezerv hacmi bakımından sistemin doğruluğunu desteklemektedir.

Katı model için gerekli olan blok (box) verileri sadece üç boyutlu yüzey modellemesi ile elde edilmiştir. Bu modelden başka, jeostatistik, mesafenin tersi, bulanık mantık ve diğer modelleme teknikleri de kullanılarak blok verileri elde edilebilir.

Sistem, iki paralel yazılımın birlikte kullanılması ile yatakların üç boyutlu modellemesini yapmaktadır. Uygulama esnasında blok verilerini üreten BlockCAD programının oldukça hızlı sonuçlar ürettiği görülmüştür. SolidBox yazılımında ise AutoCAD yazılımından kaynaklanan süre problemi ile karşılaşmıştır. Örneğin; Tufanbeyli sahasına ait 25 birimlik kutu verileri ile yapılan model oluşturma işleminin çizim aşaması, 2.2GHz, 800 MHz FSB, +MB L2 işlemci ve 2GB DDR2 ram ile yaklaşık üç gün sürmektedir. Bu süre programdan istenen birim boyutunun

küçülmesi ile artmaktadır. Aynı şekilde daha büyük birimler için işlem süresi azalmaktadır. Zaman problemi sisteminin AutoCAD’de Visual Basic tabanlı bir makro ile çalışılmasından kaynaklanmaktadır. BlockCAD programı .txt formatında bir veri dosyası üretmekte ve bu dosyanın AutoCAD’de kullanılabilmesi, ancak hazırlanan SolidBox makrosu ile mümkün olabilmektedir. Bu şekilde bir makro ile çizim dosyası oluşturmak yerine dxf formatında hazır bir çizim dosyası üretebilen yazılım ile işlem süresi kısaltılabilir. Ancak dxf formatında böyle bir dosya oluşturmak AutoCAD’in yazılımından elde edilecek binlerce kodla karşılaştırılması ile mümkün olabilmektedir.

Sonuçların hassasiyeti için veri sayısının çokluğunun yanı sıra blok boyutlarının da etkisi araştırılmalıdır. Nitekim model oluşturulurken, her saha için birkaç blok boyutu denenmiştir. Söz konusu blok boyutlarının optimizasyonunu sağlayacak bir işlem prosedürü hazırlanarak kullanıcı tanımlı seçeneklerin de otomasyonu sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- AKÇAKOCA, H.,2001. Maden Yataklarının Üç Boyutlu Olarak Modellenmesinde Yapay Sinir Ağı Sistemlerinin Kullanılması ve İntegrasyonu. Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi, Ankara, 205.
- 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,75.
- ANNELS, A., E., 1991. Mineral Deposit Evaluation. Chapman and Hall, London.
- BOURKE, P., 1990. Equation of a Circle from 3 Points (2 Dimensions). (Yayımlanmamış).
- BRAID, I., C., 1975. The Synthesis of Solids Bounded by many Faces. Communications of the ACM, 18(4), 209- 216.
- CAZAVANT, A., 1993. Total Integration of Computer Applications: Geological Modelling and Mine Design. APCOM XXIV, Editors; J. Elbrond and X. Tang.
- ÇETİNER, 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, 71.
- DAĞ, A., 2005. Yurt Dışı Görevlendirme Raporu (Yayımlanmamış).
- DAVID, M., 1977. Geoistatistical Ore Reserve Estimation. Elsevier Scientific Publishing Company Inc., New York.
- DAVIS, J., C., 1986. Statistics and Data Analysis in Geology. 2nd edn. Wiley, New York.
- DENBY, B., CROGHAN, J., 1989. NUModel: A Recursive Computerised Modelling System for Mine Design. Int. Jour. Of Surf. Min. No: 3, 133-139.
- ERARSLAN, K., 2003. Jeolojik ve Madencilik Sistemi (JMS) VE Bir Bakır Sahasının Değerlendirilmesi. Madencilik, Cilt: 42, Sayı: 4, Sayfa: 3-13, Aralık, 2003.

- EVANS, N., 1986. Computer Applications in Mine Planning and Design. Min. Sci. And Tech., Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, Vol: 3, No:3, 167-172.
- FAIRFIELD, J., D., LEIGH, R., W., 1969. A Computer Program for the Design of Open Pits. In: Proc. 7th International Symposium on Operations Research and Computer Applications in the Mineral Industries, Q Colorado School Mines, 61 (3): 329-340.
- HENLEY, S., 1998. Mining Software and Computing into the Next Millennium. In 27th International Symposium on Computer Applications in the Mineral Industries, London, pp. 31-45.
- HOULDING, S., W., 1994. 3D Geoscience Modelling: Computer Techniques for Geological Characterization. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- JAMES, W., R., 1966. FORTRAN IV Program Using double Fourier Series for Surface Fitting of Irregularly Spaced Data. Computer Contributions 5, State Geological Survey, The University of Kansas, Lawrence, Kansas.
- 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, 213p.
- KRIGE, D., G., 1966. Two- Dimensional Weighted Moving Average Trend surfaces for ore Valuation. In: Program Symposium on Mathematical Statistics and Computer Applications in Ore Valuation. Journal South African Institution Mining and Metallurgy, Johannesburg, pp. 13-38.
- KROUSE, J., K., 1985. Solid Modelling Catches on. Machine Design, 57 (3), pp. 60-64.
- LEMON, A., M., JONES N., L., 2003. Uilding Solid Models from Boreholes and User-Defined Cross-sections. Pergamon, Computers & Geosciences, 29 (2003), 547-555.
- MANTYLA, M., TAMMINEN, M., 1983. Localized Set Operations for Solid Modeling. Computer Graphics, 17 (3), 279-288.
- MATHERON, G., 1963. Principles of Geoistatistics. Econ Geol., 58: 1246-1266.

- PILOUK, M., 1996. Integrated Modelling for 3D GIS. ITC Publication Series, No: 40, ITC, Netherlands.
- POPOFF, C., C., 1996. Computing Reserves of Mineral Deposits: Principles and Conventional Methods. US Bureau of Mines, information Circular, No: 8283.
- SİDES, E., J., 1997. Geological Modelling of Mineral Deposits for Prediction in mining. Original Paper, Geol Rundsch (1997) 86:b342-353.
- SUTPHIN, J., 2005. AutoCAD 2006 VBA: A Programmer's Reference. Springer-Verlag, New York, 743.
- WATSON, D., F., 1992. Contouring a Guide to the Analysis and Display of Spatial Data. Pergamon Press, Oxford.
- YANGBING, W., LIXIN, W., WENZHONG, S., XIAOMENG, L., 2007. ISPRS Workshop on Updating Geo-Spatial Databases with Imagery & The 5th ISPRS Workshop on DMGISs, 237-240.
- YÜNSEL, T., Y., 2007. Maden Yataklarının Jeostatistiksel Yöntemlerle Analizi ve Modellenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, 217.

ÖZGEÇMİŞ

27.02.1980 yılında Adana’da doğdu. İlköğretim ve liseyi Adana’da tamamladı. 2000 yılında girmiş olduğu, Çukurova Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümünden 2004 yılında mezun oldu.

Aynı yıl Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisansına başladı.

EKLER

EK-1. Tufanbeyli sahasına ait sondaj verileri (Yünsel, 2007)

Sondaj No	Doğu (m)	Kuzey (m)	Zgiriş	Zçıkış
TY1	259880	4233451	1370.89	1319.19
TY2	259468	4231937	1339.02	1299.22
TY3	258968	4232431	1337.99	1277.89
TY4	260488	4234007	1386.79	1349.39
TY5	260371	4232744	1376.53	1331.73
TY6	259591	4233048	1357.75	1296.1
TY7	258738	4232045	1335.48	1318.93
TY9	258519	4231456	1338.24	1310.04
TY10	259764	4231684	1345.14	1306.69
TY11	260412	4232389	1369.45	1359.65
TY12	260090	4231290	1355.26	1337.01
TY13	259782	4230874	1345.06	1302.86
TY14	259701	4230241	1348.47	1305.42
TY15	258959	4230138	1332.33	1310.43
TY16	260515	4233160	1388.49	1343.24
TY17	258692	4228395	1330.65	1319.75
TY19	258517	4227871	1331.89	1320.39
TY20	259214	4228559	1330.62	1296.12
TY21	259691	4228135	1333.11	1301.36
TY24	259320	4229480	1357.98	1277.18
TY26	259575	4229069	1347.45	1279.95
TY27	258589	4229727	1329.28	1315.53
TY28	258315	4228645	1340.34	1314.39
TY30	259000	4229548	1345.24	1328.54
TY32	259199	4229812	1337.21	1316.66
TY33	259154	4230124	1333.78	1313.68
TY34	259395	4230571	1337.75	1314.75
TY35	259991	4230566	1355.41	1308.66
TY36	259947	4229902	1378.02	1342.22
TY37	259566	4229453	1366.59	1324.34
TY38	259566	4229462	1365.36	1295.76
TY39	258973	4230521	1332.31	1300.61
TY40A	259030	4230846	1332.97	1314.22
TY41	259340	4231158	1334.17	1314.97
TY42	259755	4231826	1351.12	1303.52

EK-1. (devam)

Sondaj No	Doğu (m)	Kuzey (m)	Zgiriş	Zçıkış
TY43	259809	4228525	1344.55	1327.75
TY44	260166	4231826	1358.93	1328.63
TY45	260054	4230236	1363.17	1328.97
TY46	260038	4232324	1406.41	1357.16
TY47	260103	4233099	1408.29	1352.89
TY48	260309	4233738	1414.25	1362.4
TY49	259224	4232876	1380.75	1328.55
TY50	259985	4231501	1353.89	1325.39
TY51	259138	4229867	1357.55	1300.55
TY52	259894	4229002	1374.27	1368.27
TY53	259623	4228669	1348.41	1308.81
TY54	259288	4228950	1361.5	1309.4
TY55	260094	4230959	1377.59	1312.59
TY56	259605	4231420	1353	1313.6
TY57	259480	4228363	1337.9	1315.31
TY58	259213	4228113	1326.79	1310.29
TY59	259217	4227774	1326.84	1297.39
TY60	258856	4227846	1327.76	1320.46
TY62	258732	4228668	1331.55	1319.55
TY63	258711	4230209	1331.06	1306.36
TY64	259058	4231338	1333.6	1313.5
TY65	259163	4227481	1327.35	1295.4
Z-1	258362	4230164	1338.23	1313.53
Z-4	259475	4232700	1342	1312
Z-5	259150	4231710	1336	1305
Z-6	258637	4230662	1337	1324.14
Z-7	259657*	4233360	1360.39	36.25
Z-8	260158	4233470	1387.15	1349.15
Z-10	259959	4232793	1369.72	1271.57
Z-11	259281	4233446	1350.95	1288.55
Z-12	259582	4232301	1349.42	1299.02
Z-13	258847	4231183	1330.63	1284.63
Z-14	259232	4232379	1336.86	1294.16

Ek-2. AÇS hammadde sahası marn formasyonuna ait sondaj verileri (Alkan, 2007)

Sondaj No	Doğu (m)	Kuzey (m)	Zgiriş(1)	Zçıkış(1)	Zgiriş(2)	Zçıkış(2)	Zgiriş(3)	Zçıkış(3)	Zgiriş(4)	Zçıkış(4)
SK-2(2006)	718460	4091880	51.29	49.79	29.29	26.79	22.79	20.79		
SK-4(2006)	718260	4091880	55.87	53.37	50.37		31.37	22.87		
SK-5(2006)	718160	4091890	46.69	44.69						
SK-6(2006)	718465	4091975	50.17	47.67	43.17	38.17	26.67	15.17		
SK-7(2006)	718350	4091990	59.47	42.47	34.97	18.47				
SK-8(2006)	718260	4091990	33.5	30.50						
SK-10(2006)	718350	4092090	52.48	46.5	45.5	43.5	42.5	35.25		
SK-11(2006)	718260	4092100	50.7	20.7						
SK-12(2006)	718100	4092090	66.69	61.69	44.69	37.69	31.69	29.69		
SK-13(2006)	718350	4092190	31.69	26.69						
SK-14(2006)	718250	4092200	41.87	37.37	26.37	18.87				
SK-15(2006)	718130	4092200	43.9	42.9	28.9	25.9				
SK-17(2006)	718260	4092290	29.4	27.9	25.9	17.9				
SK-18(2006)	718150	4092290	45.32	39.32	25.32	21.32				
SK-19(2006)	718200	4092390	47.94	46.44	42.94	39.94	25.44	19.94		
SK-20(2006)	718945	4092411	46.5	24						
SK-21(2006)	718885	4092562	52.5	29	28	21.5	20	14		

Ek-2. (devam)

SK-22(2006)	718848	4092788	60	58.5	50	15				
SK-23(2006)	718770	4092990	52	48	43.5	40				
SK-24(2006)	718890	4093220	58	52	49.5	36.5	27.5	14.5		
SK-25(2006)	718900	4092090	31	26.5	10	2	-0.5	-4		
SK-26(2006)	718835	4092703	58.5	43	31	28				
SK-27(2006)	719092	4092627	49	46	39	28				
SA-1(2004)	718311	4093302	43.136	40.136						
SA-2(2004)	718395	4093309	69	68	66.5	53.5				
SA-3(2004)	718473	4093310	64.406	46.406	43.406	29.406				
SB-1(2004)	718387	4093215	58.831	44.331						
SB-2(2004)	718475	4093213	64.587	40.087						
SC-1(2004)	718283	4093120	50.032	42.032						
SC-2(2004)	718361	4093114	60.458	50.058	47.458	42.458				
SD-1(2004)	718261	4093013	63.958	61.958	59.358	57.958	55.958	54.958	52.458	44.458
SD-2(2004)	718349	4093007	40.349	40.049						
SD-3(2004)	718440	4092997	57.877	52.877						
SD-4(2004)	718519	4092992	42.678	40.178						
SE-1(2004)	718256	4092914	63.382	46.382						

Ek-2. (devam)

SE-2(2004)	718384	4092910	57.122	56.122	52.122	51.122	44.122	40.122		
SE-3(2004)	718484	4092905	53.326	46.326						
SE-4(2004)	718586	4092897	57.414	55.614	54.414	40.414				
SF-1(2004)	718366	4092814	54.142	47.642						
SF-3(2004)	718569	4092811	49.468	46.968						
SG-1(2004)	718465	4092716	42.897	37.897						
SG-3(2004)	718623	4092712	51.85	43.85	40.35	39.35				
SH-1(2004)	718511	4092623	59.572	59.072	44.072	39.072				
SH-3(2004)	718656	4092622	52.693	48.193						
SH-4(2004)	718399	4092633	49.89	39.89						
SI-1(2004)	718541	4092535	46.853	43.853	40.853	39.853				
SI-2(2004)	718629	4092533	55.828	54.328	47.828	44.828				
SI-3(2004)	718698	4092527	47.449	46.949						
SJ-2(2004)	718665	4092443	40.571	38.071						
SK-1(2004)	718577	4092337	53.055	40.055						
SKE-2(2004)	718668	4092341	40.238	39.238						
SK-3(2004)	718755	4092330	42.407	25.407						
SKE-4(2004)	718535	4092594	50.049	41.549						

Ek-2. (devam)

SKE-5(2004)	718463	4092981	49.549	47.549						
SL-1(2004)	718529	4093381	65.226	53.026	49.726	48.226				
SM-2(2004)	717773	4092685	54.444	53.444						
SM-4(2004)	717895	4092908	62.894	59.394	53.894	41.394				
SM-5(2004)	718033	4092925	63	58.5						
SN-1(2004)	718008	4092458	53	50.5						
S22(1997)	718035	4093007	62	57.5						
S24(1997)	717931	4092992	58	56						
S27(1997)	717779	4092990	58	53.5						
S29(1997)	717969	4092766	60	49.5	47.3	45.8	42	40		
S30(1997)	718001	4092836	56.5	53						
SK3(1997)	718206	4092946	62	59.5	51.5	45				
SK6(1997)	718464	4093122	50	45.5						
SK8(1997)	717813	4092640	63	58	52	50				