



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**AÇIK OCAK ÜRETİM PLANLAMASINDA COĞRAFI  
BİLGİ SİSTEMİNİN (GIS) KULLANILABİLİRLİĞİ**

**Maden Yük.Müh. Tansel DOĞAN  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman  
Prof.Dr. Ali KAHRİMAN  
Prof.Dr. N. Enver ÜLGER**

**Temmuz, 2007**

**İSTANBUL**



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**AÇIK OCAK ÜRETİM PLANLAMASINDA COĞRAFI  
BİLGİ SİSTEMİNİN (GIS) KULLANILABİLİRLİĞİ**

**Maden Yük.Müh. Tansel DOĞAN  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman  
Prof.Dr. Ali KAHRİMAN  
Prof.Dr. N. Enver ÜLGER**

**Temmuz, 2007**

**İSTANBUL**

Bu çalışma 23/07/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Maden Mühendisliğı Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof.Dr. Ali KAHRİMAN (Danışman)  
İstanbul Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi

Prof.Dr. Okan TÜYSÜZ  
İstanbul Teknik Üniversitesi  
Maden Fakültesi

Prof.Dr. M.Namık YALÇIN  
İstanbul Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi

Doç.Dr. Selamet ERÇELEBİ  
İstanbul Teknik Üniversitesi  
Maden Fakültesi

Doç.Dr. Ataç BAŞÇETİN  
İstanbul Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi

Bu alışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin T-481/25062004 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

## ÖNSÖZ

Doktora tezi çalışmalarında, yöneticiliği üstlenerek bu tezi hazırlamamda sağladığı olanaklar ve her türlü yakın destek ve yardımlarından dolayı hocam Sayın Prof.Dr. Ali KAHRİMAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca hiçbir şekilde yardım ve desteklerini esirgemeyen İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Sayın Yrd.Doç.Dr. Ümit ÖZER'e, Sayın Doç.Dr. Ataç BAŞÇETİN'e, Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Sayın Prof.Dr. M. Namık YALÇIN'a, Sayın Yrd.Doç.Dr. Hasan EMRE'ye, Sayın Arş.Gör. Ömer ÜNDÜL'e ve tüm Maden Mühendisliği Bölüm elemanlarına teşekkür ederim.

Vulcan yazılımını kullanmam sırasında gösterdikleri yakınlık ve anlayışlarından dolayı, İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Sayın Doç.Dr. Selamet ERÇELEBİ'ye ve Sayın Arş.Gör. Murat ÖZKAN'a; Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılımı Laboratuvarını kullanma imkanı tanıdıkları için Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Sayın Yrd.Doç.Dr. Vural YAVUZ ve Sayın Arş.Gör. Gökhan ŞANS'a, ve İTÜ'de çalışma zamanlarım içinde bana her zaman destek oldukları için Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Sayın Yrd.Doç.Dr. A. Ekrem YÜCE'ye, Sayın Dr. Feridun BOYLU'ya ve Sayın Arş.Gör. Mustafa ÖZER'e teşekkürlerimi sunarım.

Coğrafi bilgi sistemi konusunda yardımlarını ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü Müdürü Sayın Prof.Dr. Okan TÜYSÜZ'e, Sayın Arş.Gör. Korhan ERTURAÇ'a ve sevgili kardeşim Sayın Kerem KAPAR'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Hayatım boyunca gösterdikleri tüm fedakarlıklar için, sevgilerini her zaman hissettiğim değerli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

**Temmuz, 2007**

**Tansel DOĞAN**

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ .....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY .....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL KISIMLAR.....	4
2.1. AÇIK OCAK ÜRETİM PLANLAMASI.....	4
2.1.1. Nihai Ocak Sınırının Belirlenmesi.....	4
2.1.1.1. Sezgisel (Heuristik) Teknikler.....	5
2.1.1.2. Dinamik Programlama .....	7
2.1.1.3. Doğrusal (Lineer) ve Tam Sayılı (Integer) Programlama.....	9
2.1.1.4. Ağ (Network) Akım Teorisi.....	10
2.1.1.5. Graf Teorisi.....	11
2.1.2. Kazı Başlangıç Noktasının Belirlenmesi .....	13
2.1.3. Kazı Makineleri Gereksinimlerinin Belirlenmesi .....	15
2.1.3.1. Ekipman Seçim Prosesi .....	15
2.1.3.2. Dekapaj ve Üretim Sistemleri .....	18
2.1.4. Basamakların Planlanması.....	21
2.1.5. Kazı Sırasının Belirlenmesi .....	25
2.2. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (GIS) .....	34
2.2.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Elemanları .....	36

2.2.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Temel Fonksiyonları .....	42
2.2.3. Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanım Alanları .....	49
2.2.3.1. Tarım ve Ormancılık .....	49
2.2.3.2. Şehir ve Bölge Planlama .....	50
2.2.3.3. Doğal Kaynak Yönetimi ve Arazi Kullanımı.....	51
2.2.3.4. Yerbilimleri.....	52
<b>3. MALZEME ve YÖNTEM.....</b>	<b>55</b>
<b>3.1. MALZEME .....</b>	<b>55</b>
<b>3.2. YÖNTEM .....</b>	<b>56</b>
3.2.1. Çalışma Sahasının Tanıtılması Amacıyla Veri Tabanının Oluşturulması .....	58
3.2.2. Yatağın Modellenmesi ve Rezerv Hesabı.....	58
3.2.3. Kazı Başlangıç Alanının Tespiti.....	59
3.2.4. Açık Ocak Planlaması.....	59
3.2.5. Üretim Sırasının Belirlenmesi.....	60
3.2.6. Vulcan (V.7) Madencilik Paket Programı .....	60
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>61</b>
<b>4.1. ÇALIŞMA SAHASINA AİT BULGULAR.....</b>	<b>61</b>
<b>4.2. KÖMÜR YATAĞININ MODELLENMESİNE ve REZERV HESABINA AİT BULGULAR .....</b>	<b>70</b>
<b>4.3. KAZI BAŞLANGIÇ ALANININ BELİRLENMESİNE AİT BULGULAR.....</b>	<b>74</b>
<b>4.4. AÇIK OCAK PLANLAMASINA AİT BULGULAR.....</b>	<b>81</b>
4.4.1. Basamakların Planlanması.....	81
4.4.2. Nakliyat Yollarının Tasarımı.....	90
4.4.3. Dekapaj Miktarı ve Dekapaj Oranının Tespiti.....	92
<b>4.5. ÜRETİM SIRASININ BELİRLENMESİNE AİT BULGULAR .....</b>	<b>95</b>

<b>4.6. VULCAN (V.7) YAZILIMINA AİT BULGULAR .....</b>	<b>119</b>
<b>4.6.1. Maden Yatağının Modellenmesi .....</b>	<b>119</b>
<b>4.6.2. Ocak Optimizasyonu.....</b>	<b>124</b>
<b>4.6.3. Ocak Planlamasının Yapılması.....</b>	<b>124</b>
<b>4. TARTIŞMA ve SONUÇ .....</b>	<b>130</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>136</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>142</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>167</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: Hareketli koni algoritması kullanılarak belirlenen nihai ocak sınırı .....	7
Şekil 2.2	: 2D dinamik programlama algoritması kullanılarak belirlenen nihai ocak sınırı .....	8
Şekil 2.3	: Ağ akış problemi olarak formüle edilen nihai ocak sınır problemi ve etiketleme algoritması ile çözümlenmesi .....	11
Şekil 2.4	: Yönlendirilmiş graf algoritması kullanarak nihai ocak sınır probleminin formüle edilmesi ve çözümlenmesi .....	13
Şekil 2.5	: Teknolojik işlemlere göre açık işletme ekipman sınıflaması .....	18
Şekil 2.6	: Bir açık işletme basamağına ait terimler .....	21
Şekil 2.7	: Yığın (berm) basamak geometrisi .....	23
Şekil 2.8	: Berm geometrisi .....	25
Şekil 2.9	: Şev sistemi .....	25
Şekil 2.10	: İki alternatifli üretim planı .....	26
Şekil 2.11	: Planlama probleminin dinamik programlama ile çözümlenmesi .....	32
Şekil 2.12	: Üretim planlamasında paranın bugünkü net değerinin ağaç gösterimi .....	33
Şekil 2.13	: Mekansal bilgi sistemlerinin sınıflandırılması .....	35
Şekil 2.14	: GIS'in bileşenleri .....	36
Şekil 2.15	: GIS'de veri modeller .....	39
Şekil 2.16	: GIS'in genel çalışma prensibi .....	43
Şekil 2.17	: GIS'de tek katman üzerinde yapılan mekansal analizler .....	45
Şekil 2.18	: GIS'de iki ya da daha fazla katman üzerinde yapılan mekansal analizler .....	46
Şekil 2.19	: GIS'de sayısal arazi modeli .....	48
Şekil 2.20	: GIS'in çeşitli yazılımlarla birlikte kullanımı .....	53
Şekil 3.1	: Sondaj lokasyon haritası .....	56
Şekil 4.1	: Çalışma alanında yapılan sondajların perspektif olarak önden kesit görünümü .....	61
Şekil 4.2	: Örtü tabakası kalınlık haritası .....	62
Şekil 4.3	: Üst kömür kalınlık haritası .....	63
Şekil 4.4	: Ara kesme kalınlık haritası .....	63
Şekil 4.5	: Alt kömür kalınlık haritası .....	64
Şekil 4.6	: Toplam kömür kalınlık haritası .....	64
Şekil 4.7	: Üst kömür karakteristik haritaları .....	66
Şekil 4.8	: Alt kömür karakteristik haritaları .....	68
Şekil 4.9	: Sahada bulunan tüm kömürün karakteristik haritaları .....	70
Şekil 4.10	: Jeolojik birimlerin üç boyutlu görünümünü elde etmek için kullanılan poligon .....	71
Şekil 4.11	: Çalışma sahasında bulunan jeolojik katmanların ayrı olarak 3D görünümü .....	72
Şekil 4.12	: Jeolojik birimlerin 3D görünümü .....	72
Şekil 4.13	: Üst ve alt kömür rezervine ait grafik ve öznetelik verilerin görünümü .....	74
Şekil 4.14	: Topoğrafya tin haritası üzerinde döküm alanının gösterimi .....	75

<b>Şekil 4.15</b> : Topoğrafya noktaları ve döküm alanı sınır çizgisi .....	76
<b>Şekil 4.16</b> : Sondajları içeren sahanın döküm alanına uzaklığına göre sınıflandırılmış görünümü .....	77
<b>Şekil 4.17</b> : Sahada bulunan tüm kömürün alt ısıl değere göre sınıflandırılmış görünümü .....	77
<b>Şekil 4.18</b> : Sondajları içeren sahanın örtü tabakası kalınlığına göre sınıflandırılmış görünümü .....	78
<b>Şekil 4.19</b> : Sondajları içeren sahanın toplam kömür kalınlığına göre sınıflandırılmış görünümü .....	78
<b>Şekil 4.20</b> : İlk kazı noktasının seçiminde kullanılan dört raster haritanın çakıştırılması sonucu elde edilen harita .....	82
<b>Şekil 4.21</b> : Çalışma sahasında ilk kazıya başlamak için tespit edilen en uygun alanlar .....	82
<b>Şekil 4.22</b> : 30 <sup>0</sup> 'lik nihai şev açısı ile ocak tabanının ötelenme miktarını bulmak için kullanılan yaklaşım .....	83
<b>Şekil 4.23</b> : Ocak tabanının tampon analizi ile ötelenmesi sonucu elde edilen polyline .....	83
<b>Şekil 4.24</b> : Ocak tabanı ve sınır yüzeyine ait polylinelar .....	84
<b>Şekil 4.25</b> : Ocak tabanı ve sınır yüzeyine ait tin görüntümler .....	84
<b>Şekil 4.26</b> : Mevcut topoğrafya ve üzerine çıkan şev sınırının beraber görünümü .....	85
<b>Şekil 4.27</b> : Mevcut topoğrafya ve şev sınırının beraber 3D görünümü .....	85
<b>Şekil 4.28</b> : Şev sınırında bulunan maksimum değerlikli topoğrafya kot değerinin sorgulanması .....	86
<b>Şekil 4.29</b> : +76 ve +6 kotu arasında 30 <sup>0</sup> 'lik nihai şev açısına bağlı olarak elde edilen şev genişliği .....	87
<b>Şekil 4.30</b> : +76 ve +2,5 kotu arasında 30 <sup>0</sup> 'lik nihai şev açısına bağlı olarak elde edilen taban basamağı şev genişliği .....	87
<b>Şekil 4.31</b> : Çalışma sahasında planlanan basamakların 2D görünümü .....	88
<b>Şekil 4.32</b> : Çalışma sahasında planlanan basamakların ve nihai sınırın 3D görünümü .....	89
<b>Şekil 4.33</b> : Topoğrafyanın basamaklarla beraber görünümü .....	89
<b>Şekil 4.34</b> : Basamaklar arası %6 eğime sahip yolun uzunluğu .....	90
<b>Şekil 4.35</b> : Taban basamağı ile bir üstünde bulunan basamak arası %6 eğime sahip yolun uzunluğu .....	90
<b>Şekil 4.36</b> : Çalışma sahasında planlanan basamakların ve nakliyat yollarının 2D görünümü .....	91
<b>Şekil 4.37</b> : Sahada planlanan basamakların ve nakliyat yollarının 3D görünümü .....	92
<b>Şekil 4.38</b> : Mevcut topoğrafya ile 0 kot değerli taban arasında kalan hacme ait grafik ve öznitelik verilerin görünümü .....	93
<b>Şekil 4.39</b> : Ocak sınırı ve basamakları içeren topoğrafya ile 0 kot değerli taban arasında kalan hacme ait grafik ve öznitelik verilerin görünümü .....	94
<b>Şekil 4.40</b> : Üretim planlaması için gerekli tüm kriterleri içeren katmanın sorgulanması .....	96
<b>Şekil 4.41</b> : Üretim planlaması sırasında belirlenen ilk kazı noktası .....	97
<b>Şekil 4.42</b> : İlk yıl üretilecek 200.000 ton kömür rezervini tespit etmek için yapılan işlemlerin görüntüsü .....	98
<b>Şekil 4.43</b> : Çalışma sahasının birinci yıl alacağı 2D ve 3D görüntümler .....	100
<b>Şekil 4.44</b> : Çalışma sahasının ikinci yıl alacağı 2D ve 3D görüntümler .....	102
<b>Şekil 4.45</b> : Çalışma sahasının üçüncü yıl alacağı 2D ve 3D görüntümler .....	104

<b>Şekil 4.46</b>	: Çalışma sahasının dördüncü yıl alacağı 2D ve 3D görünüm	106
<b>Şekil 4.47</b>	: Çalışma sahasının beşinci yıl alacağı 2D ve 3D görünüm	108
<b>Şekil 4.48</b>	: Çalışma sahasının onuncu yıl alacağı 2D ve 3D görünüm	110
<b>Şekil 4.49</b>	: Çalışma sahasının onbeşinci yıl alacağı 2D ve 3D görünüm	112
<b>Şekil 4.50</b>	: Çalışma sahasının onyedinci yıl alacağı 2D ve 3D görünüm	114
<b>Şekil 4.51</b>	: Döküm alanının tin görünümü	118
<b>Şekil 4.52</b>	: Alınan kesitler üzerinde kömür tabakalarının durumu	120
<b>Şekil 4.53</b>	: Topoğrafya ve kömür modellerinin beraber görünümü	121
<b>Şekil 4.54</b>	: Oluşturulan blokların kesitler halinde gösterimi	121
<b>Şekil 4.55</b>	: Ana ve alt blokların gösterimi	122
<b>Şekil 4.56</b>	: Rasgele seçilen blokun özellikleri	123
<b>Şekil 4.57</b>	: Lerchs-Grossmann algoritması ile belirlenen sınırların gösterimi	126
<b>Şekil 4.58</b>	: Basamak ve nakliyat yollarının görünümü	126
<b>Şekil 4.59</b>	: Topoğrafya, ocak sınırı, basamak ve nakliyat yollarının durumu	127
<b>Şekil 4.60</b>	: Alınması ekonomik olmayan üst ve alt kömürlerin üstten görünümü	127
<b>Şekil 4.61</b>	: Alınması ekonomik olmayan üst ve alt kömürlerin alttan görünümü	128
<b>Şekil 4.62</b>	: Ocaktan üretilecek üst ve alt kömür tabakaları	128
<b>Şekil 4.63</b>	: Nihai ocak hacminin tespitinde programın görünümü	129

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 2.1</b>	: Açık ocakta kullanılan bazı yükleyicilerin avantaj ve dezavantajları.....	19
<b>Tablo 2.2</b>	: Açık ocakta kullanılan temel taşıyıcıların avantaj ve dezavantajları.....	20
<b>Tablo 2.3</b>	: Genel yığın (berm) basamak dizayn boyutları .....	23
<b>Tablo 2.4</b>	: İki alternatifli üretim planı için nakit akışının incelenmesi .....	27
<b>Tablo 2.5</b>	: Dört alternatifli üretim planı için nakit akışının incelenmesi .....	32
<b>Tablo 4.1</b>	: Sahada bulunan görünür ve üretilebilir kömür rezerv miktarı.....	74
<b>Tablo 4.2</b>	: Gereksinimlerin karşılaştırılması için baz alınan ölçek .....	79
<b>Tablo 4.3</b>	: RI (rasgele indeks) değerleri .....	81
<b>Tablo 4.4</b>	: Dekapaj miktarı hesabı .....	94
<b>Tablo 4.5</b>	: Birinci yıl sonunda ocaktan üretilecek kömürün karakteristik özellikleri ve dekapaj miktarı .....	101
<b>Tablo 4.6</b>	: İkinci yıl sonunda ocaktan üretilecek kömürün karakteristik özellikleri ve dekapaj miktarı.....	103
<b>Tablo 4.7</b>	: Üçüncü yıl sonunda ocaktan üretilecek kömürün karakteristik özellikleri ve dekapaj miktarı .....	105
<b>Tablo 4.8</b>	: Dördüncü yıl sonunda ocaktan üretilecek kömürün karakteristik özellikleri ve dekapaj miktarı.....	107
<b>Tablo 4.9</b>	: Beşinci yıl sonunda ocaktan üretilecek kömürün karakteristik özellikleri ve dekapaj miktarı .....	109
<b>Tablo 4.10</b>	: Onuncu yılsonunda ocaktan üretilecek kömürün karakteristik özellikleri ve dekapaj miktarı .....	111
<b>Tablo 4.11</b>	: Onbeşinci yılsonunda ocaktan üretilecek kömürün karakteristik özellikleri ve dekapaj miktarı.....	113
<b>Tablo 4.12</b>	: Onyedinci yılsonunda ocaktan üretilecek kömürün karakteristik özellikleri ve dekapaj miktarı.....	115
<b>Tablo 4.13</b>	: Lerchs-Grossman algoritması sonuçları.....	125
<b>Tablo 4.14</b>	: Nihai ocak sınırları içerisinde üretilebilecek kömür miktarları .....	129

## ÖZET

### **AÇIK OCAK ÜRETİM PLANLAMASINDA COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİNİN (GIS) KULLANILABİLİRLİĞİ**

Maden ocaklarının planlanmasında bilgisayar destekli yazılımların yaygın olarak kullanılmasına karşın, coğrafi bilgi sistemleri ile teknik uygulamalar son derece kısıtlıdır.

GIS; madenciliğin hemen her aşamasında grafik ve grafik olmayan (öznitelik) veriler ile değerlendirme yapma olanağı yaratmaktadır. Yeryüzü şekillerini ve değişen topoğrafik yapıları haritaya dönüştürmek, bunların analizini yapmak ve sorgulamak, sistemin en belirgin avantajlarını oluşturmaktadır.

Tez kapsamında kısmen hipotetik bir kömür sahasında coğrafi bilgi sistemi yazılımı olan ArcInfo 9 kullanılarak, açık ocak üretim planlaması yapılmıştır. Çalışma sahasına ait veriler ocak planlamasında yaygın olarak kullanılan Vulcan (V.7) yazılımı ile değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak coğrafi bilgi sistemlerinin açık ocak üretim planlamasında kullanılabilirliği kanıtlanmıştır. Diğer madencilik yazılımları ile karşılaştırıldığında GIS'in konumsal ve istatistiksel analiz yeteneği, basit kullanımı ve ucuzluğu ile yakın gelecekte yaygın olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

## **SUMMARY**

### **USABILITY OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) IN OPEN PIT MINE PRODUCTION PLANNING**

Computer aided design programs are widely used in mining industry, whereas technical applications of GIS in this area are very limited.

GIS has promote to evaluate of graphical and non-graphical data in every step of mining activities. The main advantages of GIS are to examine dynamic topographical changing, mapping of sequential changing as well as to make analysis and querries of progressive mining activities.

In this thesis, open pit mine planning for a hypothetical coal field was realized by using ArcInfo 9, which is one of the GIS softwares. On the other hand, field data were also evaluated using Vulcan (V.7) mine planning software.

As a result; the usage of GIS software for the open pit mine production planning is proofed. It is considered that GIS software will be able to use because of its capability of spatial and statistical analyses, easy utilization and lower costs comparing with other conventional mining softwares.

## 1. GİRİŞ

Üretim planlaması; mal ya da hizmetlerin üretiminin istenilen zamanda, nicelikte ve kalitede yapılması ve gerekli işlemlerin uygulamaya konulması için konunun kuramsal yanının yazılı, biçimsel ve matematiksel olarak hazırlanması şeklinde tanımlanabilir. Cevher kitlesinin üzerinde bulunan örtü tabakasının kaldırılarak söz konusu cevherin üretildiği açık ocaklarda uzun, orta ve kısa olmak üzere üç dönem altında incelenen üretim planlaması; hedeflenen maksimum kâr doğrultusunda, talep edilen miktar ve kalitedeki cevher üretimini zamanında gerçekleştirmek için madencilik faaliyetlerinin kapsamını ve zamanını belirlemeyi içermektedir. Açık ocak üretim planlaması; nihai ocak sınırının belirlenmesi, ilk kazı başlangıç alanının tespiti, kazı ekipmanlarının seçimi, basamak planlaması ve üretim kazı sırasının belirlenmesi aşamalarından oluşmaktadır.

Maden sahalarında üretim yapmak amacıyla yapılan çalışmaların en önemli aşamasını tasarım ve planlama oluşturmaktadır. Maden projelerinin büyük bir çoğunluğu son derece karmaşık jeolojik koşullar içerdiği için ekonomik risklerin minimum seviyede tutulması ve yapılan analizlerin optimizasyonu büyük önem taşımaktadır. Günümüzde bu çalışmaların büyük bir bölümü bilgisayar destekli olarak, hazır paket programlar (Vulcan, Surpac, Data Mine, Mintec gibi) kullanılarak yapılmaktadır.

Konuma dayalı gözlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan bilgilerin bilgisayar ortamında toplanması, saklanması, işlenmesi ve farklı formatlarda çıktı alınarak kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS-GIS-Geographic Information Systems); yeryüzü şekillerini ve yeryüzünde gelişen olayları haritaya dönüştürmek ve bunları analiz etmek için gerekli olan bilgisayar destekli araçlardan oluşan bir sistem olarak tanımlanmaktadır (Aronoff, 1989).

Doğal kaynak yönetiminde oldukça geniş alanlarda kullanılan GIS; maden endüstrisindeki teknik uygulamalarda diğer disiplinlere göre daha geride kalmıştır. Bunun en önemli nedeni, madencilik tasarım ve planlama aşamasında daha çok bilgisayar destekli yazılım kullanımının yaygın olmasıdır. Ancak madencilik hemen hemen tüm safhalarında GIS'in özelliği olan grafik ve öznetelik verilerini aynı anda kullanmaya duyulan ihtiyaç, GIS'in madencilikte kullanımını gün geçtikçe artırmaktadır (Anon, 2002).

Doktora konu olan çalışmanın amacı, kısmen hipotetik olarak oluşturulan ve kömür içeren bir sahada açık ocak üretim planlamasının ilk defa klasik madencilik yazılımından farklı olarak bir coğrafi bilgi sistemi yazılımı olan ArcInfo ile yapılabilirliğini incelemektir.

Beş bölümden oluşan tezin birinci bölümünde giriş ve amaç, genel kısımlar adı altında sunulan ikinci bölümde açık ocak üretim planlaması ve coğrafi bilgi sistemleri incelenmektedir. Açık ocak üretim planlamasını oluşturan beş kriter; nihai ocak sınırının belirlenmesi, kazı başlangıç noktasının belirlenmesi, kazı makineleri gereksinimlerinin belirlenmesi, basamakların planlanması, kazı sırasının belirlenmesi genel hatları ile tanıtılmaktadır. İlgili bölümde, coğrafi bilgi sistemlerinin bilgisayar destekli tasarımdan farkı, elemanları, fonksiyonları ve kullanım alanları incelenmektedir.

Malzeme ve yöntem başlığı altında verilen üçüncü bölümde doktora tezine konu olan çalışma sahası tanıtılarak, söz konusu sahanın üretim ve ocak planlamasında kullanılan ArcInfo 9 ve Vulcan (V.7) yazılımları incelenmekte ve yapılan işlemler genel hatları ile verilmektedir.

Çalışma sahasına ait verilerle, ArcInfo 9 ve Vulcan (V.7) yazılımları ile yapılan tüm çalışmaları kapsayan dördüncü bölümde öncelikle açık ocak üretim planlamasında ilk olarak uygulanan ArcInfo 9 yazılımının kullanımı incelenmektedir. ArcInfo 9 yazılımı ile elde edilen bulguların madencilikte geniş kullanım alanı bulan Vulcan (V.7) yazılımı ile teyit edilmesi amacıyla, söz konusu yazılımla ocak planlamasına yönelik olarak gerçekleştirilen çalışmalar adımlar halinde verilmektedir.



Çalışma kapsamında elde edilen tüm bulguların tartışıldığı beşinci bölümde ise, yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

## 2. GENEL KISIMLAR

### 2.1. AÇIK OCAK ÜRETİM PLANLAMASI

Maden yatağı üzerindeki örtü tabakasının alınarak üzeri açılan maden kitlesinin üretiminin yapılmasıyla oluşan maden işletme yöntemi “açık işletme” olarak tanımlanmaktadır. Üretim planlaması ise istenilen zamanda, nicelikte ve kalitede maddelerin ya da hizmetlerin üretiminin yapılmasının sağlanması ve işlemlerin uygulamaya konulması için konunun kuramsal yanının yazılı, biçimsel ve matematiksel olarak hazırlanması şeklinde tanımlanabilir. Madenlerde üretim planlaması; maksimum kârın hedeflenerek, talep edilen miktar ve kalitedeki üretimin zamanında gerçekleştirilmesi için madencilik faaliyetlerinin oranını ve zamanını belirlemektir. Uzun, orta ve kısa olmak üzere üç dönem altında incelenen maden üretim planlaması genel hatlarıyla aşağıda belirtilen temel aşamalardan oluşmaktadır (Dağ, 1997):

- Nihai ocak sınırının belirlenmesi,
- Kazı başlangıç noktasının belirlenmesi,
- Kazı makineleri gereksinimlerinin belirlenmesi,
- Basamakların planlanması,
- Kazı sırasının belirlenmesi

#### 2.1.1. Nihai Ocak Sınırının Belirlenmesi

Maden üretim planlamasında ilk adım, işletme ömrü boyunca kârı maksimize edecek olan nihai kazı derinliği ve genişliğini belirlemektir (Ergin ve diğ., 1995). Bu büyüklük üretilecek olan cevher rezervi ve kaldırılacak olan dekapaj miktarı ile belirlenmektedir. Açık işletme sınırlarının belirlenmesinde çeşitli optimizasyon kriterleri bulunmaktadır. Bu kriterler (Selimoğlu, 2004; Hustrulid ve Kuchta, 1995);

- Ocağın toplam ekonomik değerinin maksimizasyonu
- Satılabilir ürünün ton başına değerinin maksimizasyonu
- Ton başına değer belirlenmiş bir sınırın altına düşmediği zamanki maden ömrünün maksimizasyonu
- Maksimum kâr
- Maksimum net bugünkü değer
- Maksimum kazanım'dır.

Açık işletme sınırlarının bilgisayar destekli belirlenmesi amacıyla geliştirilen bütün tekniklerde, ilk olarak maden yatağının blok modelinin oluşturulması gereklidir. Maden yatağı ve çevresinin tamamı üç boyutu bilinen büyük bir blok olarak düşünülür.

Düzenli-sabit, değişebilir ve düzensiz olmak üzere üç tür blok modeli vardır.

Blokların yüksekliği genel olarak açık işletmedeki basamakların yüksekliğine eşit olarak, diğer iki boyutu ise yatağın jeolojik yapısı, makine-ekipman seçimi ve genel şev açısına bağlı olarak seçilir.

Bloklara değer atanmasında poligon, uzaklığın tersi ve kriging yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Ekonomik blok envanterinin elde edilmesi için her bloka ait gelir-gider ve kâr değerlerinin bulunması gerekmektedir. Bu değerlerden hareketle, cevherin toplam değeri ile toplam maliyeti arasındaki kârı maksimum yapacak işletme sınırı saptanır. Sınır tespitinde (Onur ve Konak, 2002);

- a) İstatistiksel analizler doğru yapılmalı,
- b) Blok model düzenli oluşturulmalı,
- c) Sınır tespit yöntemi doğru seçilmeli, gerekirse farklı yöntemlerle de sınır tespiti yapılmalı,
- d) Maliyet ile ilgili değerler doğru belirlenmeli,
- e) Sınır tespit yönü doğru seçilmelidir.

Nihai açık işletme sınırının tespit edilmesinde kullanılan ve ocaktaki maksimum kârı gözetilen teknikler beş kategoriye ayrılabilir (Suboleski ve diğ., 1996):

- Sezgisel (heuristik) teknikler
- Dinamik programlama
- Doğrusal (lineer) ve tam sayılı (integer) programlama
- Şebeke (network) akım teorisi
- Graf teorisi

#### *2.1.1.1. Sezgisel (Heuristik) Teknikler*

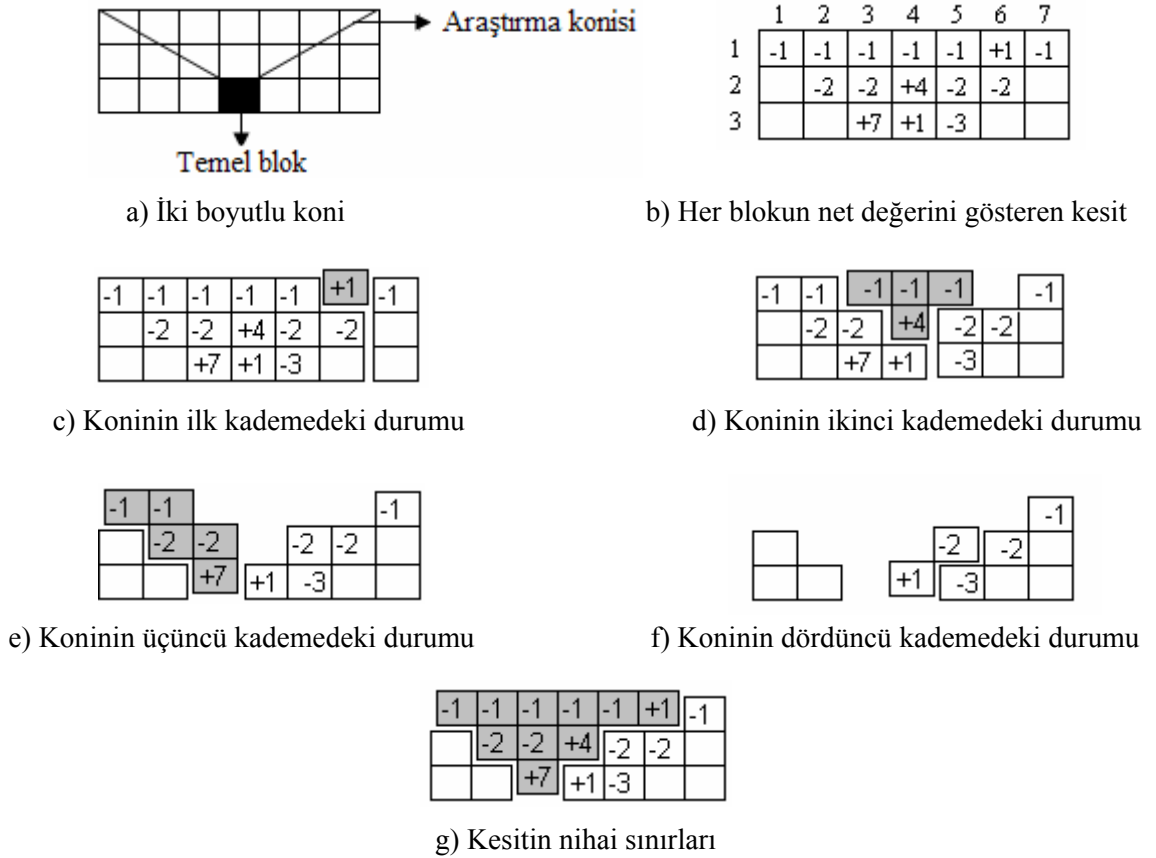
Nihai açık işletme sınır analizinde oldukça fazla kullanılan yöntemlerden birisi olan sezgisel optimizasyon teknikleri, gerçek optimal dizaynların yaratılmasında çoğu zaman başarılı olamamıştır. Kullanılan en yaygın sezgisel teknik, basit ve hızlı olması

sebebiyle hareketli koni algoritmasıdır. Programlama mantığının el ile yapılan (manuel) tekniklerden asıl farkı, nihai ocak geometrisini yaratmak için boy kesitler yerine üç boyutlu (3D) hareketli koni kavramını kullanmasıdır.

Hareketli koni yönteminde ocak, ters olarak oluşturulan koniye ait ucun bir bloktan diğer bir bloka hareketiyle yaratılmakta ve analiz edilmektedir. Koni şekli, yatağın farklı alanlarındaki ocak şev dizaynı kısıtlarına uyacak şekilde belirlenmektedir. Derinlik arttıkça koni büyümekte ve içerdiği blok sayısı artmaktadır (Selimoğlu, 2004). Koni içinde bulunan tüm cevher ve pasa blok değerlerinin toplamı ile her bir koniye ait net değer hesaplanmasında ve 3D (üç boyutlu) konik konfigürasyonların oluşturulmasında bilgisayar yazılımları kullanılmaktadır. Sonuç olarak, maksimum net değeri veren koni 3D açık işletme sınırı olarak belirlenmektedir.

Hareketli koni algoritmasında kullanılan adımlar Şekil 2.1 üzerinde anlatılmıştır (Hustrulid ve Kuchta, 1995). Şekil 2.1a'da verilen koni, kesit üzerindeki blokların (Şekil 2.1b) üst satırı boyunca soldan sağa doğru gezdirilir. Eğer pozitif değerlikli blok varsa, Şekil 2.1c'de görüldüğü gibi alınır. İlk satırın taranmasından sonra, koninin alt açıklığı ikinci satır üzerinde ilk pozitif blok bulununcaya kadar soldan sağa doğru dolaştırılır. Koninin içerisinde bulunan blokların toplamı pozitif veya sıfır ise söz konusu bloklar Şekil 2.1d'de görüldüğü gibi kaldırılır. Eğer blokların toplamı negatif ise bloklar bırakılır ve koni aynı satır üzerindeki diğer pozitif bloka kaydırılır. Blokların toplanması ve kaldırılması veya işlemin bitirilmesi tekrarlanır. Kesit üzerinde soldan sağa ve yukarıdan aşağı doğru dolaştırılarak yapılan hareketli koni prosesi, Şekil 2.1e ve 2.1f'de verildiği gibi, kaldırılacak blok kalmayıncaya kadar devam eder. Söz konusu kesitin kârlılığı, kaldırılan blokların değerlerinin toplamı ile bulunur. Aşağıda ele alınan kesitte, koninin dördüncü kademedeki durumu hariç, diğer koni değerleri pozitifdir. Buradan hareketle, kesitin nihai ocak sınırı Şekil 2.1g'de verildiği gibi olacaktır.

Pozitif ve negatif blokların sayılarından hareketle genel dekapaj oranı belirlenir. Söz konusu kesitin genel dekapaj oranı  $\frac{7}{3}$  olarak bulunur.



Şekil 2.1 Hareketli koni algoritması kullanılarak belirlenen nihai ocak sınırı

Barnes (1982) aşağıdaki görüşler doğrultusunda hareketli koni algoritmasının optimum ocak sınırlarını belirlemede yetersiz olduğunu öne sürmüştür. Bunlar;

- Kârlı blokların eksik kombinasyonları
- Nihai ocağın optimal ocak sınırlarının ötesine uzaması
- a ve b şıklarında bahsedilen iki problemin kombinasyonu

Ancak hareketli koni algoritması, her türlü şev açısında çalıştığı ve hızlı sonuç üretebildiği için optimum sonuç vermemesine rağmen en çok kullanılan yöntemdir.

#### 2.1.1.2. Dinamik Programlama

Açık ocağın optimum sınırlarını tayin etmek için orijinal dinamik programlama algoritmasının kullanılacağı, Lerchs ve Grossmann (1965) tarafından kanıtlanmıştır. Blok modelin verilen iki boyutlu (2D) kesitine ve belirlenen şev kısıtlarına bağlı olarak algoritma, her bir blok için orijinal blok değerinin sütun toplamı hesabıyla yürütülmektedir.

İki boyutlu dinamik programlama metoduna ait bir örnek Şekil 2.2’de verilmektedir. Blok değerleri (Şekil 2.2a) yukarıdan aşağıya doğru kümülatif olarak toplanır ve her bloktaki kümülatif değer o bloka yazılır. Bu değerler, bir bloktan yüzeye doğru olan blokların kümülatif değerini temsil etmektedir. Daha sonra, sol üst köşedeki bloktan başlanarak, her sütundan aşağı doğru gidilir. Blok içinden o bloğun solundaki üç bloktan en yüksek değeri olana doğru ok çizilir. Blokların alt tarafındaki değer, bloğun üst tarafındaki değer ile çıkan okun gösterdiği bloğun alt tarafındaki değer toplamı ile hesaplanır (Şekil 2.2b). Bu değer, söz konusu blok ve bloğun sol tarafındaki işletme sınırları içindeki cevherin toplam net değerini gösterir. Optimum açık işletme sınırının verdiği toplam net kâr, en üst satırdaki en yüksek değerdir. En yüksek olan bu değerden oklar takip edilerek açık işletme sınırı çizilir (Şekil 2.2c).

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2	-2	-2	+1	-2	+2	+1	-2	-2
3	-3	-3	+3	+4	-1	+4	-3	-3

a) Her bloğun net değerini gösteren bir kesit (Şev 1:1)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	+1
3	-3	-3	0	-3	+1	0	-3	-3
3	-3	-4	-1	-4	+1	+1	+2	-1
3	-6	-6	+3	+1	0	+4	-6	-6
3	-6	-9	-1	0	0	+5	-1	-4

b) Sütunların toplam değerini gösteren tablo

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	+1
2	-3	-4	-1	-4	+1	+1	+2	-1
3	-6	-9	-1	0	0	+5	-1	-4

c) Her bir bloğun ocak değerini gösteren tablo ve optimum ocak sınırı

Şekil 2.2 2D dinamik programlama algoritması kullanılarak belirlenen nihai ocak sınırı (Suboleski ve diğ., 1996)

Lerchs-Grossmann tarafından tanımlanan dinamik programlama yaklaşımı ile 2D kesitlerde optimal ocak sınırları yaratılmaktadır. Nihai 3D ocak geometrisi ise ocak boyunca alınan kesitlerle belirlenen geometrinin birleştirilmesi sonucu belirlenmektedir. Söz konusu 2D kesitlerin birleştirilmesiyle gerçek optimum sonuç elde edilememekte ve nihai sınırlar maksimum izin verilebilir ocak şevlerini ihlal edebilmektedir.

Son birkaç yılda, gerçek optimum 3D nihai ocak sınır dizaynının tespitine yönelik olarak, orijinal 2D algoritmanın genişletilmesi için birçok çalışma yapılmıştır. Johnson ve Mickle (1970), Johnson ve Sharp (1971), Barnes (1982) ve Koenigsberg (1982) tarafından geliştirilen algoritmalar komşu kesitlerin blok değer bilgilerini de dikkate almak dışında, orijinal 2D algoritmasına yakındır. Bu üç boyutlu yaklaşımlar, tüm blok modeli boyunca uygun olan ocak sevi ile kısıtlanmaktadır. Algoritmalarla oluşturulan ocak konfigürasyonu genel ocak şev kısıtlarına uygun olmayabilir. Bu durumda ocak çukuru olarak tanımlanan proses, uyumsuzluğu düzeltmek için son bir aşamaya daha gereksinim duymaktadır. Dolayısıyla, bu metod ile optimal sonuçtan uzak olan nihai ocak sınırları bulunabilmektedir (Suboleski ve diğ., 1996).

### 2.1.1.3. Doğrusal (Linear) ve Tam Sayılı (Integer) Programlama

Lineer programlama (LP); amaç fonksiyonunun ve kısıtların lineer olduğu optimizasyon problemlerinin çözümüne yönelik olarak kullanılan güçlü araçlardan biridir. Eğer bilinmeyen tüm değişkenlerin tam sayı olması istenirse, o zaman program “tam sayılı programlama” veya “tam sayılı lineer programlama” olarak adlandırılmaktadır. Söz konusu programlamalarda amaç, en fazla istenilen sonuca ulaşmaktır. Genel olarak, satılabilir her bir birim için maksimum kârlı veya minimum üretim maliyetli ödenek planı olarak tanımlanan “en fazla istenilen sonuç” optimizasyonun hedefidir (Winston, 1991; Anon, 2006).

Nihai ocak sınır problemi Denklem 2.1 ve 2.2’de verildiği gibi, basit 0-1 tamsayılı programlama problemi olarak formüle edilebilir.

$$\max Z = \sum_{n=1}^N C_n X_n \quad (2.1)$$

$$-X_t + X_n \leq C_n X_n \quad n = 1, 2, \dots, N \quad (2.2)$$

$$X_t, X_n \text{ tamsayı}$$

Bu eşitlikte  $N$  toplam blok sayısını,  $X_t$   $n$  cevher blokunun kazılması için üzerinden kaldırılması gereken bloku,  $C_n$   $n$  cevher blokuna ait değer veya kârı ifade etmektedir.

Tamsayılı programlama problemini çözmek için gerekli olan bilgisayar gücü, blok sıra kısıtlarının sayısı ile orantılıdır. Her blok için gerekli sıra kısıtları, blok kazılmadan önce

üzerinden ocak şev kısıtlarına bağlı olarak kaldırılması gereken her bir blokun bir kısıt denklemi kadardır. Bu da, blok model oldukça küçük değilse, modelin tanımlaması ve çözümlenmesi oldukça fazla miktarda bilgisayar kaynağı gerektirdiği için tamsayılı 0-1 programlama tekniğinin pratik olarak uygulanamayacağı anlamına gelmektedir (Suboleski ve diğ., 1996).

#### 2.1.1.4. Ağ (Network) Akım Teorisi

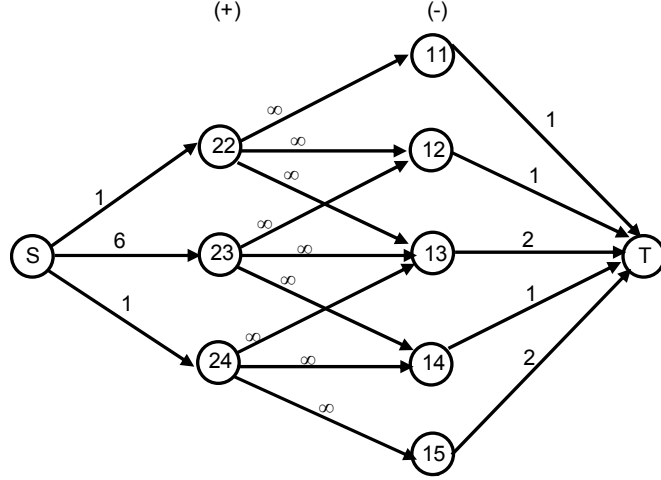
Nihai ocak sınırlarını belirlemek için kullanılan ağ akım modeli, maksimum akım algoritmasına dayanmakta olup, çözüm tekniği Johnson (1968) tarafından geliştirilmiştir. Problem, ağdaki düğüm noktalarının 3D blok modelindeki bloklara eşitlenmesi ve uygun madencilik sırası için gerekli olan ocak şev kısıtlarını temsil etmek için yayların (ark) oluşturulması şeklinde formüle edilmektedir. Her bir düğüm noktası; tamsayılı programlama probleminin gösterge değişkeni  $X_n$  olarak tanımlanmaktadır. Ağ arkları, pozitif değerlikli düğüm noktaları (potansiyel cevher) ile cevher düğüm noktasının kazılması için üzerinden kaldırılması gereken negatif değerlikli düğüm noktalarını (pasa) birleştirmektedir. Dolayısıyla bu arklar öncelikli kısıtları temsil etmektedir (Suboleski ve diğ., 1996).

Ağın oluşturulma aşamaları Şekil 2.3'de grafik olarak verilmiştir. Öncelikle, Şekil 2.3a'da verilen blok modeli içindeki tüm pozitif değerlikli bloklar (potansiyel cevher) şebekenin sol tarafına, negatif değerlikli bloklar ise şebekenin sağ tarafına yerleştirilir. Şekil 2.3b'de verildiği gibi pozitif değerlikli bloklar S (kaynak) sanal düğüm noktasına, negatif değerlikli bloklar T (terminal) sanal düğüm noktasına bağlanır. Pozitif değerlikli blokun kazılmasından önce o blokun üzerinden kaldırılması gereken negatif bloklara doğru arklar çizilir. S sanal düğüm noktasından her bir pozitif düğüm noktasına (cevher bloğu) ve pasa bloklarından T sanal blokuna doğru çizilen arkların kapasitesi blokların mutlak ekonomik değerlerine eşittir. Pozitif ve negatif bloklar arasındaki arkların kapasiteleri ise sonsuzdur (Barnes ve Johnson, 1988). Toplam ekonomik değeri maksimum edecek açık işletme nihai sınırını bulmak amacıyla maksimum akım algoritması kullanılmaktadır. Şekil 2.3c'de, algoritmanın uygulanması sonucu elde edilen arklar üzerindeki akım sonuçları ve düğüm noktalarının etiketlenmiş hali verilmektedir. Sonuç olarak optimum açık işletme nihai sınırları Şekil 2.3d'de gösterildiği gibi, elde edilen ağdaki etiketlenmiş olan blokların kazılması, etiketlenmemiş olan blokların bırakılmasıyla elde edilmiş olacaktır.

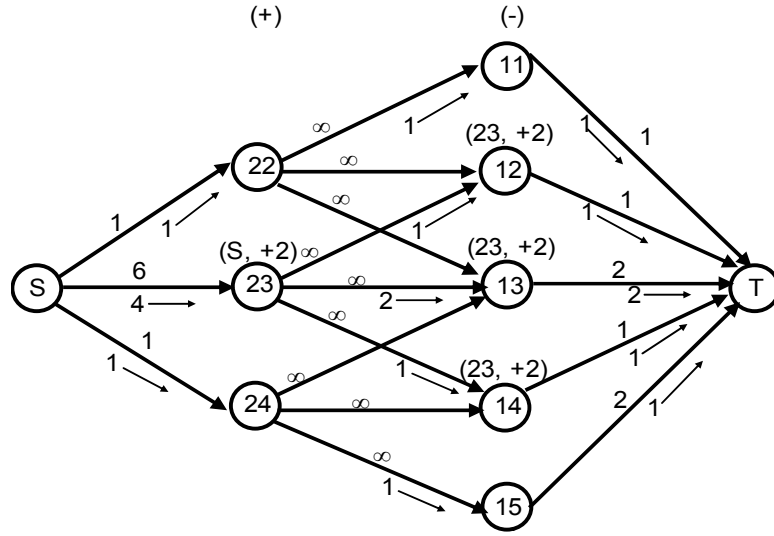


	1	2	3	4	5
1	-1	-1	-2	-1	-2
2		1	6	1	

a) 2D ekonomik blok model kesiti (Şev 1:1)



b) Blok modelin ağ gösterimi



c) Ağın optimum çözümü

	1	2	3	4	5
1					
2					

d) Optimum açık işletme nihai sınırı

Şekil 2.3 Ağ akış problemi olarak formüle edilen nihai ocak sınır problemi ve etiketleme algoritması ile çözümlenmesi

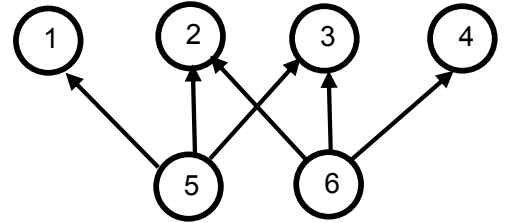
### 2.1.1.5. Graf Teorisi

Ocak sınırlarının belirlenmesi için graf teorisinin uygulanması Lerchs-Grossmann (1965) tarafından başlatılmıştır. Algoritma, ağ ağacında 0-1 tamsayılı programlama

problemi olarak formüle edilir. D düğüm noktaları maden bloklarına eşittir ve yüklü yönlendirilmiş arklar ocak şev kısıtını temsil etmektedir. Söz konusu yönlendirilmiş arklar, belirli cevher bloku ile söz konusu blokun kazısından önce üzerinden kaldırılması gereken pasa blokları arasındaki ilişkiyi göstermektedirler. Herhangi bir uygun ocak sınırı grafiğin kapanması sonucu elde edileceği için Lerchs-Grossmann nihai ocağı, maksimum toplam kütle ile grafik kapanımını belirleyecek problem olarak kabul etmişlerdir.

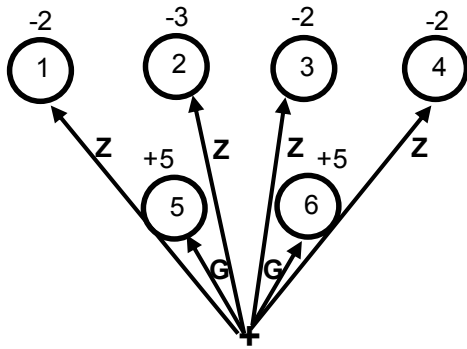
Algoritma, her bir düğüm noktasının blok değerlerine bağlı olarak pozitif (potansiyel cevher) veya negatif (pasa) olarak sınıflandırılması ile başlar. Daha sonra pozitif düğüm noktasından onun üzerinde bulunan negatif düğüm noktasına doğru çizilen ve şev kısıtını gösteren yönlendirilmiş arklar oluşturulur. Genel olarak, algoritma blok modelin en üst seviyesindeki bloklardan başlangıç grafik ağacının oluşturulması ile başlar ve sırasıyla aşağılara doğru devam eder. Başlangıç ağacı, kazılacak blok ile bu blokun üzerinden kaldırılması gereken tüm blokları birbirine bağlayan yay setinin meydana getirilmesi ile oluşturulur. Daha sonra bu ağaç, hiçbir ağaç kalmayınca kadar, kurallara uygun olarak oluşturulan ve birbirini izleyen ağaçlara dönüştürülür. Graf metodu Şekil 2.4’de verilmektedir (Suboleski ve diğ., 1996).

1	2	3	4
-2	-3	-2	-3
	5	6	
	+5	+5	

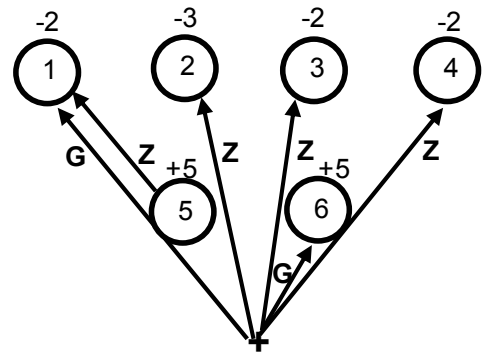


a) 2D ekonomik blok model kesiti (Şev 1:1)

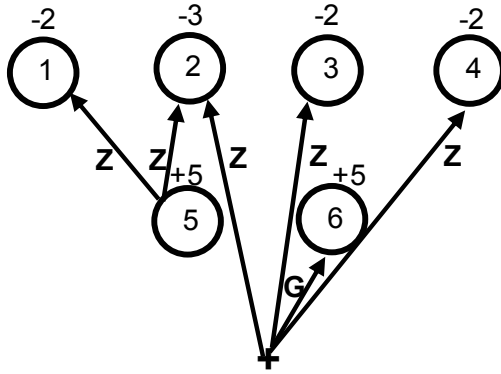
b) Yönlendirilmiş grafik gösterimi



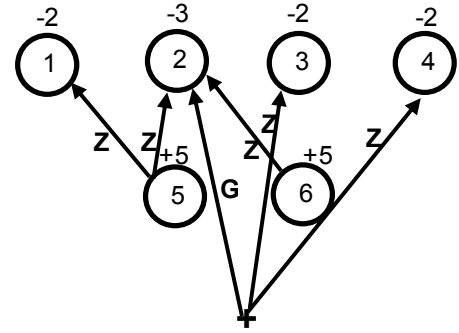
c) Grafiğin ilk aşamasının gösterimi  
(Z=zayıf dal, G=güçlü dal)



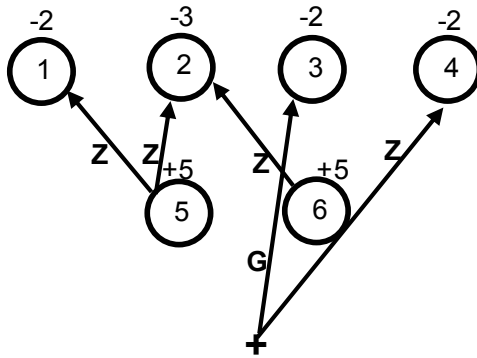
d) Ağacın ilk dönüşümü



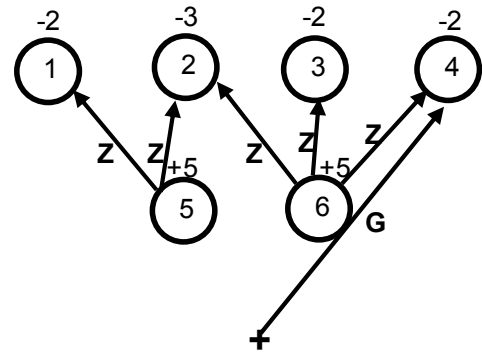
e) Ağacın ikinci dönüşümü



f) Ağacın üçüncü dönüşümü



g) Ağacın dördüncü dönüşümü

h) Maksimum kapanım ile son dönüşüm  
(net pozitif değerli tüm bloklar kazılabilir)

Şekil 2.4 Yönlendirilmiş graf algoritması kullanarak nihai ocak sınır probleminin formüle edilmesi ve çözülmesi

Graf algoritması, farklı ocak şevlerinde nihai ocak sınırının 3D olarak belirlenmesinde kullanılan oldukça pratik bir yöntemdir. Ancak söz konusu teknik, maksimum grafik kapanımını bulmak için oldukça fazla miktarda bilgisayar gücü gerektirmektedir. Gerekli olan bilgisayar ihtiyacını azaltmak için Huttagosol ve Cameron (1989) ağaç algoritmasını yeniden düzenlemişlerdir.

### 2.1.2. Kazı Başlangıç Noktasının Belirlenmesi

İlk kazı noktasının belirlenmesinde kaynakların atıl kalmaması ve piyasa koşullarına adaptasyon açısından, cevher üretimine en kısa sürede başlayabilme esası göz önüne alınmaktadır. Diğer bir deyişle, örtü tabakasının en ince olduğu bölge ilk kazı noktası olarak belirlenmektedir. Bununla beraber, ilk kazı noktası seçiminde aşağıda belirtilen kriterler de dikkate alınmaktadır (Dağ, 1997; Köse ve diğ., 2002):

- En kısa sürede cevher üretimine geçebilmek,
- Örtü/cevher (m/m) ve örtü/kazı oranlarının ( $m^3/ton$ ) minimum olması,

- Yeraltı suyunun olmaması veya minimum drenaj yapılması,
- Uygun topoğrafya,
- Tüketicie yakınlık,
- En az dış dökümün yapılması,
- Dış döküm sahasına en kısa mesafede olması,
- İç döküme hızlı geçiş,
- Cevher stok ve harmanlama sahasına en kısa mesafede olması.

Açık ocak madenciliğinde örtü kazı oranının düşük olduğu bölgelerden işletmeye başlamak, daha az ilk yatırımla cevher üretimini sağlayacaktır. Bu durumda, iç döküme çabuk geçilebileceği için dış döküm alan gereksinimi ve nakliye mesafesi azalacak ve projenin ekonomikliğı yükselecektir.

Sahanın topoğrafik yapısı, özellikle yüzey sularının etkileyebileceği alanlarda önem arz etmektedir. Ocak başlangıç yerinin şevleri, ani ve yüksek yağışların neden olduğu sel akıntı alanlarının içerisinde seçilmemelidir. Ani yağışlar daha başlangıçta ocağın su ile dolmasına ve üretim durmasına neden olabilmektedir. Ayrıca ilk kazı noktasının yeraltı suyunun az etkilediği bölgede seçilmesi, başlangıçta drenaj işlerini azaltmaktadır. Şev kayma olasılığının fazla olduğu ve büyük fay bölgelerinden uzak durulmalıdır. Eğimli yataklarda kazı aynasına su dolmasını engellemek amacıyla işletme yönü eğime dik veya meyil yükselme yönünde olmalıdır.

İşletme başlangıcında kazılan örtü tabakasının bir bölümü iç döküme geçilinceye kadar sahanın dışına dökülmek zorundadır. Uygun dış döküm alanlarını bulmak, özellikle yerleşim yerlerine yakın işletmelerde oldukça zor olmaktadır. Ayrıca nakliye giderleri dekapaj maliyetinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Dolayısıyla madencilik faaliyetlerine, uygun dış döküm alanlarına yakın yerden başlamak yararlı olacaktır.

İşletme yönüne göre belirlenen işletme şekli (paralel işletme, yelpaze işletme, üç yönde ilerleyen işletme) de kazı başlangıç noktasının belirlenmesinde önemli bir etken olmaktadır. Başlangıç yerini sahanın bir kenarından seçerek, eşit uzunluklarda basamak oluşturmak, paralel işletmelerde bantlı konveyör uygulamaları için oldukça yararlı

olmaktadır. Yelpaze işletme şeklinde kazı başlangıç yeri, oluşturulacak basamak boyalarının işletme süresince değişmemesi dikkate alınarak seçilmelidir.

### 2.1.3. Kazı Makineleri Gereksinimlerinin Belirlenmesi

Ocak geometrisi ve ocak dizaynını oluşturan teknik parametreleri (ocak eğimi, basamak yüksekliği, blok boyutları ve geometrisi, kazı sırası, nihai ocak sınırı gibi) etkileyen ekipman seçim prosesi; ekipman tipi, boyutu ve ünite sayısının seçimini içermektedir. Açık ocak kazı ekipman seçiminde çoğunlukla aşağıda açıklamaları yapılan dört grup faktör göz önünde tutulmaktadır (Başçetin, 1999; Lizotte, 1988):

- Performans Faktörleri: Çevrim (periyot) hızı, mevcut kuvvet, kazı oranı, kepçe kapasitesi, seyahat hızı ve dayanıklılığını içeren bu faktörler, makine verimliliği ile doğrudan ilişkilidir.
- Dizayn Faktörleri: Bu faktörler, detaylı dizayn verimliliği ve kalitesinin, uygulanan teknoloji seviyesi ve kontrol-kuvvet (güç) mevcudiyet türlerinin kavranmasını içerir.
- Destekleme (Yedek Parça Temini) Faktörleri: Makinenin değerlendirilmesinde bazen önemsenmeyen ve ihmal edilen destekleme faktörleri, ekipmanın servise girmesinde ve tamir-bakımında önemini gösterir. Servis kolaylığı, parça mevcudiyeti, üretici firmanın desteği ve ilgili özel beceriler ekipman seçiminde önemli konulardır.
- Maliyet Faktörleri: Ekipman seçiminde genellikle en fazla belirleyici faktör olan maliyetler, standart tahmin yöntemleri ile ekipmanın ömrü, faiz oranları, enflasyon, yakıt ve tamir-bakımları göz önünde bulundurularak belirlenir. Açık ocak madenciliğinde maliyetleri etkileyen bazı temel faktörler operasyonun boyutu, üretilen malzemenin türü ve hareket mesafesidir.

#### 2.1.3.1. Ekipman Seçim Prosesi

Ekipman seçim prosesinin amacı, belirli miktardaki malzemeyi bilinen bir uzaklığa verilen bir zaman içerisinde hareket ettirmeye uygun tek bir makine veya makine kombinasyonları seçmektir. Ekipman seçiminde uygulanan adımlar aşağıda açıklanmıştır (Sweigard, 1996):

- a) Gerekli üretimin belirlenmesi: Toplam üretim gereksinimi; satış projeksiyonları, satış kısıtlamaları, mevcut rezerv miktarı ve söz konusu şirketin diğer işlemleri gibi birçok dış faktörden etkilenebilir. Yönetim, tüm bu faktörleri göz önüne alarak

üretilecek toplam mineral miktarı için bir karar vermelidir. Üretim gereksinimleri genellikle bir yıl için tespit edilir.

Yıllık toplam üretim gereksinimi, her bir faaliyet için günlük veya saatlik üretim oranlarına daha sonra dönüştürülür. Geri kazanım yüzdesi, cevher tenörü ve kazı oranı gibi çeşitli faktörler belirli operasyonlar için üretim oranını etkileyecektir. Dolayısıyla yükleme ve taşıma üretim oranları, cevher ve dekapaj için ayrı ayrı belirlenmelidir.

b) Ulaşım ve taşıma güzergahının belirlenmesi: Sabit ekipman bir bölgede malzemeyi yükler ve daha sonra ikinci bölgede söz konusu malzemeyi boşaltır. Makinenin yükleyebileceği ya da boşaltabileceği maksimum yatay mesafe, o makinenin ulaşımı olarak tanımlanır. Makinenin gerekli ulaşımının belirlenmesinde üretilecek yatağın geometrisi birincil faktördür.

Taşıma güzergahı; seyahat etmesi gereken mobil ekipmanın mesafesi ve eğimini ifade etmektedir. Gerek mobil taşıyıcılar gerekse kombine mobil yükleyici-taşıyıcılar için yükleme noktası ile boşaltma noktası arasında bir mesafe vardır. Ancak bu mesafenin düz bir hat olması gerekli değildir. Taşıma güzergahlarının belirlenmesinde topoğrafya birincil faktör olarak dikkate alınırken, ayrıca arazi sınırları ve arazi mülkiyetleri de göz önünde tutulur.

c) Periyot Süresinin Hesaplanması: Makinenin periyot süresi başlıca “sabit” ve “değişken” olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. Sabit bileşen; dönme, boşaltma, yükleme gibi işlemleri kapsar. Periyot süresinin sabit olduğu işlerdeki süre, ekipmanın yapısı ile ilgilidir ve bir şekilde önceden saptanmıştır. Değişken bileşen ise, mobil ekipman için seyahat süresiyle ve sabit ekipman için salınım (swing) süresi ile ilişkilidir. Mobil ekipmanlar için seyahat süresi oldukça değişken olup, sadece taşıma mesafesine değil aynı zamanda taşıma güzergahının geometrisine ve araç hızına bağlıdır.

d) Kapasitenin hesaplanması: Üretim oranı, periyot süresi ve kapasite arasındaki ilişki oldukça basittir ve aşağıdaki formülle ifade edilir:

$$\text{Üretim Miktarı} = \text{Kapasite} \times (\text{Çevrim sayısı/birim zaman}) \quad (2.3)$$

Tüm verimlilik faktörleri göz önünde tutulduğunda;

$$\text{İşletme Verimliliği} = \text{Üretim oranı} \times \text{Verimlilik faktörleri} \quad (2.4)$$

Gerekli kapasitenin hesaplanması, üretim gereksinimleri oluşturulduğunda ve periyot süreleri ve tüm verimlilik faktörleri için tahminler yapıldığında daha doğru olacaktır. Makinelerin belirli hacimden ziyade belirli ağırlıkları taşımak için dizayn edilmeleri unutulmamalıdır. Bu yüzden, makinenin hesaplanan kapasitesi malzemenin yoğunluğu ile düşünülmelidir. Çünkü istenilen üretime seçilen makine ile ulaşılabilir.

e) Verimliliği artırmak için yineleme: Yukarıda bahsedilen (c) adımında belirlenen taşıma güzergahına bağlı olarak hesaplanabilen periyot süresi için kullanılacak makine sınıfı hakkında belirli kabuller yapılmıştır. (d) adımında hesaplanan kapasite, (c) adımında varsayılan makine sınıfı ile elde edilemeyebilir. Bu da kapasite dizaynında daha fazla incelik gerektiren periyot zamanının ayarlanmasını gerektirir. Tatmin edici bir sonuçtan önce birkaç yineleme (iterasyon) yapılması gerekli olabilir. Bununla birlikte, taşıma ve yükleme problemi burada birden fazla ekipman ile çözülebilir. Üretim oranının kapasite ile doğru orantılı ve periyot süresi ile ters orantılı olduğunun bilinmesiyle mühendis, maliyet karşılaştırması amacıyla birkaç yükleme ve taşıma alternatifi üretmek için farklı iterasyonlar yapabilir.

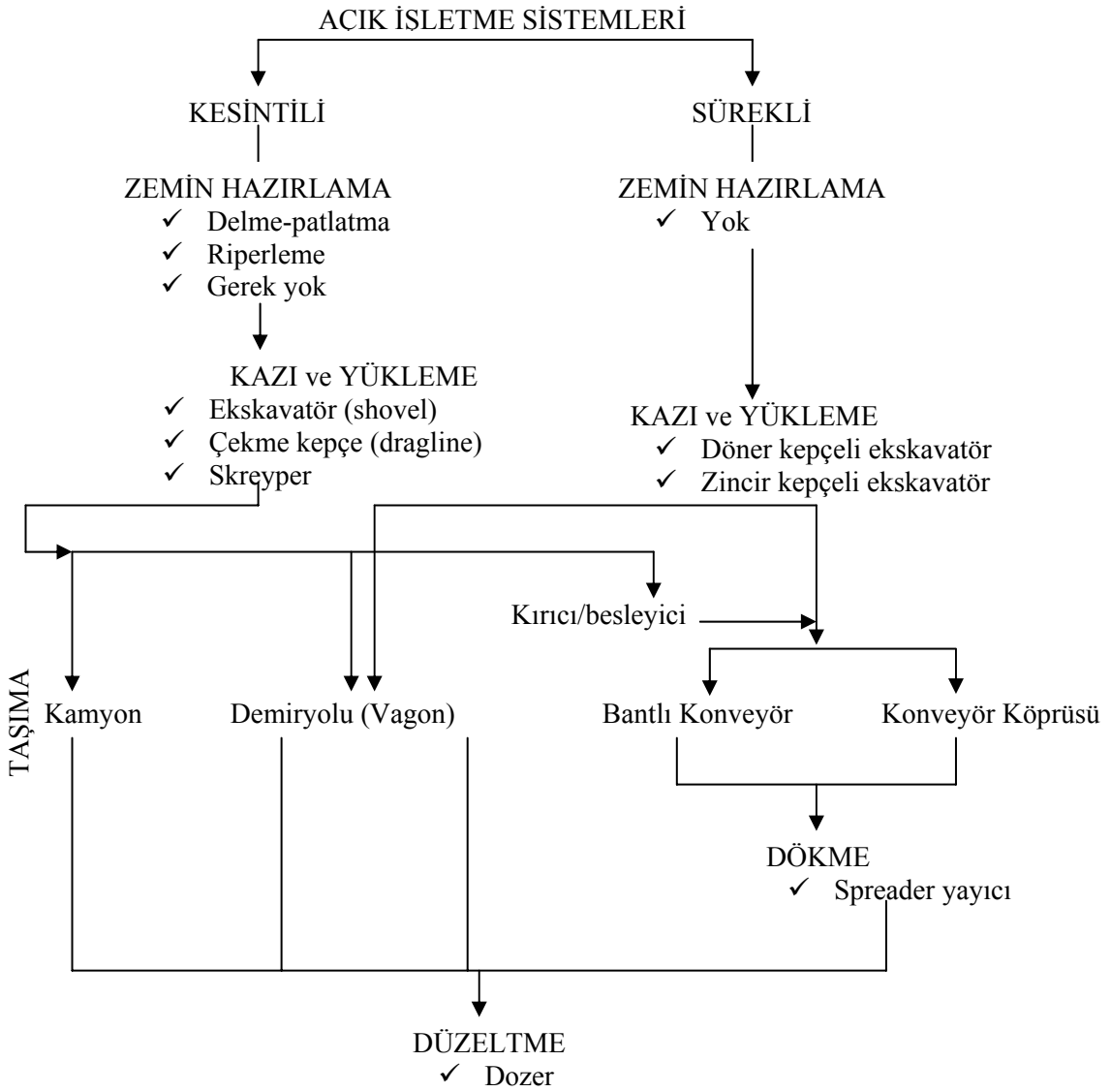
f) Filo büyüklüğünün hesaplanması: Filo içerisinde bulunan herhangi bir makine işlevini yapamasa da üretim devam ettirilebilir. Tek makineli operasyonlarda, söz konusu makine mekanik olarak mevcut olmadığında üretim duracaktır. Verilen filo büyüklüğü için zamanın herhangi bir anında mevcut olacak makine sayısının olasılığını hesaplamak için çeşitli algoritmalar bulunmaktadır. Üretim gereksinimlerini sağlamak için gerekli olan toplam makine sayısı, olasılıklı kümülatif mevcudiyeti kullanarak belirlenebilir.

g) Yatırım ve işletme maliyetini azaltmak için yineleme: Ekipman seçim prosesinin teknik yönü, uygun olan taşıma ve yükleme sistem alternatiflerinin sayısını belirleyecektir. Söz konusu alternatifler; tek bir makine, arka arkaya çalışan bir makine çifti ya da makine filosu olabilir. Kapital maliyeti; işletme maliyeti ve ekipmanın tahmin edilen ömründeki farklılıkları düşünerek her bir birim üretim toplam maliyetini değerlendirmek için maliyet karşılaştırması yapılmalıdır. Diğer bir deyişle, en uygun ekipman seçimi mevcut üniteler arasında ocak ömrüne dayalı ekonomik analizleri içermelidir (Kesimal, 1997). Geleneksel mühendislik ekonomisi analizlerinin ötesinde yapılabilecek diğer bir adım da, çeşitli sistemlerin bilgisayar simülasyonudur. Simülasyon, deterministik ekipman seçimi algoritmalarının tabiatında var olan çok sayıdaki tahminleri (üretim, maliyet) sağlar. Bu teknikler sadece alternatiflerin doğru

karşılaştırılmasını mümkün kılmaz, aynı zamanda en iyi alternatiflerle sonuçlanabilecek sistem dizaynındaki potansiyel değişikliklerin belirlenmesine de yardımcı olur.

### 2.1.3.2. Dekapaj ve Üretim Sistemleri

Açık işletme üretim yönteminde dekapaj ve üretim sistemleri Şekil 2.5’de verildiği gibi kazının kesintili veya sürekli olmasına göre sınıflandırılmaktadır. Cevherin bulunduğu yerden alınıp kaldırılarak örtü döküm sahasına veya depolanmak üzere silolara ulaştırılması için nakliye düzeneğine verilmesine “yükleme” denir. Belirli uzunluktaki periyotlar şeklinde kesintili kazı yapılan ocaklarda yükleme ve taşıma olmak üzere iki ana operasyon gerçekleştirilirken, delme-patlatmaya gerek duyulmadan sürekli kazı yapılan ocaklarda kazı ve yükleme aynı anda yapılır.



Şekil 2.5 Teknolojik işlemlere göre açık işletme ekipman sınıflaması (Kahrıman, 1993)



Günümüzde, yerüstü madenciliğinde kullanılan ekipmanların boyutları, yüksek üretim kapasitesi ve düşük birim kazı maliyeti ile orantılı olması nedeniyle gün geçtikçe büyümektedir. Bugün açık ocaklarda 350 ton taşıma kapasiteli kamyonlar, 170 m<sup>3</sup> kepçe hacimli draglinelar, 140 m<sup>3</sup> kepçe hacimli shovellar ve 240000 m<sup>3</sup>/gün kazı kapasiteli döner kepçeli ekskavatörler kullanılabilir. Tablo 2.1 ve 2.2'de açık ocak madenciliğinde yaygın olarak kullanılan yükleyici ve taşıyıcı ekipmanların avantaj ve dezavantajları verilmektedir.

Tablo 2.1 Açık ocakta kullanılan bazı yükleyicilerin avantaj ve dezavantajları (Başçetin, 1999)

Makina	Avantajlar	Dezavantajlar
Ekskavatör (Shovel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Yüksek verimlilik,</li> <li>✓ Büyük blok malzemeler dahil, her tip malzemeyi tutabilme,</li> <li>✓ Birim m<sup>3</sup> (yd<sup>3</sup>) kepçe kapasitesi için düşük sermaye maliyeti,</li> <li>✓ Zayıf patlatma yapılmış ve dayanıklı malzemeleri iyi kazma yeteneği.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Kömüre zarar verme,</li> <li>✓ Su basmalarına karşı hassaslık,</li> <li>✓ Zayıf stabiliteye sahip yığınları kolayca kavrayamama,</li> <li>✓ Derin yataklanmalarda dragline maliyeti ile karşılaştırıldığında yeteneğinde azalma,</li> <li>✓ Sınırlı mobilite,</li> <li>✓ Sert işletme koşulları için sınırlılık,</li> <li>✓ Bazı kazılar (strip mining) hariç atık yığına için yardımcı ekipman gerekliliği.</li> </ul>
Dragline (Çekme kepçe)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fleksibil operasyon, kolay hareket,</li> <li>✓ Oldukça fazla derin kazı yeteneği.</li> <li>✓ Zayıf bir stabiliteye sahip malzemeyi taşıyabilme ve yığılabilmek,</li> <li>✓ Bozuk yığın kenarları ve su basmalarında tamamen güvenlilik,</li> <li>✓ Kömürde daha fazla üretim yüzdesi,</li> <li>✓ Düşük bakım maliyeti,</li> <li>✓ Pürüzlü ve dalgalı kömür damarından etkilenmeme yeteneği,</li> <li>✓ Meyil aşağı ve yukarı kazı yapabilme.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Basamak hazırlığı gerekliliği,</li> <li>✓ Zayıf patlatmalarda iyi kazı yapamama özelliği,</li> <li>✓ Birim m<sup>3</sup> (yd<sup>3</sup>) kepçe kapasitesinde daha yüksek sermaye maliyeti,</li> <li>✓ Shovel boyutuna oranla üretimdeki verimliliğin %75-80 olması.</li> </ul>
Skreyper	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fleksibil ve yüksek manevra yeteneği,</li> <li>✓ Orta derecede meyil kabiliyeti.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ İyi yol şartları gerekliliği,</li> <li>✓ Toprak ve küçük parçalı malzemelerle sınırlılık,</li> <li>✓ Bazı durumlarda itmeli yükleme gerekliliği,</li> <li>✓ Yüksek işletme maliyeti.</li> </ul>
Döner Kepçeli Ekskavatör	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sürekli operasyon,</li> <li>✓ Uzun boşaltma düzeni,</li> <li>✓ Uzun duvarlı basamakta veya kömür damarı üzerinde çalışabilme özelliği,</li> <li>✓ Zayıf stabiliteli malzemeyi kolayca taşıyabilme,</li> <li>✓ Reklamasyon çalışmalarında kullanım,</li> <li>✓ Çok rijit koşullar altında çalışabilme,</li> <li>✓ Yüksek miktarda üretim yeteneği.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sert malzemeleri kazamama özelliği,</li> <li>✓ Yüzey hazırlığı gerekliliği,</li> <li>✓ Fazla bakım ekibi gerekliliği,</li> <li>✓ Yüksek sermaye maliyeti,</li> <li>✓ Su basmalarına karşı hassaslık,</li> <li>✓ Kömüre zarar verme,</li> <li>✓ Zayıf mobilite,</li> <li>✓ Kolay kazı şartları ile sınırlılık,</li> <li>✓ Yardımcı yığınlama sistem gerekliliği.</li> </ul>

Tablo 2.2 Açık ocakta kullanılan temel taşıyıcıların avantaj ve dezavantajları (Başçetin, 1999)

Makine	Avantajlar	Dezavantajlar
Kamyon	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓Fleksibil ve yüksek manevra yeteneği,</li> <li>✓Kaba, iri blokları taşıyabilme,</li> <li>✓Orta derecede meyil kabiliyeti.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓İyi yol şartları gerekliliği,</li> <li>✓Kötü hava şartlarında yavaşlama,</li> <li>✓Yüksek işletme maliyeti.</li> </ul>
Demiryolu	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓Yüksek iş miktarı,</li> <li>✓Düşük maliyet,</li> <li>✓Sınırsız taşıma mesafesi,</li> <li>✓Kaba, iri blokları taşıyabilme özelliği.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓Yüksek ray bakım maliyetleri,</li> <li>✓Mühendislik spesifikasyonları açısından rayların dikkatli intibak gerektirmesi,</li> <li>✓%3'den fazla ters eğimlerde taşıma yapamama özelliği,</li> <li>✓Yüksek yatırım maliyeti.</li> </ul>
Bant Konveyör	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓Yüksek iş miktarı ve süreklilik,</li> <li>✓Çok iyi eğimlendirilebilirlik,</li> <li>✓Düşük işletme maliyeti,</li> <li>✓Yüksek miktarları uzun mesafelere, düşük ünite maliyeti ile taşıma özelliği..</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓Fleksibil olmama,</li> <li>✓İyi bir bant ömrü için ufak boyutlu malzemeyi taşıyabilme özelliği,</li> <li>✓Yüksek yatırım maliyeti.</li> </ul>
Dozer	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓Fleksibilite,</li> <li>✓İyi meyil kabiliyeti,</li> <li>✓Pürüzlü araziye düzenleme özelliği.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓Kısa taşıma mesafesi ile sınırlılık,</li> <li>✓Kesintili operasyon,</li> <li>✓Düşük iş miktarı.</li> </ul>

Bazı kazı yöntemlerinin her türlü kayaçta uygulanabilmesi ya da sürekli ve kesintili üretim yöntemlerinin kombine olarak çalışmasından dolayı, dekapaj ve üretim yöntemleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Onur ve Konak, 2002; Saltoğlu, 1992):

#### 1) Ekskavatör (Tek Kepçeli) Yöntemi

- Ekskavatör + Kamyon Yöntemi
- Ekskavatör + Kırıcı + Bantlı Konveyör Yöntemi
- Ekskavatör + Demiryolu Yöntemi

#### 2) Dragline Yöntemi

- Ekskavatör + Kamyon + Dragline Yöntemi
- Çift Dragline Yöntemi

#### 3) Döner Kepçeli Ekskavatör Yöntemi

- Döner Kepçeli Ekskavatör + Bant Dökücü Yöntemi
- Döner Kepçeli Ekskavatör + Demiryolu + Dökücü Yöntemi
- Döner Kepçeli Ekskavatör + Bantlı Konveyör + Bant Dökücü Yöntemi

#### 4) Loder + Kamyon Yöntemi

#### 5) Ripper + Skreyper Yöntemi

#### 6) Kombine Yöntemler

- Döner Kepçeli Ekskavatör + Bantlı Konveyör + Dragline Yöntemi

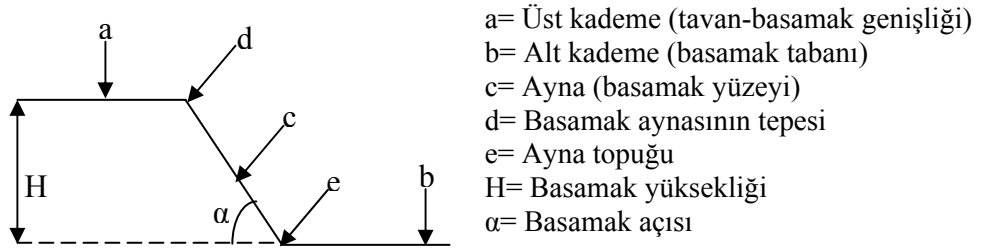
- Ekskavatör + Mobil Kırıcı + Bantlı Konveyör + Dragline Yöntemi
- Ekskavatör + Kamyon + Ekskavatör + Mobil Kırıcı + Bantlı Konveyör Yöntemi

Yukarıda belirtilen dekapaj ve üretim yöntemlerinin, teknik ve ekonomik açıdan birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Teknik yönden uygulanabilirliği mümkün olan yöntemler içinden seçim yapılırken ekonomiklik ön plana çıkmaktadır. Açık ocak madenciliğinde kullanılan ekipmanların gerek ilk yatırım gerekse işletme maliyetlerini kapsayacak olan ekonomik değerlendirme sonucunda uygulanacak yöntemin belirlenmesi gerekmektedir. Ekipmanların ilk yatırım giderleri sabit olsa da birim işletme giderleri operasyonun boyutu, üretilen malzemenin türü ve hareket mesafesine bağlı olarak farklılıklar gösterir. Yapılan araştırmalarda değişik örtü kalınlıklarında dragline en ekonomik yöntem olarak belirlenirken, ekskavatör + kamyon yöntemi en pahalı yöntem olarak ortaya çıkmaktadır (Onur ve Konak, 2002; Başçetin, 1999).

#### 2.1.4. Basamakların Planlanması

Açık ocak işletmeciliğinde üretime dönük kazıyı oluşturan en küçük geometrik yapıdaki birim “basamak” olarak tanımlanmaktadır. Kullanım amacına göre; basamak, ara basamak ve berm olarak isimlendirilmektedir.

Basamaklar; üzerinde kazı makineleri, tumba veya nakliye araçlarının bulunduğu düzlemlerdir. Bir açık işletme basamağını tanımlayan terimler Şekil 2.6’da verilmektedir.



Şekil 2.6 Bir açık işletme basamağına ait terimler (Karpuz ve Hindistan, 2005)

Basamak geometrisi oluşturulurken aşağıda verilen adımlar izlenmelidir (Hustrulid ve Kuchta, 2006):

- Yatak özellikleri (toplam tonaj, tenör dağılımı, değer vb.); kesin geometrik yaklaşımı ve üretim stratejisini belirler.
- Üretim stratejisi; günlük cevher-dekapaj üretim oranını, selektif madenciliği ve çalışılacak alanların sayısını etkiler.
- Üretim gereksinimleri; ocakta kesin olarak kullanılacak ekipman takımını belirler.
- Her bir ekipman takımı optimum ortak bir geometriye sahiptir.
- Takımda bulunan ekipmanın her bir parçası ortak bir işletme geometrisine sahiptir.
- Uygun basamak geometri dizisi oluşur.
- Dekapaj oranı, işletme ve yatırım maliyetleri, şev stabilitesi gibi parametreler göz önünde bulundurularak sonuçlar değerlendirilir.
- Farklı alternatifler içerisinde en iyi olanı seçilir.

Basamak aynasının topuğu ile ayna tepesi arasındaki yatay mesafeyi ifade eden basamak genişliği; uygulanan delik delme makinesi, yükleyici ve kamyon gibi iş makinelerinin boyutlarına, genel şev açısı ve basamak açısına, kazı teknolojisine ve iş organizasyonuna bağlıdır. Çalışma basamaklarının genişliği saptanırken, yükleme ve nakliye ekipmanlarının iş güvenliği koşullarına uygun olarak, birbirlerinin çalışma performanslarını etkilemeyecek şekilde çalışabilmelerine olanak sağlayacak durumda olmasına özen gösterilmelidir. Basamak genişliğinin artması genel şev açısını düşürürken, azalması çalışma koşullarını olumsuz yönde etkilemektedir. Burada önemli olan optimal koşulları oluşturacak çözümü bulmaktır (Hustrulid ve Kuchta, 1995; Köse ve diğ., 2002).

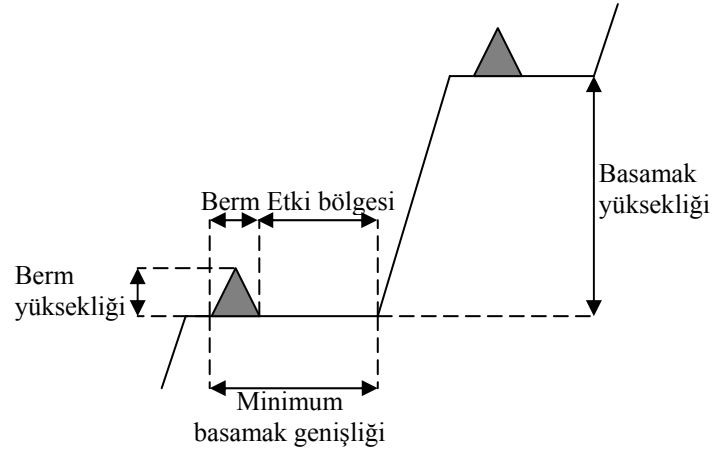
Başlangıç kazısı sırasında her bir kademedeki, genişlikleri basamak yüksekliğine bağlı olarak değişen güvenlik basamakları oluşturulmaktadır. Güvenlik basamak genişliğinin genellikle basamak yüksekliğinin 2/3'ü kadar olması tercih edilmektedir. Maden ömrü sonunda bazen güvenlik basamak genişliği, basamak yüksekliğinin yaklaşık 1/3'üne kadar indirilmektedir.

Güvenlik basamağı oluşturulmasının yanı sıra, basamak ayna tepesinin yanında berm olarak da tanımlanan yığınlar oluşturulmaktadır. Ayna topuğu ile kendisi arasında

hendek oluşmasını sağlayan bu yığınlar, aynadan düşen kayaların yakalanmasını sağlamaktadır. Tablo 2.3 ve Şekil 2.7’de sırasıyla, basamak yüksekliklerine bağlı olarak oluşturulması gereken yığın boyutları ve yığın geometrisi verilmektedir.

Tablo 2.3 Genel yığın (berm) basamak dizayn boyutları (Hustrulid ve Kuchta, 2006)

Basamak yüksekliği (m)	Etki bölgesi (m)	Berm yüksekliği (m)	Berm genişliği (m)	Minimum basamak genişliği (m)
15	3,5	1,5	4	7,5
30	4,5	2	5,5	10
45	5	3	8	13



Şekil 2.7 Yığın (berm) basamak geometrisi (Hustrulid ve Kuchta, 2006)

Köprü ve yüksekte bulunan nakliyat yollarına yapılan güvenlik yığınları da ocakta kullanılan kamyon ve diğer ekipmanların devrilmesini engellemektedir. Bu amaçla oluşturulan yığınların yükseklikleri, tekerlek yarıçapından büyük veya yarıçapa eşit olmalıdır. Yığın açısı yaklaşık  $35^{\circ}$  olarak alınır.

Basamak yüksekliği; ocağın her bir yatay tabakası arasındaki dikey uzaklık olarak tanımlanmaktadır. Jeolojik koşullar aksini gerektirmediği sürece, tüm basamak yüksekliklerinin aynı olması istenir. Basamak yüksekliği; yatağın fiziksel koşullarına, cevherin ve yan taşların ayrı olarak alınması ile sağlanacak selektif madenciliğin derecesine, üretimi gerçekleştirecek ekipmanların büyüklüğüne ve tipine, ülke maden mevzuatlarına ve iklimsel koşullara bağlı olmaktadır (Armstrong, 2006; Fourie ve Gerald, 1996). Kullanılan kepçeli yükleyici veya ekskavatör, basamağın en yüksek kısımlarına veya yakınlarına kadar ulaşabilmelidir. Örtü tabakası veya cevher sadece kepçe vasıtasıyla yerinden koparılıyorsa, basamağın üst kısmına kadar uzanmak daha fazla önem kazanmaktadır. Basamakların yüksek olması verimi artırmaktadır.

Tehlikesiz hacimdeki ufak göçük ve kaymalar, çalışma için tehlike oluşturmadığı sürece üretim için faydalı olmaktadır. Basamak yüksekliği azaldıkça verim azalmakta ve her basamakta yapılması gereken yolların uzunluğu artmaktadır. Ancak, basamak yüksekliği azaldıkça iş emniyeti artmakta ve ayrı olarak alınacak malzemelerde daha az karışma olduğundan selektif madencilik imkanı artmaktadır (Saltoğlu, 1992).

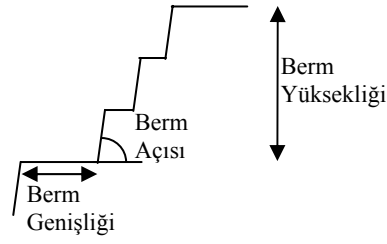
Basamak yüksekliğinin 10 m'den az, 30 m'den fazla olmaması istenir. Faydalı cevher damarı dar ise, örtü tabakasının ayrı alınması suretiyle damar kalınlığına göre basamak dizayn edilmelidir. Bununla beraber ufak bir bölgenin, basamak yüksekliğini aşması durumunda yeni bir basamağın oluşturulması ekonomik olmayabilir. Bu şartlar altında meyilin azaltılması ile sınırlı bir süre için 30 m'den yüksek basamakta çalışma gerçekleştirilebilir.

Basamak açısı; basamak aynasının tepe noktası ile topuk noktasını birleştiren çizginin yatayla yapmış olduğu açı olarak tanımlanmaktadır. Kayaç özelliklerine, yüzey eğimine ve patlatma deneyimlerine bağlı olarak değişen basamak açısı, ocak genel şev açısını direk olarak etkilediğinden çok dikkatli olarak ele alınması gereken bir konudur. Oldukça sert kayaçlı ocaklarda basamak açısı yaklaşık olarak  $55^{\circ}$ 'den  $80^{\circ}$ 'ye kadar değişmekte olup genel olarak başlangıç dizayn değeri  $65^{\circ}$  olmalıdır (Hustrulid ve Kuchta, 2006; Fourie ve Gerald, 1996).

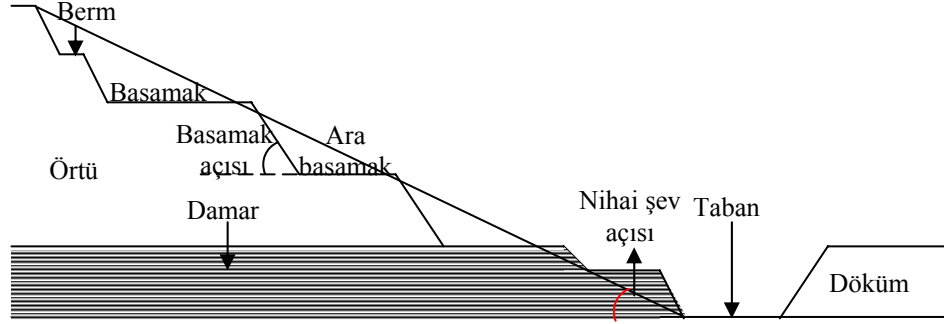
Ara basamak, basamaklar arasında bulunan ve üzerinde ekipmanların bulunmadığı ayrılma düzlemleri olarak tanımlanmaktadır.

Şekil 2.7'den farklı olarak, Şekil 2.8'de geometrisi verilen berm ise genişliği çok az olan basamaktır. Bermler şev sisteminin üst veya alt sınırlarında bulunur ve genellikle genel eğim açısının büyütülmesi için uygulanır. Ayrıca toprak dökülmelerine engel olmak ve ocak suyunun dışarı atılması amacıyla da kullanılmaktadır.

Basamaklar, ara basamaklar ve bermlerin üst üste düzenlenmesi sonucu Şekil 2.9'da verildiği gibi "şev sistemi" oluşmaktadır. Şev sistemi, herhangi bir kaymaya izin vermeyecek, günlük madencilik faaliyetlerini, ocak ekipmanlarını ve yerleşim yerlerini tehlikeye düşürmeyecek şekilde düzenlenmelidir.



Şekil 2.8 Berm geometrisi (Özgenoğlu, 2005)



Şekil 2.9 Şev sistemi (Saltoğlu, 1992)

Şev stabilitesi çalışmaları; şevlerin bozulmadan sağlam olarak kalabilmesi için yapılan işleri kapsamaktadır. Şevlerin stabilitesi; kayaç veya toprak ağırlığına, yerel jeolojik koşullara, şev geometrisine, yerüstü ve yeraltı suyuna, kazı tekniğine ve basamak yüksekliğine bağlıdır (Özgenoğlu, 2005; Saltoğlu, 1992).

Basamak aynalarının dik olması tehlike yaratmaktadır. Bununla beraber, çok yatık aynalar gereksiz hafriyata yol açmaktadır. Uygun bir meyilin elde edilmesi için şev yüksekliği ile şev açısı arasında emniyet yönünden belirli bir ilişkinin olması gerekmektedir. Şev açısı arttıkça örtü kazı oranları azalmakta yani maliyet düşmekte, ancak kayma riski artmakta ve emniyet açısından sakıncalar meydana gelmektedir. Optimum şev açısını elde etmek için iyi bir şev stabilize analizi yapılmalıdır (Köse ve diğ., 2002).

### 2.1.5. Kazı Sırasının Belirlenmesi

Açık ocak üretim planlamasının adımlarından birisi olan kazı sırasının belirlenmesi; ocak nihai sınırları içerisinde bulunan bloklardan hangisinin ne zaman üretileceğinin tespit edilmesi olarak tanımlanmakta olup, aşağıda verilen kriterlerin belirlenmesini gerektirir (Wang ve Sevim, 1992):

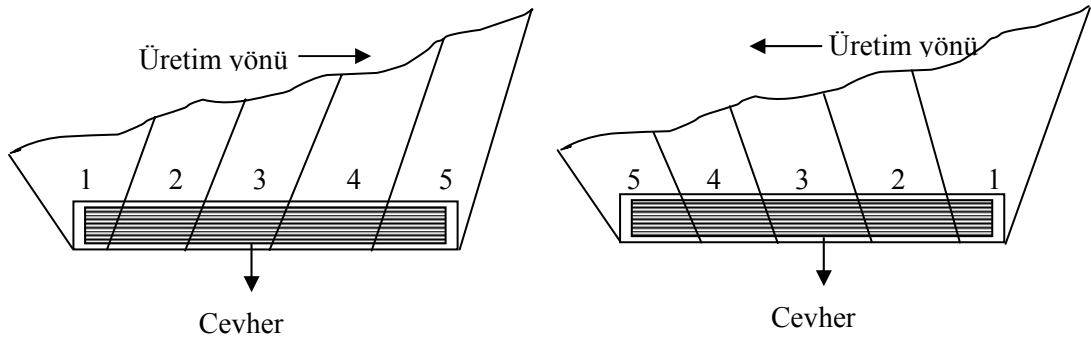
- Her yıl kazılacak cevher ve pasa miktarı,

- Her yıl kazılacak olan spesifik bloklar,
- İşletme zamanını belirleyecek olan maden ömrü,
- Üretilecek toplam rezerv ve işletme sonrasında ocak durumunu belirleyecek olan açık işletme nihai sınırı

Maden yatağından elde edilmek istenilen maksimum kâr ancak optimum kazı sırasının bulunması ile sağlanabilir. Üretim sırasının belirlenmesi, nakit akışının dağılımını belirlemekte ve bunun sonucu olarak paranın bugünkü değerini ve proje bütününe ekonomikliğini etkilemektedir. Optimum kazı sırasının belirlenmesi için çeşitli yöneylem teknikleri kullanılmaktadır.

Genel olarak optimum açık ocak sınırları, paranın net bugünkü değerinin optimizasyonuna bağlı olarak belirlenmektedir. Bununla birlikte, bir blok üretilmeden o bloka paranın bugünkü değerinin atanması mümkün olmamakta, ocak dizayn edilinceye kadar da blokun üretileceği zaman bilinmemektedir. Söz konusu problem, sınırlanmış planlama problemi olarak tanımlanmaktadır.

Paranın net bugünkü değerini maksimize eden ocak planlamasını yapabilmek için yüksek ekonomik değere sahip üretim sırasının daha düşük değerlikli üretim sırasından önce planlanması ve kazılması gerekmektedir. Tabii ki üretim gereksinimlerine ve kısıtlamalara bağlı olarak birçok farklı planlama yapılabilir. Üretim sırasının belirlenmesinde paranın bugünkü değerinin önemi, Şekil 2.10'da verilen iki farklı üretim planı için aşağıda açıklanmaktadır.



Şekil 2.10 İki alternatifli üretim planı (Onur ve Dowd, 1993)

Şekilde verilen alternatiflerden ilkinde üretim, topoğrafyanın cevhere daha yakın olduğu bölgeden başlatılmış olup yüksek topoğrafyaya doğru bir planlama yapılmıştır. İkinci



alternatifte ise, yüksek örtü kalınlığından düşük örtü kalınlığına doğru bir üretim planlanmıştır. Söz konusu alternatifler için beş yıllık net kâr oranları incelenerek her ikisi içinde aynı değerler elde edilmiştir.

P miktarlı paranın n yıl sonra ulaşacağı değeri hesaplamak için kullanılan ve Denklem 2.5’de verilen tek ödeme bugünkü değer formülünden hareketle Tablo 2.4’te verilen değerler bulunmuştur. Denklemde; F= paranın gelecekteki değerini, P= paranın bugünkü değerini, r= faiz oranı, n= dönem sayısını,  $1/(1+r)^n$ = indirgeme faktörünü ifade etmektedir (Kahriman, 1993).

$$P = Fx \frac{1}{(1+r)^n} \quad (2.5)$$

Tablo 2.4 İki alternatifli üretim planı için nakit akışının incelenmesi (Onur ve Dowd, 1993)

Yıllar	Kâr miktarları ( $\times 10^3$ YTL)		İndirgeme faktörü*	İndirgenmiş kâr miktarları ( $\times 10^3$ YTL)	
	Alternatif 1	Alternatif 2		Alternatif 1	Alternatif 2
1	10	6	1,00	10,00	6,00
2	9	7	0,77	6,93	5,39
3	8	8	0,59	4,72	4,72
4	7	9	0,46	3,22	4,14
5	6	10	0,35	2,10	3,50
Toplam	40	40		26,97	23,75

\*r=%30 olarak alınmıştır.

Tablo 2.4’de verildiği gibi, birinci ve ikinci alternatifte, üretimlerin aynı fakat üretim sıralarının farklı olmasından dolayı, beş yıl sonunda elde edilecek gelir farklı olmaktadır. Paranın bugünkü değeri göz önüne alındığında, birinci alternatifin beş yıl sonunda daha yüksek kâr getirdiği ve maden yatağında en kârlı kısımların, işletmenin ilk yıllarında üretilmesinin en fazla kazancı sağlayan yöntem olduğu görülmektedir.

Nihai ocak sınırları içerisinde bulunan maden yatağının öncelikli koşullarına bağlı olarak oluşturulan ardışık üretim planlamasının gelişmiş olan açık ocak üretim planlaması, uygulandığı zaman aralığına bağlı olarak üç kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar;

- Uzun dönemli üretim planlaması
- Orta dönemli üretim planlaması
- Kısa dönemli üretim planlaması

Bütün teknik ve ekonomik faktörlerin değerlendirilerek, işletme ömrü boyunca istenilen miktar ve kalitede üretimin sağlanabileceği madencilik faaliyetlerinin oran ve zamanının belirtildiği uzun dönemli üretim planları, yıl bazında cevher rezervi, dekapaj oranı ve ana yatırımlar ile ilgili olmaktadır.

Orta dönemli üretim planlaması; işletme ömrünün bir ile beş yıl arasında değişen zamanlardaki kısıtlamaların ve üretim taleplerinin değerlendirilerek, söz konusu zaman diliminde yapılacak olan üretim sırası gibi madencilik faaliyetlerini kapsamaktadır. Amacı, uzun dönemli planlama ile günlük bazda yapılan kısa dönemli planlama arasındaki uyumu sağlamak olan orta dönemli üretim planlaması ayrıca sahada meydana gelebilecek herhangi bir problemin erken bir şekilde belirlenmesini sağlamaktadır. Orta dönemli üretim planlaması genellikle haftalık bazda hazırlanmakta olup, söz konusu planlar ile aylık aralıklarla işletmenin bugünkü durumundan gelecek altı ve yirmi dört ayı içindeki üretim gereksinimleri tespit edilir. Bu tür planlar, maden sahasından belirli bir zaman aralığında alınacak olan gerek cevher gerekse pasa miktarını belirlemek durumundadır (Barnes ve Johnson, 1988; Dağ, 1997).

Uzun ve orta dönem üretim planlamalarının gerçekleşmesini sağlayan ve günlük, haftalık, aylık ve yıllık bazda değişen periyotlarda gerçekleşen kısa dönemli üretim planlaması; tesis kapasitesi, yatırımlar, ekipman uygunluğu ve mevcut işletme yöntemi gibi faktörler göz önüne alınarak gerçekleştirilmektedir.

Tecrübeli planlamacılar tarafından yapılan günlük planlar, işletme yönetimi tarafından tartışıldıktan ve değişiklikler veya bazı alanlardaki sapmalar incelendikten sonra haftalık planlardaki ayrıntılı hedefleri karşılayabilecek şekilde düzenlenir. Söz konusu plan; kazı makinelerinin üretimini, hedeflenen miktardaki üretim ile ilgili tüm ayrıntılı bilgileri ve gelecek 24 saatlik yerleştirmeleri içermelidir. Güvenli ve verimli bir planı oluşturmak ve hedeflenen sonuçları başarmak için haftalık planların tüm kısımlarının dikkatlice analiz edilmesi ve tartışılması gerekmektedir. Bu planlar; tesise beslenecek kalitede cevherin elde edilmesi için kazılması gereken cevher miktarının planlanması, tamir ve bakım ihtiyaçlarının işletme ihtiyaçlarına koordine edilmesi, bir günde gerekli olan kamyon sayısının belirlenmesi gibi üretim hedefleri ile kazı ve döküm sahalarındaki faaliyetleri içermelidir. Aylık planlar, her bir panodaki kazı ve sırasını,

döküm yerlerini, ana ekipmanların bakım sırasını, kazı makinelerinin yer değiştirmesini, ortalama istenen cevher tenörünü, hedeflenen üretimi, yardımcı üretim gereksinimlerini ve diğer aktiviteleri içermektedir. Aylık planlara benzer bir şekilde hazırlanan yıllık planlar, aşağıda belirtilen faaliyetlerin gerçekleştirilmesini sağlamaktadır (Dağ, 1997; Onur ve Konak, 2002):

- Madencilik faaliyetleri için yıllık gider ve toplam bütçe hakkında temel oluşturulması
- Ana ekipmanların bakım sırası programının yapılabilmesi
- Cevher ve örtü kazı sınırının tahmini
- Ekonomik olmayan ve madencilik faaliyetlerinin yapılmasının uygun olmayacağı alanların belirlenmesi
- Mevzuatların gerektirdiği yıllık planlama raporlarının elde edilmesi
- Üretim risklerine ve darboğazlara duyarlı taslak raporların elde edilmesi

Herhangi bir üretim planlaması probleminde, cevher tipi ne olursa olsun, gerekli olan veriler aşağıda verilmiştir (Onur ve Dowd, 1993):

- Her bir blokun miktarı ve tenörü
- Cevher ve yantaş yoğunlukları
- Her blokun değeri
- Maden yatağının blok modeli
- Planlanacak mevcut ocak sınırı veya tüm optimum sınırlar
- Maden ömrü ve üretim oranı (kullanılan kısa veya uzun dönemli planlamaya bağlı olarak)
- Herhangi bir zamanda tesise beslenecek cevherin kabul edilebilir maksimum ve minimum tenörleri
- Cevher ve yantaşın kabul edilebilir maksimum ve minimum üretim oranları
- Ocaktaki şev açısı
- Ocak tabanının minimum boyutları
- Faiz oranı
- Ön üretim oranı ve zamanı (gerekliyse)

Üretim planlamasının optimizasyonunda; dinamik programlama, lineer programlama ve sezgisel teknikler kullanılmaktadır. Dinamik programlama; ardışık karar süreçleri olarak

tanımlanan problemlerde kararların en uygun sırasını bulmak için kullanılmaktadır. Yani çözümlenmesi istenen problem, adımlar halinde optimize edilebilecek tek değişkenli ve daha küçük problemlere ayrılmalıdır (Onur ve Dowd, 1993; Tulunay, 1991).

Amaç fonksiyonunun ve kısıtların lineer olduğu optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan güçlü araçlardan birisi olan lineer programlamada amaç; en fazla istenilen sonuca ulaşmaktır (Winston, 1991). Bununla birlikte, üretim planlaması probleminin sezgisel teknikler (deneme-yanılma) ile çözümü gereksiz bir zaman kaybına neden olmakta ve söz konusu yöntemlerle elde edilen sonuçların daha fazla zaman gerektirecek şekilde geliştirilmesi gerekmektedir (Wright, 1989).

Teori olarak Bellman (1957) tarafından geliştirilen dinamik programlamayı açık ocak üretim planlamasına ilk olarak Roman (1974), daha sonra da Wright (1989) uygulamıştır. Söz konusu uygulamada, cevher yatağı; optimize edilecek problemi (sistem), madencilik faaliyetlerine ilişkin zamanlar; tüm problemin bölüneceği alt problemleri (aşamalar) ifade ederken, yatak içerisinde geri kalan blok setleri herhangi bir aşamadaki durum anlamına gelmektedir. Optimal prensip, Denklem 2.6'da verildiği gibi yineleme ilişkisi ile ifade edilmektedir.

$$f_n(P) = \max_{(m(a,b,c,d,e,r,g)) \in S} \{R_n(p, m(a,b,c,d,e,r,g)) + f_{n-1}(T(n,p, m(a,b,c,d,e,r,g)))\} \quad (2.6)$$

Denklemden;

a= cevher/pasa oranı,

b= kabul edilebilir tenör sınırları,

c= ekipmanlar için minimum işletme alanı,

d= çalışma şev açısı,

e= shovelin maksimum hareket mesafesi,

r= indirgeme oranı,

g= üretim oranı,

$f_n(p)$ = en uygun karar politikası takip edildiği zaman, p durumundaki sistemi belirleyen

n. karardan sonraki toplam indirgenmiş kâr,

S= tüm planlama kısıtlarını karşılayan olası kararlar seti,

$R_n(p,m(a,b,c,d,e,r,g))= a, b, c, d, e, r, g$ 'nin bir fonksiyonu olan ve böylece p durumundaki sistemi belirleyen m kararının alınması ile elde edilen kâr,

$T(n,p,m(a,b,c,d,e,r,g))= n-1$  aşamasında sistemin durumu anlamına gelmektedir.

Planlama probleminin dinamik programlama ile çözümü, basit kabuller yapılarak Şekil 2.11'de açıklanmıştır. Örnekte dikkate alınan kabuller; 45<sup>0</sup>'lik çalışma şev açısı, spesifik örtü kazı oranını temsil etmek için üç pozitif blok (cevher) ile üç ila beş negatif blok (pasa) arasında değişen blokların toplamının aynı kademede üretilmesi, %10'luk indirgeme oranı ve ekskavatörlerin her bir kademede eş zamanlı olarak çalışabilmesidir. Planlanacak olan cevher yatağı Şekil 2.11a'da verilmiştir. Problemin çözümünde Şekil 2.11b ile Şekil 2.11e arasında verilen olası dört planlama dikkate alınmış olup, her bir üretim planı için nakit akışı Tablo 2.5'de incelenmiştir (Onur ve Dowd, 1993).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,5 -1	0,5 -1	0,5 -1	0,5 -1	0,5 -1	0,5 -1	1,0 +2	1,5 +3	1,5 +3
2		1,0 +2	1,0 +2	1,0 +2	0,5 -1	0,5 -1	0,5 -1	0,5 -1	
3			0,5 -1	1,5 +3	0,5 -1	0,5 -1	1,5 +3		
4				1,5 +3	2,0 +4	2,5 +5			

a) Planlanacak cevher yatağı (üst sayılar tenör, alt sayılar gelir x10<sup>2</sup>)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4	3	2	2	2	1	1	1	1
2		4	3	2	2	2	1	1	
3			4	3	3	3	2		
4				4	4	3			

b) Üretim planı için birinci çözüm (bloktaki sayılar kazılacak blokun zamanını göstermektedir)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	2	2	2	2	1	1	1	1
2		3	2	2	2	2	1	1	
3			3	3	3	4	4		
4				3	4	4			

c) Üretim planı için ikinci çözüm (bloktaki sayılar kazılacak blokun zamanını göstermektedir)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	1	1	1	2	2	3	3
2		1	1	1	2	2	3	4	
3			2	2	3	4	4		
4				3	4	4			

d) Üretim planı için üçüncü çözüm (bloktaki sayılar kazılacak blokun zamanını göstermektedir)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	1	1	1	2	2	2	3
2		1	1	1	2	2	3	4	
3			3	3	3	4	4		
4				3	4	4			

e) Üretim planı için dördüncü çözüm (bloktaki sayılar kazılacak blokun zamanını göstermektedir)

Şekil 2.11 Planlama probleminin dinamik programlama ile çözümlenmesi

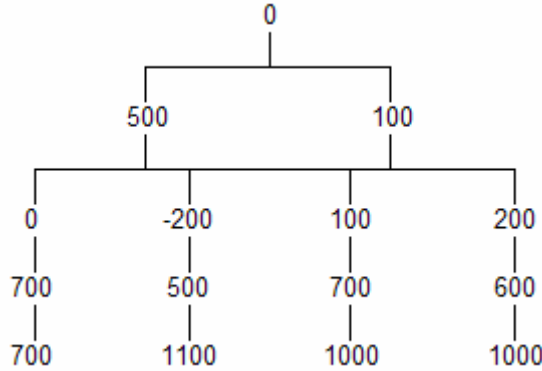
Tablo 2.5 Dört alternatifli üretim planı için nakit akışının incelenmesi (Onur ve Dowd, 1993)

Yıllar	Kâr miktarları				İndirgeme faktörü	İndirgenmiş kâr miktarları			
	Plan 1	Plan 2	Plan 3	Plan 4		Plan 1	Plan 2	Plan 3	Plan 4
1	500	500	100	100	0,91	455	455	91	91
2	0	-200	100	200	0,83	0	-166	83	166
3	700	500	700	600	0,75	525	375	525	450
4	700	1100	1000	1000	0,68	476	748	680	680
Toplam	1900	1900	1900	1900		1456	1412	1379	1387

Tablo 2.5'den görüldüğü gibi  $\{(1,6), (1,7), (1,8), (1,9), (2,7), (2,8)\}$  ve  $\{(1,1), (1,2), (1,3), (1,4), (1,5), (2,2), (2,3), (2,4)\}$  blok gruplarından oluşan iki seçenek, birinci aşama yani alt problem için tüm gereksinimleri karşılamaktadır. Şekil 2.11'de verilen diğer aşamalar ise birinci aşamadaki blokların seçiminin sonucunda ortaya çıkan alt problemler olmaktadır.

Söz konusu çözümde dört olasılıktan, 500 değerlikli planlama ile birinci aşamada başlayan sıra optimal politikayı vermektedir. Bu durumdan hareketle oluşan sistemin koşulları  $f_2(0)$ ,  $f_3(700)$ ,  $f_4(700)$  olmaktadır. Diğer tüm yollar dikkate alındıktan sonra

elde edilen bu yol, paranın bugünkü net değeri düşünüldüğünde optimum planlamayı vermektedir. Problemin çözümünün ağaç gösterimi Şekil 2.12’de verilmektedir.



Şekil 2.12 Üretim planlamasında paranın bugünkü net değerinin ağaç gösterimi

Lineer programlama; belli doğrusal eşitsizliklerin, kısıtlayıcı koşullar altında doğrusal bir amaç fonksiyonunu optimumlaştırmak biçiminde tanımlanır. Maden üretim planlaması ve kazı sırasının belirlenmesi için geliştirilen lineer programlama modellerinin esas sebebi, pazar ve zenginleştirme teknolojileri tarafından dayatılan niceliksel ve niteliksel sınırlamaları karşılamaktır. Söz konusu modellerin çoğu, ocağın çeşitli bölümlerindeki üretim için kapasite kısıtları içermektedir. Üretimin sadece ocağın ulaşılabilir yerlerinde yapılabileceği bir işletmeye dair çok kısa dönem üretim planlamasının formüle edilmesi, düzgün harmanlama ve taşıma problemlerinin formülasyon yaklaşımları ile başarıyla sonuçlandırılabilir (Yegulalp, 1988).

Lineer programlama ile kısa dönem üretim planlamasına daha genelleştirilmiş bir yaklaşım ise Wilke ve Raimer (1979) tarafından sunulmuştur. Bu yaklaşımda, nicelik ve niteliksel kısıtlara ek olarak, ekipman kullanımının maksimizasyonu, uzun dönemli maden planlamalarında minimum sapma da kısıtlara eklenmiştir. Harmanlama kapasitesi, her bloktaki cevher mevcudiyeti, örtü tabakası uzaklaştırma gereksinimleri, cevher-dekapaj oranı sınırlamaları ve ekipman yükleme-taşıma kapasitelerine bağlı tüm kısıtlamalar da bu yaklaşıma dahil edilmiştir. Amaç fonksiyonu katsayıları, verili bir bloktan çıkartılacak dekapaj veya cevherin genelde olduğu gibi kâr veya maliyeti ile ilgili katsayılar değildir. Bunun yerine, söz konusu katsayılar her bloka atanmış yukarıda belirtilen amaçları birleştiren, aynı zamanda uzun dönemli maden planlamasının da gereksinimlerini karşılayan birincil faktörlerdir.

Lineer programlama ayrıca, Barnes ve Johnson (1988) tarafından madencilikte orta dönemli üretim sırasının belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Problemin amaç fonksiyonunu oluşturan parametreler;

- Toplam üretimi maksimize etmek: Ocağın toplam ekonomik değerinin maksimizasyonu hedeflenmektedir.
- Cevher üretimini maksimize etmek: Bu amaç fonksiyonu ile mevcut gelirin maksimizasyonu hedeflenmektedir.
- Uzun dönemli planlamada sapmaları minimize etmek: Bu seçim, mevcut planın akışını durduracak olaylardan sonra (ana ekskavatörün bozulması gibi) özellikle tekrar planlama aşaması için uygundur.
- Tesise beslenecek cevherden kaynaklanan sapmaları minimize etmek: Hatalı geçmiş planlama, ekipman kayıpları veya yatağın özel geometrisinden dolayı çoğu zaman tesisin istenilen nitelikte cevherle beslenmesi mümkün olamamaktadır. Bu durumlarda yapılması gereken en iyi şey, sapmaların minimize edilmesidir.

Madencilikte kazı sırasının belirlenmesinde simülasyon modellerinin kullanımı son yıllarda oldukça yaygınlaşmıştır. Genelde bu modeller, önceden belirlenmiş ocak şekli ile sınırlandırılmış olup simülasyonun yüksek fiyatına bağlı olarak birkaç alternatif arasından sadece birinin üretim planını denemekte kullanılabilir. Bu yüzden, optimum çözümü direk olarak bulacak yöneylem planı geliştirmektense, simülasyon modelinin seçimi eldeki probleminin karışıklığına bağlı olmaktadır.

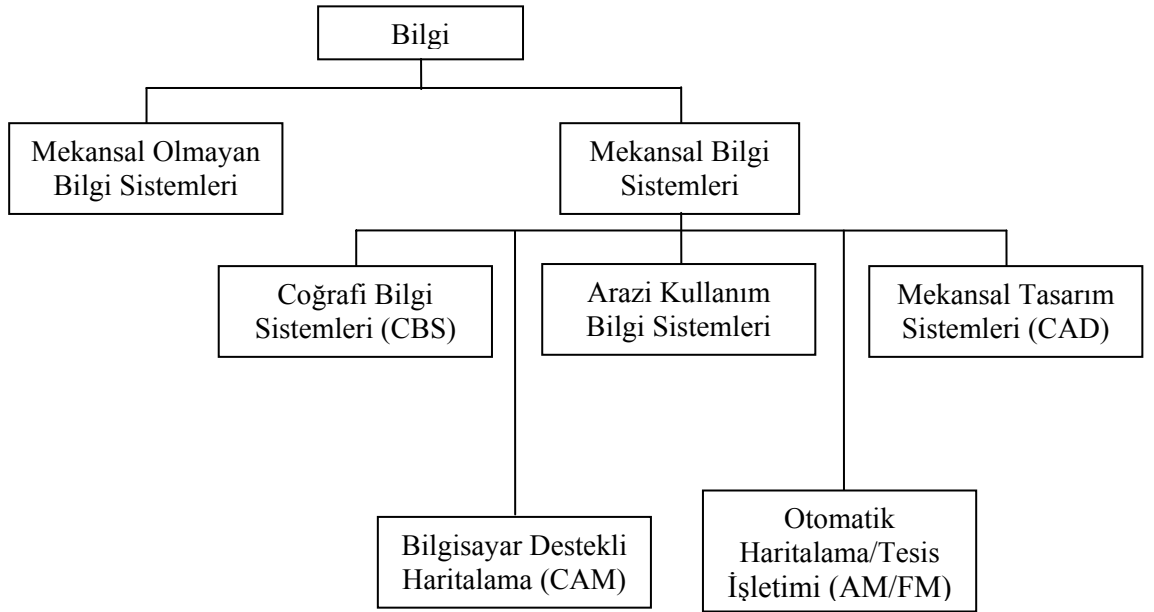
## **2.2. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (GIS)**

Coğrafi Bilgi Sistemleri; konuma dayalı gözlemlerle elde edilen, grafik ve grafik olmayan bilgilerin bilgisayar ortamında toplanması, saklanması, işlenmesi ve farklı formatlarda çıktı alınarak kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bilgi sistemidir (Aronoff, 1989). Coğrafi bilgi sistemleri, yeryüzü şekillerini ve yeryüzünde gelişen olayları haritaya dönüştürmek ve bunları analiz etmek için gerekli olan bilgisayar destekli araçlardan oluşan bir sistem olarak algılanmaktadır. GIS, haritaların sağladığı görsel ve coğrafik analiz avantajları sorgulama ve istatistiksel analizler olarak kullanıcıya sunma gibi ortak veri tabanlarını birleştirme özelliğine



sahiptir ve bu özelliği ile diğer bilgi sistemlerinden ayrılır. Bunun bir sonucu olarak GIS, hizmet alanındaki olayların tanımlanmasında ve ileriye dönük tahminlerde bulunarak stratejik planların yapılmasında kamu ve özel sektör tarafından oldukça yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Yomralıoğlu, 2000).

Coğrafi Bilgi Sistemi, mekansal veri ile ilgilenen çok yeni bir bilim alanı olmasına rağmen, mekanla ilgili tek bilgi sistemi değildir. Şekil 2.13’de genel olarak mekansal bilgi sistemlerinin sınıflandırılması yer almaktadır. Bu bilgi sistemleri, yapılacak uygulamalardaki kullanım potansiyelleri ve kapasiteleri ile birbirlerine göre farklılıklar göstermektedir (Yiğiter, 1998).



Şekil 2.13 Mekansal bilgi sistemlerinin sınıflandırılması

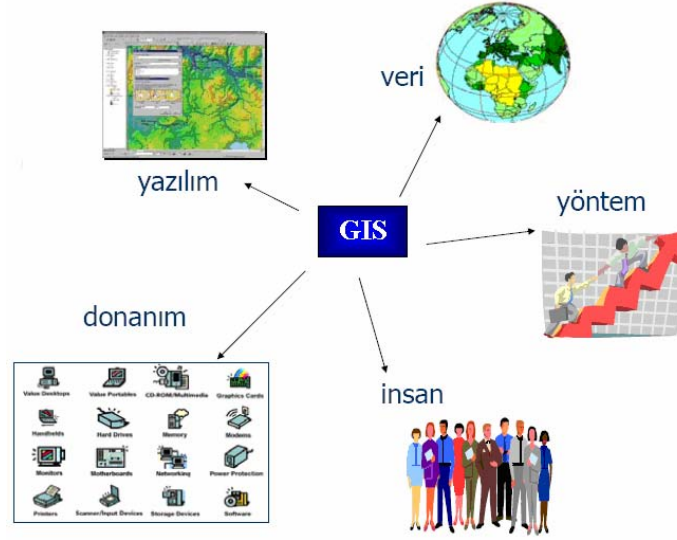
Mekansal bilgi sistemleri içinde yer alan Arazi Bilgi Sistemi (LIS-Land Information System), GIS’in daha alt düzeyinde yer alan kadastro çalışmalarına yönelik bilgi sistemidir ve arazinin kadastral yönü ile ilgilidir. GIS ve LIS arasında yazılım ve donanım açısından fazla farklılık olmamasına rağmen, LIS öncelikle mekansal verinin toplanması ve yeniden değerlendirilmesi için kullanılırken, GIS daha karmaşık mekansal analizler için kullanılmaktadır.

Bilgisayar destekli tasarım (CAD-Computer Aided Design) sistemleri, yeni objeleri/nesneleri tasarlamak ve çizmek için geliştirilmektedir. Sistem grafik tabanlıdır ve semboller kullanır. CAD sistemlerinin, veri tabanlarıyla gelişmemiş bağlantıları

vardır. Basit topolojik ilişkiler kullanırlar ve genelde küçük miktarda veriler ile ilgilenirler. CAD sistemleri görüntü işlevlerine yatkınlık göstermekte olup, değiştirme ve güncelleştirme konularında kolaylık sağlarlar. Bu sistemlerde coğrafi varlıklara nitelik bilgileri bağlamak zordur. CAD sistemi yalnızca bir grafik sistemdir.

### 2.2.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Elemanları

GIS beş temel elemandan oluşmaktadır. Bunlar Şekil 2.14'den görüldüğü gibi; donanım, yazılım, veri, kullanıcı ve yöntemlerdir. Bu elemanların her biri kendine özel bileşenleri kapsamakta ve bir araya gelerek sistemin bütünü oluşturmaktadır (Maguire, 1992; Yomralıoğlu, 2000).



Şekil 2.14 GIS'in bileşenleri

Bilgisayarlar; yazılımın üzerinde çalıştığı çok gelişmiş elektronik hesaplayıcılardır. GIS yazılımları başlangıçta, UNIX tabanlı iş istasyonları üzerinde çalıştırılmışsa da, kişisel bilgisayarların gelişmesiyle Windows tabanlı bilgisayarlarda çalışılan versiyonları üretilmiştir. GIS'in çalışması için genel olarak yüksek kapasiteli bilgisayarlara gereksinim duyulmaktadır. Bilgisayarlar tek başlarına kullanılabildiği gibi, bir sunucuya bağlı bilgisayar ağı üzerinde de kullanılabilirler.

Tarayıcılar, sayısallaştırıcılar ve veri kayıt üniteleri; GIS'in ana konusu olan grafiksel veri elde edilmesinde kullanılan araçlardır. Tarayıcılar hücre, sayısallaştırıcılar ise sayısal bazda mevcut haritaları bilgisayar ortamına aktarmada kullanılırlar.

Yazıcı ve çizici gibi baskı araçları; elde edilen sonuçların bilgisayar ortamından kağıt üzerine aktarılmasında kullanılırlar. Teknolojinin gelişimiyle beraber baskı araçları da çeşitlilik sunmaya başlamışlardır. Lazer, mürekkep püskürtme, termal transfer gibi farklı teknolojiler kullanan değişik tipte baskı araçları bulunmaktadır. Ayrıca ekrandan direk film çıkışı almak da mümkün olmaktadır.

Yazılım; verilerin girildiği, depolandığı, işlendiği, sorgulandığı ve görselleştirildiği yüksek düzeyli programlama dilleriyle yazılmış bilgisayar programlarıdır. GIS'den beklenen işlevleri yerine getirebilmek için kullanılan yazılım bileşenleri aşağıda sıralanmıştır (Yiğiter, 1998):

- GIS veri giriş yazılımları
- Veritabanı oluşturma ve yönetim yazılımları
- Veri dönüşüm yazılımları
- Sorgulama yazılımları
- Coğrafi bilgi sunuş yazılımları
- Kullanıcı ile iletişim yazılımları (arayüz)

Yazılımların pek çoğu ticari amaçlı firmalarca geliştirilip üretilmektedir. Bununla beraber, üniversite ve benzeri araştırma gruplarınca eğitim ve araştırmaya yönelik olarak geliştirilmiş yazılımlar da mevcuttur. Dünyadaki GIS pazarının önemli bir kısmı yazılım geliştiren firmaların elindedir. En popüler GIS yazılımlarına örnek olarak Arc/Info, Intergrah, MapInfo, Micro-Station, Smallworld, Genesis, Idrisi verilebilir (Konecny, 1996; Yomralıoğlu, 2000).

Yazılımlar, üstlendikleri görevin kapsamlı olması nedeniyle, genelde çok karmaşık bir yapıya sahiptirler. Bu da yazılımı öğrenmeyi zorlaştırmaktadır. Bir GIS paketini etkin şekilde kullanabilecek duruma gelmek, uzun ve kolay olmayan bir süreci gerektirmektedir. Yazılım seçiminde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta; desteklemekte olduğu veri formatlarının piyasadaki geçerliliği ve diğer yazılımlarla olan uyumluluğudur (Seyis, 2002).

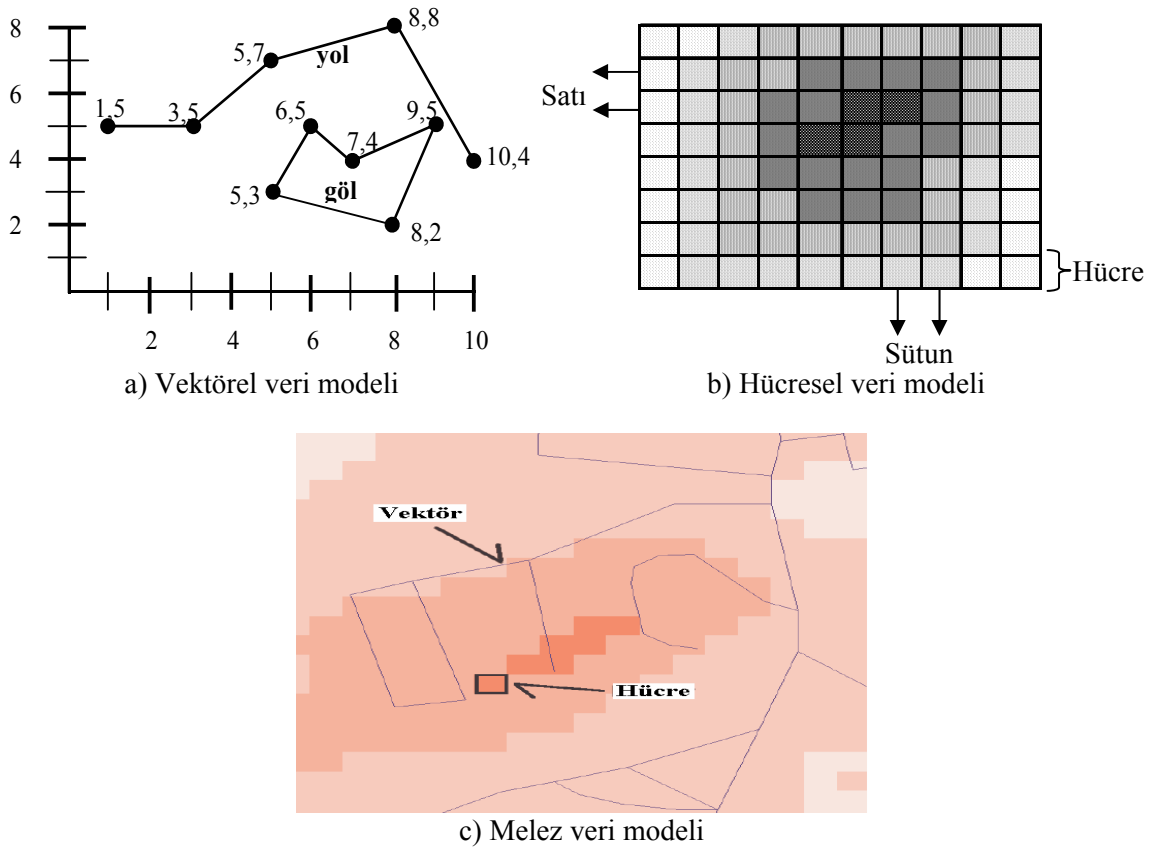
GIS için temel unsur olarak kabul edilen veriler, uzmanlarca elde edilmesi en zor bileşen olarak görülmektedir. Veri kaynaklarının dağınıklığı, çokluğu ve farklı yapılarda

olmaları, bu verilerin toplanması, depolanması ve işlenmesi için büyük zaman ve maliyet gerektirmektedir. GIS'e yönelik kurulması tasarlanan bir sistem için harcanacak zaman ve maliyetin %50'den fazlası veri toplamak için gerekmektedir.

Coğrafi veriler özellikleri itibariyle, grafik bilgiler ve grafik olmayan (sözel, öznitelik) bilgiler olmak üzere iki değişik şekilde ifade edilirler. Grafik bilgiler coğrafi varlıkların konumu, büyüklüğü ve biçimi hakkında bilgi verirken, grafik olmayan bilgiler aynı coğrafi varlığın sahip olduğu yapısal özellikler hakkında bilgi verir (Huxhold, 1991). Coğrafi verinin özellikleri; coğrafi pozisyon, nitelikler, mekansal ilişkiler ve zaman olmak üzere dört etkene bağlı olmaktadır. Coğrafi verinin ana formu, koordinat bilgilerini içeren konumsal veri şeklindedir. Nitelikler ise, mekansal olmayan ve konumların nitelikleri hakkında bilgi veren verilerdir. Farklı özellikler içeren veriler arasındaki ilişkiler, mekansal ilişkiler içinde değerlendirilmektedir. Bir verinin hangi zaman dilimi içinde geçerli olduğu da coğrafi verilerin en önemli özelliklerindedir (Aronoff, 1989).

GIS'de grafik veriler; noktalar (ağaç, bina), çizgiler (yol, nehir) ve poligonlar (jeolojik birim, göl) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Şekil 2.15'de verildiği üzere, grafik verileri GIS ortamında saklamak için vektörel (vector), hücresel (raster) ve melez (hibrid) olmak üzere üç farklı konumsal veri modeli kullanılmaktadır.

Vektörel veri modelinde; nokta, çizgi ve poligonlar (x,y) koordinat değerleri ile kodlanarak depolanırlar. Noktalar tek bir koordinat çifti (x,y) ile, çizgiler birbirini izleyen bir dizi koordinat çifti [(x<sub>1</sub>,y<sub>1</sub>), (x<sub>2</sub>,y<sub>2</sub>), ..., (x<sub>n</sub>,y<sub>n</sub>)] ile ifade edilirken, poligonları gösteren koordinat dizisinde başlangıç ve bitiş koordinatları aynı olmaktadır [(x<sub>1</sub>,y<sub>1</sub>), (x<sub>2</sub>,y<sub>2</sub>), ..., (x<sub>n</sub>,y<sub>n</sub>), [(x<sub>1</sub>,y<sub>1</sub>)]. Noktalar serisinden çizgiler, çizgiler serisinden de poligonlar meydana gelmektedir. Coğrafik varlıkların kesin konumlarını tanımlamada son derece yararlı olan vektörel modelde, her bir coğrafik varlık doğrudan düzenlenebilir (noktanın hareket ettirilmesi, poligon sınırlarının değiştirilmesi gibi). Elde edilmesi pahalı olan vektörel verilerin ilişkilendirme ve sorgulama yetenekleri hücresel verilere göre daha yüksektir. Ancak süreklilik arz eden coğrafik yapılarla (toprak yapısı, bitki örtüsü, jeolojik yapı) ilgili uygulamalarda daha az kullanışlıdır.



Şekil 2.15 GIS’de veri modelleri (Yomralıoğlu, 2000; Citron-Pousty, 2007)

Hücresel veri modeli; daha çok süreklilik özelliğine sahip kaya ve toprak gibi coğrafik varlıkların ifadesinde kullanılır. Söz konusu modelde, katmanlardaki grafik objeler düzenli oluşturulmuş hücelere ya da karelere ayrılmaktadır. Hücresel görüntü birbirine komşu grid yapıdaki aynı boyutlu hücrelerin bir araya gelmesiyle oluşur. Hücrelerin her biri piksel olarak da bilinir. Fotoğraf görüntüsü özelliğine sahip hücresel modeller, genellikle fotoğraf ya da haritaların taranması ile elde edilirler. Hücresel veri modelinde herhangi bir hücrenin seçilmesi, sorgulanması, değerinin değiştirilmesi oldukça güç olup, hücrenin yerinin değiştirilmesi mümkün olmamaktadır. Vektör verilere nazaran daha ucuz elde edilen hücresel verilerin çözünürlükleri, ölçek ve projeksiyon değişimlerinden etkilenmektedir.

Çoğunlukla etkin bir GIS kullanımında gerek vektör gerekse hücresel veri modelini içeren katmanlar olduğundan, günümüz GIS yazılımlarının çoğu her iki veri modelini de aynı anda kullanabilme özelliğine sahiptir. Temel harita olarak uydu görüntüleri, hava fotoğrafları veya mevcut herhangi bir harita ya da görüntü taranarak hücresel veri olarak kullanılmakta ve üzerine ayrı katmanlar halinde vektörel veriler bindirilmektedir. Her

iki veri modelinin de kullanılmasına melez (hibrid) veri modeli denmektedir (Yomralıoğlu, 2000; Düzgün, 2005).

Her türlü grafik veri ile ilişkilendirilebilen, grafik olmayan, karakterler şeklinde olan öznitelik verileri bir veritabanı yönetim sistemi ile yönetilmektedir. Söz konusu veritabanlarında veriler tek bir tablo yerine, gruplar halinde farklı tablolar olarak saklanır ve her biri anahtar kodu ile ilişkilendirilir. Bu nedenle veritabanında yapılacak sorgulamalar daha etkin ve ekonomik hale gelmektedir.

GIS uygulamalarında karşılaşılan en büyük sorun bilginin güncel tutulmasıdır. GIS maliyetleri, yazılım ve donanımdan ziyade veri sağlama, işleme ve korunmasından kaynaklanmaktadır. Yapılan çalışmanın özüne ve esnek kullanımına uygun bilgi akışı sağlanmadığı ve bu bilgi sürekli güncelleştirilmediği takdirde, sistem kapasitesi ne olursa olsun, etkin kullanımın gerçekleştirilmesi zorlaşır, zaman bazında maliyet artarken üretilen bilgi bazında da güvenilirlik azalır.

GIS'in sağlıklı bir şekilde çalışması, veri ile ilgili temel işlevlerin yerine getirilmesine bağlıdır. Bu işlevler aşağıda sıralanmıştır (Yomralıoğlu, 2000);

- Veri toplama
- Veri yönetimi
- Veri işlem
- Veri sunumu

GIS'de kullanılan veriler; büyük ölçekli haritalar, hava ve yer fotoğrafları, çeşitli arşiv dokümanları ve uzaktan algılama yöntemi kullanılarak elde edilen uydu görüntülerinin işlenmesi ile elde edilen haritalardır. Verilerin kağıt ya da harita ortamından bilgisayar ortamına dönüştürülmesi işlemine sayısallaştırma denir. Toplanan coğrafi verilerin, GIS'de kullanılmadan önce mutlaka sayısal formata dönüştürülmesi gerekmektedir. GIS'in kullanılabilir olması için verimli bir şekilde veri alabilir ve üretebilir olması gerekmektedir. Günümüzde birçok coğrafi veri GIS'e uyumlu formatta hazır halde piyasada mevcuttur. Söz konusu veriler, üretici firmalardan sağlanarak doğrudan kurulacak sisteme aktarılabilir.

Veri hacimlerinin geniş ve kapsamlı olduğu, aynı zamanda birden çok veri gruplarının kullanıldığı GIS projelerinde verilerin saklanması, organize edilmesi, yönetilmesi, güvenliği ve erişim haklarının belirlenmesi veritabanı yönetim sistemleri ile gerçekleştirilir. Veritabanı yönetim sistemleri bir bilgisayar yazılımı olup, veri tabanlarını yönetir veya birleştirir. Birçok yapıda tasarlanmış veritabanı yönetim sistemi olmasına rağmen, GIS için en kullanışlı olanı ilişkisel veritabanı sistemidir. Bu sistem tasarımında veriler tablolar halinde bilgisayar belleğinde saklanır. Farklı bilgiler içeren tabloların birbiriyle ilişkilendirilmesinde, bu tablolardaki ortak sütunlar kullanılır. Bu yaklaşım basit fakat esnek bir tasarım olup, GIS uygulamalarında geniş çapta kullanılmaktadır.

Verilerin sisteme uyumlu olması gerektiğinde tüm verilerin aynı ölçeğe dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm, görüntü amacıyla geçici olabileceği gibi bir analiz işlemi için sürekli ve kalıcı da olabilir. Veri işlem; veri bankası içeriklerinin türetilerek yeni sonuçlara ulaşması işlevidir. GIS kapsamı içinde bulunan veriler, analitik yetenekleri olan bir başka sisteme aktarılarak yeni bilgiler türetebilir. Daha sonra, türetilen bu bilgilerin GIS'e aktarılarak depolanması mümkündür (Star ve Estes, 1990). Yazılımlar sayesinde konumsal verilerin sorgulanması ve analizinde, birçok veri her türlü geometrik ve mantıksal işleme tabi tutulabilmektedir.

Görsel işlemler GIS için önemli bir işlemdir. Birçok coğrafi işlemin sonunda, yapılanlar harita veya grafik gösterimlerle görsel hale getirilir. Haritalar coğrafi bilgiler ile kullanıcılar arasında en iyi iletişimi sağlayan araçlardır. Üç formatta çıktı verisi alınabilir. Bunlar; kağıt, film gibi ortam üzerine alınan hard copy çıktılar, bilgisayar monitöründe görülen yazı ve grafik içerikli soft copy çıktılar ve bilgisayar uyumlu dosyaları içeren ve başka bilgisayar sistemlerine veri transferi amaçlı kullanılan elektronik formatlı çıktılardır (Star ve Estes, 1990). Günümüzde, GIS ve paralelinde gelişen teknoloji ile sonuçlar dünyanın herhangi bir yerinde bulunan kullanıcıya interaktif haritalar şeklinde sunulabilmektedir.

Sistemi kullanan ve problemlere karşı çözüm planları üreten kullanıcılar olmadan GIS teknolojisi basit bir depo ve görselleştirme aracı olmaktan öteye geçemez. Kullanılacak bilgilerin ayıklanması, gerekli ve işe yarayacak ölçeğin seçimindeki başarı bu

kullanıcıların özelliklerine bağlıdır. Problemler karşısında ekonomik çözüm yöntemleri üretmek ve elde edilen verileri etkin şekilde kullanıma sunmak, ancak iyi elemanlarla mümkün olmaktadır. GIS kullanıcı bileşeni; GIS yöneticileri, GIS geliştiricileri ve GIS aktif kullanıcıları olmak üzere üç gruba ayrılabilir. GIS yöneticileri; sistemin genel yönetimi, iş organizasyonu ve koordinasyonundan sorumlu, GIS uygulamaları ve temel kavramları hakkında bilgili iken, GIS geliştiricileri; sistemdeki işlevsel ve organizasyonel ihtiyaçlardan sorumlu, GIS ve uygulama alanları hakkında geniş bilgiye sahiptir. Çalışmalarında GIS'i kullanan aktif kullanıcıların, GIS uygulamaları konusunda geniş bilgiye sahip olmaları gerekmektedir.

Başarılı bir GIS, çok iyi tasarlanmış plan ve iş kurallarına göre işler. Bu tür işlevler her kuruma özgü model ve uygulamalar şeklindedir. GIS'in kurumlar içerisindeki birimler veya kurumlar arasındaki konumsal bilgi akışının verimli bir şekilde sağlanabilmesi için gerekli kuralların yani yöntemlerin geliştirilerek uygulanıyor olması gerekir. Konuma dayalı verilerin elde edilerek kullanıcı talebine göre üretilmesi ve sunulması mutlaka belli kurallar çerçevesinde gerçekleşir (Yomralıoğlu, 2000).

### **2.2.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Temel Fonksiyonları**

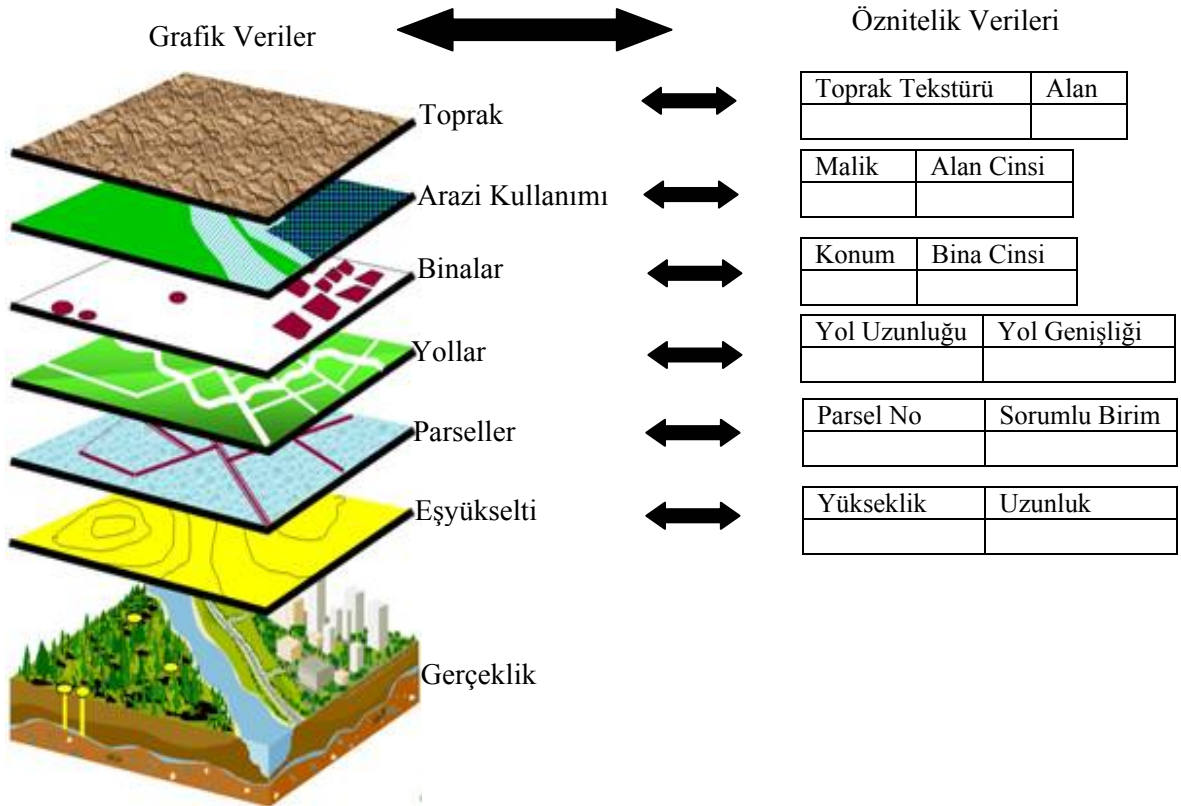
Son yıllarda GIS'in gerçek potansiyeli ve öneminin anlaşılmaya başlaması; üniversitelerdeki, devlet ve özel sektördeki araştırma çabaları, ilgili teknolojiye gelişmeler ve edinilen tecrübeler sayesinde olmuştur. Tüm bu gelişmelerin temelinde GIS'in diğer bilgi sistemlerinden farklı olarak sahip olduğu fonksiyonlar vardır. Bu fonksiyonlar altı başlık halinde toplanabilir (Düzgün, 2005):

- Veri işlemleri
- Sorgulamalar
- Mekansal analizler
- Senaryo analizleri
- Sunumlar

GIS'in temel çalışma prensibi; belli bir coğrafi bölge için grafik ve öznitelik verilerinin ilişkilendirilerek farklı katmanlar halinde saklanması ve bu katmanları kullanarak istenilen analizlerin yapılmasına dayanmaktadır. İlişkisel veri tabanı yönetim sistemi ile tablosal veriler olarak sistemde saklanan öznitelik bilgileri, ilgili grafik veri katmanları



ile bağlantılıdır. Şekil 2.16’da verildiği gibi grafik veriler genellikle haritalar iken, öznitelik verileri haritalara ait bilgilerin tabloları olmaktadır.



Şekil 2.16 GIS’in genel çalışma prensibi (Hill, 2006; Anon, 2007a)

GIS farklı ortamlarda oluşturulan sayısal ve sözel verilerle entegre bir şekilde çalışma özelliğine sahiptir. Veri işlemleri fonksiyonu; verinin toplanması, depolanması, güncellenmesi ve GIS’de üretilmesi ile ilgili tüm işlemleri içerir. Veri ile ilgili işlemlerin en önemlisi veri entegrasyonu olmaktadır. Grafik veriler, öznitelik veriler ve görüntü verileri eşzamanlı olarak sistemde farklı amaçlar için kullanılabilir. Verilerin güncellenmesi, başka ortamlara aktarılması ve başka ortamlardan GIS’e veri eklenmesi diğer önemli veri işlemleridir. Ayrıca GIS bünyesinde çeşitli analizler yardımı ile verileri kullanarak yeni veri üretimi de yapılmaktadır. Tüm bu işlemler sayısal ortamda yapıldığından veri ile ilgili işlemler hızla gerçekleştirilmektedir.

Aynı ortamda grafik ve grafik olmayan verileri aynı anda görmek veya sorgulamak ancak GIS ile mümkün olmaktadır. Sorgulama işlemleri tek bir katman ya da detay bazında yapılabildiği gibi, veritabanındaki detay ilişkilere bağlı olarak veri setleri halinde de yapılabilir. Sorgulamalar, mekansal ve mekansal olmayanlar olarak iki grupta incelenebilir. Mekansal olmayan sorgulamalar; var olan ilişkisel veritabanı

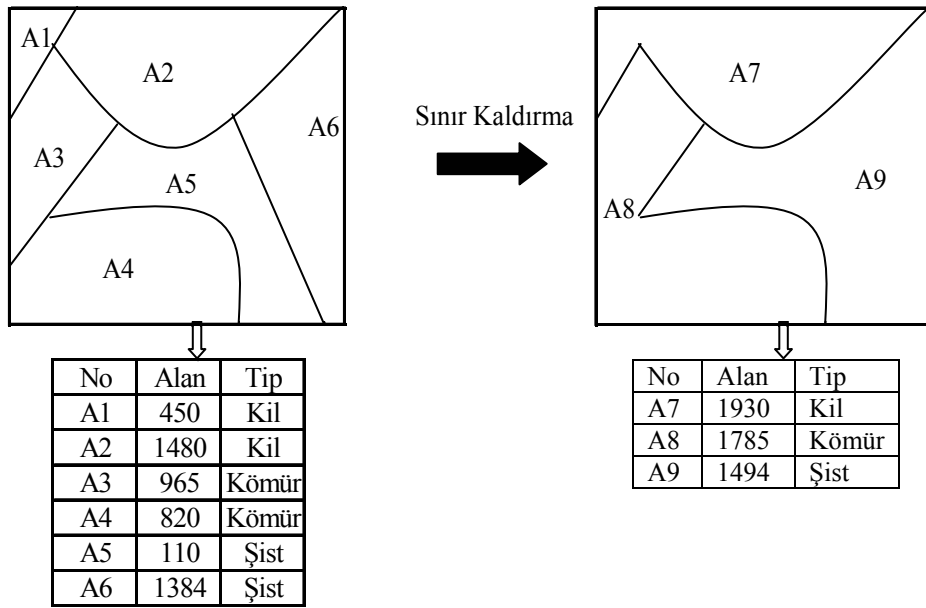
yönetim sistemi içinde öznitelik verileri ile ilgili sorgulamaları kapsamaktadır. Mekansal sorgulamalar ise, grafik veriler ile hem grafik hem de öznitelik veriler için aynı anda yapılan sorgulamaları içermektedir. Dolayısıyla, grafik veriden öznitelik verisine ya da bunun tam tersi olarak öznitelik verisinden grafik verisine hızlı bir geçiş söz konusudur. Özellikle coğrafi bilgi sistemlerinde, mevcut bilgileri kendi kapsamında sorgulamak yeterli olmayıp, mevcut bilgilerden istenen formda yeni bilgilerin üretilmesi konumsal sorgulamalar ile sağlanabilir. Sorgulama, ancak mevcut veriler esas alınarak yapılabileceği için veritabanı tasarımı yapılacak sorgulamalara cevap verecek nitelikte önceden düzenlenmiş olmalıdır (Yomralıoğlu, 2000).

Grafik ve öznitelik verilerin amaca uygun olarak modellenerek, sonuçların irdelenip yorumlanması gibi işlemlerin tümü mekansal analiz olarak bilinir ve söz konusu fonksiyon GIS'in en güçlü yanı olmaktadır. Tek bir katman ya da iki ve daha çok katman kullanılarak yapılan mekansal analiz işleminde, mevcut bilgilerden yararlanılarak yeni bilgiler üretilir ve coğrafik özellik gösteren alanların, potansiyel kullanımlarının değerlendirilmesi, konumsal olayların çevreye etkilerinin tahmin edilmesi ve bu olayların yorumlanıp anlaşılır hale getirilmesi gerçekleştirilir. Başlıca mekansal analizler; temel mekansal analizler, ağ analizleri, geometrik ve istatistiksel işlemler ve sayısal arazi modelleri olmaktadır.

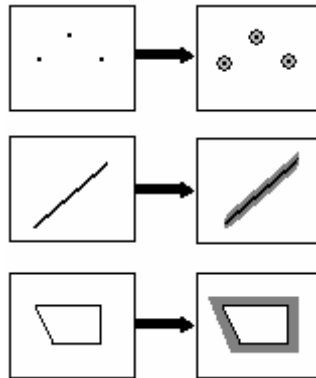
Tek bir katman üzerinde yapılan temel mekansal analizlerden en sık kullanılanlar sınır kaldırma, yakınlık analizleri ve interpolasyon teknikleri olmaktadır. Sınır kaldırma Şekil 2.17a'da verildiği gibi, herhangi bir katmandaki alanların ortak öznitelik özelliklerine göre birleştirilerek yeni bir katman oluşturulması işlemidir. Yakınlık analizleri herhangi bir coğrafi objenin başka bir objeye uzaklığının analizi ile oluşturulur. En yaygın yakınlık analizlerinden biri olan tampon analizinde seçilmiş bir coğrafi objenin etrafına Şekil 2.17b'de görüldüğü gibi verilen mesafede tanımlanmış bir tampon alan oluşturulur ve bu bölgeye rastlayan diğer coğrafik detaylar isteğe bağlı olarak sorgulanır. İnterpolasyon yönteminde ise herhangi bir katmanda bilinen noktaların öznitelik verileri kullanılarak bilinmeyen noktaların öznitelik değerleri bulunur.

İki ya da daha fazla katman kullanılarak yapılan temel mekansal analizler arasında en yaygın olanlar ekleme, ayırma, kesişim ve birleşim analizleridir. Şekil 2.18a'da

görüldüğü gibi, birbiri ile ilintili iki katmanın birleştirilerek tek bir katman haline dönüştürülmesi ekleme analizidir. Şekil 2.18b ile açıklanan ayırma işlemi, belli bir katmanın bir parçasının başka bir katman referans alınarak kesilip çıkarılması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Kesişim analizi; iki ayrı katmandaki ortak obje ve bunlara ait öznitelik bilgilerinin belirlenerek Şekil 2.18c'de verildiği gibi yeni bir katmana aktarılması işlemidir. Kesişim analizi matematiksel olarak iki kümenin kesişim kümesini ayrı bir katman olarak ifade etme işlemidir. İki katmanın tüm özelliklerinin birleştirilerek yeni bir katman elde edilmesi işlemi olan birleşim analizi Şekil 2.18d'de gösterilmiştir. Söz konusu analiz matematikte birleşim işleminin karşılığıdır.

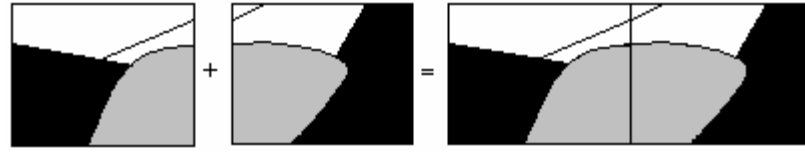


a) Sınır kaldırma işlemi

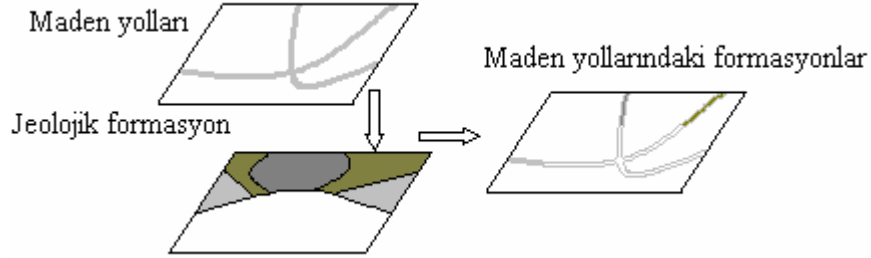


b) Tampon analizi

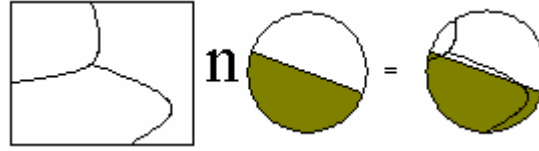
Şekil 2.17 GIS'de tek katman üzerinde yapılan mekansal analizler (Düzgün, 2005)



a) Ekleme işlemi



b) Ayırma analizi



c) Kesişim işlemi



d) Birleşim analizi

Şekil 2.18 GIS'de iki ya da daha fazla katman üzerinde yapılan mekansal analizler (Düzgün, 2005)

İki ya da daha fazla katman ile yapılan tüm mekansal analizlerde, grafik veri için uygulanan işlemlerin aynısı grafik verinin ilişkili olduğu öznitelik verilerinin bulunduğu tablolarda da uygulandığından, oluşan yeni katman tüm öznitelik verileri de bünyesinde bulundurmaktadır.

Ağ analizleri ile birbirine bağlı çizgisel coğrafi objelerin oluşturduğu şebekelerden karar verme sürecini destekleyecek analizler yapılır. Ağ analizleri için kullanılan coğrafi veriler mutlaka çizgi tabanlı vektör yapıda olmalıdır. Ancak düğüm-çizgi topolojisi oluşturulmuş coğrafi veriler ağ analizlerinin gerçekleşmesine olanak sağlar. Ağların oluşturulması için çizgilerin düğüm noktaları ile birleştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca nokta ve çizgilere ait öznitelik bilgilerinin varlığı da oldukça önemlidir. Çünkü ağ işlemleri bir anlamda, grafik olmayan bilgidan grafik bilginin sorgulanması olup,

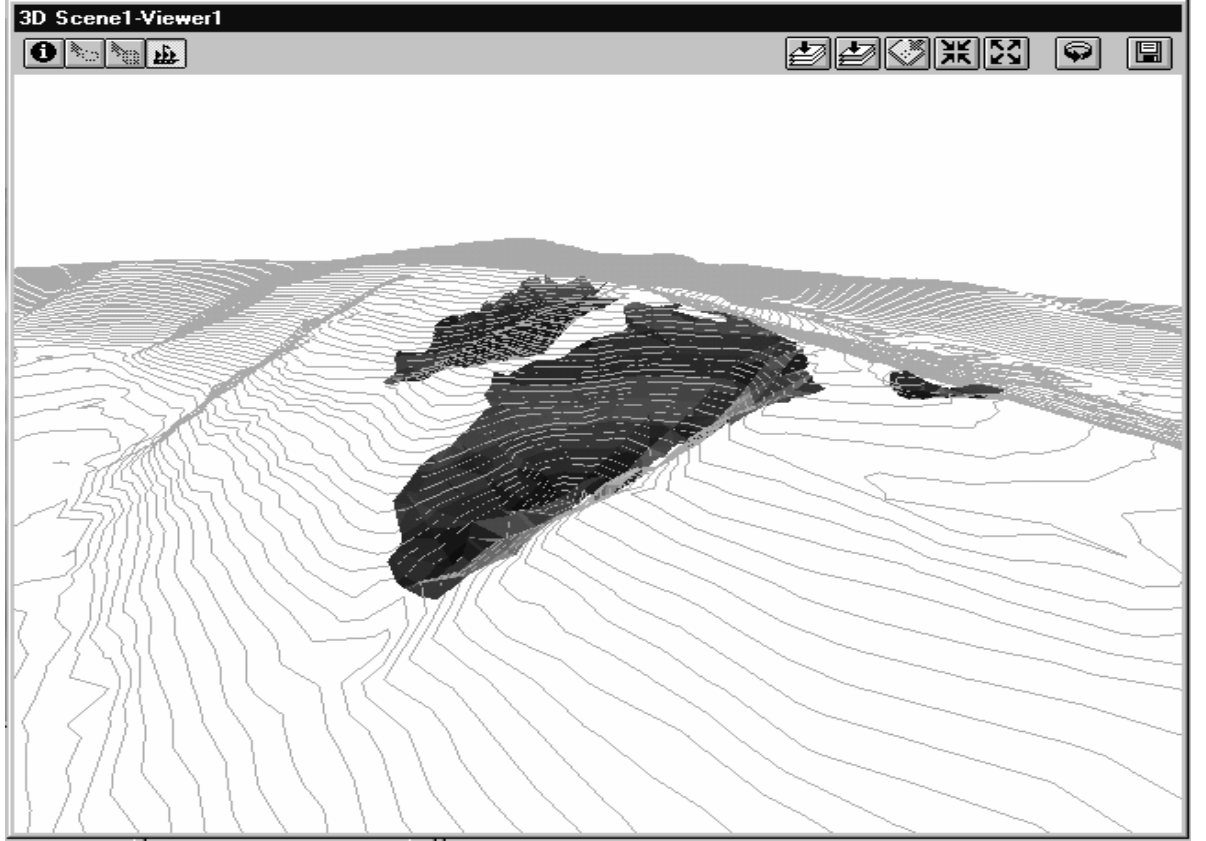
birbirini izleyen çizgilerin öznitelik bilgilerinin karşılaştırılması şeklindedir. Ağ analizleri genellikle en uygun güzergah seçimi için kullanılmaktadır. En uygun güzergah seçimi, iki nokta arasında olabilecek en uygun birleşme yolunun belirlenmesidir. Bu yol en kısa mesafe olabileceği gibi, başlangıç noktasından bitiş noktasına gidişte aranan niteliklere ve var olan kısıtlara bağlı olarak en kısa süre, en uygun eğim olabilir.

GIS; grafik özelliği ile ölçü ve hesap gerektiren işlemlerde kullanıcıya otomasyon, yani bilgisayar destekli kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Geometrik işlemler; koordinat belirleme, uzunluk, açı ve alan ölçmeden oluşmaktadır. Herhangi bir noktanın koordinatının sisteme eklenmesi veya sistemde bulunan bir noktanın bulunması işlemlerini rahatlıkla gerçekleştirebilen GIS’de haritacılıkta özel amaçlar için geliştirilmiş teğet nokta, poligon gibi hesapların yapılabildiği fonksiyonlar da mevcuttur.

Coğrafi bilgi sisteminin geniş bir uygulama alanı bulmasındaki en önemli etkenlerden biri de konumsal olarak elde edilen yığın halindeki karmaşık verileri kullanarak, bu verilere ait istatistiksel analizleri gerçekleştirme yeteneğine sahip olmasıdır. İstatistiksel işlemler, GIS’in veritabanında bulunan öznitelik verileri ile ilgili tanımlayıcı istatistik analizleri içermektedir. Söz konusu analizler arasında ortalama, standart sapma, varyans, sıklık derecesi, dağılım parametreleri gibi özellikler yer almaktadır. İstatistiksel sonuçlar rapor çıktılar halinde alınabildiği gibi, histogram gibi grafik gösterimler halinde de olabilir.

Topoğrafik haritalardaki eş yükselti eğrileri ile üç boyutlu arazi modeli üretme yolu olan sayısal yükseklik modelleri, matematiksel parça ve şekil yöntemleri ile elde edilir. Matematiksel parça yöntemleri; katı yüzey şekillerini matematiksel fonksiyonlarla temsil etme prensibine dayanmakta olup, analizlerde çeşitli interpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Şekil yöntemlerinde ise eşyükselti eğrilerindeki nokta ve çizgiler kullanılarak sayısal yükseklik modeli elde edilir. Sıkça kullanılan arazi yükseklik modeli yöntemlerinden birisi de TIN (triangulated irregular network-üçgenlenmiş düzensiz ağ) yöntemi olmaktadır. Söz konusu yöntemde yüzey, birbirine komşu üçgenler serisiyle ifade edilir. Şekil 2.19’da örnek olarak verilen sayısal arazi modeli

oluşturulduktan sonra, eğim ve bakı haritaları oluşturmak, kesit çıkarmak, hacim hesapları ve görünürlük analizi yapmak mümkündür.



Şekil 2.19 GIS’de sayısal arazi modeli (Kyzeridi ve diğ., 2002)

Coğrafi dağılıma sahip farklı verilerin bilgisayar ortamında sınıflanmasını ve analizini en verimli ve çabuk şekilde sağlayan, böylece karar mekanizmasının başında ve içindeki kişileri doğru yöne hızla yönelten yöntemler topluluğu olan GIS, bu özelliğinden dolayı mekansal karar destek sistemlerinin vazgeçilmez elemanıdır (Tüysüz ve Serim, 2000). Temel istatistik analizlerine ilave olarak, mevcut verilerden yararlanarak ileriye dönük tahminlerin yapılması, yatırım amaçlı mekanların tespit edilmesi, planlama için gerekli donatıların en uygun alanlara yerleştirilmesi, yığılı verilerin istatistiksel olarak irdelenmesi, yöneylem analizleri, zamana göre konum özelliklerinin değişimlerinin izlenmesi gibi birçok neden ve niçin sorularına cevap aranacak nitelikteki karar verme analizleri GIS ile çok daha dinamik olmaktadır. Senaryo analizleri özellikle doğal afet, çevre etki değerlendirmesi veya sistemin zamana bağlı olarak değişiminin gözlenmesi gibi uygulamalarda oldukça etkili bir yöntemdir.

Mekansal analiz işlemleri sonucunda veya senaryo analizleri sonrasında elde edilen verilerin sunumu için GIS çok alternatifli bir yapıya sahiptir. Tüm analizlerin bilgisayar ortamında yapılması sonuçların ekranda gösterilmesini sağlarken, yazıcılarla da çıktılar alınarak sonuçlar kullanıcıya sunulmaktadır.

### **2.2.3. Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanım Alanları**

Yakın zamana kadar birbirlerinden bağımsız olarak gelişen GIS, uzaktan algılama, ilişkiel veritabanı üretim sistemleri, bilgisayar destekli tasarım, doküman tarama, video görüntüleme gibi etkin teknolojilerin birleşmesi ile kuruluşların ve araştırmacıların her türlü özel ihtiyaçları karşılanabildiği gibi, diğer kuruluşlarla olan bilgi bütünlüğü de artmaktadır. GIS; envanter ve gözlemlene, yönetim planlama, mevzuat oluşturma ve karar verme işlemlerinde vazgeçilmez araç olup, etkin olarak kullanıldığı belli başlı alanlar aşağıda açıklanmaktadır (Franklin, 1994).

#### *2.2.3.1. Tarım ve Ormancılık*

GIS, tarımsal ürün deseni ve rekolte tahmini, mera alanlarının belirlenmesi, ürün gelişimi, bitki canlılığı ve kuraklık belirlemesi, toprak tür ve koşullarının belirlenmesi, sulama ve drenaj etütleri, tarım ve hayvancılığa ilişkin kaynak tahminleri, kırsal yerleşim yerlerinin belirlenmesi, arazi toplulaştırma konularında çalışabilmektedir. Bir bölgede birkaç ürün cinsinin beklenen üretim miktarının saptanması, tarımsal iyileştirme, zirai vergilendirme ve bitki örtüsünün hastalıklı bölgelerin tespiti, alan kullanımı, hava durumu ile ilgili bilgiler, meteoroloji uydusu verileri, dünya kaynakları ile ilgili uydulardan alınan bilgiler, arazi ölçümleri ve önceki yıllara ait üretim bilgileri, bilgisayar modelleri ve simülasyon yöntemi kullanılarak analiz edilir (Yomralıoğlu, 2000).

Tarımsal ürünlerin üretimine ve üretim tahminlerine ek olarak GIS yöntemleri, mera ve otlakların kullanım kapasitelerini değerlendirmek için de uygulanmaktadır. Otlakların kullanım tipi ve zaman içindeki kullanım yoğunluğu, otlaktaki bilgilerin durumu hakkında toplanan veriler ve hava koşulları ile ilgili veriler izlenerek otlakların kullanım potansiyeli değerlendirilebilir ve geliştirilebilir.

Ormancılıkta yönetim faaliyetleri ile ekosistem arasındaki bilgilerin güvenli ve uyumlu bir şekilde elde edilmesi, saklanması ve kullanıcıya sunulması her türlü orman planlama

çalışmasının temelini oluşturmaktadır (Sessions ve diğ., 1994). Planların modern şekilde yapılabilmesi ve çok yönlü hizmetlerin doğru, güvenli ve etkili bir şekilde sunulabilmesi için ormanların sınırlandırılması ve mülkiyetinin belirlenmesi gibi idari işlevlerin yanı sıra, her türlü orman haritalarının hazırlanması, sayısal ortamda depolanması, güncelleştirilmesi, orman envanteri ve işletme faaliyetleri için uygun araç-gereç temini ve GIS gibi bilgisayar destekli metod ve modern sistemlerin uygulamaya konulması gerekmektedir. Ormancılıkta, birbirlerine alternatif görünen kaynakların korunması ve kullanılması, etkinliklerin uzlaştırılması, uyumun değerlendirilmesi ve amaç değişikliklerinin analizi gibi güç planlama çalışmalarında önemli ölçüde GIS tekniklerinden yararlanılmaktadır. GIS ile ormancılıkta çalışılan bazı konular aşağıda belirtilmektedir (Yomralıoğlu, 2000; Yiğiter, 1998):

- Orman envanteri ve planlama
- Orman koruma ve yangın amenajmanı
- Yetiştirme ortamı envanteri
- Orman kadastro
- Yaban hayatı amenajmanı

#### 2.2.3.2. Şehir ve Bölge Planlama

Birçok hizmet birimi tarafından talep edilen yerel yönetim bilgi sistemleri; dinamik kent planlaması ve çağdaş kent yönetiminin organizasyonu açısından büyük önem taşımaktadır. Yerel yönetimler GIS'i, yönetsel ve ekonomik konulardaki karar verme sürecinde ve çeşitli planlama etkinliklerinde kullanabilmekte olup, başlıca çalışma konuları; şehirselleştirme ve bölgesel arazi kullanımı, yer seçimi analizleri, etki analizleri, şehir ve bölge planlama, plan uygulaması, yapı izni ve ruhsatı, parselasyon, mühendislikle ilgili konuların tasarlanması, altyapı haritaları ve planlanması, güzergah belirleme, rekreasyon kaynakları belirleme, ulaşım ve karayolu planlaması, trafik modellemesi, trafik kazası haritalaması, acil taşıt güzergahlarının belirlenmesi ve dolaşımın sağlanması, cadde-karayol bakımı, trafik kazası haritalama, temiz-pis su sistemlerinin ve elektrik şebekelerinin kayıtlarının tutulması olmaktadır (Star ve Estes, 1990).

GIS'in yerel yönetimlerde kullanılması sonucunda elde edilecek yararlar aşağıda sıralanmıştır (Yomralıoğlu, 2000):

- Karar verme durumunda olan yöneticilerin, proje ve hizmet üretkenlerin kentin ve kentlilerin sorunlarını, ekonomik ve sosyal göstergelerini daha kolay görmesi,



bilmesi, değerlendirmesi, yapılan plan ve hazırlanan arazi içerikli projelerin daha uygun ve uygulanabilir olmasının sağlanması

- Kayıtların sürekli güncellenmesi sonucu belirlenen kayıt dıŐı vergi mükellefleri ve kaçak altyapı hizmet alanlarının belirlenmesi ile belediye gelirlerinde artış, takip ve denetiminde etkinlik sağlanması
- Teknik altyapı tesislerinin projelendirilme ve uygulama, iŐletim, bakım, onarım faaliyetlerinde hız ve ekonomik kazanç sağlanması, bakım ve onarım faaliyetleri sonucu oluŐacak çevreye olumsuz etkilerin azaltılması, ilgili ortak hizmet üreten birimler arasındaki iŐbirlięinin artırılması ve halkla iliŐkilerde iyileŐme sağlanması
- Yerel yönetimlerin sahip olduğu arazi, bina, tesis gibi varlıkların korunmasında, değerlendirilmesinde ve iŐletilmesinde etkinlik sağlanması

#### 2.2.3.3. Doğal Kaynak Yönetimi ve Arazi Kullanımı

Doğal kaynak yönetimi; insan aktivitelerinin ve doğal olayların söz konusu kaynaklara nitelik ve nicelik olarak etkilerinin kestirilmesi olarak tanımlanabilir. Doğal değerlerin korunması, coğrafik olarak tanımlanmış bir alanda kaynakların uyumlu kullanımına bağlıdır.

Arazi bilgi sistemleri; arazi bilgilerinin yönetimi için gerekli sistemin kurulmasının yanı sıra, arazi politikalarının çok daha hızlı ve sağlıklı olarak ülke ve bölge bazında geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Planlı geliŐmeye katkıda bulunan arazi bilgi sistemleri genel olarak, araziye yönelik her türlü yatırımlarda karar verme aşamasında, arazi bilgilerinin potansiyel kullanıcılara teknoloji desteğiyle sunarak mevcut mülkiyet yapısının çok daha verimli hale gelmesini ve iyileŐtirilmesini sağlamaktadır. Modern bir arazi bilgi sisteminin uygulanabilmesi için teknik, organizasyonel ve kurumsal ihtiyacının gözden geçirilmesi gerekmektedir.

GIS; su kaynakları yönetiminde su havzası etütleri ve planlaması, baraj yer seçimi ve yerleŐimi, bataklık alanların belirlenmesi, su kaynaklarının koruma planlaması, deniz, toprak, hava kirliliği ve endüstriyel kirliliği izleme, balıkçılık ve yaban hayatı yönetiminde uygulama alanı bulmaktadır.

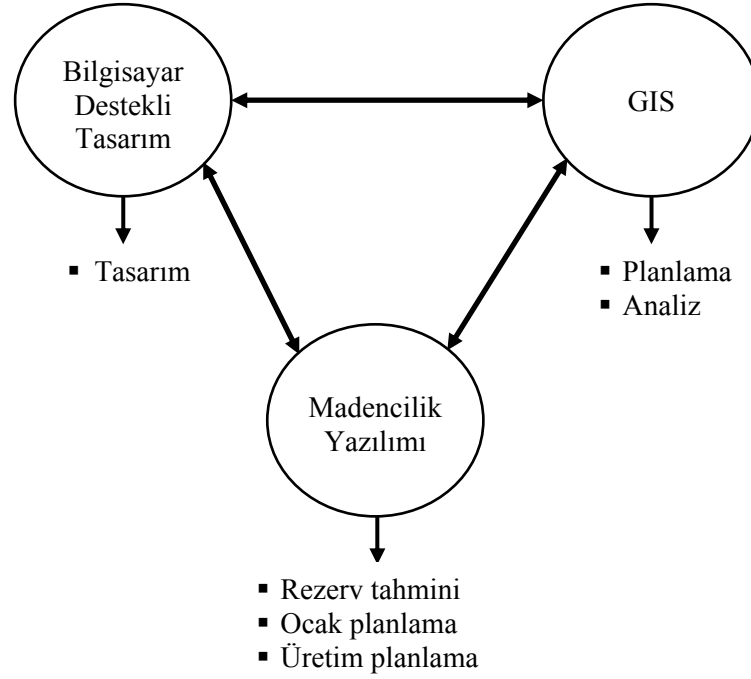
#### 2.2.3.4. Yerbilimleri

Bir bölgenin jeolojik yapısının analizi, temel olarak bir veri entegrasyonu işlemidir. GIS veri kümelerini birlikte gösterebilme özelliğine sahip olması nedeniyle jeoloji, jeofizik ve maden konularında çalışan araştırmacılara, manuel sistemlere göre çok daha çabuk ve hassas çalışabilme olanağı sağlamaktadır.

GIS teknolojisi ile yerbilimlerinde; jeoloji ve deprem haritalarının oluşturulması, sismik risklerin belirlenmesi, jeofizik değerlendirme, maden ve petrol kaynakları belirleme ve yönetimi, tsunami etkisinin belirlenmesi, şev stabilitesi, temel tasarımı, maden tahsis haritaları ve yönetimi, arazi modelleme ve yeraltı analizi gibi önemli konulara çözüm sağlanmaktadır (Anon, 2007b).

GIS, doğal kaynak yönetiminde oldukça geniş alanlarda kullanılmasına rağmen, maden endüstrisindeki teknik uygulamalarda diğer disiplinlere göre daha geride kalmıştır. Bunun en önemli nedeni; madencilik tasarım ve planlama aşamasında bilgisayar destekli yazılım kullanımının oldukça yaygın olmasıdır. Ancak madencilik hemen hemen tüm safhalarında grafik ve öznel verilerini aynı anda kullanma ihtiyacı, etkili ve üretken alternatifler sunan GIS'in madencilikte kullanımını gün geçtikçe artırmaktadır (Anon, 2002). GIS'in madencilikte ilk uygulamaları daha çok açık ocak madencilikinde rehabilitasyon çalışmalarına yönelik olarak gerçekleşmiştir. Ancak, Şekil 2.20'de gösterilen entegrasyon sayesinde yeraltı ve açık ocak madencilikinin pek çok safhalarında uygulamalar giderek artmaktadır. GIS'in madencilikte başlıca kullanım alanları; maden arama faaliyetleri, tasarım ve yer seçimi, çevre yönetimi, reklamasyon çalışmaları ve maden işletme haklarının yönetimi olmaktadır.

Yerbilimlerini oluşturan birçok bilim dalının dikkate alındığı maden arama faaliyetlerinde farklı disiplinlerce toplanan verinin analiz edilerek anlamlı bilgi çıkarılması, çalışmaların başarısını etkileyen en önemli faktör olmaktadır. GIS, arama faaliyetlerinde kullanılacak verilerin birlikte analiz edilip yorumlanacağı en ideal platform olmaktadır. GIS ve uzaktan algılama teknolojilerinin beraber kullanımı ile uygun cevher arama alanlarının seçilmesi gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 2.20 GIS'in çeşitli yazılımlarla birlikte kullanımı (Düzgün, 2005)

Gerek kazı sırasında gerekse zenginleştirme sonucunda çıkan atıkların depolanması için gerekli alanların belirlenip seçilmesinde, GIS önemli ölçüde kullanılmaktadır. Bu işlem için öncelikli olarak çeşitli tematik katmanlar tek tek düzenlenir ve daha sonra her biri üst üste gelecek şekilde çakıştırılır. Böylelikle atıkların depolanması için potansiyel olan yerler tanımlanır ve hacimleri hesaplanarak karşılaştırılır. GIS ile şev açıları, yüzeyin yönü hesaplanabilir, faaliyetlerin genişlemesiyle beraber meydana gelecek görsel potansiyel kusurlar elimine edilebilir.

Liu ve Yang (2004) geniş ve karmaşık bir yapıya sahip ocak havalandırma şebeke sisteminin konumsal verilerini kullanarak, ocak kaçış güzergahlarının ve kurtarma metodlarının belirlendiği GIS tabanlı havalandırma şebeke sistemi oluşturmuşlardır. Du ve diğerleri (2002) uzaktan algılama, GIS teknolojileri kullanarak maden ocaklarında kompleks ve non-linear çevre problemlerini ve afetleri dört sınıfa ayırarak, madenlerde çevresel koruma ve afet önleme karar verme sistemini meydana getirmişlerdir. Düzgün ve Karpuz (2003) jeostatistik ve olasılık yöntemlerini GIS ortamında birleştirerek, bir stok sahasındaki şev duraylılığı ve kayma riskini haritalamıştır. Duman ve diğerleri (2005) GIS ortamında kuzeybatı Anadolu'nun heyelan envanterini çıkarmışlardır. Tüysüz (2003) Marmara Denizi içerisinde mevcut aktif fayları dikkate alarak, söz konusu fayların üretebileceği deprem büyüklüklerini belirlemiş, azalım formülleri

kullanılarak depremin yaratacağı ivmeyi hesaplamıştır. İstanbul deprem senaryosunun hazırlandığı çalışmada, coğrafi bilgi sitemlerinin sağladığı kolaylıklardan yararlanılarak depremden en kolay etkilenecek bölgeler tespit edilmiştir.

Çevre yönetiminde GIS teknolojileri, yalnızca çevresel süreçlere ilişkin mükemmel görüntüler sağlayan bir araç değildir. Bunun yanı sıra nüfus, endüstri, toprak kullanımı, turizm, altyapı gibi insan etkisine dayalı verileri ve kirlilik, ötrofikasyon, biyolojik çeşitlilik gibi etkileyici verileri de ekleyerek, çevrenin durumunu etkileyen güçlerin her zamankinden daha iyi gözlenmesini sağlar. GIS; çevre düzeni planları, çevre koruma alanları, çevresel etki değerlendirme (ÇED) raporu hazırlama, göl, gölet ve sulak alanların saptanması, çevresel izleme, hava ve gürültü kirliliği, kıyı yönetimi, meteoroloji, hidroloji konularında çalışılabilmektedir.

Madencilik faaliyetleri sonrasında arazinin mümkün olduğu kadar eski haline getirilmesinde, sahanın çevresinde bulunan alanlardaki bitki ve yaban hayatının karakterize edilmesinde, sahanın şev durumlarının belirlenmesinde ve reklamasyon çalışmaları sonucunda sahanın alacağı durumun görüntülenmesinde GIS, geniş bir kullanım alanına sahiptir. Tören (2001) ve Mengenli (2001) GIS ve uzaktan algılama teknolojisi kullanarak mevcut bir açık ocakta madencilik faaliyetleri sırasında meydana gelen çevresel değişimleri ortaya koymuşlardır.

Tapu-kadastro işlemlerinin yönetimi ile büyük benzerlik gösteren maden işletme haklarının yönetiminde GIS kullanımı henüz yaygın olmasa da söz konusu alanda GIS ile organizasyonda büyük esneklik, hız ve birimler arası koordinasyon sağlanacaktır.

Ayrıca GIS ile arkeolojik alanların analizi, ölçümlenmesi, yoğunluk dağılımı, kartografya, kadastro, harita güncelleştirme, coğrafi projeksiyon dönüşümleri, sayısal arazi modelleri ile üç boyutlu görüntüleme, topoğrafik analizler, istihbarat, savunma ve hareket yönetimi, hedef belirleme, ulaştırma, radar kaplama etütleri, acil durum planlaması, iklim durumunun değerlendirilmesi, küresel iklim değişiklik tahmini, ekolojik analizler, atmosfer ve su kirliliği, toprak erozyon analizleri konularında da çalışılmaktadır.

### 3. MALZEME ve YÖNTEM

Açık ocak üretim planlamasının, coğrafi bilgi sistemi teknolojileri kullanılarak yapılmasının amaçlandığı çalışma, aşağıda verilen dört aşamadan oluşmaktadır:

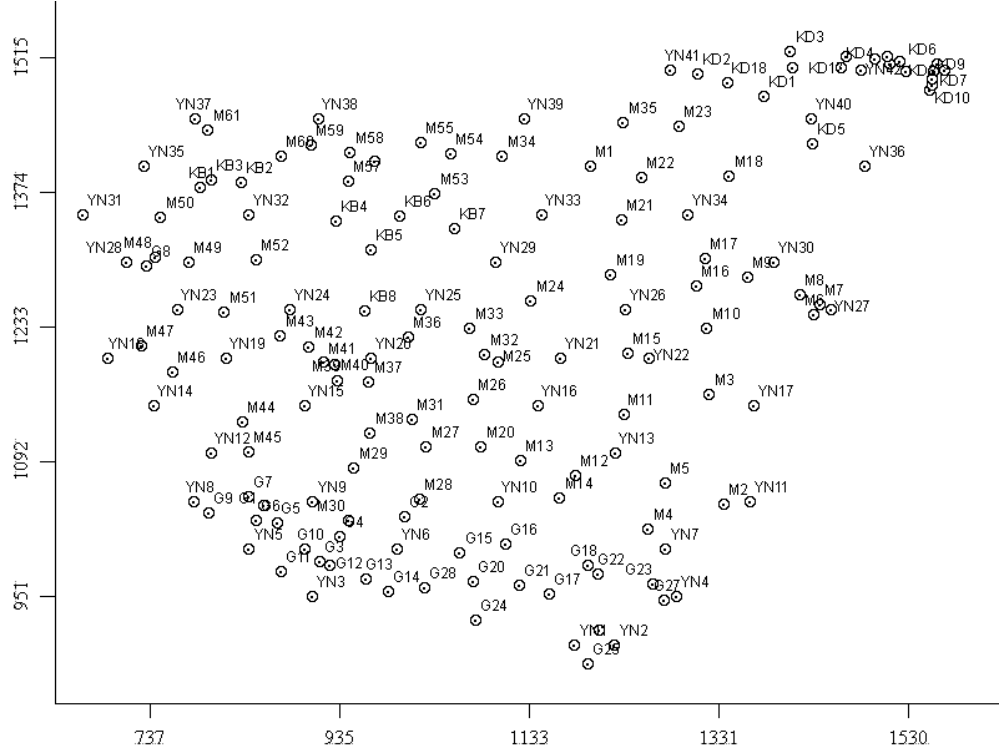
- Hipotetik çalışma sahasının oluşturulması
- Sahada bulunan tüm jeolojik birimlerin, coğrafi bilgi sistemi yazılımı olan ArcInfo ile karakterizasyonunun yapılması
- Elde edilen bilgiler ışığında, üretim planlaması kriterlerinin belirlenmesi ile ArcInfo yazılımı ile açık ocak üretim planlamasının oluşturulması
- Coğrafi bilgi sistemi ile elde edilen ocak planlama aşamasının, madencilikte çok geniş kullanım alanı olan madencilik yazılımları ile karşılaştırılması

#### 3.1. MALZEME

Açık ocak üretim planlamasının coğrafi bilgi sistemi ile yapılabilirliğinin ilk kez araştırıldığı tez kapsamında, İstanbul ilinde kömür üretimi yapılan bir ocağa ait sondaj verileri revize edilerek kısmen hipotetik bir çalışma alanı oluşturulmuştur. Revizyon işlemleri; mevcut sondajlarda yer alan jeolojik birimler, jeolojik birim giriş-çıkış kot değerleri ve koordinatlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sahada sondajlarla tespit edilen dolgu, killi sarı kum, sarı kum, killi gri kum, gri kum, karışık kum, kömür ve kil jeolojik birimleri sadeleştirilerek örtü tabakası, üst kömür, ara kesme ve alt kömür olmak üzere dört birime indirilmiştir. -66 olarak tespit edilen alt kömür damarı minimum çıkış kotu +2,5 olarak kabul edilmiş ve çalışma sahası için oluşturulan yeni sondaj loglarına ilişkin tüm jeolojik birimlerin giriş ve çıkış kotu bu kabulden hareketle değiştirilmiştir. Ayrıca tam sayılı grid ağındaki değerleri başlangıç noktasına getirmek amacıyla, minimum koordinatlara (x, y) 0 değeri verilmiş olup, grid noktasından sonraki değerler aynen alınmıştır.

Çalışmaya konu hipotetik sahada örtü tabakası, üst kömür, ara kesme ve alt kömür olmak üzere dört adet jeolojik birim bulunmaktadır. Çalışma sahasında 39 hektarlık bir

alanda, Şekil 3.1’de lokasyonları verilen toplam 157 adet sondaj yapılmıştır. Sondajlara ait koordinat bilgisi (x, y, z), jeolojik birim giriş ve çıkış kot (z) değerleri, üst ve alt kömürün orijinal bazda nem, kül, alt ısıl değerleri Ek-A’da, çalışma sahası ve çevresindeki yükseklik değerlerini içeren topoğrafya verileri ise Ek-B’de verilmiştir.



Şekil 3.1 Sondaj lokasyon haritası

### 3.2. YÖNTEM

Çalışma sahasının gerek yorumlanması gerekse üretim planlamasının gerçekleştirilmesi amacıyla ArcGIS 9 bileşeni olan ArcInfo yazılımı kullanılmıştır. ArcGIS’in fonksiyon olarak en zengin bileşeni olan ArcInfo; veri üretimi, güncelleme, sorgulama, haritalama ve analiz sisteminin bütünüdür. Söz konusu yazılım esas olarak, ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ModelBuilder ve ArcGlobe olmak üzere beş modülden oluşmaktadır (Anon, 2004).

ArcMap’te mevcut grafik ve sözel verileri görüntüleme, güncelleme, sorgulama ve analiz, grafikleme ve raporlama araçları ile yüksek kalitede kartografik üretim fonksiyonları bulunmaktadır. ArcMap’te 2D görünümü yaratılan haritaların 3D görünümünü elde etmek için ArcScene kullanılmaktadır.

ArcCatalog; grafik ve sözel verileri tanımlama, gözden geçirme, yönetme ve organize etme işlemlerini üstlenmiş olan modül olup, aşağıda verilen fonksiyonları yerine getirmektedir:

- İlişkisel veri tabanlarına direk bağlantı
- Windows Explorer'a benzer işlevler
- Veri tipleri ve içeriklerini görüntüleme
- ArcMap ve ArcToolbox için sürükleme ve bırakma özelliği
- Projeksiyon sistemlerinin görüntülenmesi ve yönetilmesi
- Veri tabanında yer alacak olan alanların yaratılması ve tüm özelliklerinin yönetimi
- ArcGIS veri formatlarının yaratılması
- Veri içerik tablolarının oluşturulması ve görüntülenmesi
- Veri görüntüleme ortamında ön gösterimlerin sağlanması
- UML (unified modelling language) ile oluşturulmuş nesne modellerinden geodatabase yaratma
- Grafik ve sözel veriler arasındaki işlevlerin tanımlanması
- Veri yönetimi (kopyalama, yeniden isimlendirme, silme)
- ArcGIS server yönetimi
- Lokal ağlar ve web üzerinde GIS verileri arama ve bulma
- ArcToolbox fonksiyonlarını içermesi

Geoprocessing (yersel bilgi işleme); GIS verileri üzerinde yapılan analizler sonucunda elde edilen bilgilerin yapılandırılmasıdır ve bütün coğrafi bilgi sistemleri içerisinde kritik bir fonksiyondur. ArcToolbox ve ModelBuilder geoprocessing yapısının iki ana bölümünü oluşturmaktadır.

ArcToolbox; veri yönetimi, veri dönüşümü, kapsama (coverage), vektör analizler ve coğrafi kodlama (geocoding) işlemleri için araçlar içermektedir. Metod ve prosedürleri organizasyon dışındaki diğer kullanıcılarla paylaşmak için verimli bir mekanizma olan ModelBuilder arayüzü; geoprocessing ve scriptlerin yapılandırılması için grafik modelleme sağlamaktadır.

ArcMap gibi GIS katmanlarıyla çalışan ArcGlobe; sürekli, multi-resolution ve global görüntüleme sağlamaktadır. ArcGlobe katmanları, ortak bir global yapı içerisinde entegre edilerek tek bir küresel görüntüleme ortamına yerleştirilmektedir.

Doktora konu olan çalışma sahasının üretim planlamasının oluşturulması amacıyla, ArcInfo yazılımında yukarıda açıklanan modüllerden ArcMap, ArcCatalog ve ArcToolbox etkin olarak kullanılmıştır.

### **3.2.1. Çalışma Sahasının Tanıtılması Amacıyla Veri Tabanının Oluşturulması**

Ek-A ve Ek-B'deki veriler, öncelikle Excel dosyasına girilerek ArcInfo yazılımının kullanabileceği dBase IV (.dbf) formatına çevrilmiş ve ArcMap programına aktarılarak şekil dosyasına (.shp) dönüştürülmüştür. Çalışma süresince, iki boyutlu görüntüler ArcMap modülünden elde edilirken, üç boyutlu gösterimlerde ArcScene kullanılmıştır.

ArcInfo yazılımında, herhangi bir katmanda bilinen noktaların öznitelik verilerini kullanarak, bilinmeyen noktaların öznitelik değerlerinin bulunması amacıyla aşağıda belirtilen interpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır:

- Uzaklığın tersiyle ağırlıklandırma yöntemi (inverse distance weighted)
- Bağ interpolasyonu (spline)
- Kriging
- Doğal komşuluk interpolasyon yöntemi (natural neighbor interpolation)

Sahada bulunan jeolojik birimlerin gerek kalıplarının gerekse üst ve alt kömüre ait nem, kül ve ısı değer içeriklerinin yorumlanması amacıyla, söz konusu yöntemler çalışmada ayrı olarak ve çok farklı değişkenler kullanılarak denenmiş ancak, interpolasyona tabi tutulan veri aralıkları dikkate alındığında en iyi sonucun doğal komşuluk interpolasyon tekniği ile elde edildiği tespit edilmiştir.

### **3.2.2. Yatağın Modellenmesi ve Rezerv Hesabı**

Rezerv hesabı, blok modelleme ve ocak tasarım aşamalarının gerçekleştirilebilmesi için öncelikle cevher ve yüzey topoğrafyasının modellenmesi gerekmektedir. Çalışma sahasında bulunan örtü tabakası, üst kömür, ara kesme ve alt kömürün üç boyutlu olarak



modellenmesi ve kömür rezervinin belirlenmesi amacıyla ArcInfo yazılımında bulunan ArcMap ve ArcScene modüllerinden yararlanılmıştır.

### **3.2.3. Kazı Başlangıç Alanının Tespiti**

Cevher üretimine en kısa sürede başlayabilme esası göz önüne alınan kazı başlangıç alanının seçiminde, pek çok parametre etkili olmaktadır. Ancak doktora çalışması kapsamında ilk kazı noktasının tespiti için döküm alanına yakınlık, düşük örtü kazı oranı, kömür kalitesi ve kalınlığı gibi temel parametreler baz alınmıştır.

Kazı başlangıç alanının belirlenmesinde ArcMap ve ArcToolbox eklentileri kullanılmıştır. Uygun alanların belirlenmesine yönelik olarak ArcInfo yazılımında yapılan çalışmalarda, ele alınan parametrelere etki değeri verilmesi gerekmektedir. Yukarıda adı geçen kriterlere etki değeri verilmesi amacıyla Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılmıştır (Başçetin, 2004; Kuruüzüm ve Atsan, 2001). Herhangi bir seçim probleminde kullanılan nitelik ve nicelik kriterlerini kendine göre ele alma özeliğine sahip ve tüm madencilik karar verme proseslerinin geliştirilmesine yardımcı olan AHP, söz konusu özelliklerinden dolayı bu çalışmada uygulanmıştır.

Benzer yaklaşım, kazı başlangıç alanının belirlenmesinde etkili olan diğer tüm kriterlerle de yapılabilir.

### **3.2.4. Açık Ocak Planlaması**

Çalışma sahasında, kömür üretimini sistematik olarak gerçekleştirmek amacıyla ocak planlaması yapılması gerekmektedir. Açık ocaklarda üretim her ne kadar yukarıdan başlayıp aşağı doğru devam etse de, ocağın planlanması aşaması aşağıdan başlayarak gerçekleştirilmektedir. ArcInfo yazılımında ArcMap, ArcScene, ArcCatalog ve ArcToolbox modülleri kullanılarak, çalışma sahasında üretim sırasında uygulanacak olan basamak genişliği, basamak yüksekliği, nihai şev açısı ve nakliyat yolları eğimi dikkate alınmış ve açık ocak planlaması gerçekleştirilmiştir. Basamakların ve nakliye yollarının oluşturulmasını takiben, üretim sonrası ocağın alacağı görünüm, yani açık işletme nihai sınırları tespit edilmiştir. Son olarak, sınırları belirlenen ocaktan kaldırılması gereken dekapaj miktarı ve üretilebilir kömür rezervine bağlı olarak da dekapaj oranı bulunmuştur.

### 3.2.5. Üretim Sırasının Belirlenmesi

Çalışmaya konu olan sahada, açık ocak nihai sınırları içerisinde bulunan kömürün hangi miktarda ve ne zaman üretileceğini tespit etmek amacıyla, açık ocak üretim planlamasının son adımı olan üretim sırası oluşturulmuştur. Üretim sırasının belirlenmesi için öncelikle ocaktan her yıl üretilecek olan kömür miktarı tespit edilmiştir. ArcInfo yazılımının ArcMap, ArcToolbox ve ArcScene modülleri kullanılarak ocaktan her yıl kazılacak olan cevher-pasa miktarı ve kömüre ait karakterizasyonlar belirlenmiştir.

### 3.2.6. Vulcan (V.7) Madencilik Paket Programı

Doktora tezine konu olan sahada, ArcInfo yazılımı ile ocak planlanmasına yönelik elde edilen verilerin teyit edilmesi amacıyla Vulcan (V.7) yazılımı kullanılmıştır. Madencilikte geniş bir kullanım alanı olan Vulcan yazılımı aşağıda belirtilen konularda madencilik sektörüne hizmet sağlamaktadır (Selimoğlu, 2004):

- Cevher arama
- Jeolojik modelleme
- Maden işletme dizaynı ve planlaması
- Cevher üretimi
- Cevher varlığını sürekli değerlendirme
- Jeostatistik
- Yeraltı suyu modellemesi
- Çevre yönetimi
- Rehabilitasyon

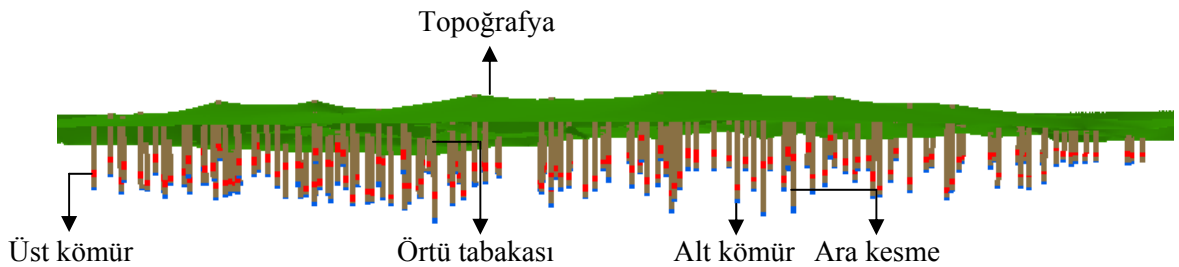
Ek-A ve Ek-B'deki veriler, öncelikle Excel dosyasına girilerek Vulcan yazılımının kullanabileceği CSV (.csv) formatına dönüştürülmüştür. Yazılıma aktarılan veri tabanı ile kömür yatağı modellenmiş, Lerchs-Grossmann algoritması kullanılarak maksimum kârı sağlayan açık ocak sınırları tespit edilmiş ve açık ocağın planlaması yapılmıştır.

## 4. BULGULAR

Doktora çalışması kapsamında kısmen hipotetik olarak yaratılan bir kömür sahasında, ArcInfo coğrafi bilgi sistemi yazılımı kullanılarak, ekonomik ve hızlı bir üretim planlaması yapılması amacıyla, rezerv tespiti, açık ocak nihai sınır tespiti, ilk kazı noktasının seçimi, basamak planlaması ve üretim sırasının belirlenmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışma sahasının ocak planlama aşaması madencilikte yaygın kullanım alanı bulan Vulcan (V.7) yazılımı ile de ayrıca oluşturulmuştur.

### 4.1. ÇALIŞMA SAHASINA AİT BULGULAR

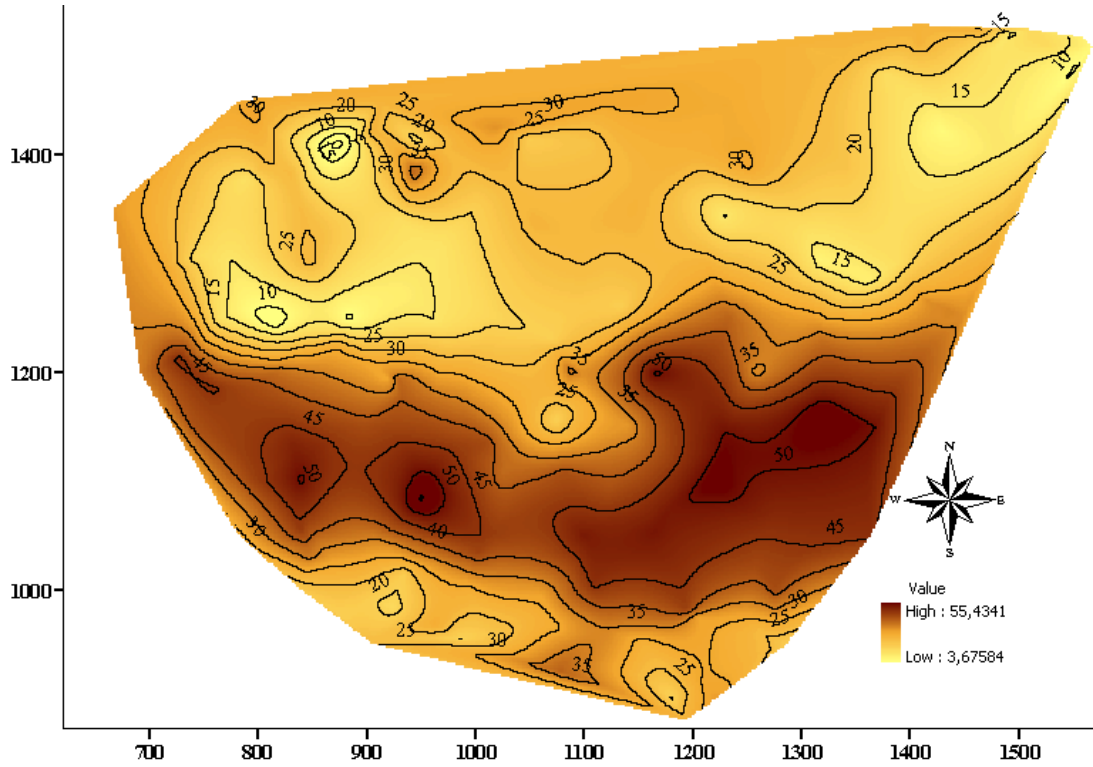
Çalışma sahasının tanımlanması amacıyla, Şekil 4.1’de perspektif kesiti verilen 157 adet sondaj verisinden hareketle, doğal komşuluk interpolasyon tekniği kullanılarak, örtü tabakası, üst kömür, ara kesme, alt kömür ve toplam kömür kalınlığına ait hücresel (raster) haritalar çizilmiş ve bu haritalar üzerinde kontur haritaları oluşturulmuştur. Birbirine komşu grid yapıdaki aynı boyutlu hücrelerin bir araya gelmesiyle oluşan raster haritalarda, jeolojik birimlerin daha detaylı analizi ve daha iyi görünümünün elde edilmesi için hücre boyutları yazılıma 1 cm olarak girilmiştir. Kontur haritalarında ise sadece kontur aralıkları ve temel kontur değeri belirlenmiştir. Jeolojik birimlere ait kalınlık yüzey ve kontur haritaları Şekil 4.2 ile Şekil 4.6 arasında verilmiştir.



Şekil 4.1 Çalışma alanında yapılan sondajların perspektif olarak önden kesit görünümü

Jeolojik birimlerin kalınlığını ifade eden raster haritalarda koyu renkli bölgeler ilgili jeolojik birimlerin yüksek kalınlık değerine sahip olduğunu ifade ederken, açık renkli bölgeler düşük kalınlıklı alanları göstermektedir.

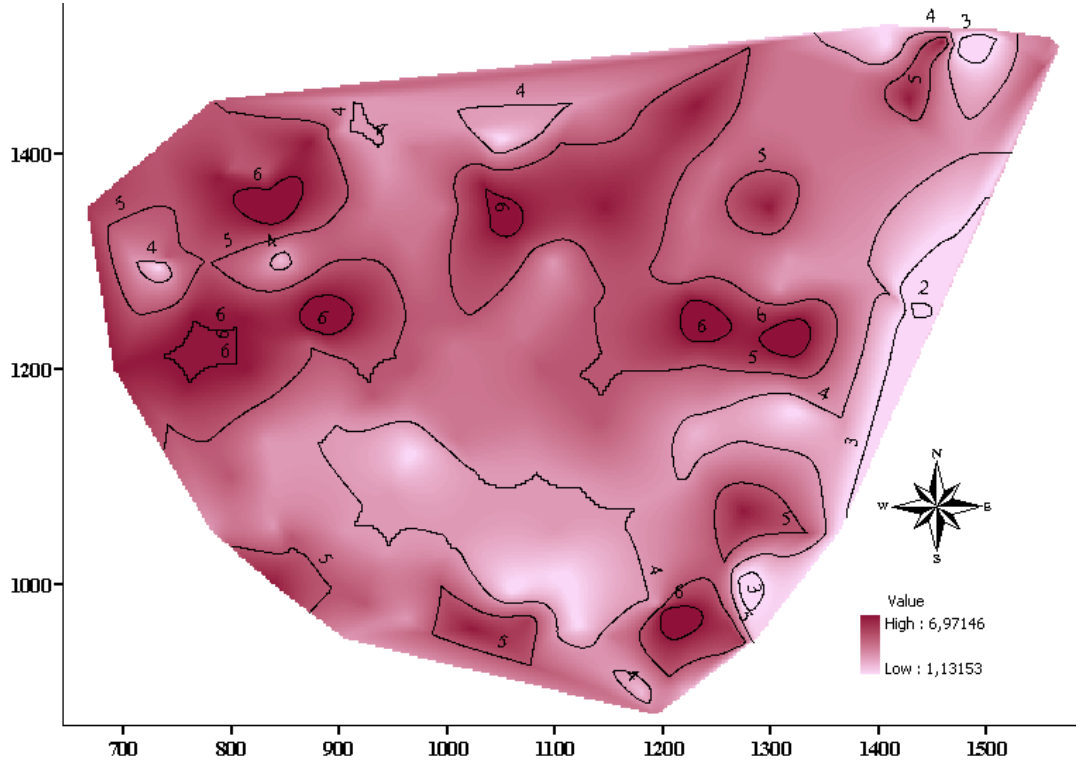
Üst kömür ile topoğrafya arasında bulunan ve kalınlığı 3–55,9 m arasında değişen örtü tabakası, Şekil 4.2’de gerek raster gerekse kontur haritasında görüldüğü gibi, çalışma sahasının orta kesimlerinde en yüksek kalınlıklara ulaşırken, en düşük kalınlıklar sahanın kuzeybatı iç bölgesinde ve kuzeydoğusunda gözlemlenmektedir.



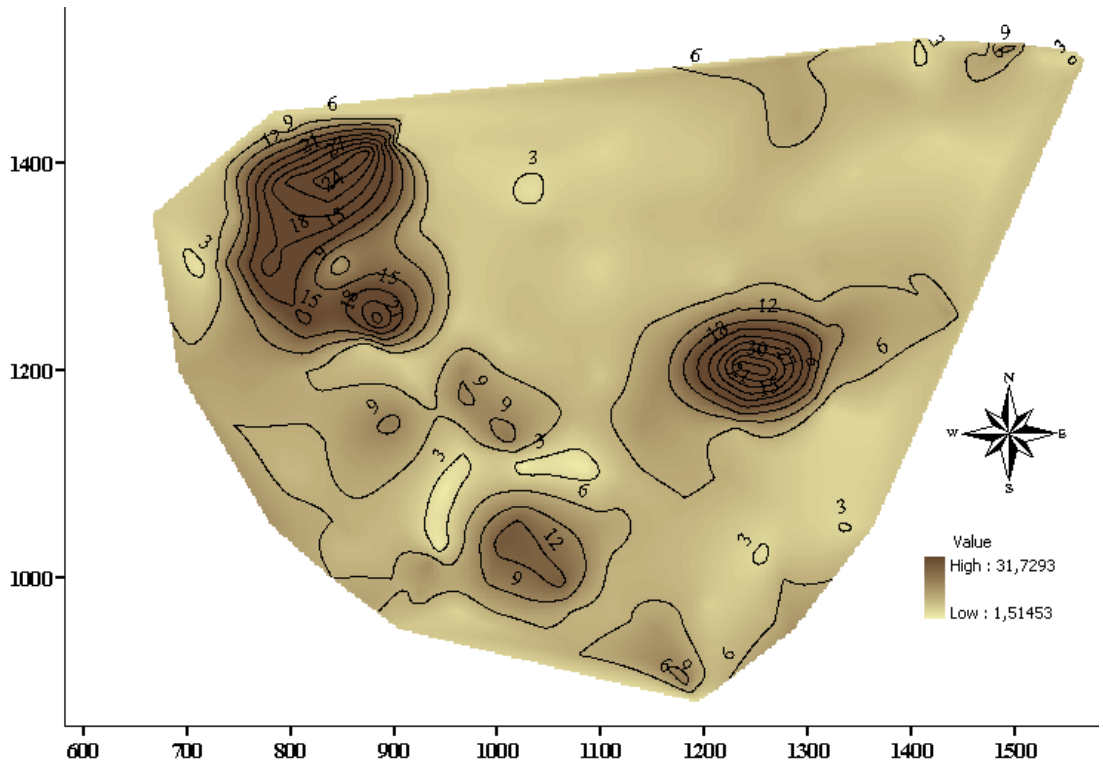
Şekil 4.2 Örtü tabakası kalınlık haritası

Kalınlığı 1–7 m. arasında değişen üst kömür, Şekil 4.3’de verildiği gibi, sahanın kuzeybatı, batı, güneydoğu ve iç kesimlerinde maksimum seviyelere ulaşmaktadır. En düşük üst kömür kalınlığına sahanın doğusunda rastlanılmaktadır.

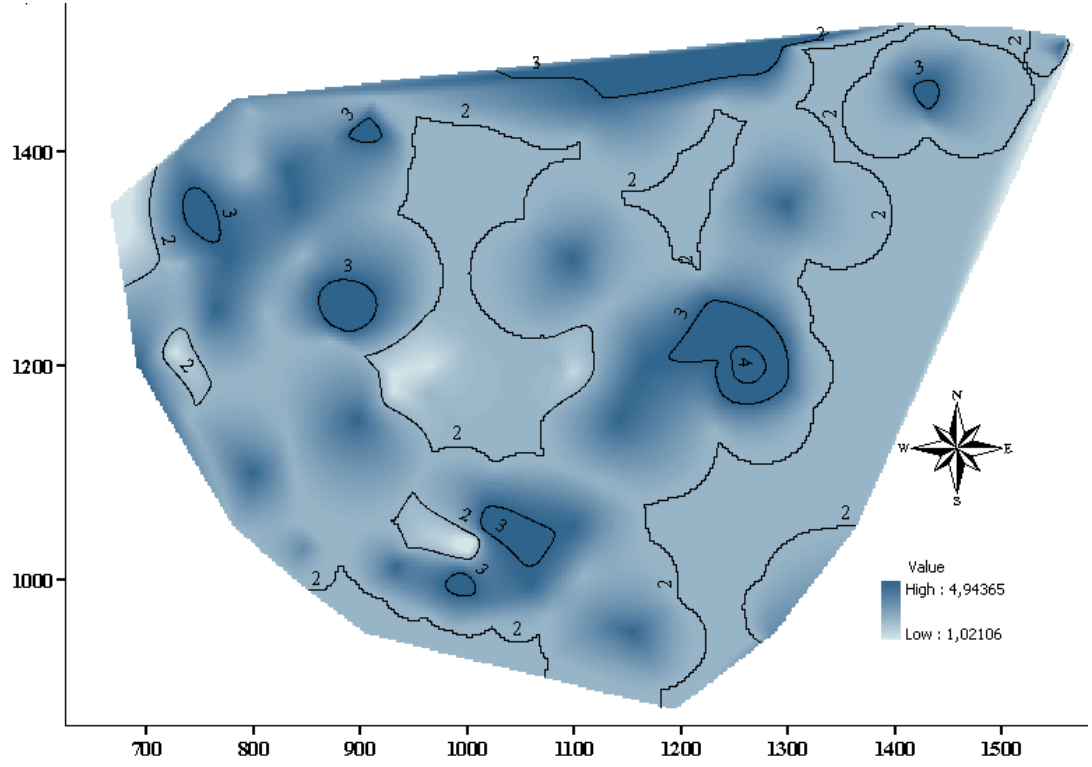
Üst kömür ile alt kömür arasında bulunan ara kesmenin 1,5–32 m arasında değişen kalınlığı, Şekil 4.4’de görüldüğü gibi, çalışma sahasının kuzeybatı ve doğu iç kesimlerinde artan bir yapı göstermektedir.



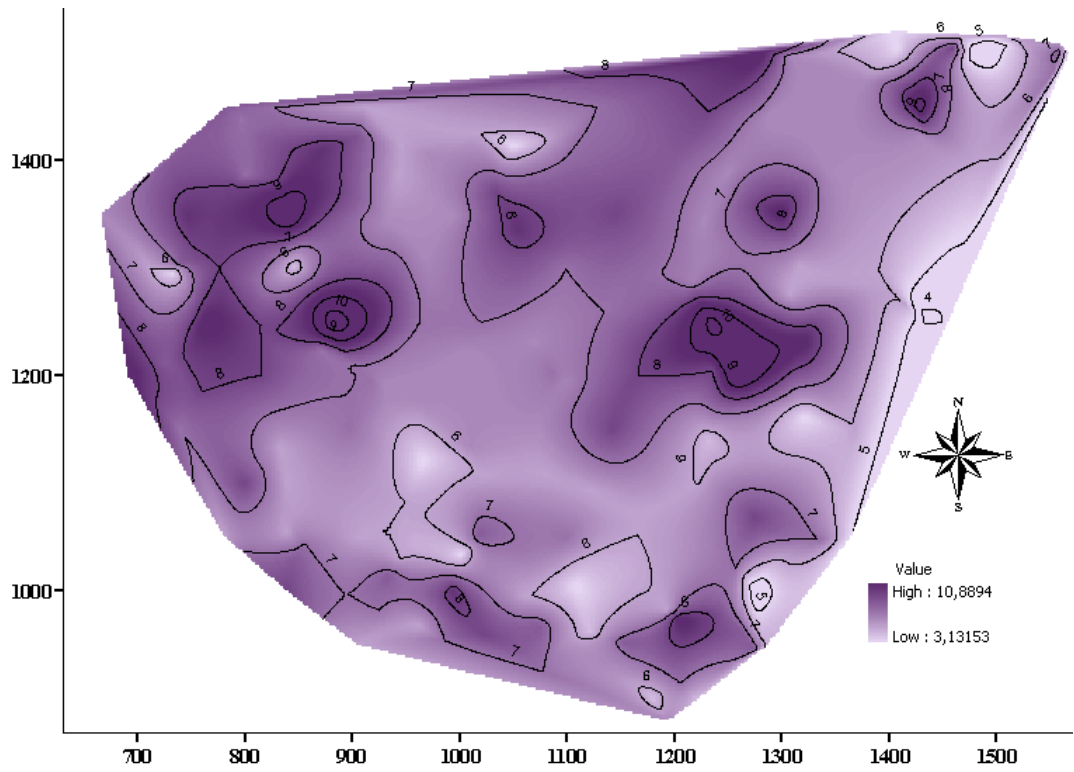
Şekil 4.3 Üst kömür kalınlık haritası



Şekil 4.4 Ara kesme kalınlık haritası



Şekil 4.5 Alt kömür kalınlık haritası



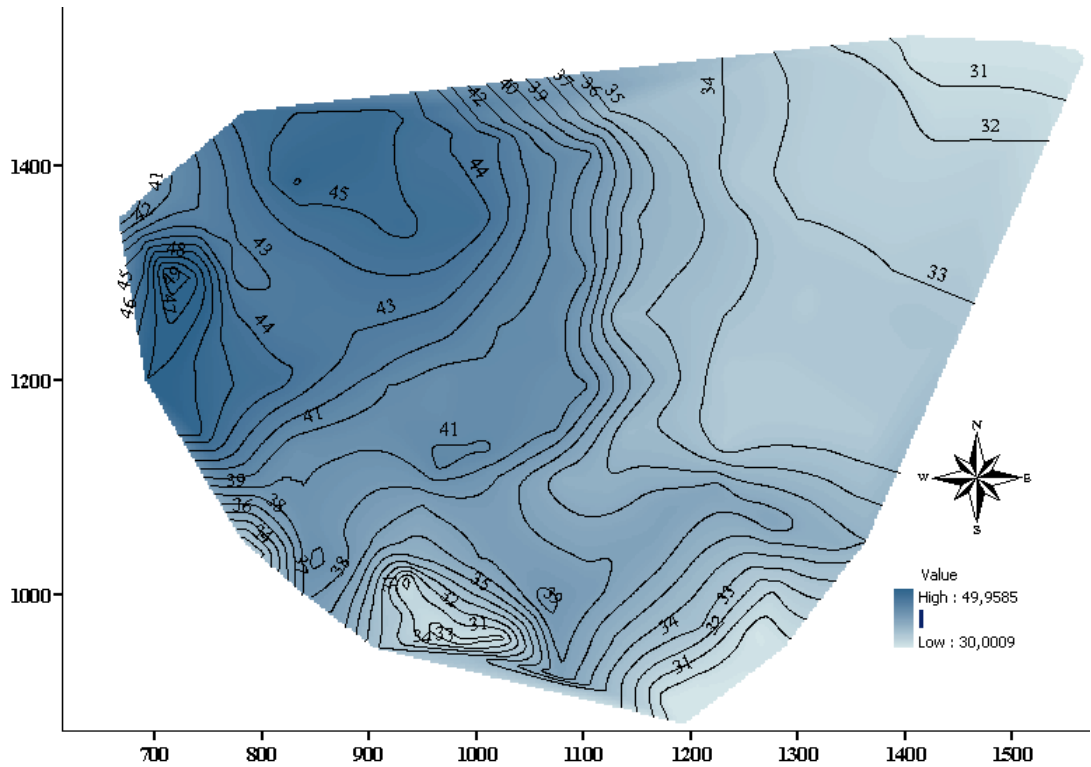
Şekil 4.6 Toplam kömür kalınlık haritası

Minimum kalınlığı 1 m., maksimum kalınlığı 5 m. olan alt kömür, Şekil 4.5’de verildiği gibi, sahanın kuzeyinde, batı, güney ve doğu iç kesimlerinde en yüksek kalınlıklara ulaşmaktadır.

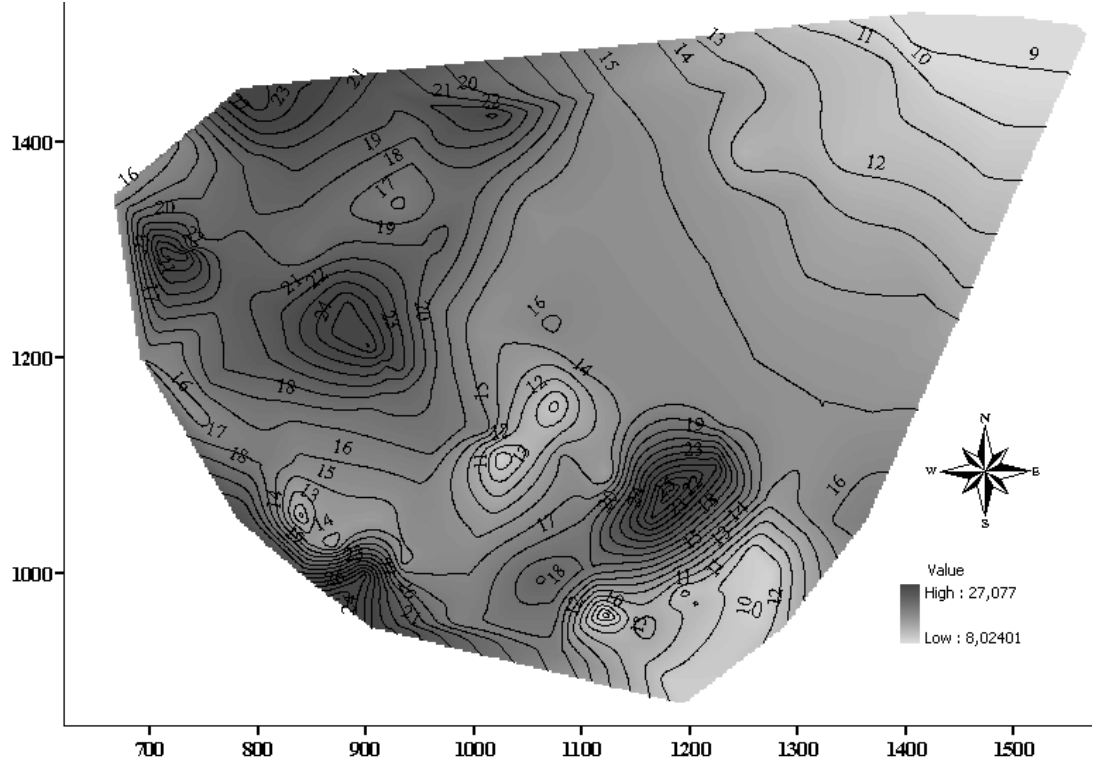
Saha genelinde toplam kömür kalınlığının Şekil 4.6’da görüldüğü gibi, sadece doğu kesimlerde azaldığı gözlemlenmektedir.

Sahada bulunan kömür damarlarının karakteristiklerini belirlemek amacıyla, orijinal bazda nem (%), kül (%) ve alt ısıl değere (kcal/kg) ilişkin yüzey ve kontur haritaları çizilmiştir. Üst kömür karakteristik haritaları Şekil 4.7’de, alt kömüre ait karakteristik haritalar ise Şekil 4.8’de verilmektedir.

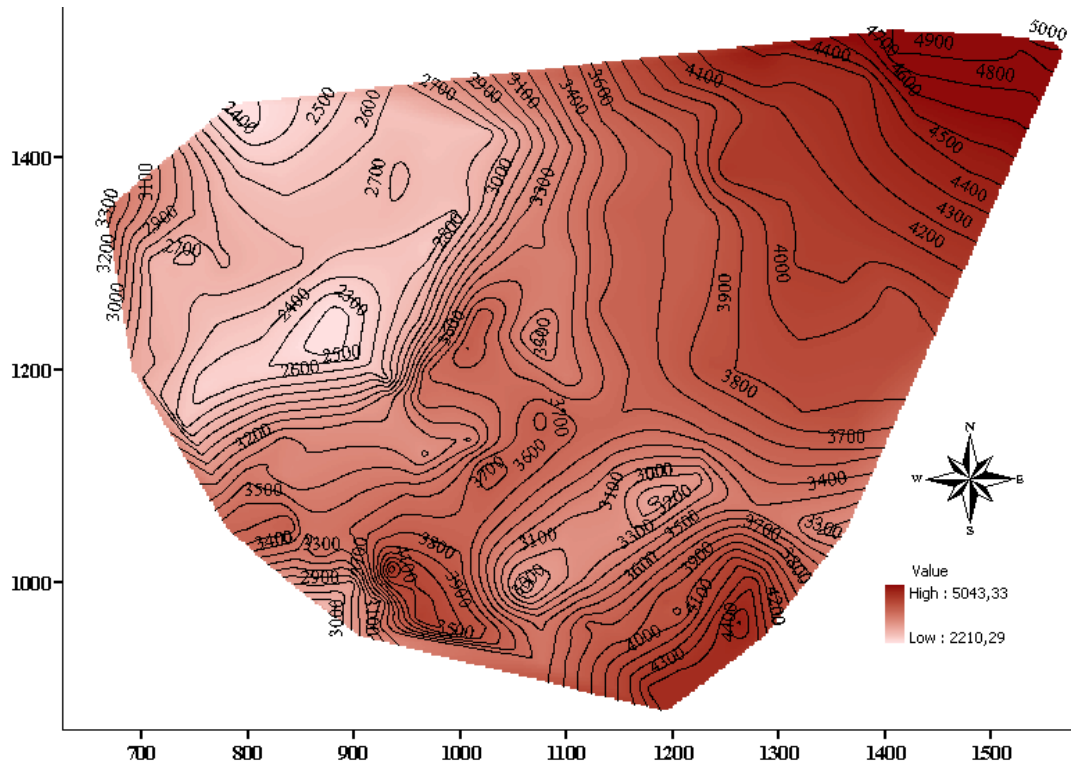
Üst kömürün nem içeriği %30-50; kül içeriği %8-27,2; alt ısıl değeri 2209-5049 kcal/kg arasında değişirken, alt kömür nem içeriğinin %28,7-48; kül içeriğinin %7,2-26,9; alt ısıl değerinin ise 2420-5339 kcal/kg arasında değiştiği görülmektedir.



a) Üst kömür nem (%) haritası



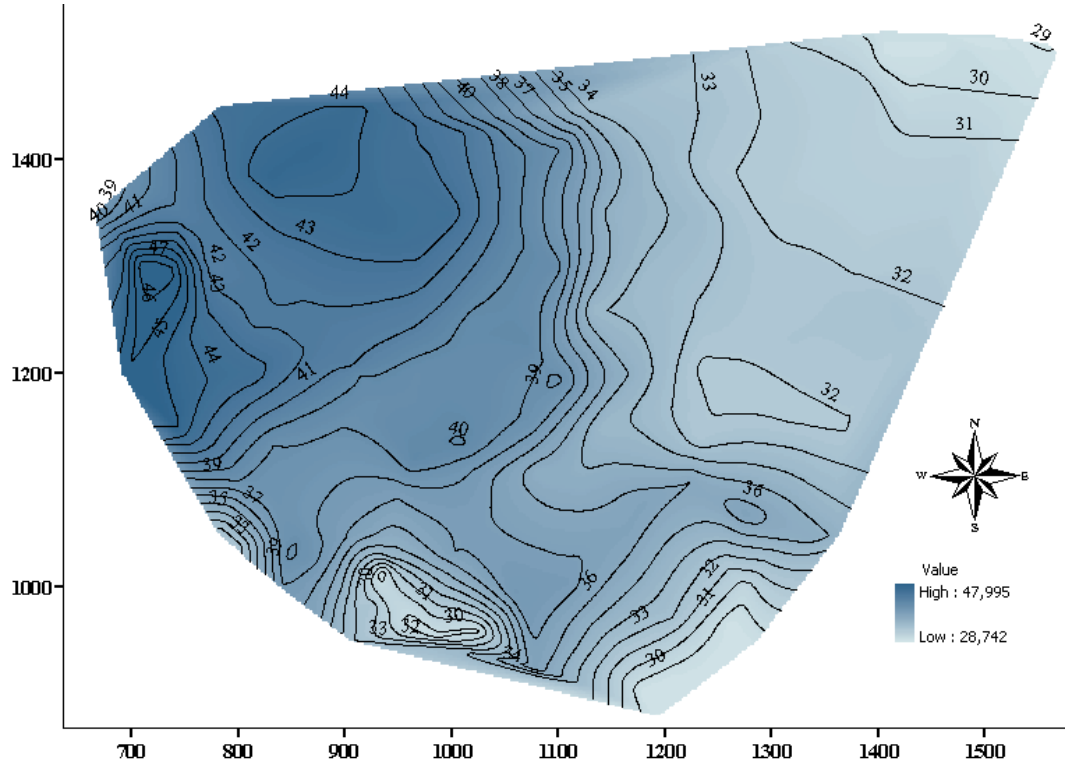
b) Üst kömür kül (%) haritası



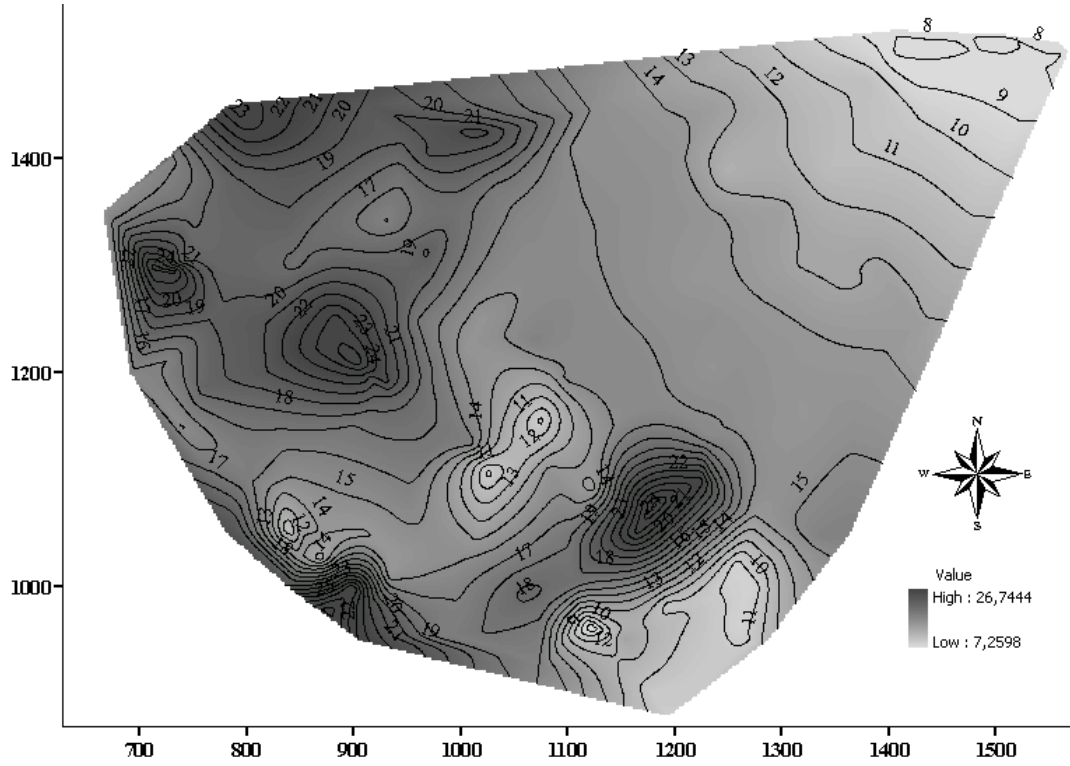
c) Üst kömür alt ısııl değeer (kcal/kg) haritası

Şekil 4.7 Üst kömür karakteristik haritaları

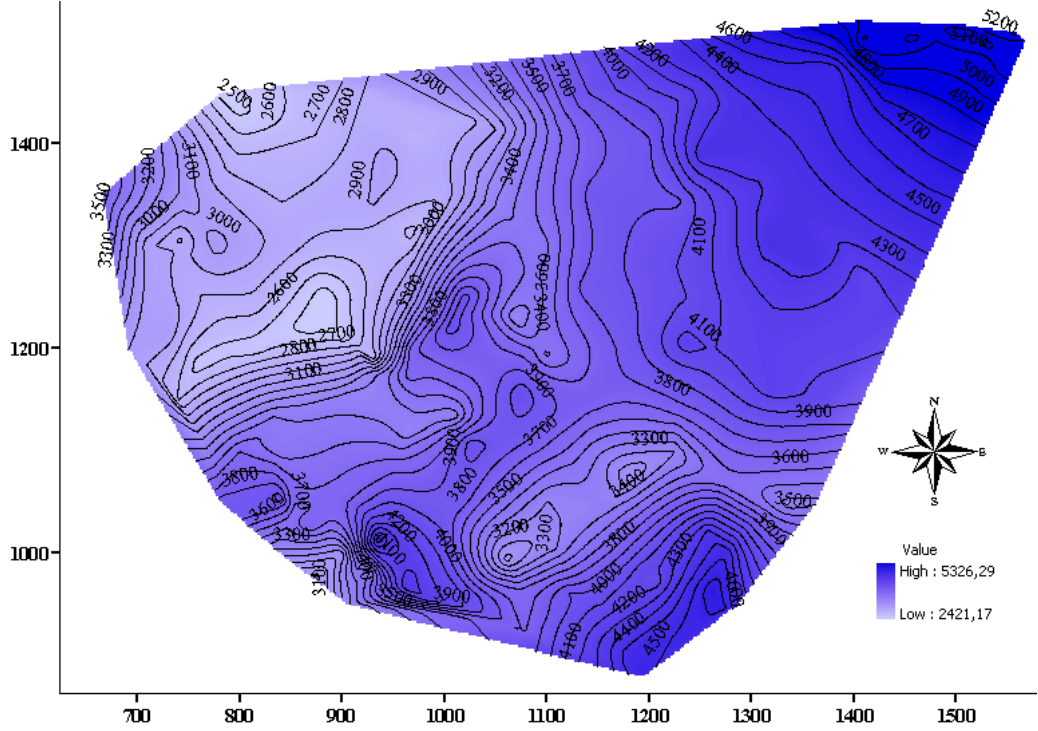




a) Alt kömür nem (%) haritası



b) Alt kömür kül (%) haritası

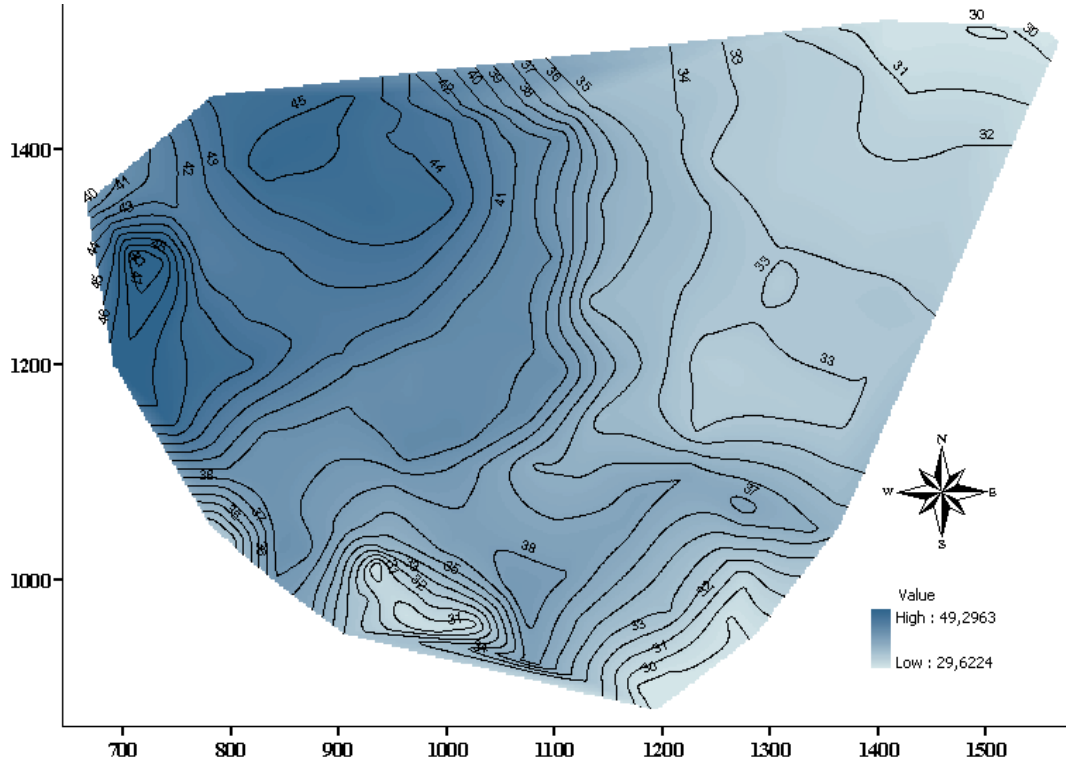


c) Alt kömür alt ısıl değer (kcal/kg) haritası

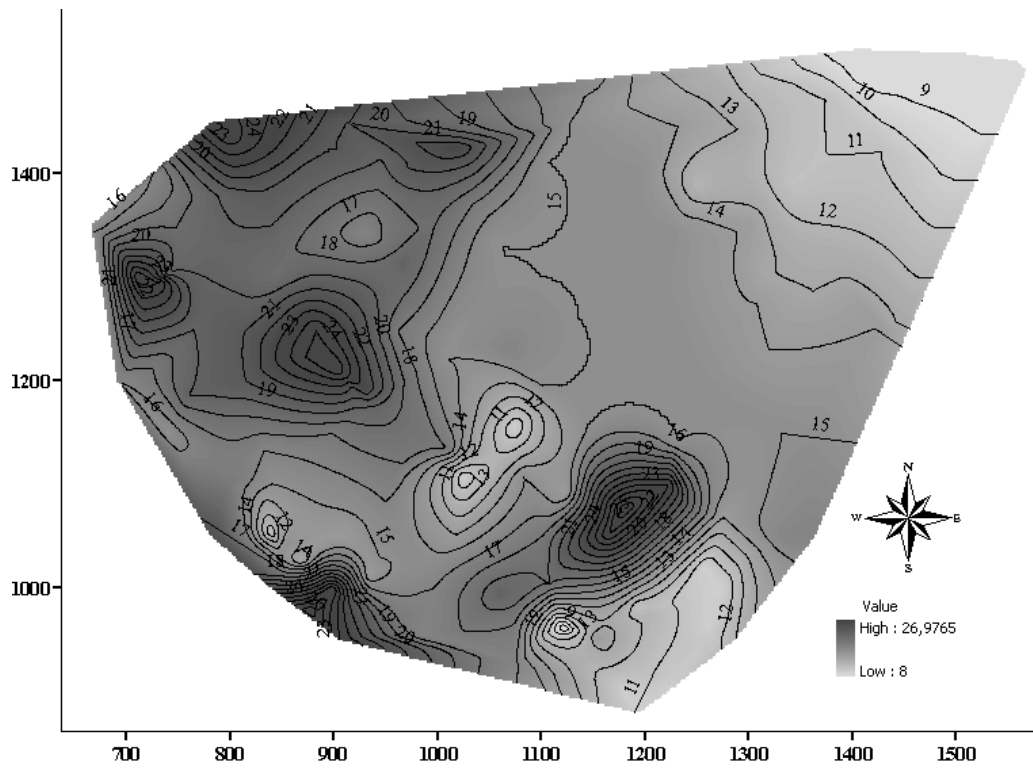
Şekil 4.8 Alt kömür karakteristik haritaları

Yukarıda verilen üst ve alt kömür özellik haritalarında sahada nem ve kül içeriğinin düşük olduğu alanlar açık renk ile gösterilirken, yüksek alt ısıl değere sahip bölgeler koyu renklerle ifade edilmiştir. Üst ve alt kömürün orijinal bazdaki nem içeriği sahanın doğusundan batısına doğru artarken, minimum nem içerikli kömür sahanın kuzeydoğu, güneydoğu ve güney kesiminde bulunmaktadır. Sahanın kuzeydoğu ve güneydoğu bölgeleri düşük değerlikli, güneydoğu iç ve güneybatı kesimleri ise yüksek değerlikli kül içeriğine sahiptir. Üst ve alt kömürde en yüksek değerlikli alt ısıl içeriğine sahanın kuzeydoğusunda ulaşılırken, sahanın kuzeybatısında düşük alt ısıl içerikli kömür bulunmaktadır.

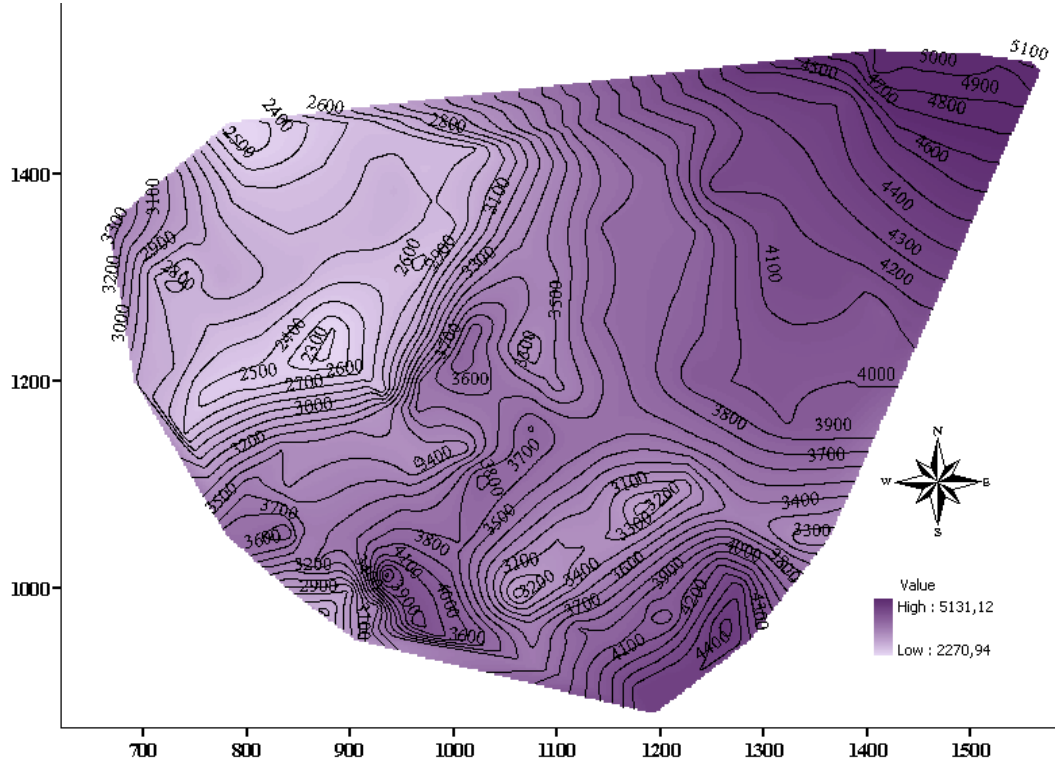
Sahada üst kömür ile alt kömür arasında bulunan ara kesme kalınlığı 1,5-32 m. arasında değişmektedir. Ocak planlaması sırasında dikkate alınacak basamak yüksekliğinin 10 m. olması, bazı basamaklarda üst ve alt kömür damarlarının beraber üretimine neden olacaktır. Bu nedenle, çalışma sahasında bulunan ve Şekil 4.9'da verilen tüm kömürün karakteristikleri; gerek üst gerekse alt kömürün kalınlıklarına bağlı olarak ağırlıklı nem, kül ve alt ısıl değer ortalamaları hesaplanarak tespit edilmiştir.



a) Tüm kömür nem (%) haritası



b) Tüm kömür kül (%) haritası



c) Tüm kömür alt ısı değer (kcal/kg) haritası

Şekil 4.9 Sahada bulunan tüm kömürün karakteristik haritaları

Tüm kömüre ait karakteristik haritalar incelendiğinde, sahada minimum nem içeriğinin kuzeydoğu, güneydoğu ve güney kesiminde, düşük değerlikli kül içeriğinin ise kuzeydoğu ve güneydoğu bölgelerinde bulunduğu gözlemlenmektedir. En yüksek değerlikli alt ısı içeriğine sahip kömüre sahanın kuzeydoğusunda ulaşılrken, kuzeybatıya doğru alt ısı değer içeriği giderek azalmaktadır.

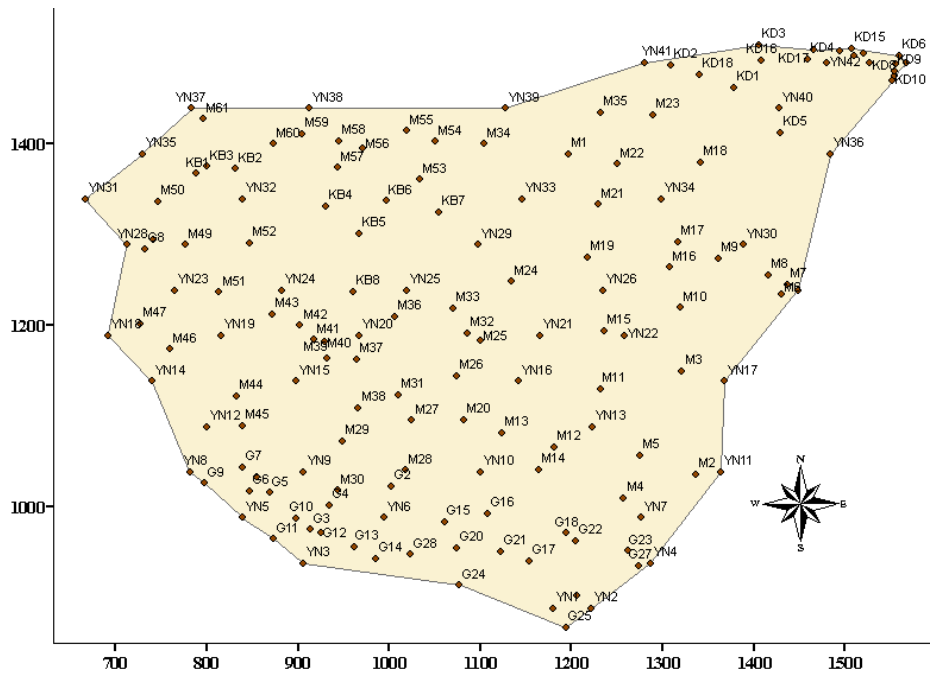
## 4.2. KÖMÜR YATAĞININ MODELLENMESİNE ve REZERV HESABINA AİT BULGULAR

Kömür yatağının üç boyutlu olarak modellenmesi için öncelikle doğal komşuluk interpolasyon yöntemi kullanılarak, jeolojik birimlerin giriş ve çıkış kot değerlerini ifade eden raster haritalar oluşturulmuştur. Daha iyi görüntü elde etmek için haritalar, raster formatından birbirine komşu üçgenler serisinden meydana gelen tin (triangulation irregular network) formatına dönüştürülmüştür. Her bir jeolojik birimin çıkış kotu o birimi takip eden birimin giriş kotu olduğundan, aşağıda belirtilen kot değerlerini ifade eden tin haritalar elde edilmiştir:

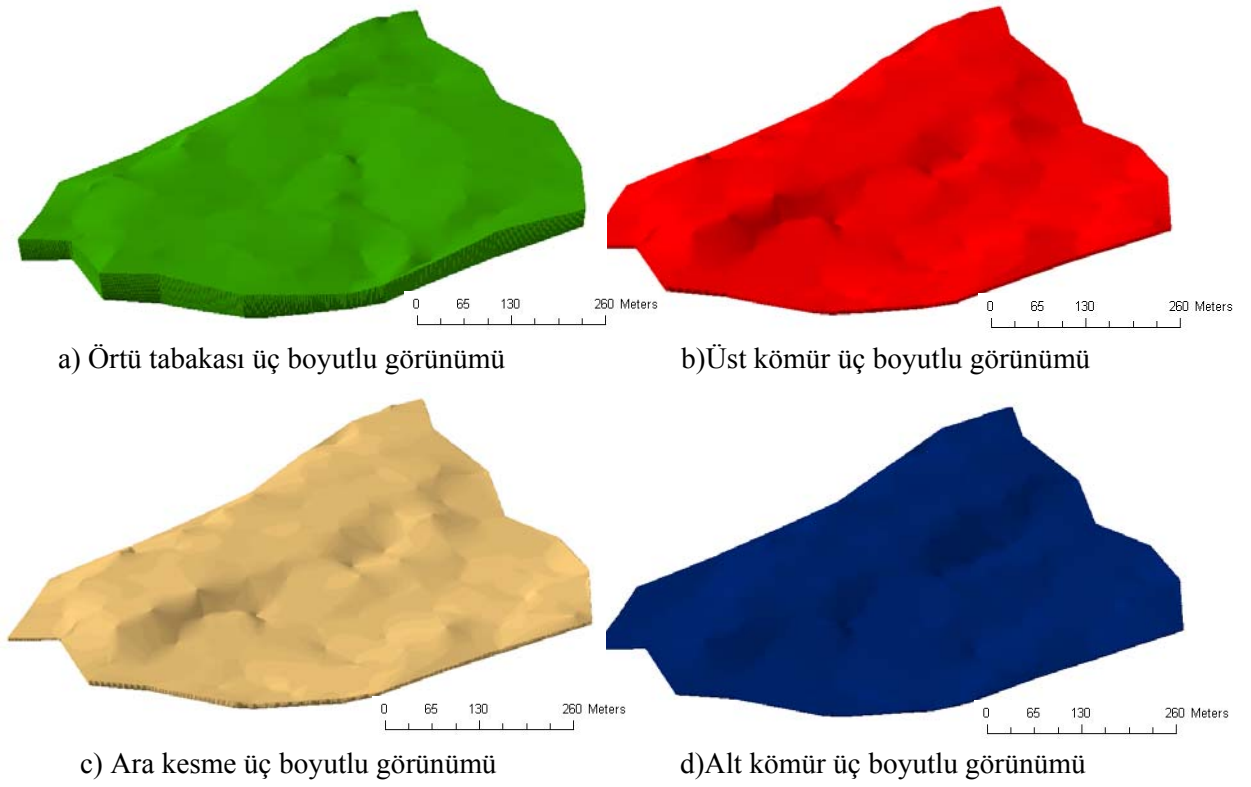
- Örtü tabakası giriş kotu

- Üst kömür giriş kotu
- Üst kömür çıkış kotu
- Ara kesme çıkış kotu
- Alt kömür çıkış kotu

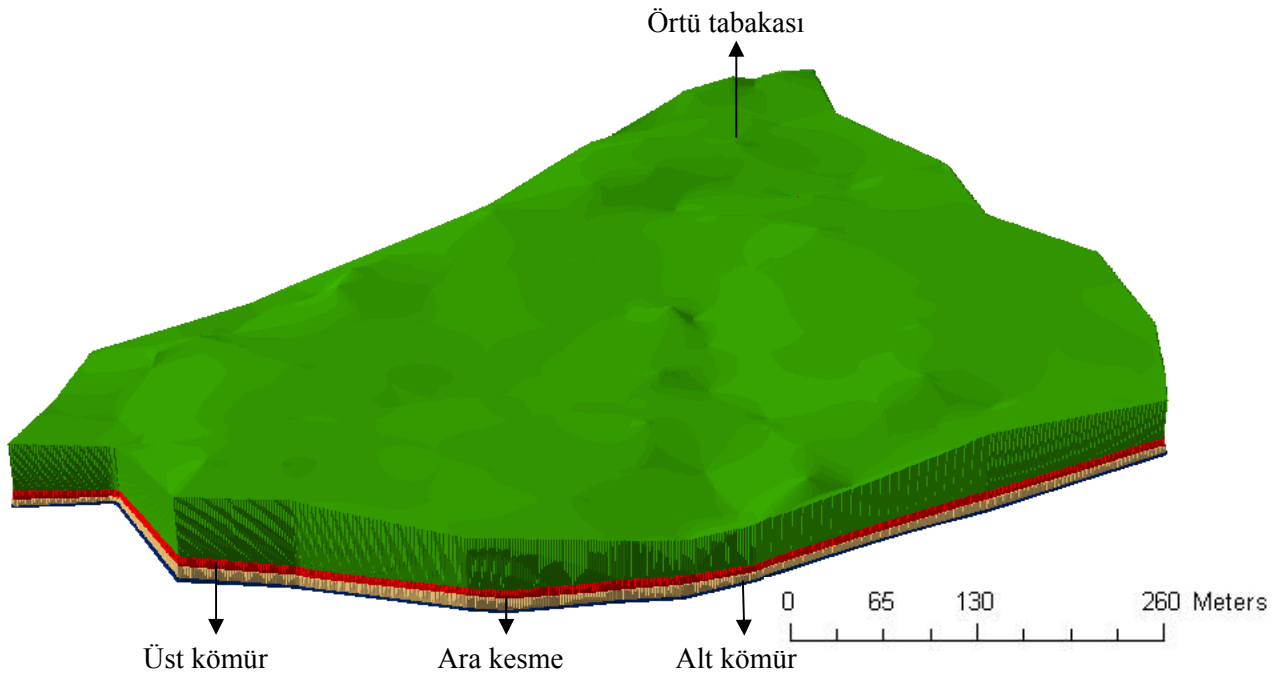
ArcInfo yazılımı, sondajlarda bulunan jeolojik birimlere ait kot değerlerinden hareketle, yüzey ve cevher modellemesini direkt olarak gerçekleştirememektedir. Bunun için ArcMap'te sondaj lokasyonlarını kaplayacak şekilde, sahanın en köşe sondajlarından geçen ve Şekil 4.10'da verilen temel bir poligon oluşturulmuştur. Poligonun yükseklik değerleri kazanması için üst kömür giriş kotuna ait tin haritası kullanılmıştır. Daha sonra yükseklik değerleri kazanan söz konusu poligon, örtü tabakası giriş kotundan elde edilen tin haritasıyla birleştirilmiş ve ArcScene'de Şekil 4.11a'da verilen örtü tabakası katmanının 3D görüntüsü elde edilmiştir. Üst kömür, ara kesme ve alt kömürün 3D görüntüsünü elde etmek için aynı işlemler tekrarlanmıştır. Şekil 4.11b'de verilen üst kömür 3D görüntüsü; poligon, üst kömür giriş ve çıkış kot değerlikli tin haritalar, Şekil 4.11c'de verilen ara kesmenin 3D görüntüsü; poligon, üst kömür giriş ve ara kesme çıkış kot değerlikli tin haritalar, Şekil 4.11d'de verilen alt kömürün 3D görüntüsü ise poligon, ara kesme ve alt kömür çıkış kot değerlikli tin haritalardan oluşturulmuştur. Elde edilen jeolojik birimlerin 3D görüntülerinin sırasıyla üst üste oturtulması sonucu Şekil 4.12'de verilen 3D görünüm elde edilmiştir.



Şekil 4.10 Jeolojik birimlerin üç boyutlu görünümünü elde etmek için kullanılan poligon



Şekil 4.11 Çalışma sahasında bulunan jeolojik katmanların ayrı olarak 3D görünümü

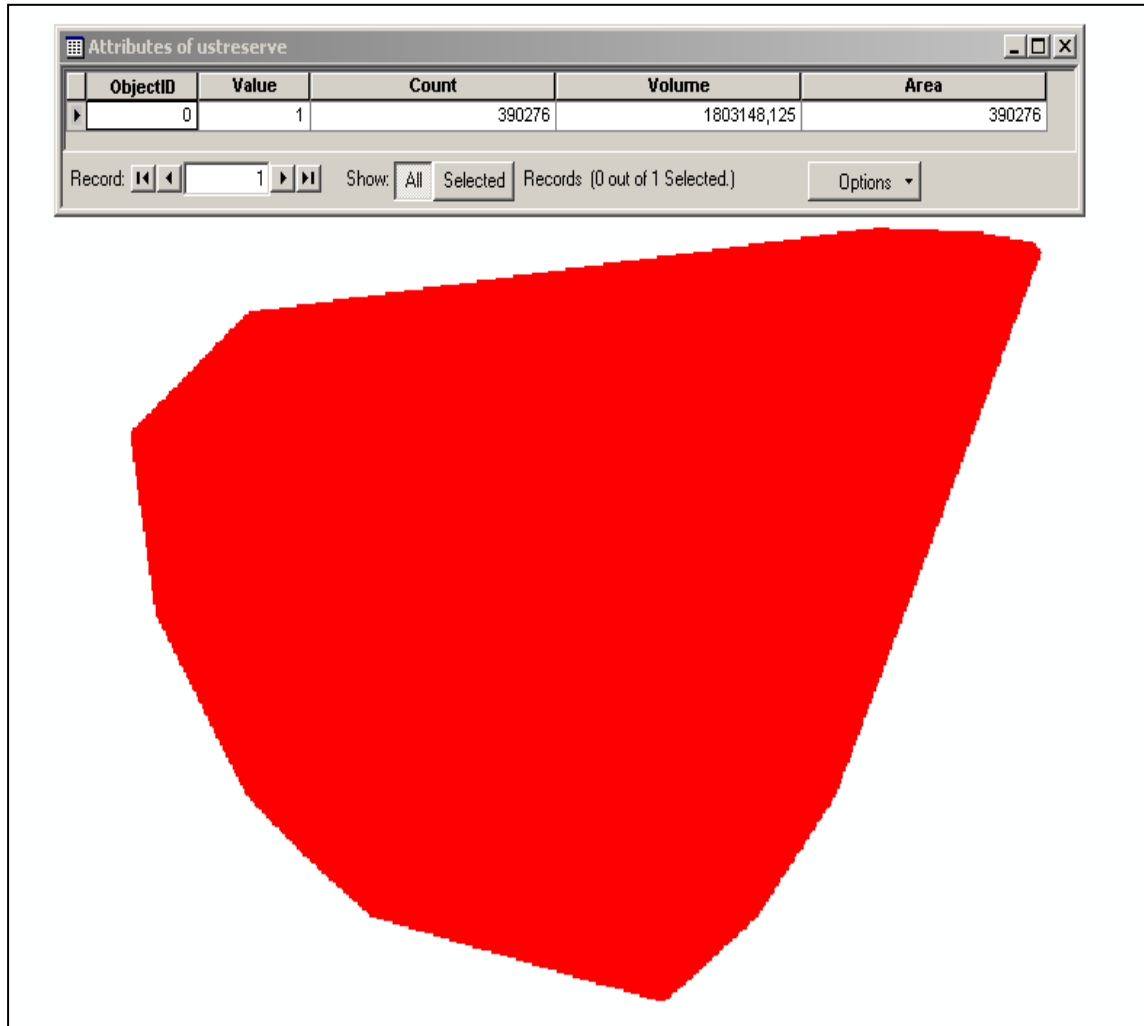


Şekil 4.12 Jeolojik birimlerin 3D görünümü

Çalışma sahasında bulunan kömür rezervi, üst ve alt kömür giriş-çıkış kot değerlerine bağlı olarak oluşturulan raster haritalardan tespit edilmiştir. Gerek üst gerekse alt kömürün rezerv hesabını elde etmek için ArcToolbox'ta bulunan Cut/Fill komutu

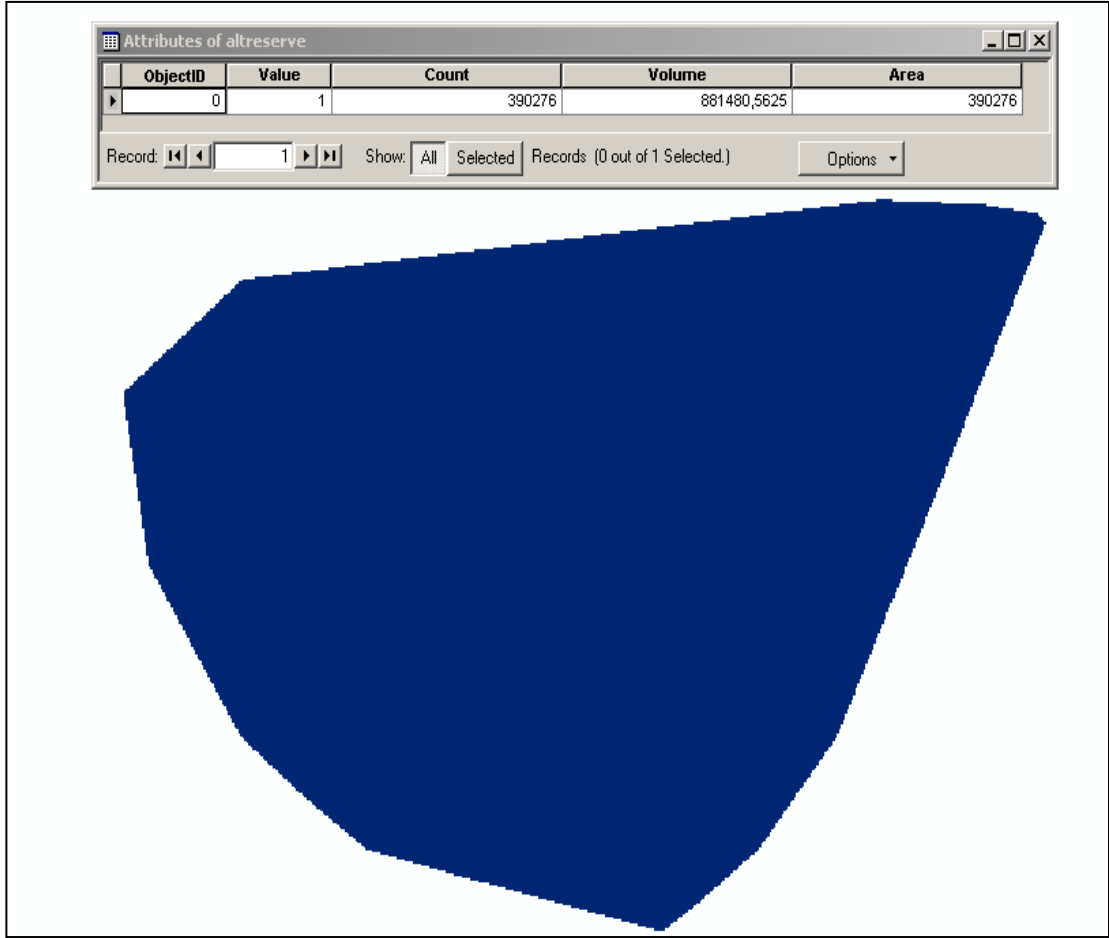
kullanılmıştır. Söz konusu komut ile ilgili jeolojik birimin (üst ve alt kömür) giriş ve çıkış kot değerleri arasında kalan alanı ve hacmi öznelik tablosunda taşıyan yeni bir raster harita elde edilmiştir. Rezerv hesabına ilişkin olarak, programda grafik ve öznelik verilerinin beraber gösterimi üst kömür için Şekil 4.13a'da, alt kömür için ise Şekil 4.13b'de verilmektedir. Tablo 4.1'de ise çalışma sahasında bulunan üst, alt ve toplam kömürün görünür ve üretilebilir rezervi görülmektedir.

Sahada bulunan toplam kömürün görünür rezervi 4.027.00 ton, üretilebilir rezervi ise görünür rezervin jeolojik faktör ve işletme emsali ile çarpılması sonucu 3.443.000 ton olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanında herhangi bir tektonik hareket görülmediği için jeolojik faktör 0,95, kömür ve üzerinde bulunan örtü tabakası malzemesinin kolay kazılabilir nitelikte olması sebebiyle işletme emsali ise 0,90 olarak kabul edilmiştir. Söz konusu rezervlerin %67'ini üst kömür, %33'ünü ise alt kömür meydana getirmektedir.



a) Üst kömür rezervine ait grafik ve öznelik verilerin görünümü





b) Alt kömür rezervine ait grafik ve öznelik verilerin görünümü

Şekil 4.13 Üst ve alt kömür rezervine ait grafik ve öznelik verilerin görünümü

Tablo 4.1 Sahada bulunan görünür ve üretilebilir kömür rezerv miktarı

Katman	Alan (m <sup>2</sup> )	Hacim (m <sup>3</sup> )	Yoğunluk (ton/m <sup>3</sup> )	Görünür Rezerv (ton)	Jeolojik faktör	İşletme emsali	Üretilebilir rezerv (ton)
Üst Kömür	390.276	1.803.148	1,5	2.705.000	0,95	0,9	2.313.000
Alt Kömür	390.276	881.481	1,5	1.322.000	0,95	0,9	1.130.000
Toplam	780.552	2.684.629	1,5	4.027.000	0,95	0,9	3.443.000

### 4.3. KAZI BAŞLANGIÇ ALANININ BELİRLENMESİNE AİT BULGULAR

Çalışma sahasında kömür üretimine en kısa sürede geçebilmek amacıyla kazı başlangıç alanının tespit edilmesi gerekmektedir. İlk kazı noktasının belirlenmesi için dikkate alınan birçok kriter bulunmasına rağmen, bu çalışmada ele alınan kriterler;

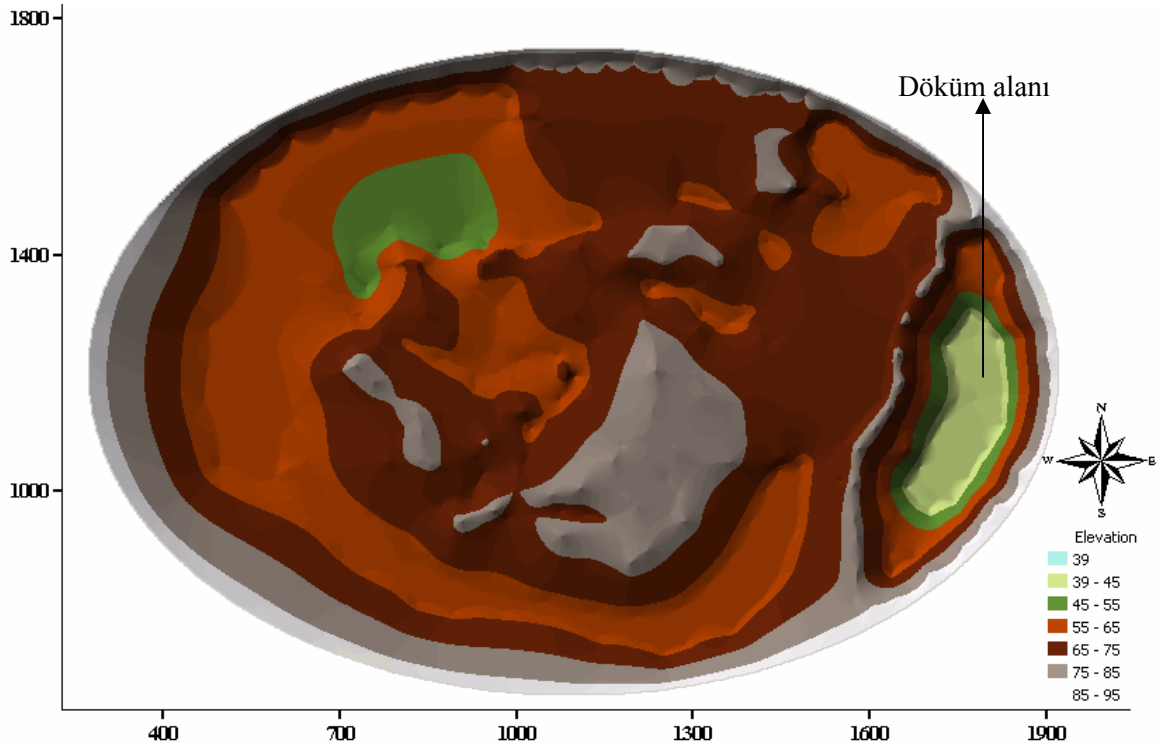
- Döküm alanına olan yakınlık
- Kömürün en yüksek alt ısı değere sahip olması
- Örtü tabakası kalınlığının minimum olması



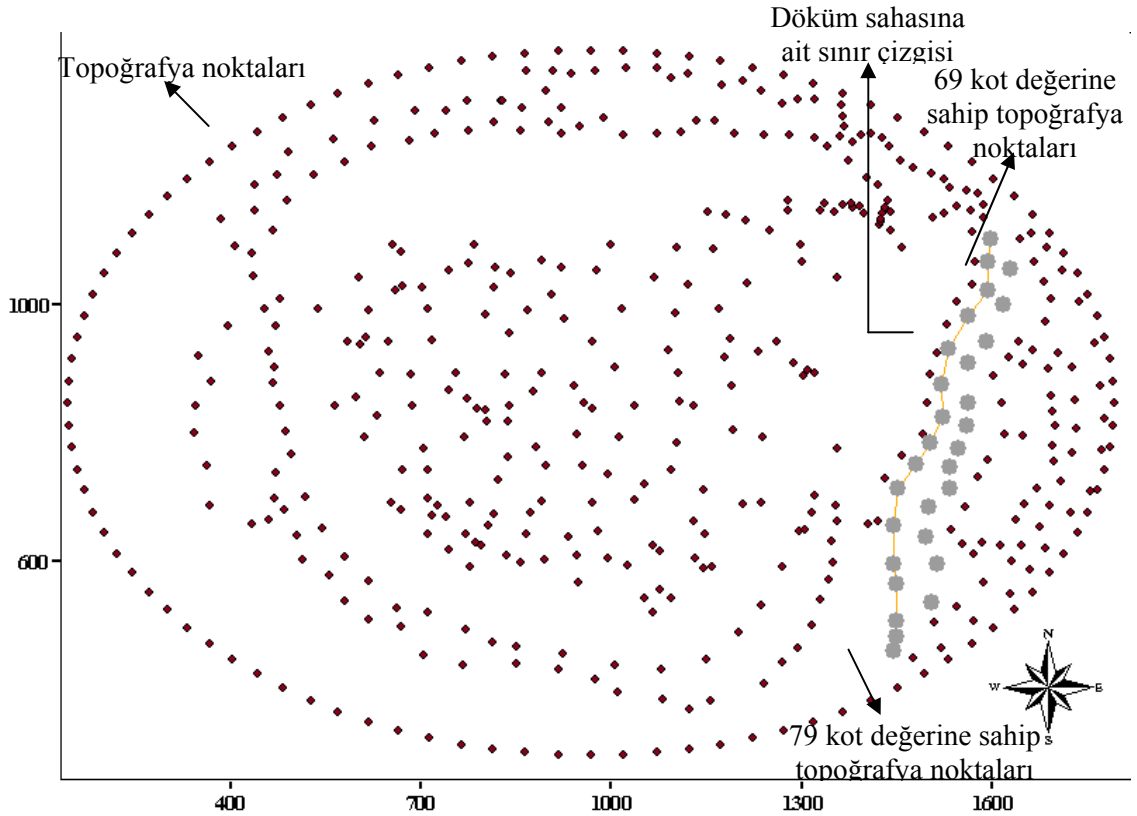
- Toplam kömür kalınlığının maksimum olması'dır.

ArcInfo yazılımında daha önce oluşturulan örtü tabakası ve toplam kömür kalınlığı, tüm kömür (üst kömür+alt kömür) ısıl değer ve topoğrafya raster haritaları üzerinde istenilen herhangi bir noktanın sorgusu yapılabilmektedir. Ancak ilk kazı alanının tespit edilmesi için ilgili raster harita katmanlarının öznelik tablosuna sahip olması gerekmektedir. Söz konusu haritalara öznelik verisi kazandırılması amacıyla haritalar öncelikle tin formatına dönüştürülmüş, elde edilen tin haritalardan ArcToolbox-3D Analyst Tools eklentisinde bulunan Conversion komutu kullanılarak öznelik verilerine sahip raster haritalar elde edilmiştir.

Çalışma sahasının doğusunda, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'de de görüldüğü gibi çukur bir alan bulunmaktadır. Bu alanın döküm alanı olarak kullanılması düşünülmektedir. İlk kazı noktasının belirlenmesinde en önemli kriterlerden biri olan "döküm alanına yakınlık" göz önüne alındığında, çalışma sahasında bulunan her noktanın döküm sahası başlangıç hattına uzaklığının belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla topoğrafya noktalarından yararlanılarak, sondaj sahasına yakın olan döküm alanının sınırından geçen ve Şekil 4.15'de verilen çizgi bir hat oluşturulmuştur.



Şekil 4.14 Topoğrafya tin haritası üzerinde döküm alanının gösterimi

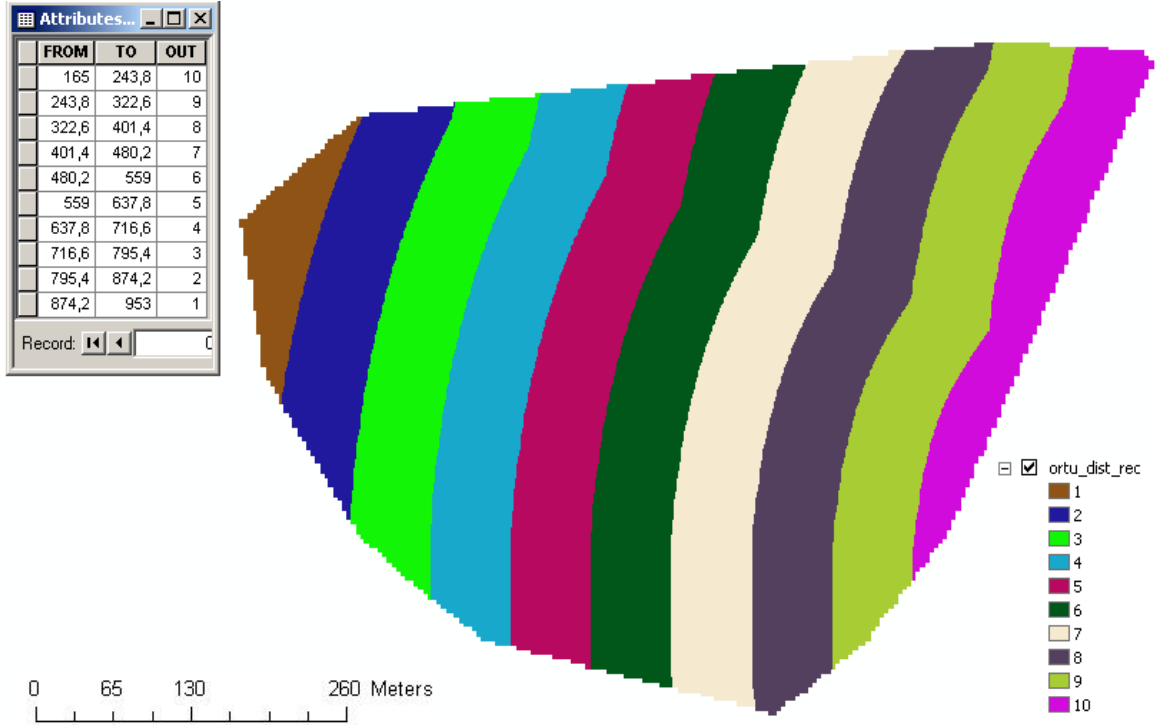


Şekil 4.15 Topoğrafya noktaları ve döküm alanı sınır çizgisi

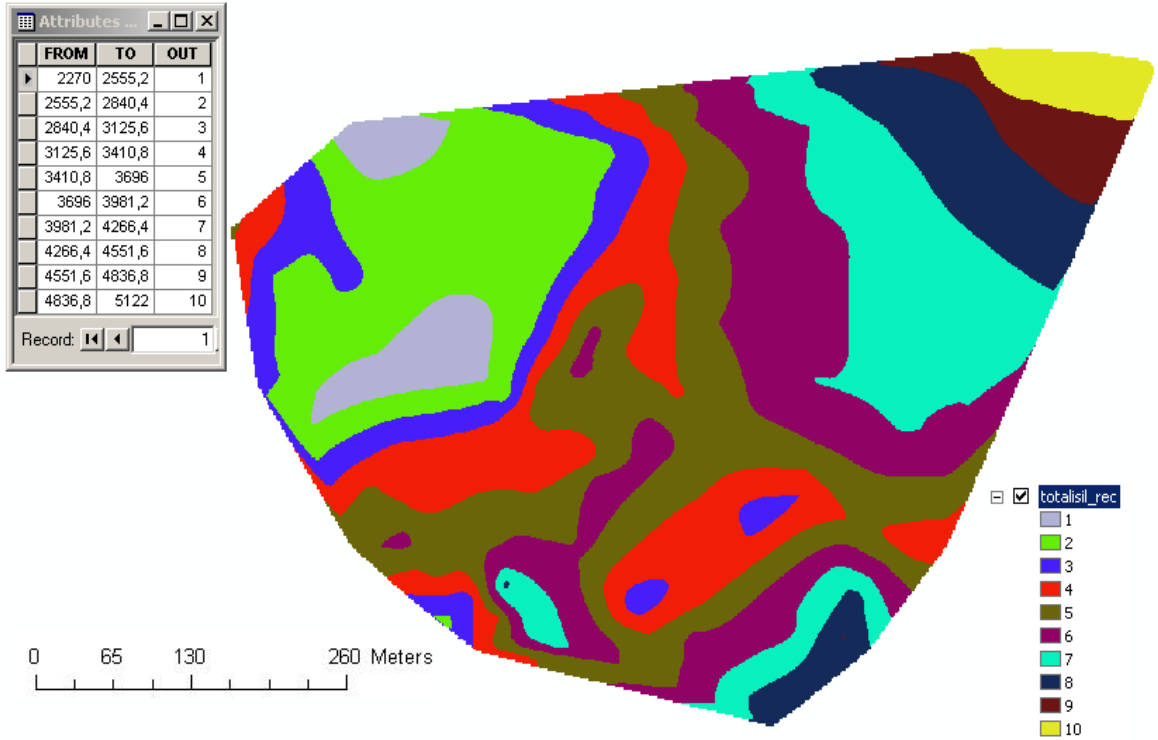
Söz konusu çizginin topoğrafya noktalarına ait uzaklığını bulabilmek için ArcToolbox-Spatial Analyst eklentisinden uzaklık parametresi seçilerek, çizgi ile topoğrafya raster haritası arasındaki öklit mesafeler, yeni bir raster haritası oluşturularak bulunmuştur. Çalışma sahasında ilk kazıya başlanacak noktanın sondajları içeren sahada bulunması gerektiğinden, elde edilen raster harita ArcToolbox-Spatial Analyst eklentisinde bulunan Extraction komutu kullanılarak, örtü tabakası giriş kot değerlerine bağlı olarak elde edilen raster haritası boyutlarına getirilmiştir. Sondajları içeren çalışma sahasının döküm alanına uzaklığına bağlı olarak elde edilen raster harita öznetelik verileri kazandırılması amacıyla önce tin, daha sonra tekrar raster formatına dönüştürülmüştür.

Döküm alanına yakınlık, örtü tabakası kalınlığı, tüm kömür (üst+alt kömür) alt ısıl değeri ve toplam kömür kalınlığına ait raster haritaların öznetelik tablolarında bulunan veriler ArcToolbox-Spatial Analyst eklentisinden Reclass komutu kullanılarak, eşit aralıklarla on ayrı sınıfa ayrılmıştır. Sınıflandırılan verilerden oluşan ve on satırdan oluşan yapının her bir satırına 1 ile 10 arasında bir puan verilmiştir. Puanlamada, en yüksek olan 10 puan en iyi aralığa sahip satıra verilirken, istenilen veri aralığından uzaklaştıkça verilen puanlar da doğru orantılı olarak azaltılmıştır. Tekrardan

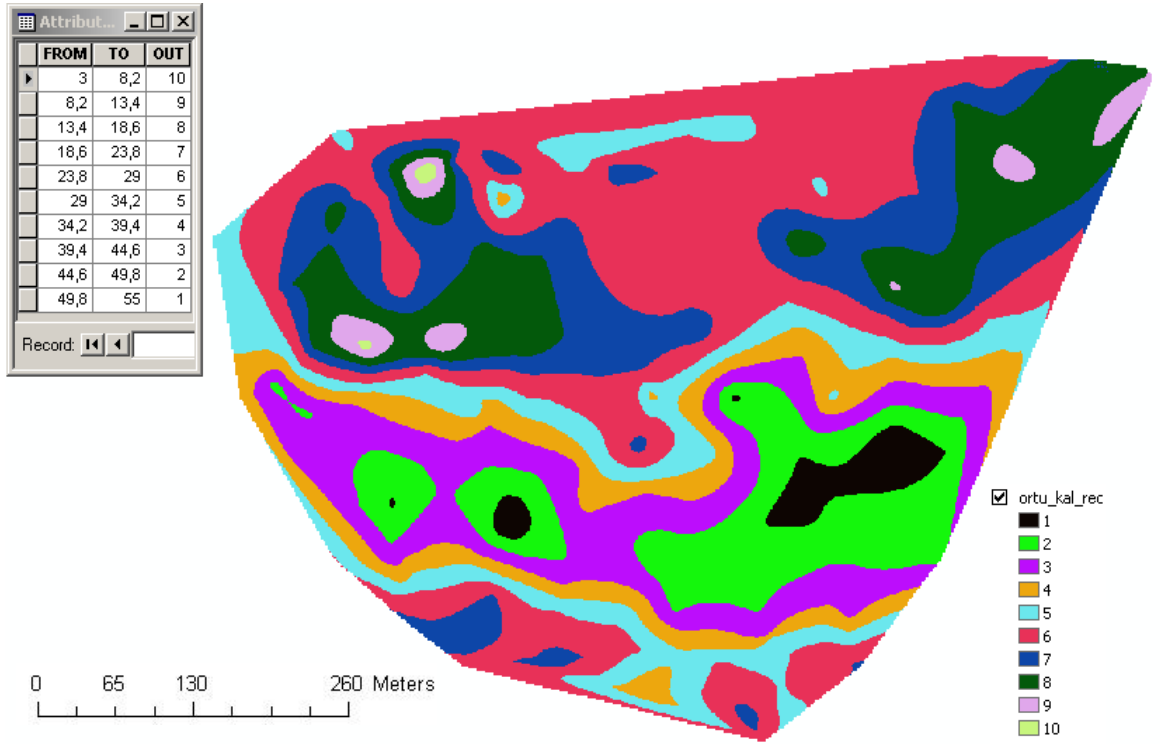
sınıflandırılan raster haritalara ait görüntüler ve on ayrı satırın sahip olduğu puanlamayı gösteren öznitelik tabloları Şekil 4.16 ile 4.19 arasında verilmiştir.



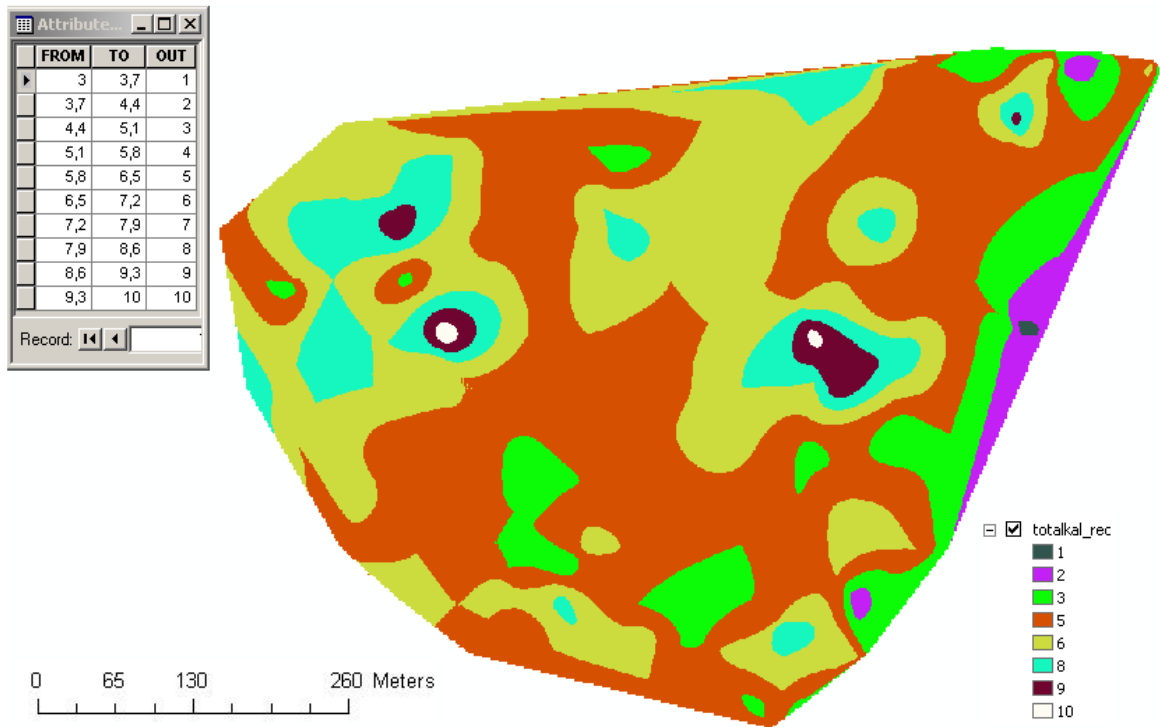
Şekil 4.16 Sondajları içeren sahanın döküm alanına uzaklığına göre sınıflandırılmış görünümü



Şekil 4.17 Sahada bulunan tüm kömürün alt ısıl değere göre sınıflandırılmış görünümü



Şekil 4.18 Sondajları içeren sahanın örtü tabakası kalınlığına göre sınıflandırılmış görünümü



Şekil 4.19 Sondajları içeren sahanın toplam kömür kalınlığına göre sınıflandırılmış görünümü

İlk kazı noktasının belirlenmesinde istenilen kriterler; döküm alanına olan uzaklık ile örtü tabakası kalınlığının az, sahada bulunan kömürün alt ısıl değeri ile kalınlığının yüksek olmasıdır. Şekillerden de görüldüğü gibi, öznitelik verileri tablolarında istenilen

aralığa sahip verilere 10 puan verilirken, istenilen aralıktan uzaklaştıkça verilen puanın değeri de düşürülmüştür.

İlk kazı noktasının bulunması için sınıflandırılarak oluşturulan raster haritaların birbirleriyle karşılaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla ArcToolbox-Spatial Analyst eklentisinde bulunan Overlay komutu kullanılmıştır. Söz konusu komutun çalışması için her bir raster haritanın bir etki değerine sahip olması gerekmektedir. İlk kazı noktasının belirlenmesinde kullanılan dört kritere de etki değerinin verilmesi amacıyla Analitik Hiyerarşi Prosesinden (AHP) yararlanılmış olup, karar vermede izlenen adımlar aşağıda verilmiştir.

**Adım 1.** Söz konusu çalışmada birbirlerine göre değerleri belirlenecek dört adaya gereksinim bulunmaktadır. Bunlar:

A= Sondajları içeren sahasının döküm alanına olan uzaklığı,

B= Sahada bulunan tüm kömürün alt ısıl değeri (kcal/kg)

C= Sahadaki örtü tabakasının kalınlığı

D= Sahadaki toplam kömür kalınlığı'dır.

Dolayısıyla ilk adımda, dört satır ve sütundan oluşan bir matris (4x4) yaratılmıştır.

**Adım 2.** Dört adet gereksinimin de birbirlerine göre karşılaştırılmasının yapılması gerekmektedir. Bu amaç için kullanılan temel ölçek Tablo 4.2'de verilmektedir.

Tablo 4.2 Gereksinimlerin karşılaştırılması için baz alınan ölçek

Kuvvet	Tanım	Açıklama
1	Eşit değer	İki ihtiyacın eşit değere sahip olması
2	Esas veya güçlü değer	Bir gereksinimin diğerlerine oranla sahip olduğu deneyim daha fazla tercih edilir
3	Çok güçlü değer	Gereksinim oldukça fazla tercih edilir ve söz konusu gereksinimin ağırlığı pratikte gösterilir

Gereksinimler birbirleriyle karşılaştırılarak herbirinin diğer gereksinime göre sahip olduğu yoğunluk (etki) Tablo 4.2'de belirtilen kuvvetler doğrultusunda belirlenmiştir ve oluşturulan matris aşağıda verilmiştir:

	A	B	C	D
A	1	1,2	1,2	1,5
B	1/1,2	1	1	1,2
C	1/1,2	1	1	1,2
D	1/1,5	1/1,2	1/1,2	1

**Adım 3.** Bu adımda, her bir kriterin dağılımının (ArcInfo yazılımında kullanılacak olan etki değerleri) bulunması gerekmektedir. Bu işlem için öncelikle matristeki dört adet sütunun toplamı bulunmuş, daha sonra matris içinde bulunan her eleman, ait olduğu sütunun toplam değerine bölünerek aşağıda verilen matris oluşturulmuştur:

	A	B	C	D
A	0,30	0,30	0,30	0,31
B	0,25	0,25	0,25	0,24
C	0,25	0,25	0,25	0,24
D	0,20	0,21	0,21	0,20

Bir sonraki aşamada satırların normalize edilmesi amacıyla satır toplamı gereksinim sayısına bölünmüş ve her bir gereksinimin etki değerleri A= %30, B= %25, C= %25, D= %20 olarak tespit edilmiştir.

**Adım 4.** Adım 3’de elde edilen etki değerlerinin tutarlılığının bulunması amacıyla Denklem 4.1’den hareketle tutarlılık indeksi (CI) hesaplanmıştır.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4.1)$$

$\lambda_{\max}$  ’ı hesaplamak için; öncelikle Adım 1’de elde edilen matris, Adım 3 ile tespit edilen etki değerleri ile çarpılmış (Denklem 4.2) ve elde edilen sonuç vektörü Denklem 4.3’de verildiği gibi etki değerlerine bölünmüştür. Daha sonra Denklem 4.3’de bulunan vektörün satırları toplanarak Denklem 4.4’de verildiği gibi matris dizisine bölünmüştür.

$$\begin{bmatrix} 1 & 1,2 & 1,2 & 1,5 \\ 1/1,2 & 1 & 1 & 1,2 \\ 1/1,2 & 1 & 1 & 1,2 \\ 1/1,5 & 1/1,2 & 1/1,2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,30 \\ 0,25 \\ 0,25 \\ 0,20 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,22 \\ 1,00 \\ 1,00 \\ 0,98 \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

$$\begin{bmatrix} 1,22/0,30 \\ 1,00/0,25 \\ 1,00/0,25 \\ 0,98/0,20 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4,06 \\ 4 \\ 4 \\ 4,9 \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

$$\lambda_{\max} = \frac{4,06 + 4 + 4 + 4,9}{4} = 4,24 \quad (4.4)$$

Bulunan  $\lambda_{\max}$  değeri Denklem 4.1’de verilen eşitlikte yerine konduğunda tutarlılık indeksi 0,08 olarak bulunmuştur. Tespit edilen tutarlılık indeksinin kabul edilebilir olup olmadığını öğrenmek için Denklem 4.5’de verilen tutarlılık oranının (CR) hesaplanması gerekmektedir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4.5)$$

(4x4)’lük bir matrisin RI (rasgele indeks) değeri Tablo 4.3’de görüldüğü gibi 0,9 olup, tespit edilen etki değerlerinin tutarlılık oranı 0,09 olarak hesaplanmıştır. Genellikle 0,10 ya da daha az değerlerdeki tutarlılık oranları kabul edilebilir. Bu da çalışmada elde edilen sonucun ideal olduğu anlamına gelmektedir.

Tablo 4.3 RI (rasgele indeks) değerleri (Başçetin, 2004)

Matris dizisi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
RI değeri	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.59

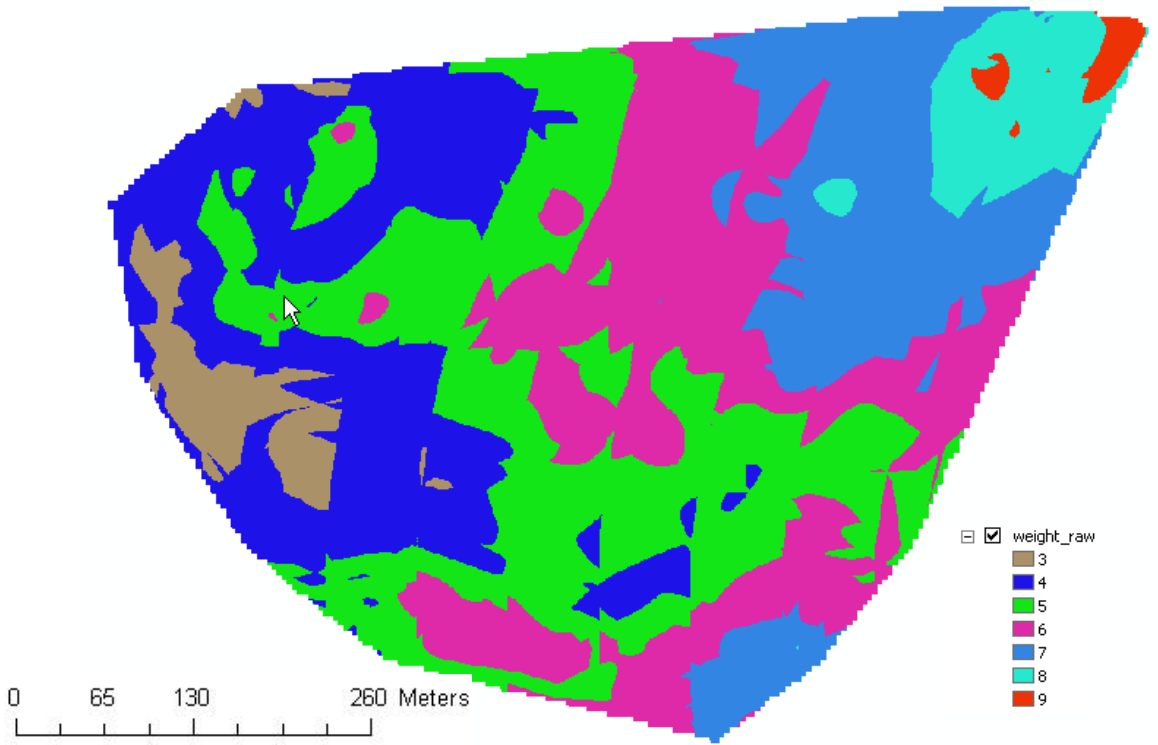
AHP ile etki değerleri belirlenen dört raster haritanın ArcInfo yazılımında birbirleriyle karşılaştırılması sonucu elde edilen ve Şekil 4.20’de verilen yeni raster haritada en uygun kazı alanının bulunması için ArcToolbox-Spatial Analyst eklentisinde bulunan Conditional-Con komutu kullanılmıştır. Her ne kadar dört kritere ait raster haritaların sınıflandırılması sırasında, harita verilerine 10 ile 1 arasında değer verilmişse de haritaların karşılaştırılması sonucu elde edilen raster haritanın en iyi değeri 9’dur. Bu değere sahip bölgeler, Şekil 4.21’de verildiği gibi, ilk kazı için en uygun alanlar olmaktadır.

#### 4.4. AÇIK OCAK PLANLAMASINA AİT BULGULAR

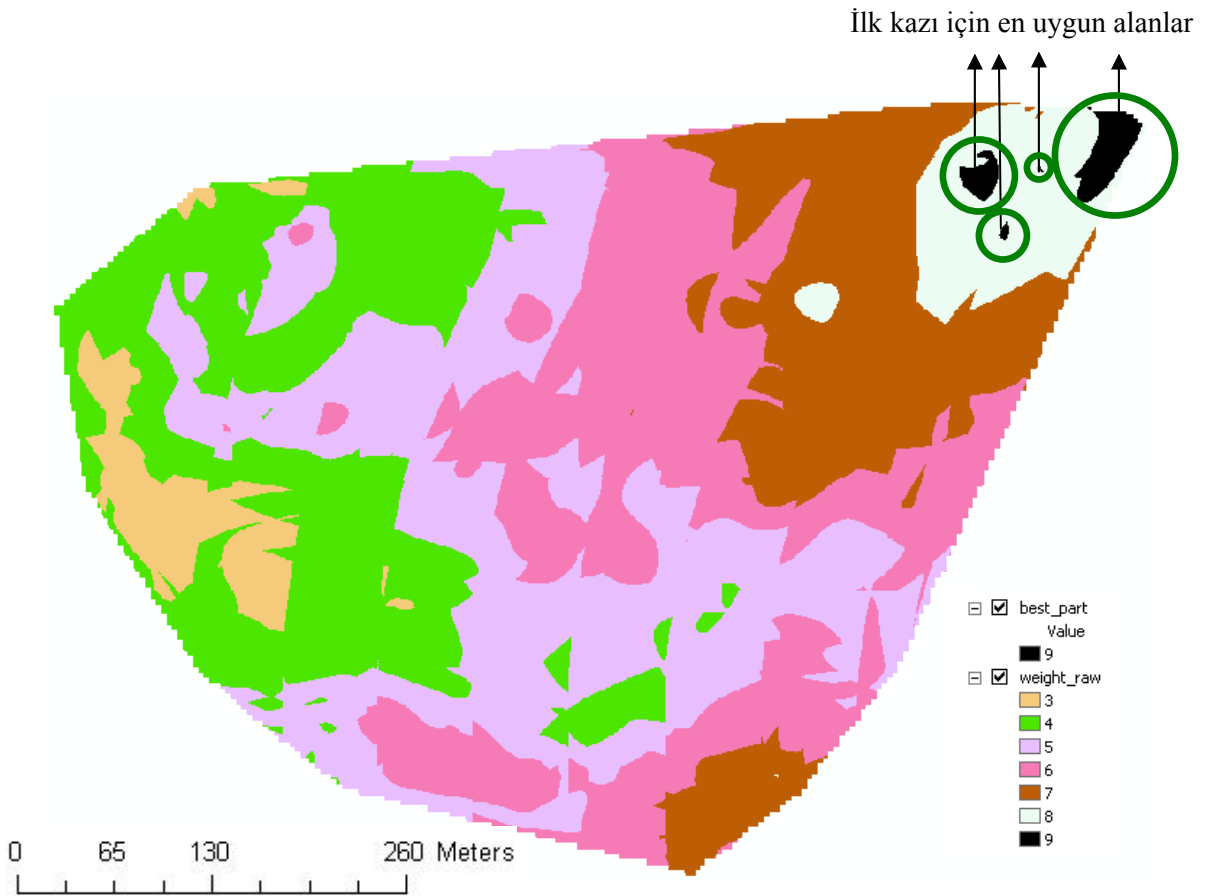
##### 4.4.1. Basamakların Planlanması

Çalışma sahasında açık ocak planlaması yapılmasına yönelik olarak aşağıda verilen basamak geometrileri kullanılmıştır:

- Basamak genişliği = 12 m.
- Basamak yüksekliği = 10 m.
- Nihai şev açısı = 30°



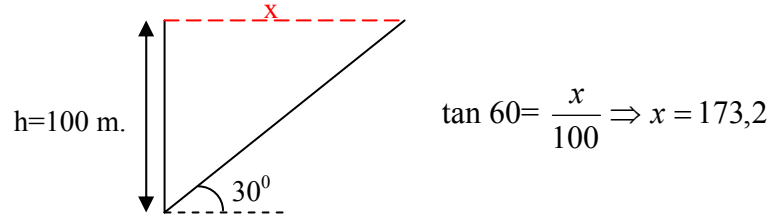
Şekil 4.20 İlk kazı noktasının seçiminde kullanılan dört raster haritanın çakıştırılması sonucu elde edilen harita



Şekil 4.21 Çalışma sahasında ilk kazıya başlamak için tespit edilen en uygun alanlar

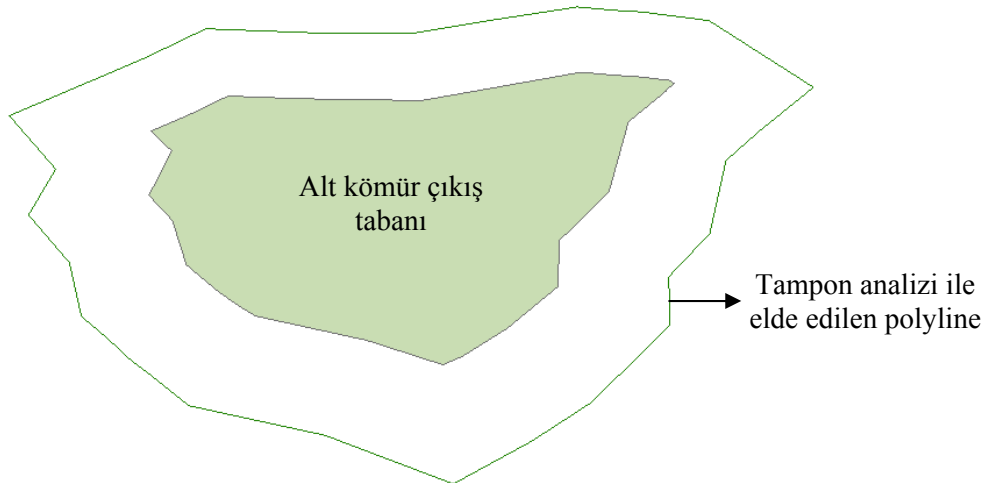


Basamakların 30<sup>0</sup>'lik nihai şev açısına bağlı olarak planlanması için söz konusu şev açısının ocak tabanından itibaren topoğrafyayı keseceği en yüksek kot değerinin belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmada ArcInfo yazılımı ile alt kömür çıkış tabanından verilen 30<sup>0</sup>'lik şev açısının topoğrafyayı keseceği hat direkt olarak bulunamamaktadır. Bu sorunun çözülebilmesi için ArcInfo yazılımının sahip olduğu tampon analizi özelliğinden yararlanılmıştır. Öncelikle ocak tabanında bulunan herhangi bir sınır noktasının 30<sup>0</sup>'lik şev açısına bağlı olarak 100 m. yukarıda, Şekil 4.22'de verilen yaklaşımla, ne kadar miktarda öteleneneceği tespit edilmiştir.



Şekil 4.22 30<sup>0</sup>'lik nihai şev açısı ile ocak tabanının ötelenme miktarını bulmak için kullanılan yaklaşım

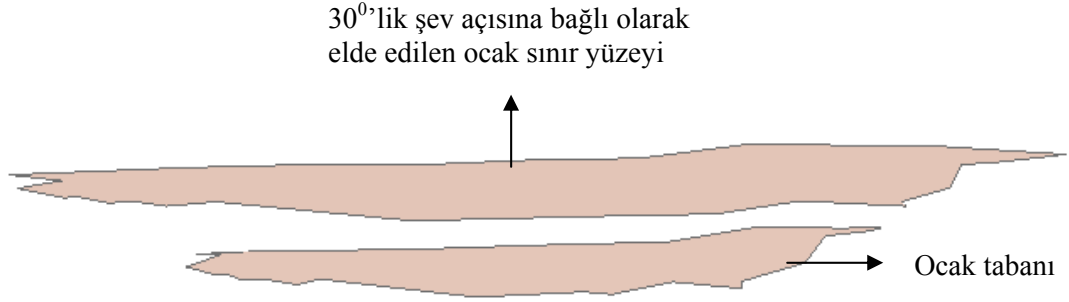
Tampon analizini yapabilmek için öncelikle Şekil 4.10'da verilen ve köşe sondajlardan geçen poligona alt kömür çıkış kot değerlerinden yükseklik kazandırılmış ve daha sonra poligon, polyline'a (çoklu çizgi) dönüştürülmüştür. Söz konusu polyline'ın her bir noktası 173,2 birim genişliğinde ötelenerek Şekil 4.23'de verilen ve ocak tabanı köşe noktalarındaki kot değerlerine sahip yeni bir polyline oluşturulmuştur.



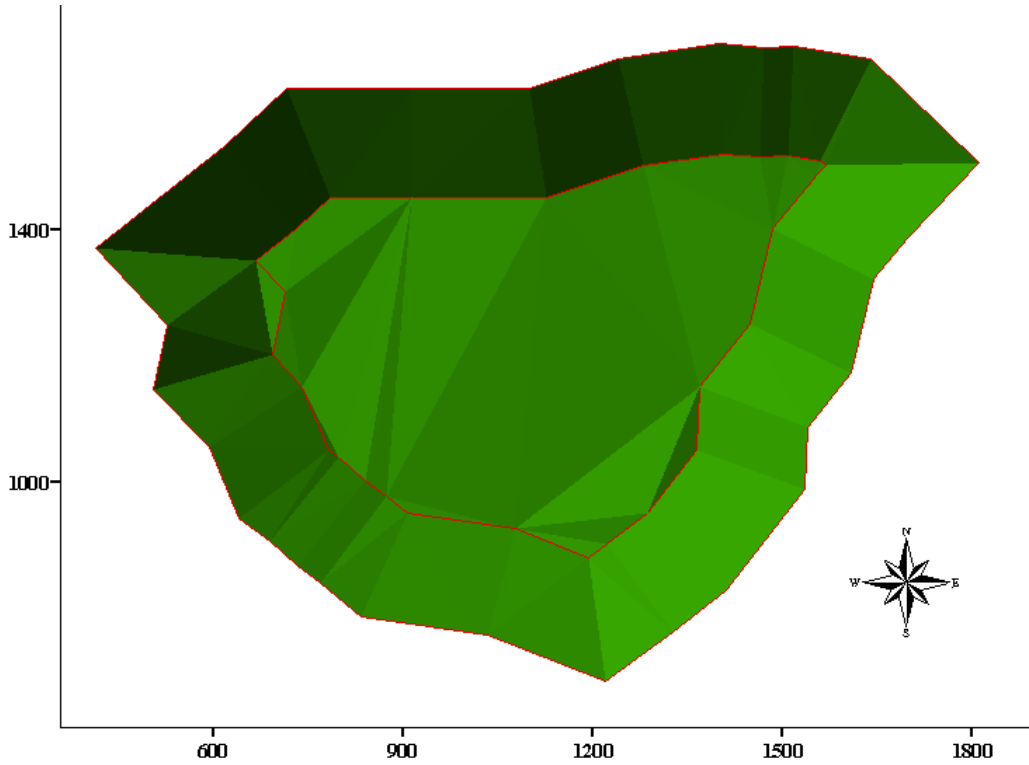
Şekil 4.23 Ocak tabanının tampon analizi ile ötelenmesi sonucu elde edilen polyline

Yaratılan polyline'ın 100 m. yukarıya taşınabilmesi için polyline öznitelik verilerinde bulunan kot değerleri 100 ile toplanmıştır. Şekil 4.24'te ocak tabanı ile 100 m. düşey

doğrultuda ötelenen ocak sınırına ait polyline'lar, Şekil 4.25'de ise ocak tabanı ve mevcut topoğrafyanın üzerinde bulunan sınırın 2D tin görüntüsü verilmektedir.



Şekil 4.24 Ocak tabanı ve sınır yüzeyine ait polylinelar



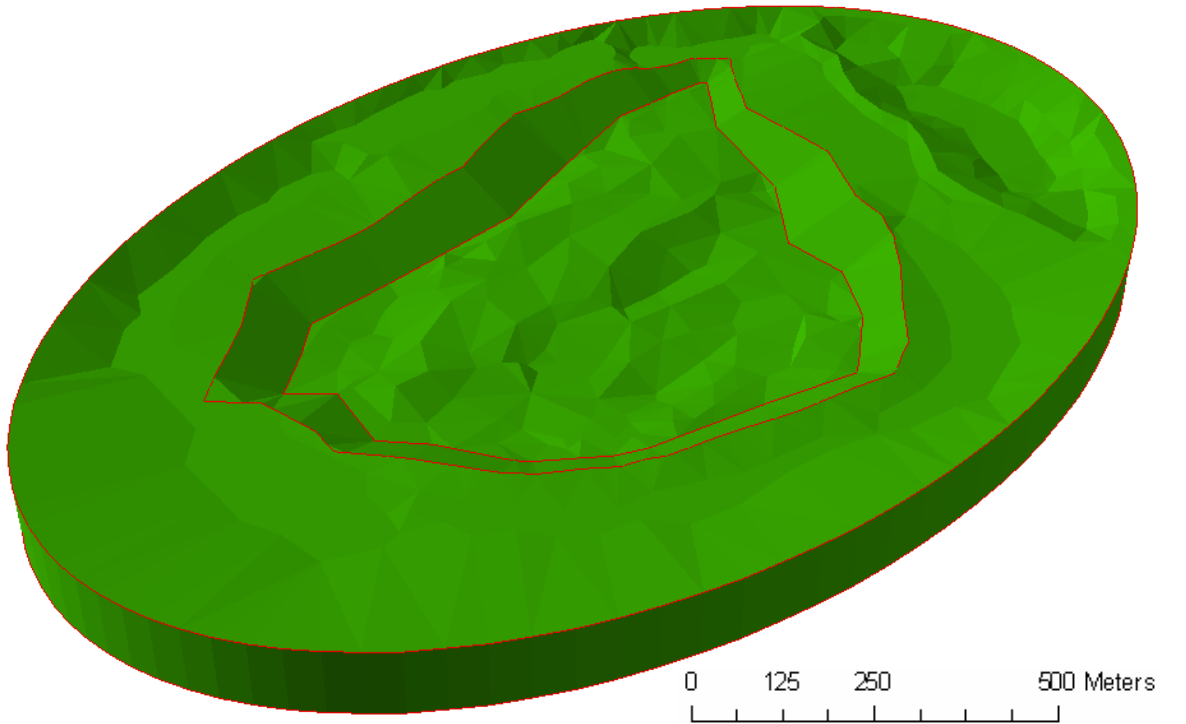
Şekil 4.25 Ocak tabanı ve sınır yüzeyine ait tin görüntümler

Şekil 4.26'da verildiği gibi, 30°'lik nihai şev açısına bağlı olarak elde edilen sınır mevcut topoğrafyanın üzerine çıkmaktadır. Basamak planlamasının oluşturulması için gerekli olan maksimum topoğrafya kotunun tespit edilmesi amacıyla, elde edilen sınır yüzeyi ile mevcut topoğrafyanın kesiştirilmesi gerekmektedir. Mevcut iki tin haritasının kesiştirilmesi için Esri firması internet sayfasında Visual Basic tabanlı bir script bulunmuştur (Anon, 2007c). Söz konusu küçük yazılım ArcInfo yazılımına eklenerek topoğrafya ile topoğrafya üzerine çıkan sınır kesiştirilmiş ve Şekil 4.27'de verilen

görünüm elde edilmiştir. Şekil 4.28’de görüldüğü gibi, elde edilen yüzeyin topoğrafyayı kestiği maksimum kot değeri +76 olmaktadır.



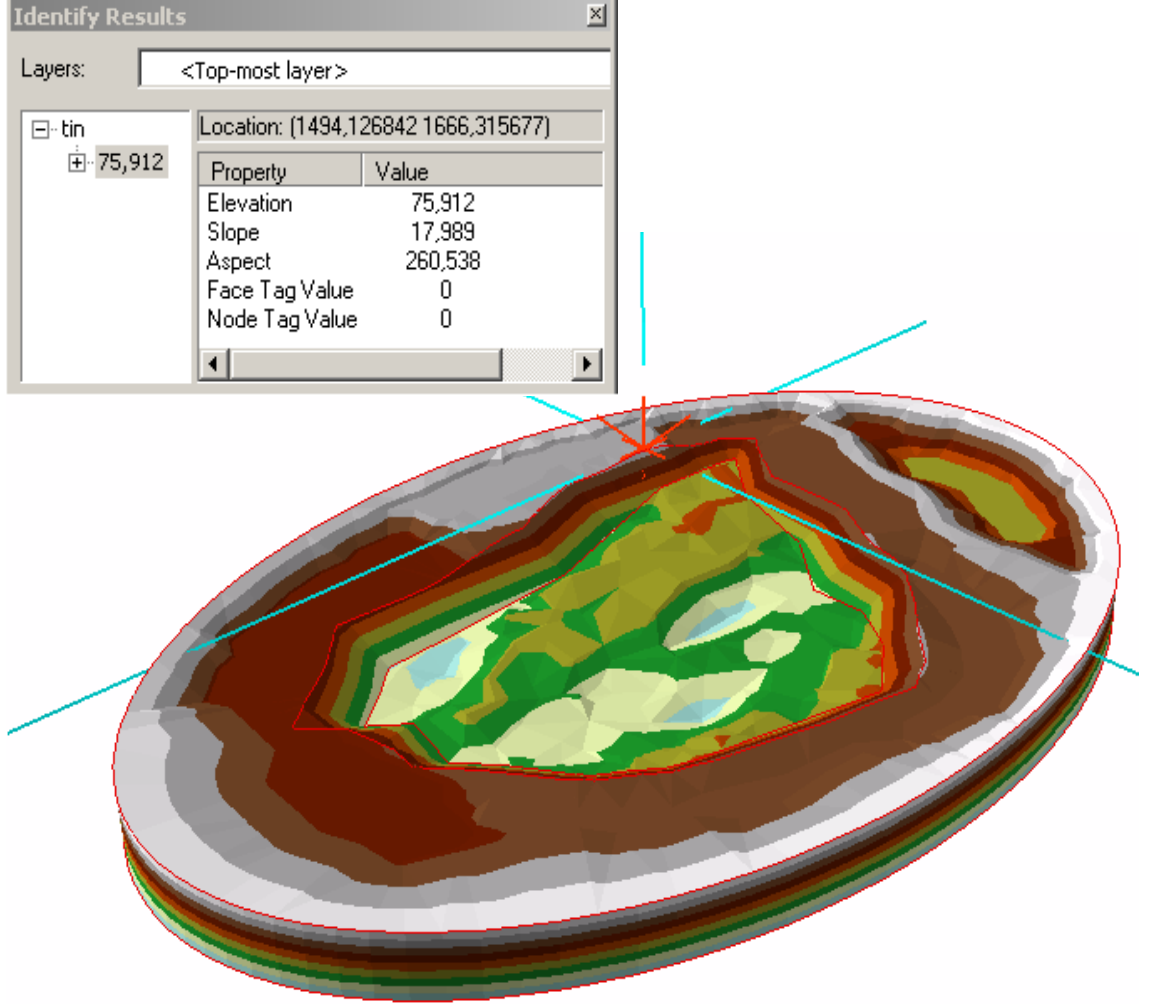
Şekil 4.26 Mevcut topoğrafya ve üzerine çıkan şev sınırının beraber görünümü



Şekil 4.27 Mevcut topoğrafya ve şev sınırının beraber 3D görünümü

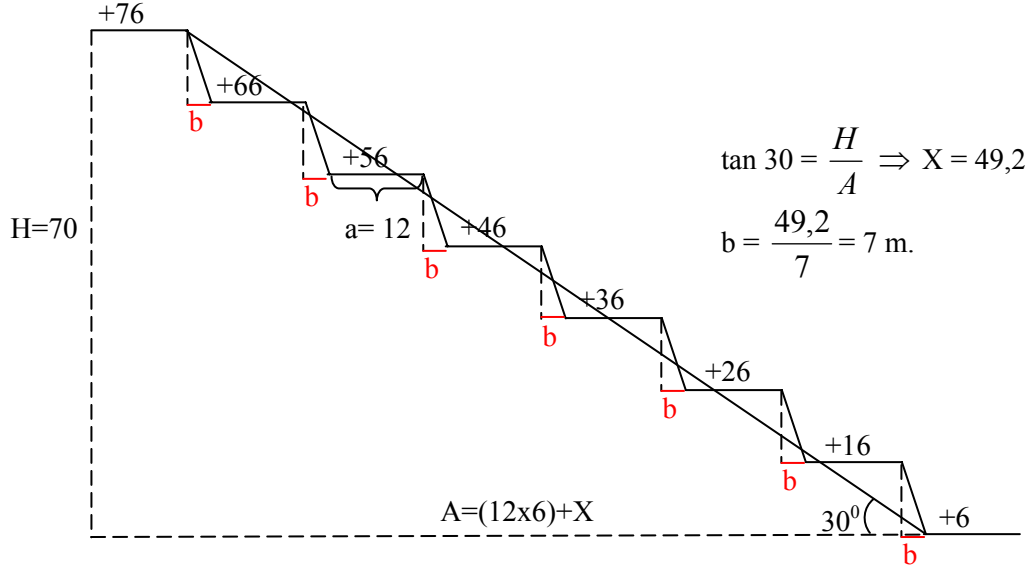
Teze konu olan sahanın yatak geometrisi dikkate alındığında, alt kömürün minimum çıkış kotununun +2,5; 30°'lik şev sınırının topoğrafyada kestiği maksimum kot değerinin

+76 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla çalışma sahasında basamak planlaması yapılırken, fazla dekapaj kaldırmamak amacıyla, basamak yüksekliğinin sadece taban basamağında 13,5 m., diğer tüm basamaklarda 10 m. alınmasına karar verilmiştir.

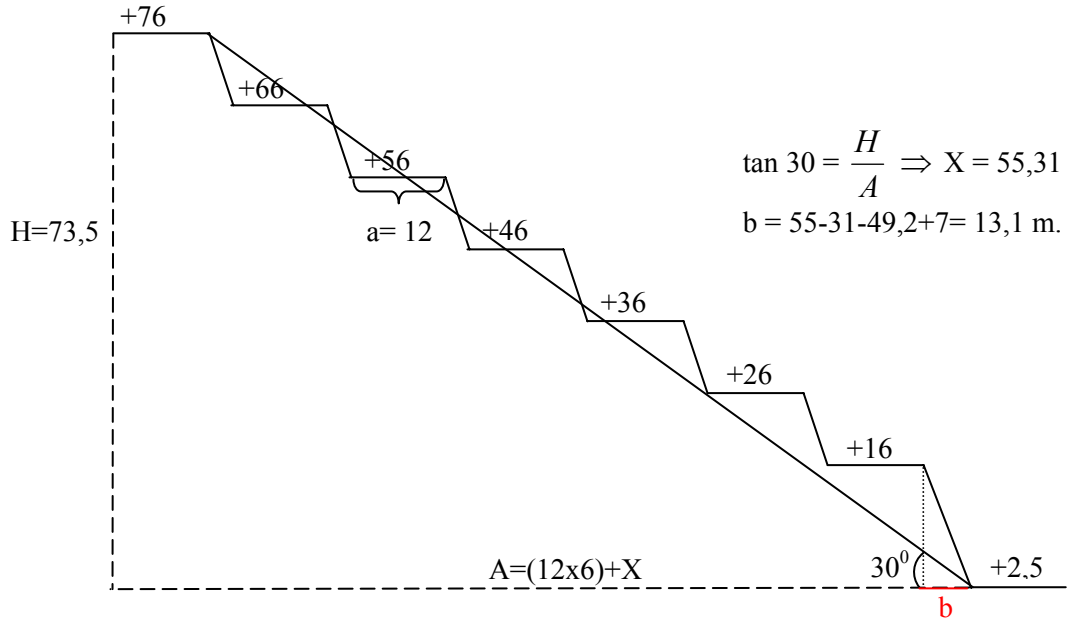


Şekil 4.28 Şev sınırında bulunan maksimum değerlikli topoğrafya kot değerinin sorgulanması ArcInfo yazılımı ile basamakların oluşturulması için basamak ve şev genişliğinin bilinmesi gerekmektedir. Basamak genişliği 12 m. olarak kabul edilen sahada basamak şev genişlikleri, Şekil 4.29 ve 4.30'da verildiği gibi, basamak genişliği, basamak yükseklikleri ve nihai şev açısı kullanılarak hesaplanmıştır.

Aşağıda verilen şekillerden de anlaşıldığı gibi, sadece ocak tabanındaki basamak yüksekliği 13,5 m., şev genişliği 13,1 m. olup, diğer tüm basamaklarda basamak yüksekliği 10 m., şev genişliği ise 7 m. değerine sahiptir.



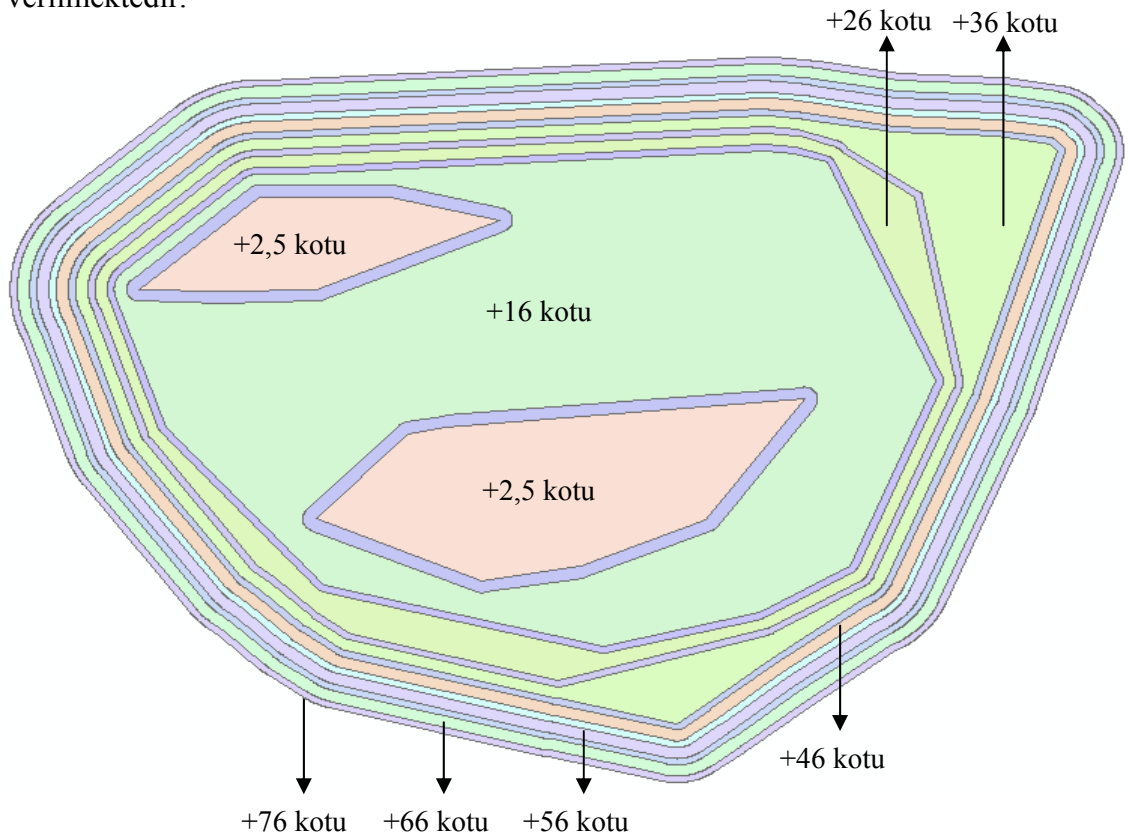
Şekil 4.29 +76 ve +6 kotu arasında 30<sup>0</sup>'lik nihai şev açısına bağlı olarak elde edilen şev genişliği



Şekil 4.30 +76 ve +2,5 kotu arasında 30<sup>0</sup>'lik nihai şev açısına bağlı olarak elde edilen taban basamağı şev genişliği

ArcInfo yazılımı ile çalışma sahasında kömür üretimini gerçekleştirmek amacıyla kullanılacak basamakların planlanması için öncelikle ArcCatalog eklentisi ile bir poligon dosyası oluşturulmuştur. ArcMap'e eklenen poligon dosyasının, kömür çıkış kotları +2,5 ile +16 arasında değişen sondaj noktalarını içine alacak şekilde, sondajların köşelerinden geçmesi sağlanmıştır. Söz konusu poligon dosyasının Şekil 4.31'de görüldüğü gibi, içinde iki adet poligon bulundurması sağlanmıştır. Bunun nedeni; kömür üretimi sırasında ocaktan kaldırılacak dekapaj miktarının minimum seviyede tutulmasının istenmesidir. Dolayısıyla ocak tabanının tamamının +2,5 kot değerinde

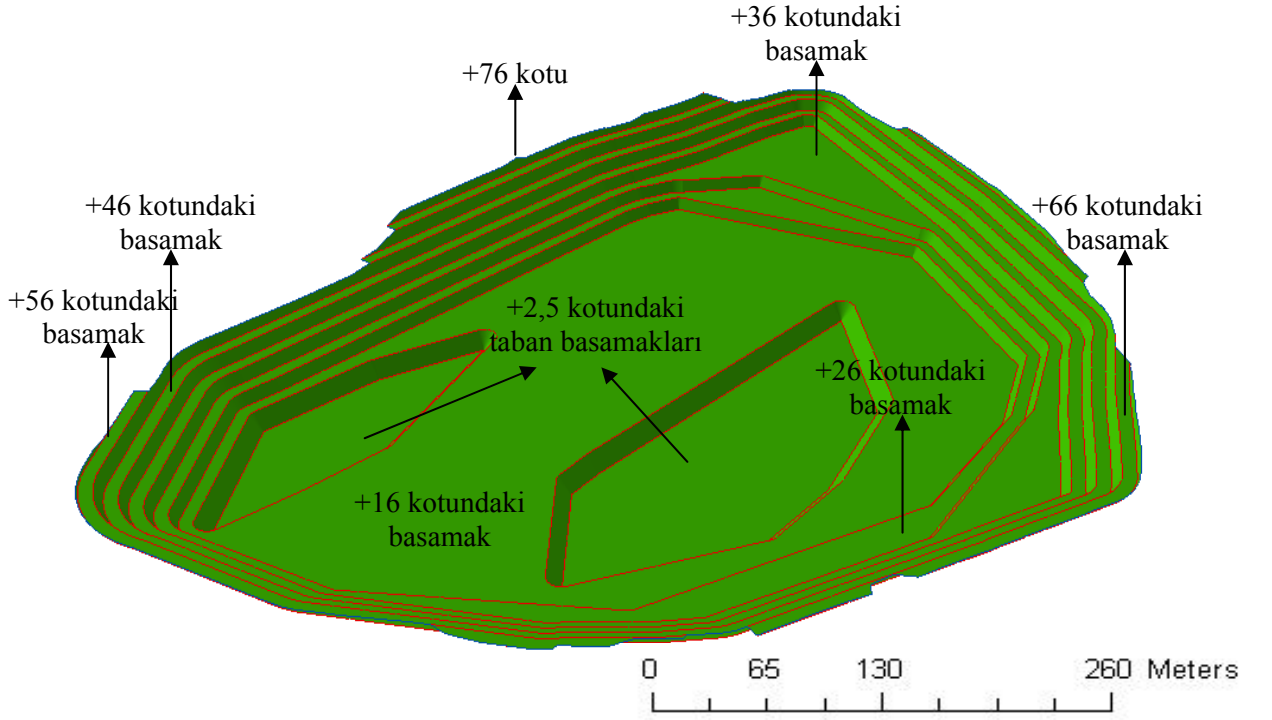
olmasından ziyade, +2,5 kot değerinde olan iki ayrı taban basamağı yaratılmıştır. Tampon analizi kullanılarak, bu poligonun taban basamağına ait şev genişliği (13,1 m.) kadar ötelenmesi sonucu, taban basamağının bir üstünde bulunan basamağın kenarını ifade eden poligon oluşturulmuştur. Bu şekilde ocak tabanı ile üzerinde bulunan basamağın şev yüzeyi tespit edilmiş olup, basamağı oluşturmak için elde edilen son poligon, basamak genişliği olan 12 m. kadar ötelenmiştir. Sonuçta alttan başlanarak yukarı doğru planlanan her basamak, önce şev genişliği daha sonra da basamak genişliği kadar ötelenmiş ve elde edilen her poligona ait olduğu basamağın yükseklik değerleri kazandırılmıştır. Şekil 4.31’de oluşturulan tüm basamakların 2D görüntüsü verilmektedir.



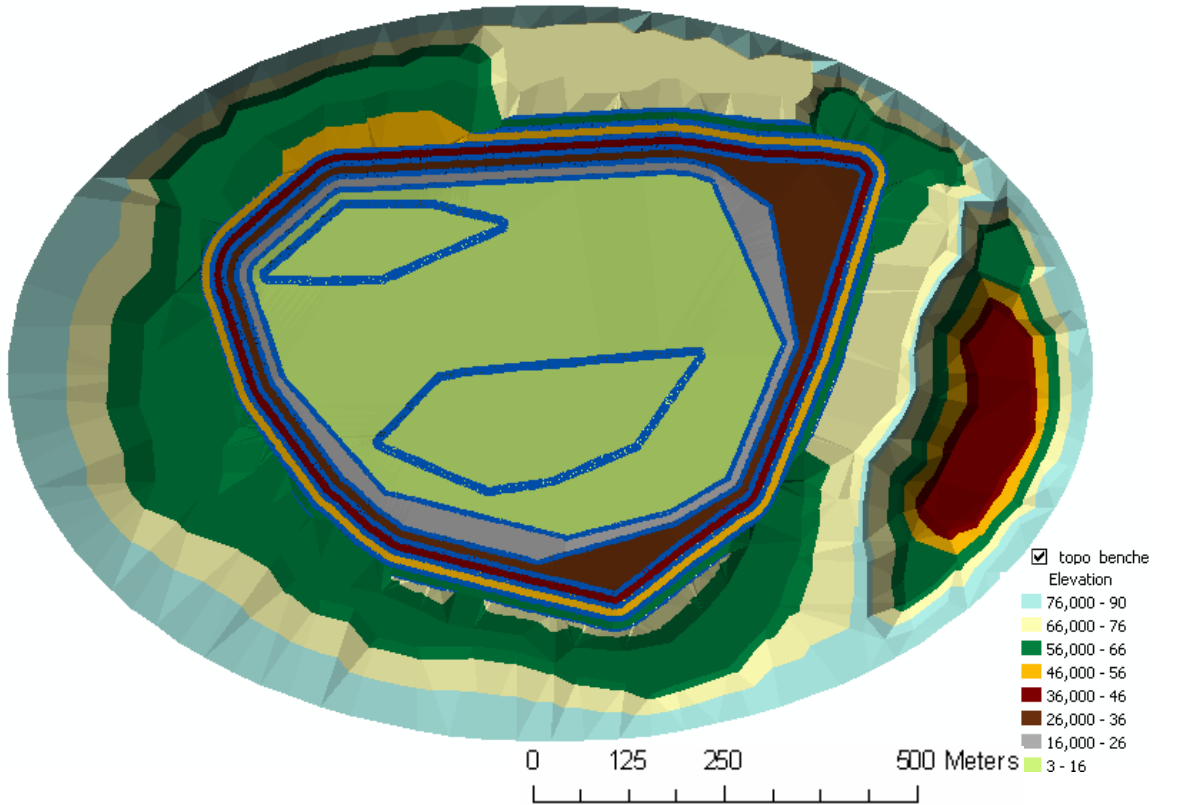
Şekil 4.31 Çalışma sahasında planlanan basamakların 2D görünümü

Basamak planlaması, alt kömür minimum çıkış kotu olan +2,5 ile şev sınırının topoğrafyayı kestiği maksimum kot değeri olan +76 arasında gerçekleştirilmiştir. Ancak topoğrafyayı kesen şev sınırının her noktasında kot değeri +76 değildir. Açık ocak nihai sınırının tespit edilmesi amacıyla topoğrafya yüzeyi ile elde edilen basamakların çakıştırılması gerekmektedir. Bunun için basamakların tin görünümü ile topoğrafyaya ait tin haritası kesiştirilerek, Şekil 4.32’de 3D görünümü verilen nihai ocak sınırı ve

basamaklar elde edilmiştir. Şekil 4.33'de ise mevcut topoğrafyanın basamaklarla beraber elde edeceği görünüm 2D boyutlu olarak verilmiştir.



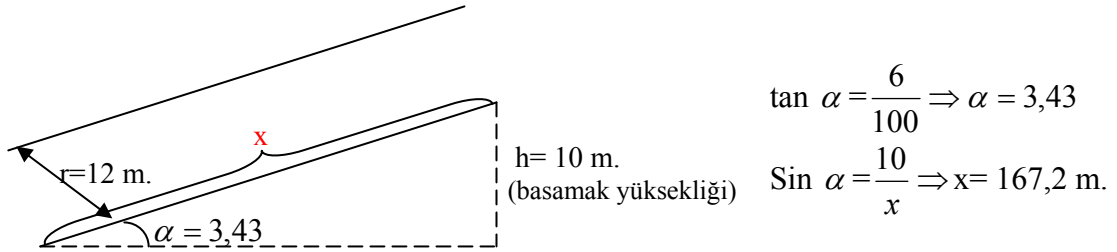
Şekil 4.32 Çalışma sahasında planlanan basamakların ve nihai sınırın 3D görünümü



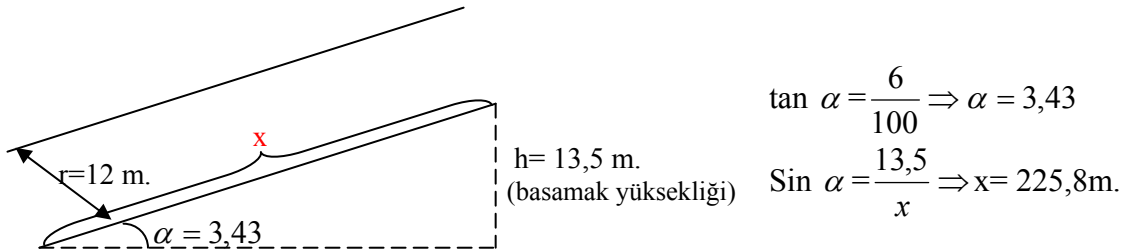
Şekil 4.33 Topoğrafyanın basamaklarla beraber görünümü

#### 4.4.2. Nakliyat Yollarının Tasarımı

Çalışma sahasında oluşturulan basamaklar sadece poligon olup, üretimi yapacak olan ana ve yan ekipmanların basamaklar arasında geçiş yapabilmesi için nakliye yollarının oluşturulması gerekmektedir. Çalışma kapsamında nakliye yollarının eğimi %6, genişliği ise 12 m. olarak kabul edilmiştir. ArcInfo yazılımı, oluşturulan basamaklar üzerinde direkt olarak yol yapımına imkan vermemektedir. Bu sorunun çözülmesi için her basamaktan bir alt basamağa %6'lık bir eğimle geçmek için gerekli olan yolun uzunluğu Şekil 4.34'de verildiği şekilde tespit edilmiştir. Şekil 4.35'de ise, yüksekliğinin diğer basamaklardan farklı olması (13,5 m.) nedeniyle, sadece taban basamağının üstünde bulunan basamaktan taban basamağına %6'lık bir eğimle geçmek için gerekli olan yol uzunluğunun hesaplanması verilmektedir.



Şekil 4.34 Basamaklar arası %6 eğime sahip yolun uzunluğu



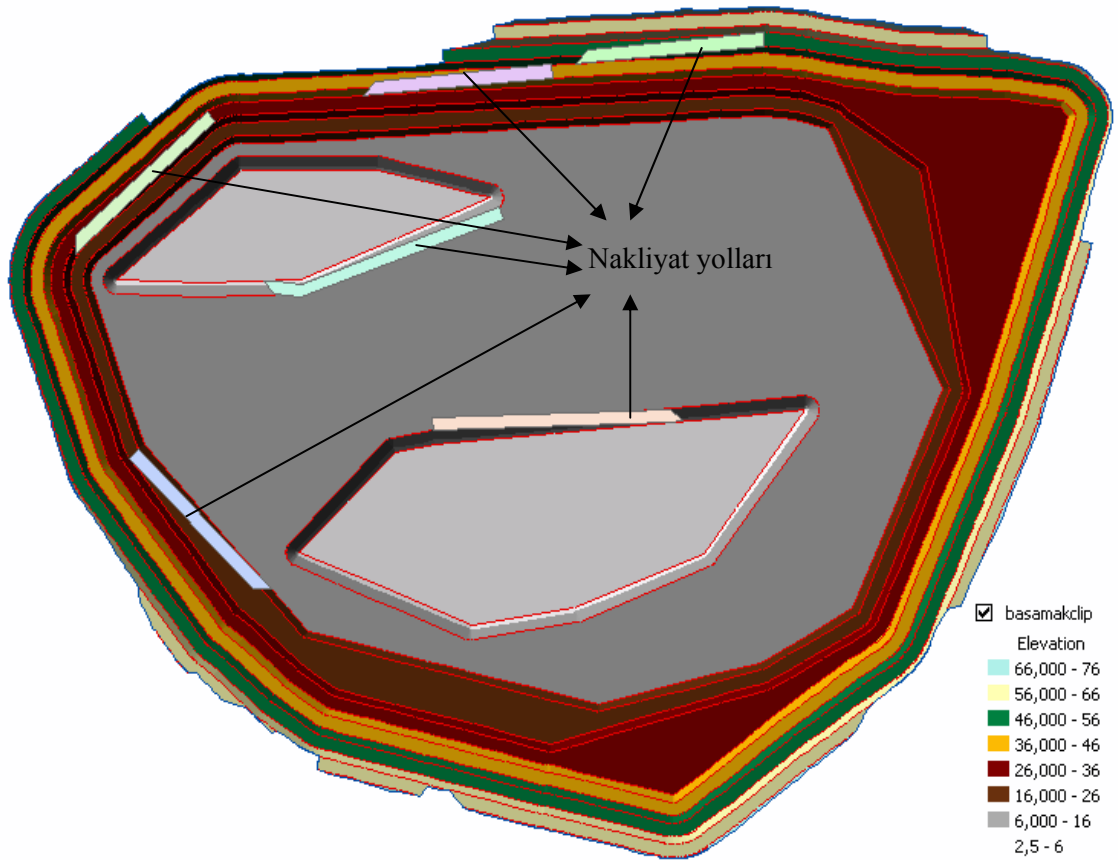
Şekil 4.35 Taban basamağı ile bir üstünde bulunan basamak arası %6 eğime sahip yolun uzunluğu

Yukarıda verilen şekillerden de anlaşılacağı gibi, basamaklar arasında geçişi sağlayacak %6'lık eğime sahip nakliyat yolunu elde etmek için taban basamağı hariç diğer tüm basamaklar arasında uzunluğu 167,2 m. olan yolun oluşturulması gerekmektedir. Taban basamağında gerekli olan yol uzunluğu ise 225,8 m.'dir.

Şekil 4.31'de verilen poligonlar yardımıyla, ocakta bulunan her basamağın kenarını ifade eden poligon ile bir alt basamağa ait poligon arasında 167,2 m. uzunluğuna sahip polyline'lar oluşturulmuştur. Sadece taban basamağı ile onun bir üstünde bulunan

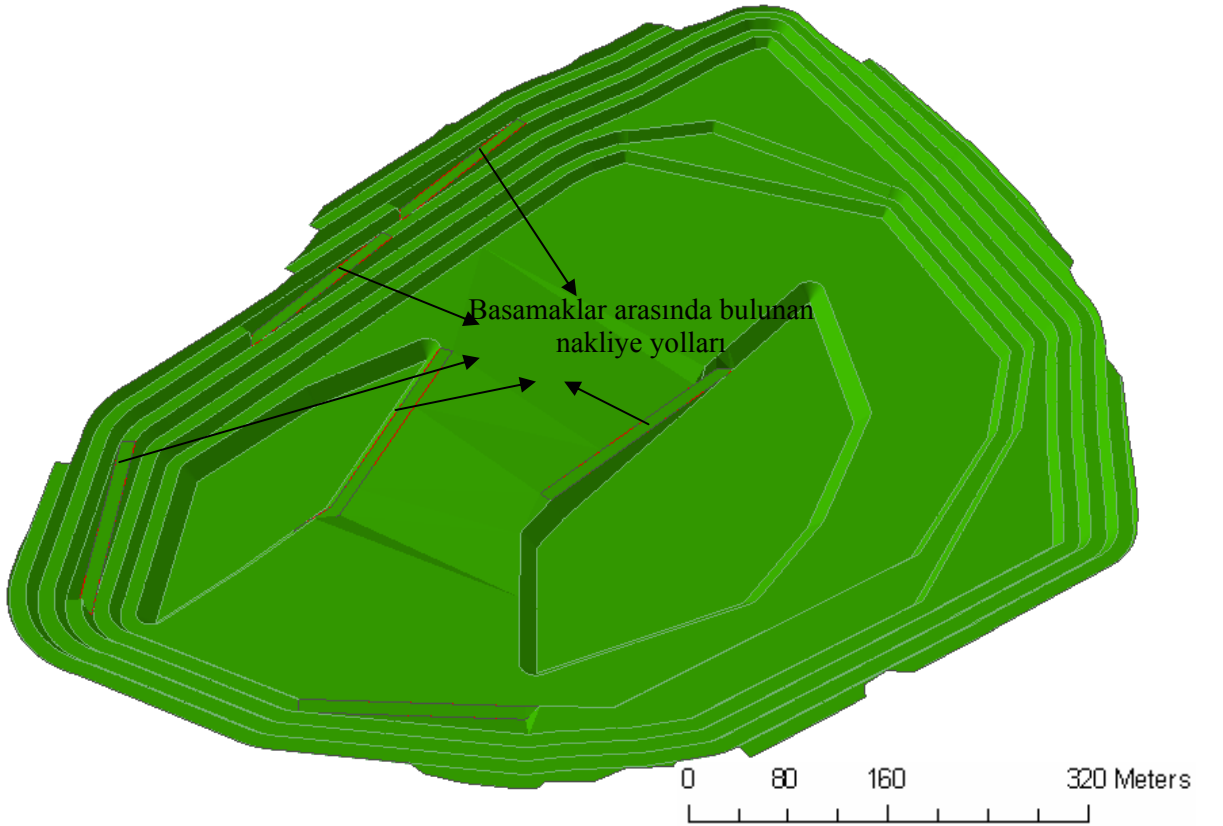


basamak arasında 225,8 m. uzunluğunda bir polyline meydana getirilmiştir. Ocak nakliyat yollarının çizgi değil poligon veri yapısında olması gerekmektedir. Bunun için her oluşturulan polyline'nın köşe noktalarından, yolun bir kenarını oluşturan çizgiye dik ve yol genişliği kadar (12 m.) uzaklıkta olan yeni noktalar oluşturulmuş ve elde edilen dört nokta birleştirilerek poligon yapısına dönüştürülmüştür. Basamaklar arasında bulunan ve nakliyat yolunu ifade eden söz konusu poligonların yükseklik değeri kazanması gerekmektedir. Dolayısıyla poligonlar öncelikle nokta yapısına dönüştürülmüş ve her poligonun sahip olduğu dört noktaya da ait olduğu basamağın kot değeri verilerek öznetelik tablolarına işlenmiştir. Daha önce de değinildiği gibi, nakliyat yollarının poligon veri yapısında olması gerektiği için elde edilen nokta verileri, kot değerlerine sahip olan poligon yapısına çevrilmiştir. Şekil 4.36'da basamak ve nakliye yollarının iki boyutlu görünümü verilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi, +76 ve +66 kotunda bulunan basamaklara üretim sırasında kullanılacak ekipmanların girişi topoğrafya yüzeyinden direkt olarak sağlanabilecek olup, söz konusu basamaklar arasında herhangi bir nakliyat yolu oluşturulmamıştır.



Şekil 4.36 Çalışma sahasında planlanan basamakların ve nakliyat yollarının 2D görünümü

Doktora tez çalışmasında oluşturulan açık ocağın, basamak ve nakliyat yolları ile birlikte üç boyutlu görüntüsünü elde etmek için ArcScene modülü kullanılmıştır. Daha önce elde edilen ve Şekil 4.32’de verilen basamaklara ait tin görünümüne Add Features to Tin komutu ile öncelikle en yüksek kot değerleri (56 ile 46 kotu) arasında oluşturulan yola ait poligon eklenerek yeni bir tin haritası yaratılmıştır. Son olarak elde edilen tin görünümüne sürekli olarak bir alt basamakta bulunan yol poligonu eklenmiş ve bu işlem taban yoluna kadar devam ettirilmiştir. Sonuç olarak, Şekil 4.37’de verilen nihai basamak ve nakliyat yollarının üç boyutlu görünümü elde edilmiştir.



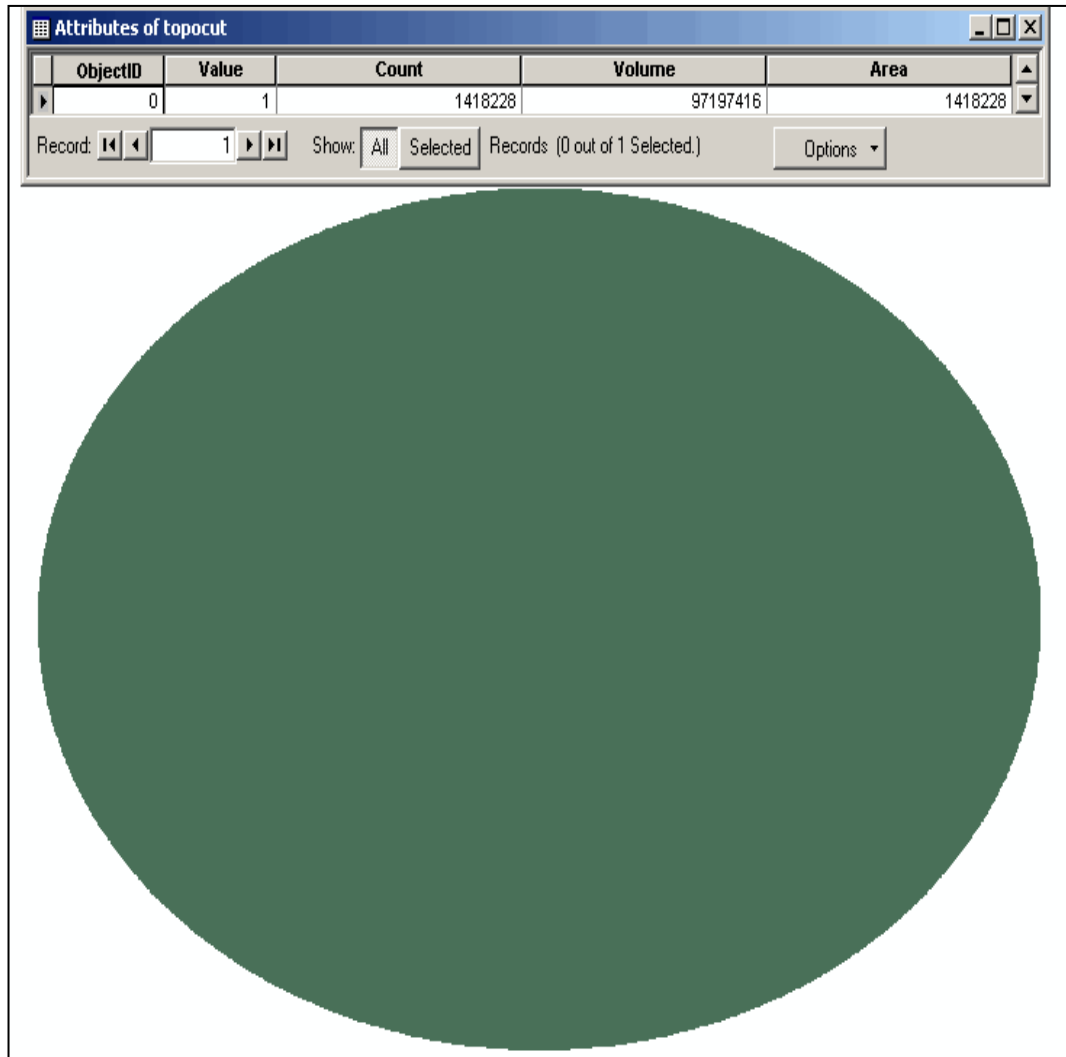
Şekil 4.37 Sahada planlanan basamakların ve nakliyat yollarının 3D görünümü

#### 4.4.3. Dekapaj Miktarı ve Dekapaj Oranının Tespiti

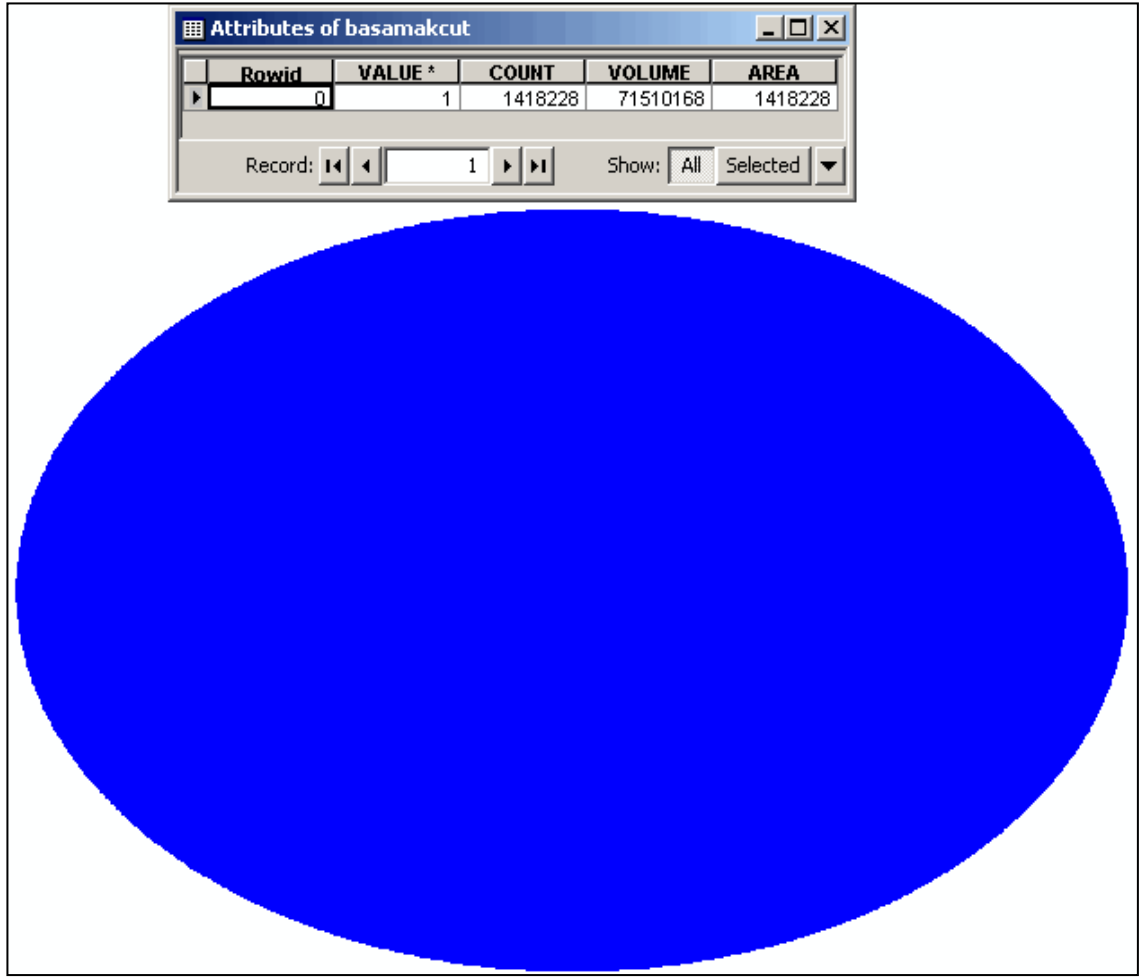
Basamaklarla sınırlandırılan ocak içerisinden kaldırılması gereken dekapaj miktarının belirlenmesi için öncelikle ocak hacminin hesaplanması gerekmektedir. ArcInfo iki yüzey arasında kalan hacim hesaplamasını direkt olarak yapabilen bir yazılımdır. Ocak hacminin belirlenmesi için öncelikle topoğrafyaya ait koordinat değerleri (x,y) aynen, kot değerleri (z) 0 kabul edilerek, topoğrafya yüzeyinin 0 kot değerine göre bir tin haritası yaratılmıştır. 0 kot değerlikli topoğrafya tin haritası ile gerek mevcut topoğrafya

gerekse basamak ve nakliyat yollarını içeren topoğrafya arasında kalan hacim, yazılımdaki Cut/Fill komutu kullanılarak hesaplanmıştır. Söz konusu komut ile iki yüzey arasında kalan alan ve hacim miktarını öznitelik tablosunda taşıyan yeni bir raster harita oluşturulmaktadır. Şekil 4.38’de 0 kot değerli yüzey ile mevcut topoğrafya, Şekil 4.39’da ise 0 kot değerlikli yüzey ile basamak ve nakliyat yollarını içeren topoğrafya arasında kalan hacme ait grafik ve öznitelik veriler görülmektedir.

Aşağıda verilen şekillerin öznitelik verilerine ait tablolarda bulunan hacimler birbirlerinden çıkartılarak açık ocağın sahip olduğu hacim hesaplanmıştır. Söz konusu hacim değerinden Bölüm 4.2’de tespit edilen kömür hacminin çıkarılmasıyla, çalışma alanından kaldırılması gereken toplam dekapaj miktarı Tablo 4. 4’te verildiği şekilde bulunmuştur.



Şekil 4.38 Mevcut topoğrafya ile 0 kot değerli taban arasında kalan hacme ait grafik ve öznitelik verilerin görünümü



Şekil 4.39 Ocak sınırı ve basamakları içeren topoğrafya ile 0 kot değerli taban arasında kalan hacme ait grafik ve öznitelik verilerin görünümü

Aşağıdaki tabloda da görüldüğü gibi, sahadan kaldırılması gereken nihai dekapaj miktarı 23.003.000 m<sup>3</sup>'tür. Sahada üretilebilir kömür rezerv miktarı Bölüm 4.2'de 3.443.000 ton olarak hesaplanmıştır. Denklem 4.6'dan hareketle, dekapaj miktarının üretilebilir kömür rezervine bölünmesi ile dekapaj oranı 6,7 m<sup>3</sup>/ton olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.4 Dekapaj miktarı hesabı

Birim	Alan (m <sup>2</sup> )	Hacim (m <sup>3</sup> )
Topoğrafya ile 0 kotu arasında kalan birim	1.418.228	97.197.416
Basamaklarla oluşturulan ocak sınırı ile 0 kotu arasında kalan birim	1.418.228	71.510.168
Toplam kömür	780.552	2.684.629
Dekapaj miktarı		23.002.619

$$\text{Dekapaj oranı} = \frac{\text{Dekapaj miktarı}}{\text{Üretilebilir rezerv}} = \frac{23.003.000}{3.443.000} = 6,7 \text{ m}^3/\text{ton} \quad (4.6)$$

#### 4.5. ÜRETİM SIRASININ BELİRLENMESİNE AİT BULGULAR

Çalışma sahasında, açık ocak nihai sınırları içerisinde bulunan kömür rezervinin üretim sırasının belirlenmesi için öncelikle maden ömrünün ve beraberinde sahadan her yıl üretilecek olan kömür miktarının belirlenmesi gerekmektedir.

Denklem 4.7’de verilen Taylor yasası; maden ömrünü üretilebilir rezervin bir fonksiyonu olarak tanımlamaktadır. Söz konusu yasanın kullanımı ile ocak için maden ömrü 9 yıl olarak belirlenmiştir. Sahada bulunan üretilebilir kömür rezervinin Denklem 4.8’de verildiği şekilde, maden ömrüne bölünmesiyle ocakta her yıl kazılacak olan optimum üretim miktarı 383.000 ton olarak bulunmuştur. Ancak çalışmada ocaktan üretilmesi gereken kömür miktarı 200.000 ton/yıl olarak kabul edilmiş ve Denklem 4.9’ dan hareketle çalışma sahasının işletme ömrü 17 yıl olarak belirlenmiştir.

$$\text{İşletme ömrü} = 0,20x(\text{Üretilebilirrezerv})^{0,25} = 0,20x(3.443.000)^{0,25} = 9 \text{ yıl} \quad (4.7)$$

$$\text{Optimum kapasite} = \frac{\text{Üretilebilirrezerv}}{\text{İşletmeömrü}} = \frac{3.443.000}{9} = 383.000 \text{ ton/yıl} \quad (4.8)$$

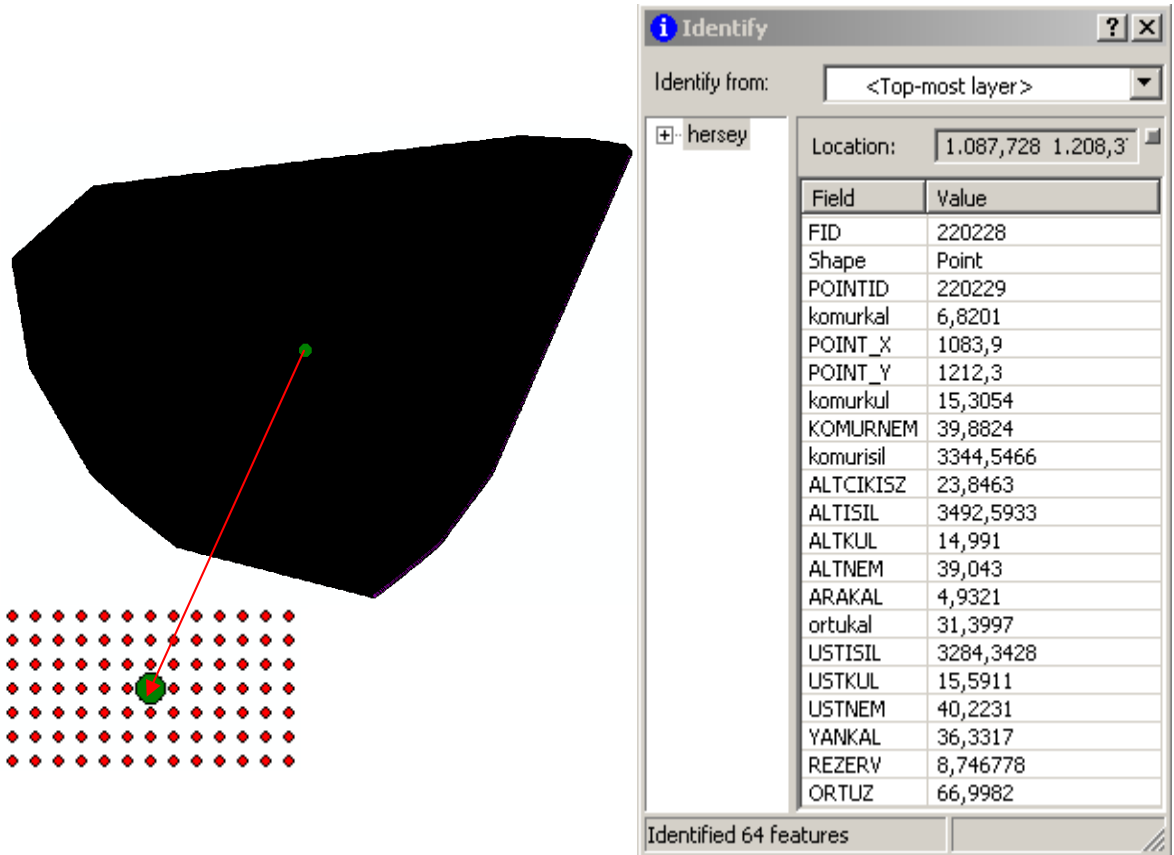
$$\text{İşletme ömrü} = \frac{\text{Üretilebilirrezerv}}{\text{Seneliküretimmiktarı}} = \frac{3.443.000}{200.000} = 17 \text{ yıl} \quad (4.9)$$

Çalışma sahasında her yıl 200.000 ton kömür üretimi yapmak amacıyla, özellikle kömür rezervini ve karakteristiklerini içeren bir veri dosyasının oluşturulması gerekmektedir. Bunun için sahada bulunan toplam kömür kalınlığı, tüm, üst ve alt kömür karakteristikleri (ısıl değer, nem, kül), örtü tabakası ve ara kesme kalınlığı ve alt kömürün çıkış kot değerleri kullanılarak, hücre boyutları 1 cm. olan raster haritalar yaratılmıştır. Oluşturulan raster haritalar öznitelik tablosuna sahip değildir. ArcInfo yazılımı ile üretim sırasının belirlenmesi için her bir harita katmanının öznitelik verilerini içeren tabloları olmalıdır. Bu sorunun çözülebilmesi amacıyla, her bir raster harita nokta formatına dönüştürülmüştür.

Yazılım, raster haritanın nokta veri yapısına dönüşümü sırasında noktaları her bir raster hücrenin orta noktasında oluşturmakta ve noktalar öznitelik değerlerini doğal komşuluk interpolasyon yöntemi ile hücrenin ortasında belirlenen değerden almaktadır. Oluşturulan her bir raster haritanın öznitelik tabloları birleştirilerek üretim planlaması

için gerekli olan ve yukarıda değinilen tüm kriterleri içeren 395.270 satırlı tek bir tablo dosyası oluşturulmuştur.

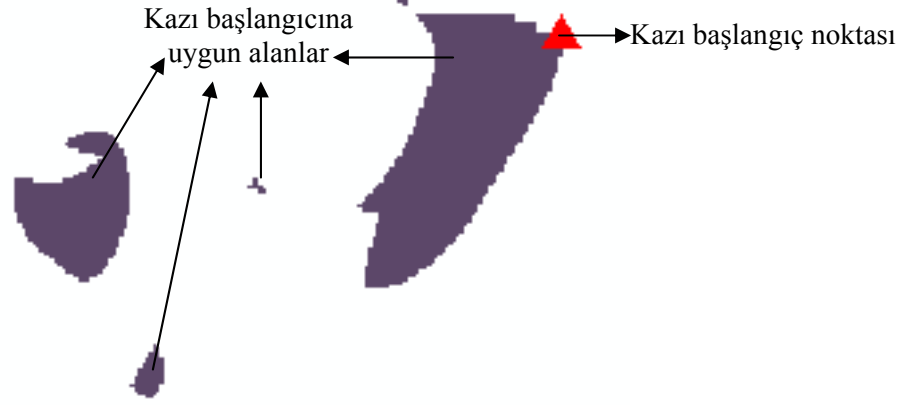
Her yıl sahadan kazılması gereken üretilebilir kömür ve pasa miktarının belirlenmesi amacıyla, oluşturulan tabloya iki yeni sütun daha eklenmiştir. Üretilebilir kömür rezervini ifade eden birinci sütun değerleri; toplam kömür kalınlığının kömür yoğunluğu ( $1,5 \text{ ton/m}^3$ ), jeolojik faktör (0,95) ve işletme emsali (0,9) ile çarpılması sonucu elde edilmiştir. Söz konusu kömür miktarının alınması için, sondajları içeren sahada kömürün üzerinden kaldırılması gereken pasa miktarını temsil eden ikinci sütun ise örtü ve ara kesme kalınlığının birbiri ile toplanması ile hesaplanmıştır. Şekil 4.40'ta ArcMap'te oluşturulan dosyanın herhangi bir noktasının sorgulama sırasında görünümü verilmektedir.



Şekil 4.40 Üretim planlaması için gerekli tüm kriterleri içeren katmanın sorgulanması

Çalışma sahasında kömür üretimine yönelik kazı başlangıç yeri, Bölüm 4.3'te belirlenen ve sahanın en kuzeydoğusunda bulunan alan olarak seçilmiştir. Söz konusu alanın en

doğu köşesinde, Şekil 4.41’de verildiği gibi, kazı başlangıç noktasını ifade eden bir nokta dosyası oluşturulmuştur.

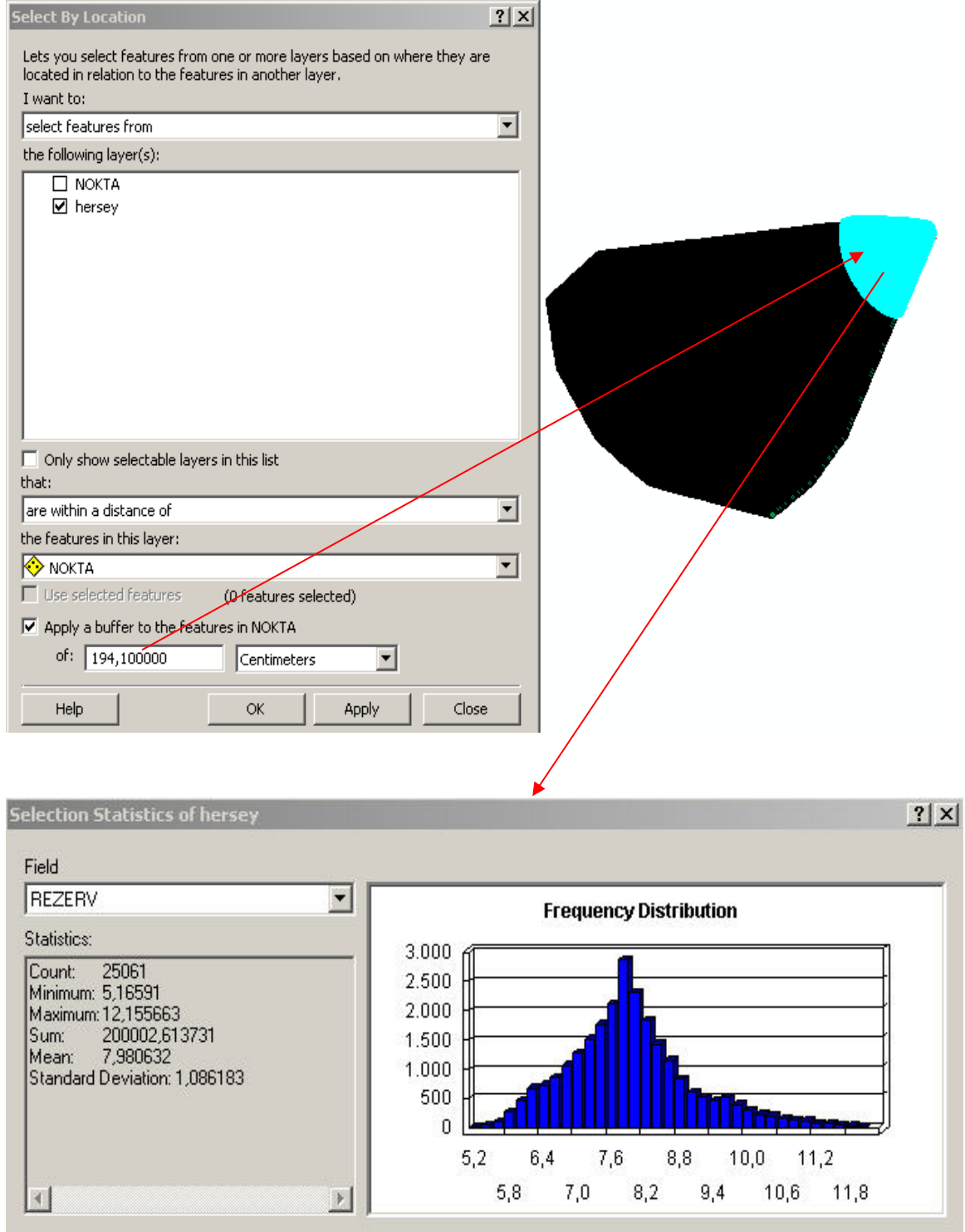


Şekil 4.41 Üretim planlaması sırasında belirlenen ilk kazı noktası

ArcMap’te, 395.270 satırdan oluşan ve üretim planlamasına yönelik olarak tüm bilgileri içeren nokta dosyası ile sahanın kuzeydoğusunda bulunan nokta arasında, Selection komutundaki tampon analizi kullanılarak 200.000 ton rezervi verecek alan belirlenmiştir. Tamponlanma, yani tüm kriterleri içeren dosya ile sahanın kuzeydoğusunda bulunan nokta arasında 200.000 ton rezervi verecek ötelenme miktarı, deneme-yanılma yoluyla bulunmuştur. Başka bir deyişle; programdaki komuta bir ötelenme miktarı girilmiş ve ötelenmiş alandaki rezerv miktarı, tüm kriterleri içeren nokta dosyasının öznitelik tablosunda seçili olan sütunun (rezerv) istatistiksel bilgilerinden elde edilmiştir. Her yıl 200.000 ton üretilebilir kömür rezervini veren ötelenme miktarı tespit edilene kadar bu işleme devam edilmiştir. Şekil 4.42’de ilk sene 200.000 ton kömür üretimini gerçekleştirmek için yapılan işlemlerin görüntüsü verilmektedir. Söz konusu işlemler, çalışma sahasında üretim planlamasına yönelik olarak, ilk beş yılda yıllık bazda, takip eden dönemde ise işletme ömrüne kadar beşer yıllık periyotlar halinde gerçekleştirilmiştir.

ArcInfo yazılımı, konumsal olarak elde edilen yığın halindeki karmaşık verileri kullanarak bu verilere ait istatistiksel analizleri gerçekleştirme yeteneğine sahiptir. Programda, istenilen üretilebilir rezerv miktarını veren her üretim dönemine ait öznitelik tablolarında, rezerv ve pasa miktarı, üst-alt-tüm kömür kalınlık ve karakteristikleri, tüm jeolojik birim giriş ve çıkış kot değerlerine ilişkin istatistiksel analizler yapılabilmektedir. Ancak çalışmada rezerv miktarı, tüm kömür (üst+alt kömür)

karakteristik özellikleri (nem, kül, ısı değer) ve sondaj yapılan saha sınırları içinden kaldırılması gereken dekapaj miktarına ilişkin istatistiksel analizler verilmekte olup, söz konusu analizler arasında ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değer ve sıklık dağılımı gibi özellikler yer almaktadır.



Şekil 4.42 İlk yıl üretilecek 200.000 ton kömür rezervini tespit etmek için yapılan işlemlerin görüntüsü



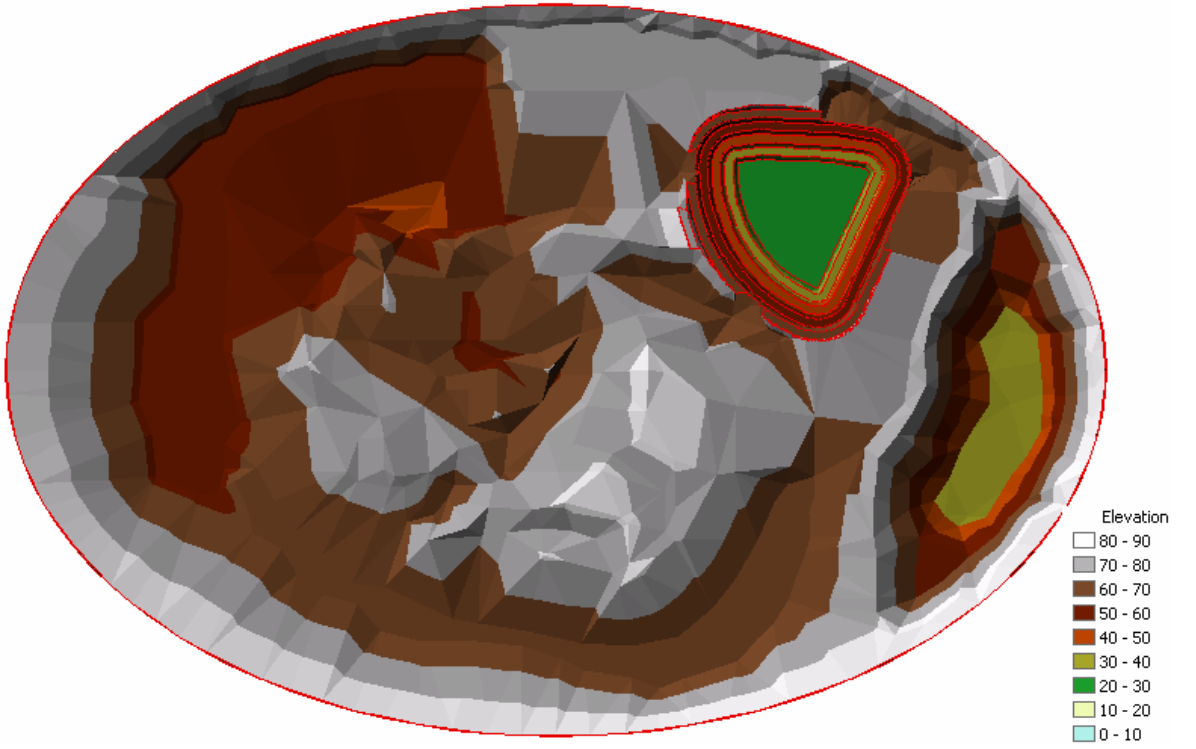
Üretilecek kömür miktarını tespit etmek için yapılan tampon analizleri ile her planlama dönemine ait saha sınırları belirlenmiştir. Elde edilen alanlardaki ocak basamakları Bölüm 4.4.1’de verilen mantıkla oluşturulmuştur. Şekil 4.43 ile Şekil 4.50 arasında oluşturulan basamaklarla beraber, ocağın her üretim döneminde alacağı 2D ve 3D görünümler verilmektedir.

Üretim dönemlerine ilişkin olarak öznitelik tablolarının istatistiksel analizinde, kömür içeren sahanın üzerinden kaldırılması gereken dekapaj miktarı tespit edilse de, nihai şev açısına bağlı olarak basamakların oluşturulmasında kömür içeren sahanın dışına çıkılması gerekmektedir. Böyle bir durumda her üretim döneminde ocak hacminin, ocağın kaldırılması gereken dekapaj miktarının ve dekapaj oranının tespit edilmesi söz konusudur. Üretim dönemlerine bağlı olarak bulunması gereken ocak hacimleri; Bölüm 4.4.3’te verildiği gibi, 0 kot değerlikli topoğrafya tin haritası ile mevcut topoğrafya arasında bulunan hacimden, 0 kot değerlikli topoğrafya tin haritası ile üretim dönemlerine ait topoğrafya tin haritaları arasındaki hacmin çıkarılması ile belirlenmiştir. Tespit edilen ocak hacminden, ilgili üretim döneminde sahadan kazılacak kümülatif kömür hacminin çıkarılması ile sahadan kaldırılması gereken toplam dekapaj miktarı tespit edilmiştir. Belirlenen toplam dekapaj miktarının, kümülatif olarak üretilecek kömür miktarına bölünmesi ile de her üretim dönemine ait dekapaj oranları bulunmuştur.

Her üretim dönemine ait öznitelik tablolarının istatistiksel analizi sonucu, Tablo 4.5 ile Tablo 4.12 arasında görülen tespitler yapılmıştır. Söz konusu tablolarda her üretim döneminde ocağın üretilecek olan;

- Kümülatif kömür miktarı,
- Kömür karakteristik özellikleri (nem, kül, alt ısı değer),
- Sondajları içeren sahadan kaldırılması gereken dekapaj miktarı,
- Toplam dekapaj miktarı ve
- Dekapaj oranı görülmektedir.

Aşağıda, her üretim dönemi sonunda ocağın alacağı görüntüyü veren şekillerle, söz konusu dönemde ocağın kazılacak olan kömür miktarını, özelliklerini ve dekapaj miktarını içeren tablolar arka arkaya verilmektedir.



a) Çalışma sahasının birinci yıl alacağı 2D görünüm

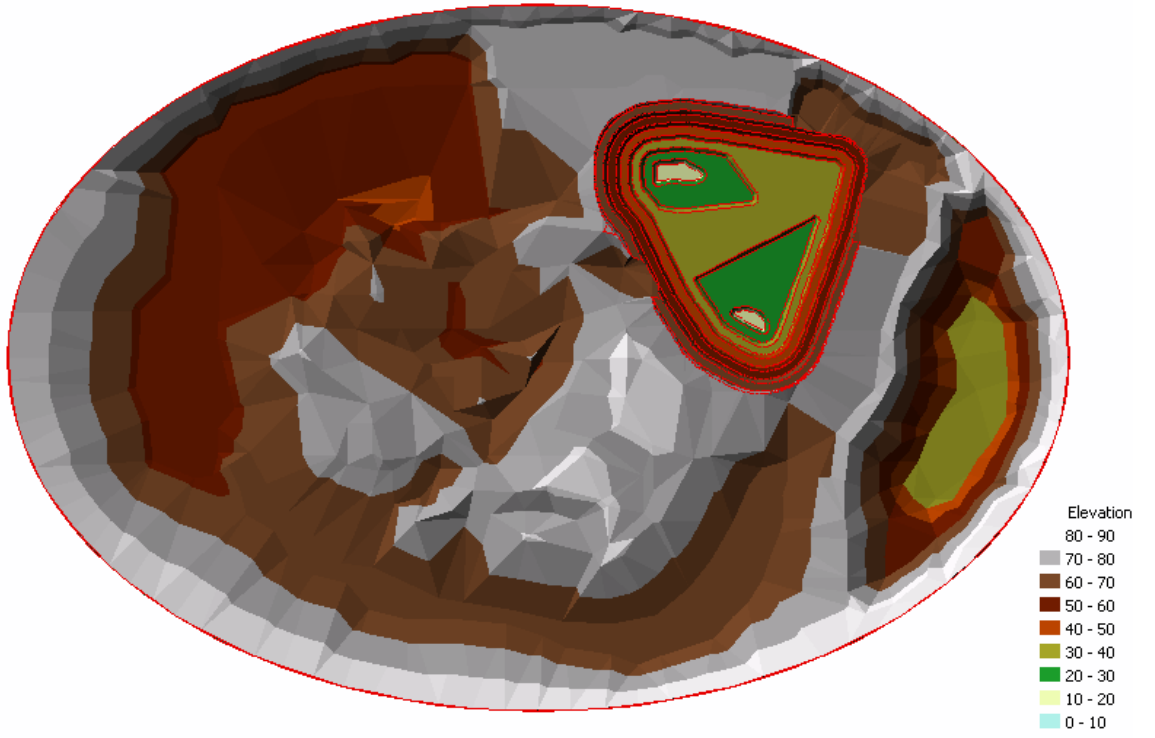


b) Çalışma sahasının birinci yıl alacağı 3D görünüm

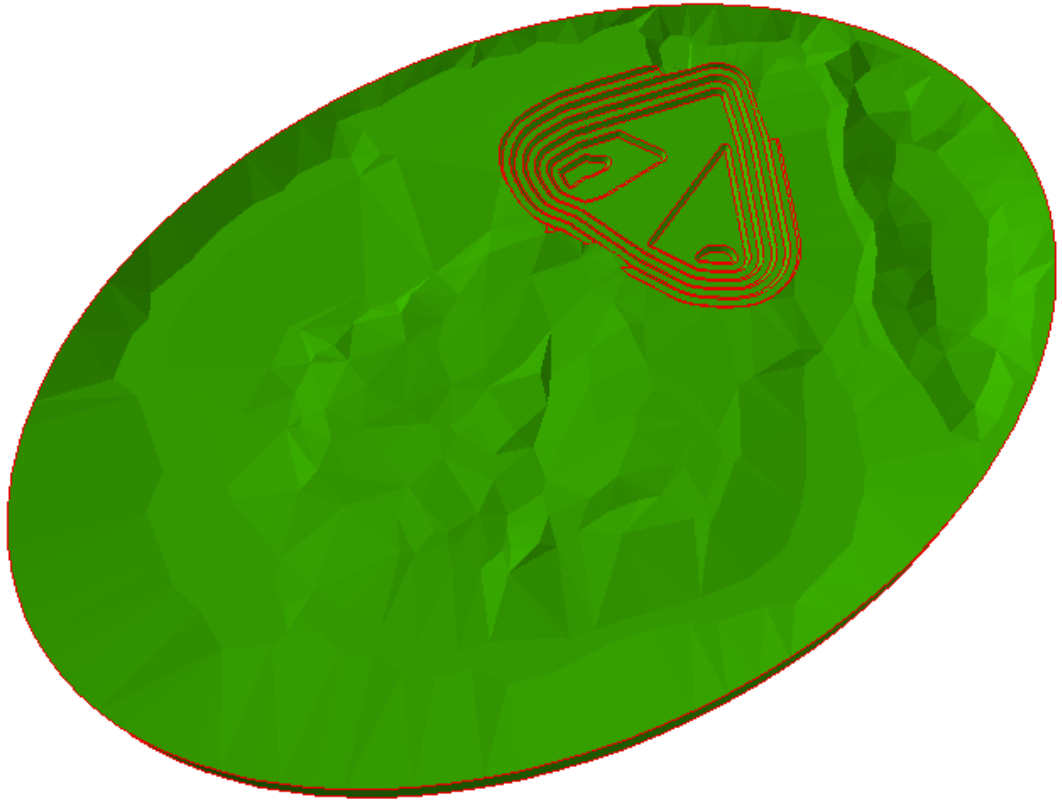
Şekil 4.43 Çalışma sahasının birinci yıl alacağı 2D ve 3D görünümler

Tablo 4.5 Birinci yıl sonunda ocaktan üretilen kömürün karakteristik özellikleri ve dekapaj miktarı

Katman	İstatistiksel Dağılım	Sıklık Dağılımı
Rezerv miktarı (ton)	Veri sayısı=25037 Minimum=5,16591 Maksimum=12,155663 Toplam=200002,613731 Ortalama=7,980632 Standart sapma=1,086183	
Tüm kömür nem (%)	Veri sayısı=25037 Minimum=29,6108 Maksimum=32,4421 Toplam=780942,9947 Ortalama=31,191556 Standart sapma=0,72342	
Tüm kömür kül (%)	Veri sayısı=25037 Minimum=8 Maksimum=11,4675 Toplam=241541,1511 Ortalama=9,647368 Standart sapma=1,05132	
Tüm kömür ısı değeri (kcal/kg)	Veri sayısı=25037 Minimum=4332,3779 Maksimum=5133,8516 Toplam=118268400,5004 Ortalama=4723,744878 Standart sapma=198,97048	
Sondaj sahası sınırlarından kaldırılması gereken dekapaj (m <sup>3</sup> )	Veri sayısı=25037 Minimum=14,5294 Maksimum=32,9084 Toplam=557739,6543 Ortalama=22,276617 Standart sapma=4,012374	
<p><i>Dekapaj miktarı = Topoğrafya ile 0 kotu arasında kalan birimin hacmi - Basamaklarla oluşturulan ocak sınırı ile 0 kotu arasında kalan birimin hacmi – Kömür hacmi</i></p> <p>Dekapaj miktarı = 97.197.416 – 95.251.960 – 155.947 = 1.789.509 m<sup>3</sup></p> <p>Dekapaj oranı = 1.789.509 / 200.003 = 8,9 m<sup>3</sup>/ton</p>		



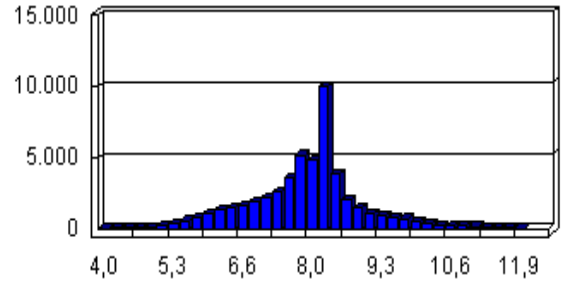
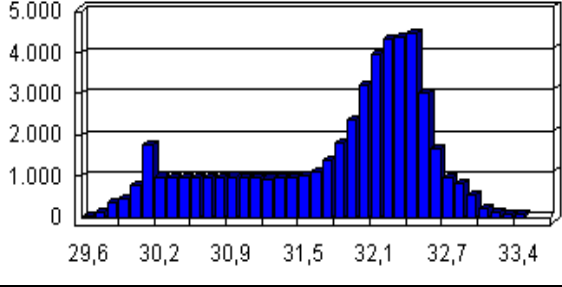
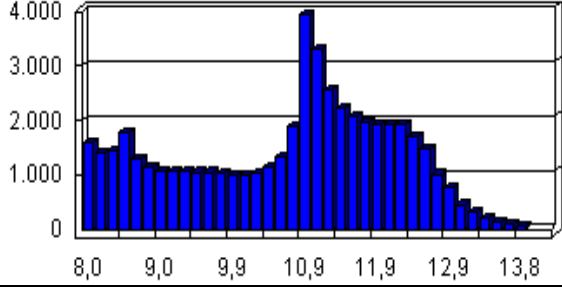
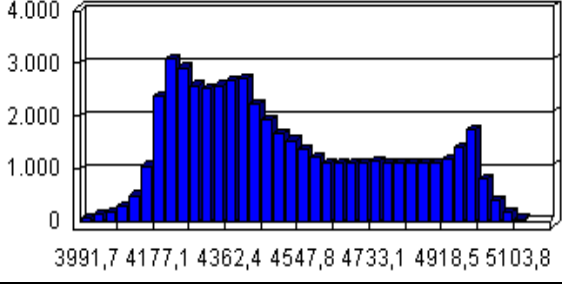
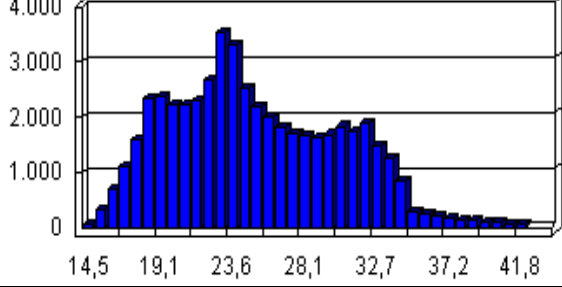
a) Çalışma sahasının ikinci yıl alacağı 2D görünüm

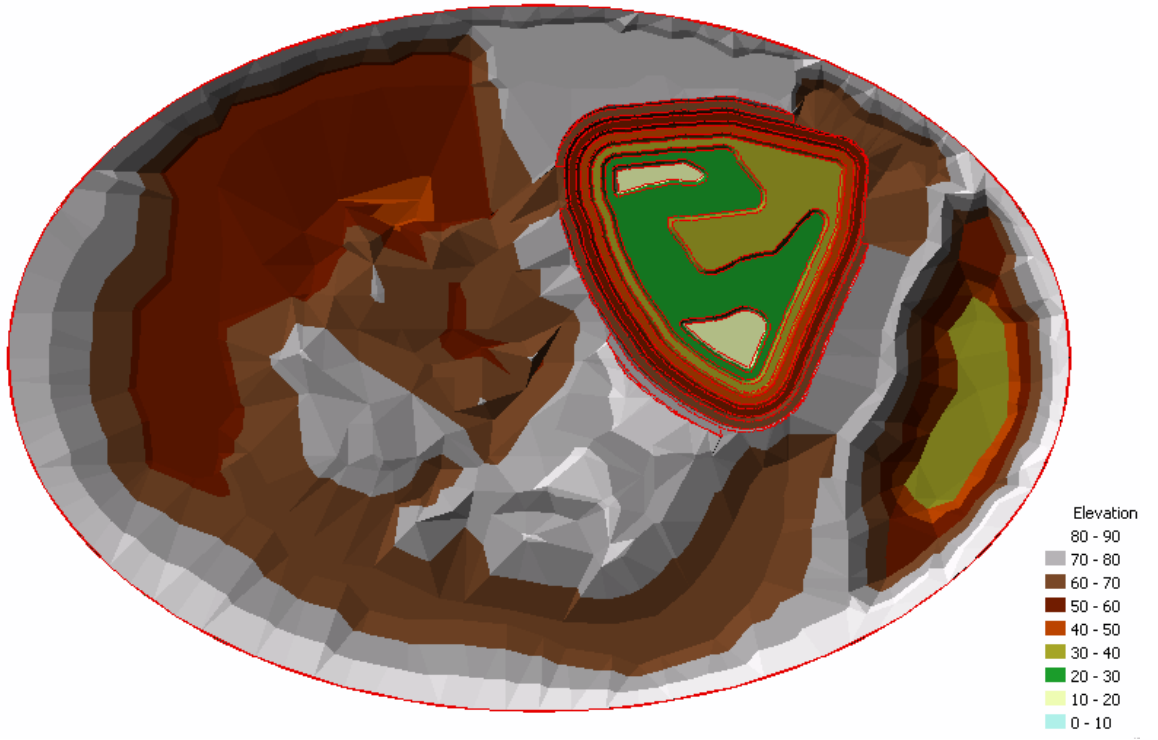


b) Çalışma sahasının ikinci yıl alacağı 3D görünüm

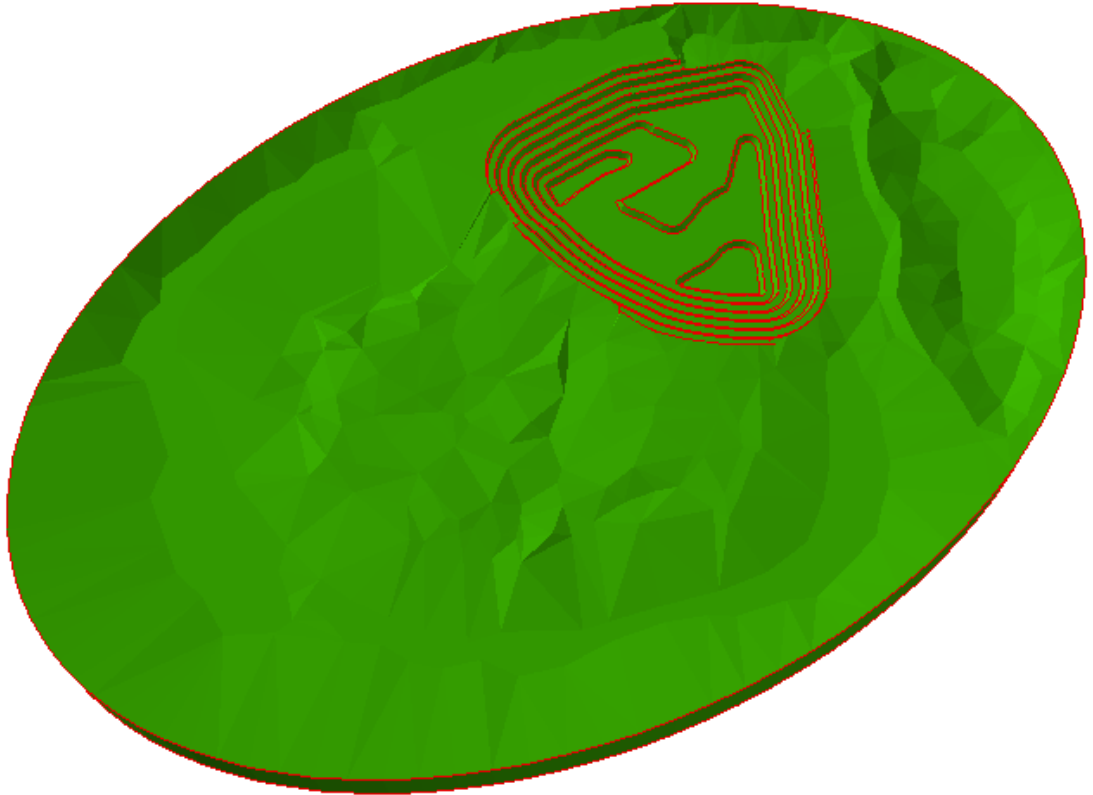
Şekil 4.44 Çalışma sahasının ikinci yıl alacağı 2D ve 3D görünümler

Tablo 4.6 İkinci yıl sonunda ocaktan üretilecek kömürün karakteristik özellikleri ve dekapaj miktarı

Katman	İstatistiksel Dağılım	Sıklık Dağılımı
Rezerv miktarı (ton)	Veri sayısı=50425 Minimum=3,960488 Maksimum=12,155663 Toplam=400007,87095 Ortalama=7,932729 Standart sapma=1,041826	
Tüm kömür nem (%)	Veri sayısı=50425 Minimum=29,6108 Maksimum=33,4685 Toplam=1603707,8588 Ortalama=31,803825 Standart sapma=0,821326	
Tüm kömür kül (%)	Veri sayısı=50425 Minimum=8 Maksimum=13,9978 Toplam=542461,8203 Ortalama=10,757795 Standart sapma=1,426868	
Tüm kömür ısı değeri (kcal/kg)	Veri sayısı=50425 Minimum=3991,7043 Maksimum=5133,8516 Toplam=227620986,840303 Ortalama=4514,050309 Standart sapma=264,31206	
Sondaj sahası sınırlarından kaldırılması gereken dekapaj (m <sup>3</sup> )	Veri sayısı=50425 Minimum=14,5294 Maksimum=42,5038 Toplam=1277473,4793 Ortalama=25,334129 Standart sapma=5,251371	
<p><i>Dekapaj miktarı = Topoğrafya ile 0 kotu arasında kalan birimin hacmi - Basamaklarla oluşturulan ocak sınırı ile 0 kotu arasında kalan birimin hacmi - Kömür hacmi</i></p> <p>Dekapaj miktarı = 97.197.416 – 93.796.080 – 311.897 = 3.089.439 m<sup>3</sup></p> <p>Dekapaj oranı = 3.089.439 / 400.008 = 7,7 m<sup>3</sup>/ton</p>		



a) Çalışma sahasının üçüncü yıl alacağı 2D görünüm



b) Çalışma sahasının üçüncü yıl alacağı 3D görünüm

Şekil 4.45 Çalışma sahasının üçüncü yıl alacağı 2D ve 3D görünümler

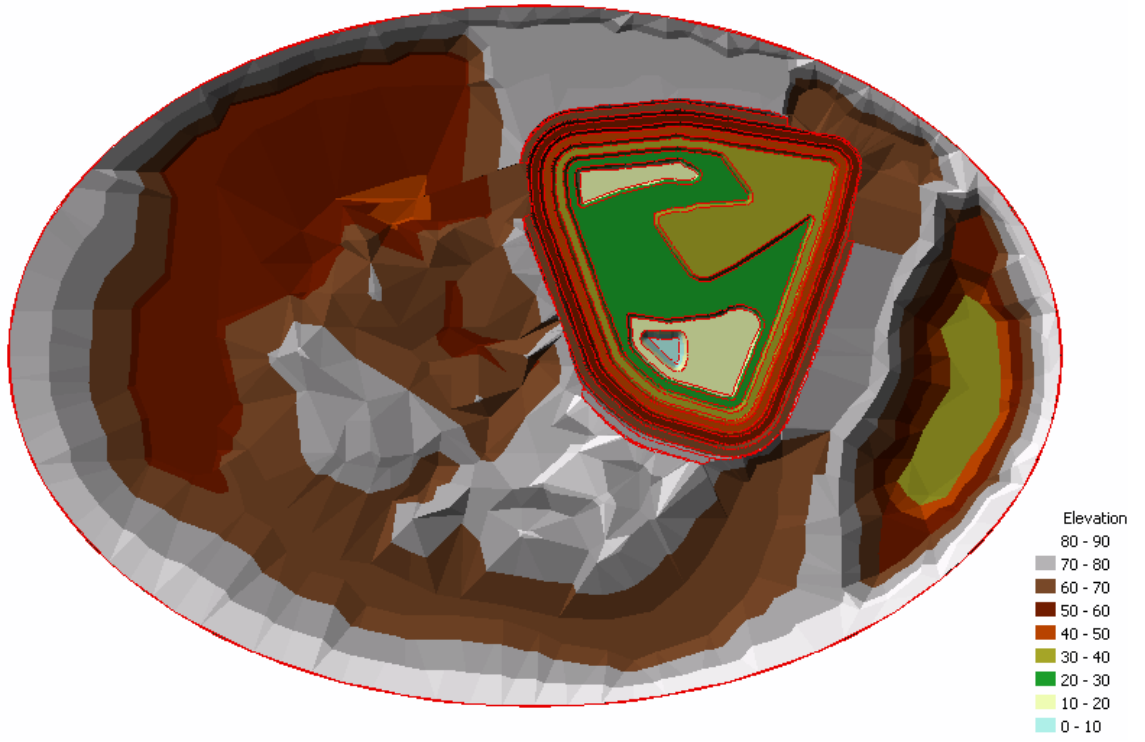
Tablo 4.7 Üçüncü yıl sonunda ocaktan üretilecek kömürün karakteristik özellikleri ve dekapaj miktarı

Katman	İstatistiksel Dağılım	Sıklık Dağılımı
Rezerv miktarı (ton)	Veri sayısı=73281 Minimum=3,960488 Maksimum=12,155663 Toplam=600046,041609 Ortalama=8,188289 Standart sapma=1,204455	
Tüm kömür nem (%)	Veri sayısı=73281 Minimum=29,6108 Maksimum=34,441 Toplam=2360096,3127 Ortalama=32,206115 Standart sapma=0,921826	
Tüm kömür kül (%)	Veri sayısı=73281 Minimum=8 Maksimum=14,3747 Toplam=847690,2567 Ortalama=11,567668 Standart sapma=1,715216	
Tüm ısı değeri (kcal/kg)	Veri sayısı=73281 Minimum=3780,4722 Maksimum=5133,8516 Toplam=322056466,401404 Ortalama=4394,815387 Standart sapma=286,80465	
Sondaj sahası sınırlarından kaldırılması gereken dekapaj (m <sup>3</sup> )	Veri sayısı=73281 Minimum=14,5294 Maksimum=46,5325 Toplam=2014438,7116 Ortalama=27,489236 Standart sapma=6,606637	

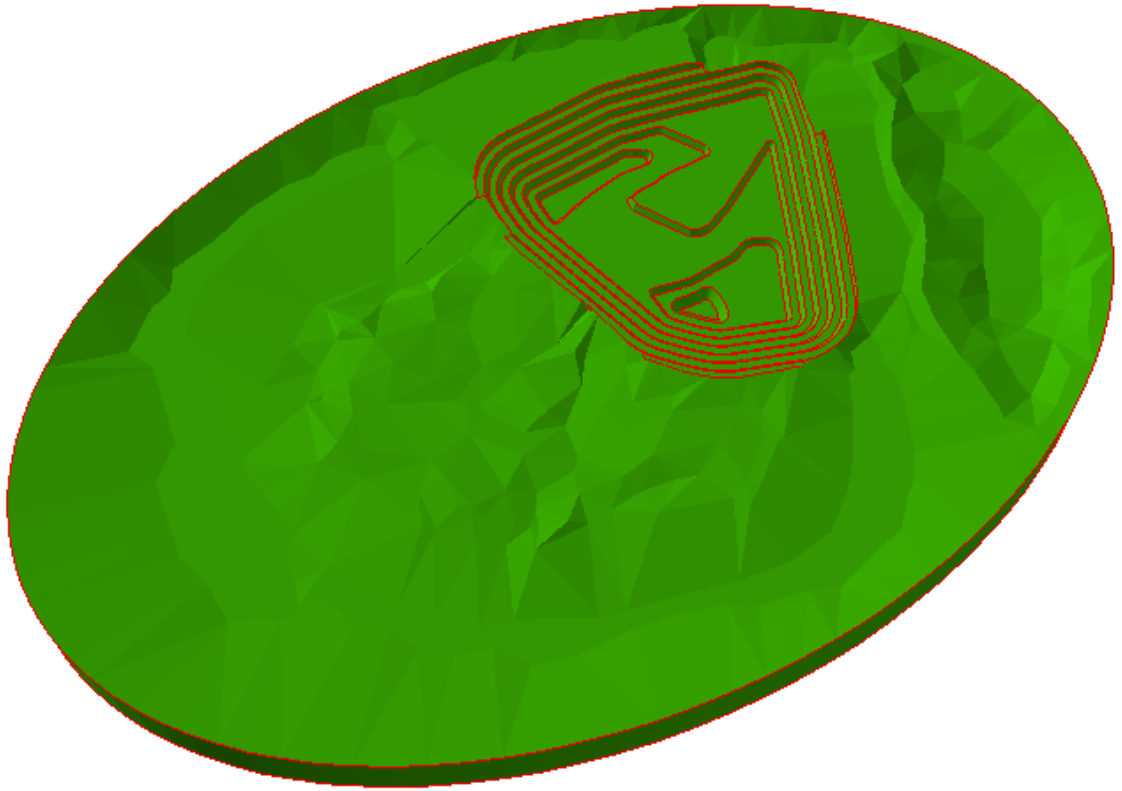
*Dekapaj miktarı = Topoğrafya ile 0 kotu arasında kalan birimin hacmi - Basamaklarla oluşturulan ocak sınırı ile 0 kotu arasında kalan birimin hacmi – Kömür hacmi*

Dekapaj miktarı = 97.197.416 – 91.864.080 – 467.872 = 4.865.464 m<sup>3</sup>

Dekapaj oranı = 4.865.464 / 600.046 = 8,1 m<sup>3</sup>/ton



a) Çalışma sahasının dördüncü yıl alacağı 2D görünüm



b) Çalışma sahasının dördüncü yıl alacağı 3D görünüm

Şekil 4.46 Çalışma sahasının dördüncü yıl alacağı 2D ve 3D görünümler

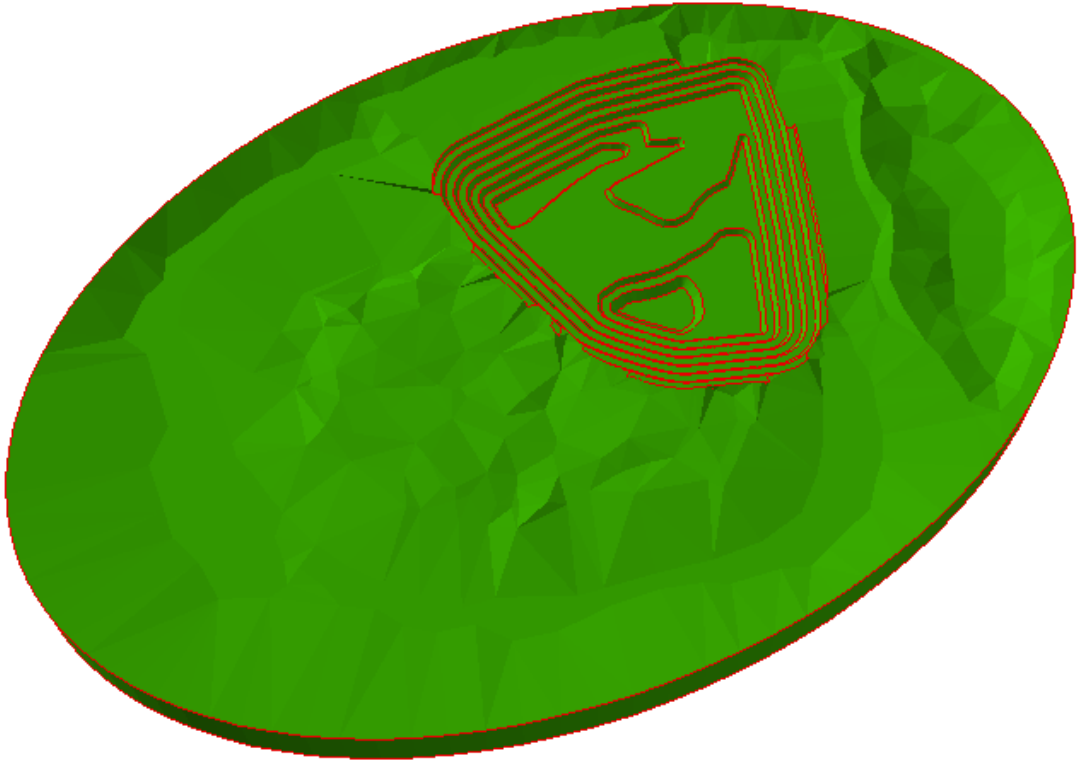


Tablo 4.8 Dördüncü yıl sonunda ocaktan üretilecek kömürün karakteristik özellikleri ve dekapaj miktarı

Katman	İstatistiksel Dağılım	Sıklık Dağılımı
Rezerv miktarı (ton)	Veri sayısı=95027 Minimum=3,960488 Maksimum=12,155663 Toplam=799803,82532 Ortalama=8,416596 Standart sapma=1,28085	
Tüm kömür nem (%)	Veri sayısı=95027 Minimum=29,6108 Maksimum=35,6458 Toplam=3092898,4538 Ortalama=32,547575 Standart sapma=1,06826	
Tüm kömür kül (%)	Veri sayısı=95027 Minimum=8 Maksimum=15 Toplam=1160880,096 Ortalama=12,216318 Standart sapma=1,92840	
Tüm kömür ısı değeri (kcal/kg)	Veri sayısı=95027 Minimum=3588,9309 Maksimum=5133,8516 Toplam=407706429,448901 Ortalama=4290,427241 Standart sapma=320,57349	
Sondaj sahası sınırlarından kaldırılması gereken dekapaj (m <sup>3</sup> )	Veri sayısı=95027 Minimum=14,5294 Maksimum=55,3382 Toplam=2831427,9029 Ortalama=29,796036 Standart sapma=8,336018	
<p><i>Dekapaj miktarı = Topoğrafya ile 0 kotu arasında kalan birimin hacmi - Basamaklarla oluşturulan ocak sınırı ile 0 kotu arasında kalan birimin hacmi - Kömür hacmi</i></p> <p>Dekapaj miktarı = 97.197.416 – 90.195.328 – 623.629 = 6.378.459 m<sup>3</sup></p> <p>Dekapaj oranı = 6.378.459 / 799.804 = 8,0 m<sup>3</sup>/ton</p>		



a) Çalışma sahasının beşinci yıl alacağı 2D görünüm

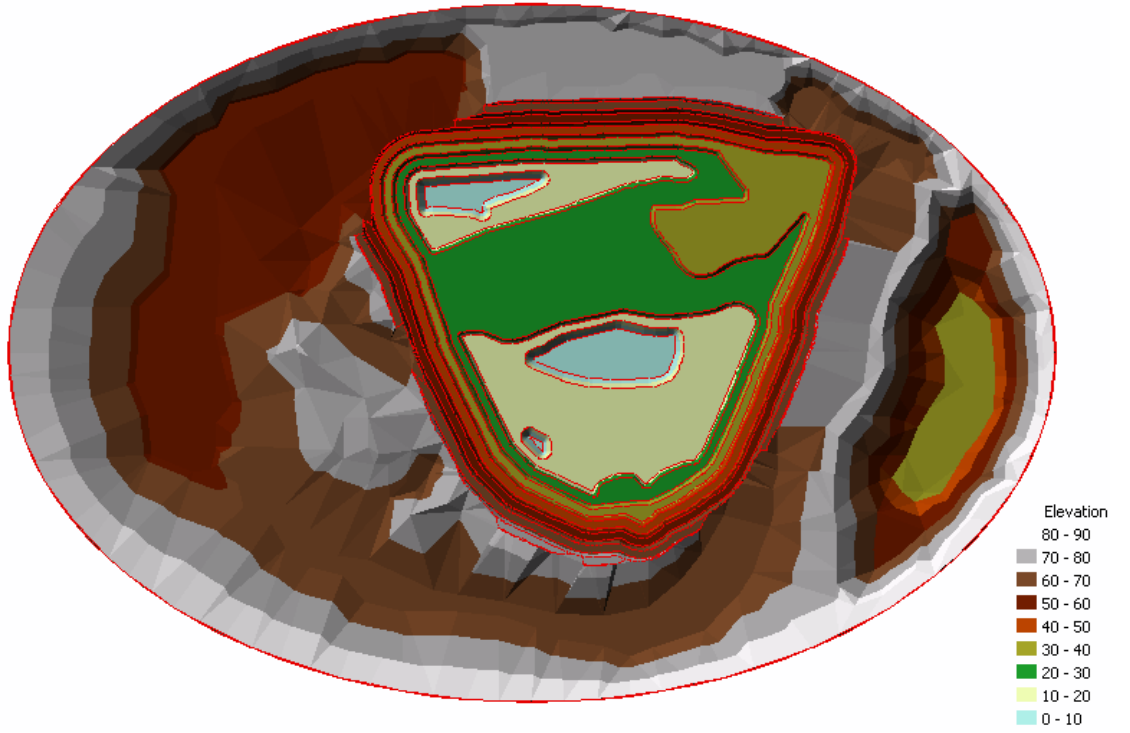


b) Çalışma sahasının beşinci yıl alacağı 3D görünüm

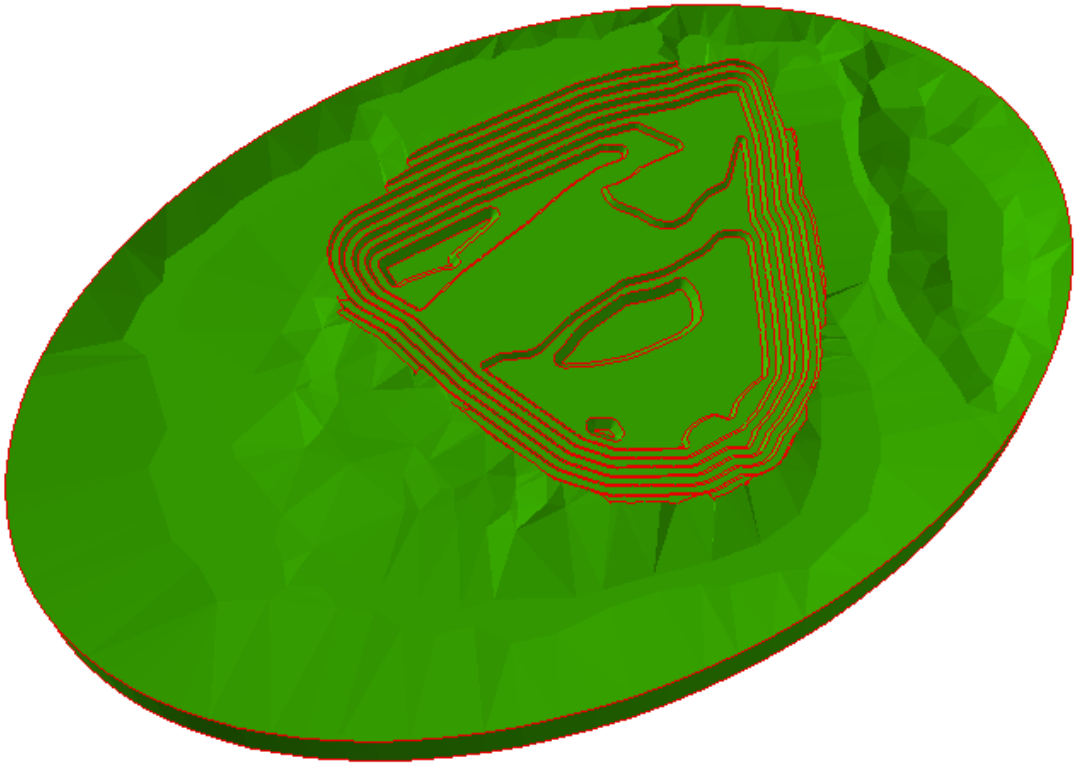
Şekil 4.47 Çalışma sahasının beşinci yıl alacağı 2D ve 3D görünümler

Tablo 4.9 Beşinci yıl sonunda ocaktan üretilecek kömürün karakteristik özellikleri ve dekapaj miktarı

Katman	İstatistiksel Dağılım	Sıklık Dağılımı
Rezerv miktarı (ton)	Veri sayısı=116227 Minimum=3,960488 Maksimum=13,407512 Toplam=1000053,505879 Ortalama=8,604313 Standart sapma=1,407885	
Tüm kömür nem (%)	Veri sayısı=116227 Minimum=29,6108 Maksimum=37,249 Toplam=3817140,2948 Ortalama=32,842113 Standart sapma=1,264431	
Tüm kömür kül (%)	Veri sayısı=116227 Minimum=8 Maksimum=15,887 Toplam=1477922,4703 Ortalama=12,715827 Standart sapma=2,040429	
Tüm kömür ısı değeri (kcal/kg)	Veri sayısı=116227 Minimum=3438,5571 Maksimum=5133,8516 Toplam=488743168,827699 Ortalama=4205,074284 Standart sapma=345,49151	
Sondaj sahası sınırlarından kaldırılması gereken dekapaj (m <sup>3</sup> )	Veri sayısı=116227 Minimum=14,5294 Maksimum=72,9035 Toplam=3754534,7852 Ortalama=32,303465 Standart sapma=10,538374	
<p><i>Dekapaj miktarı = Topoğrafya ile 0 kotu arasında kalan birimin hacmi - Basamaklarla oluşturulan ocak sınırı ile 0 kotu arasında kalan birimin hacmi - Kömür hacmi</i></p> <p>Dekapaj miktarı = 97.197.416 – 88.626.520 – 779.769 = 7.791.127 m<sup>3</sup></p> <p>Dekapaj oranı = 7.791.127 / 1.000.054 = 7,8 m<sup>3</sup>/ton</p>		



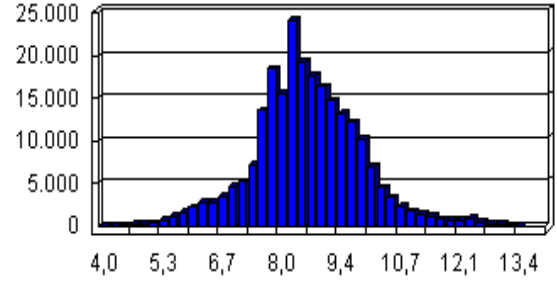
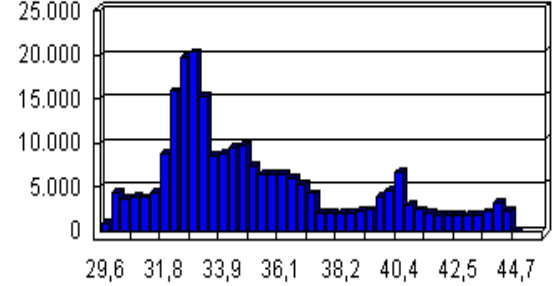
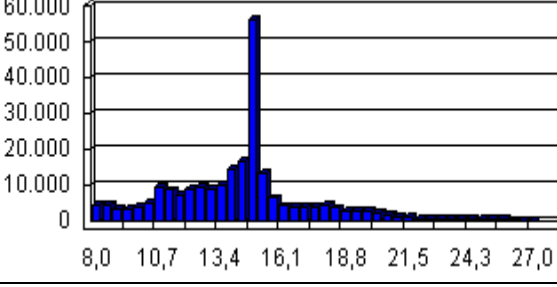
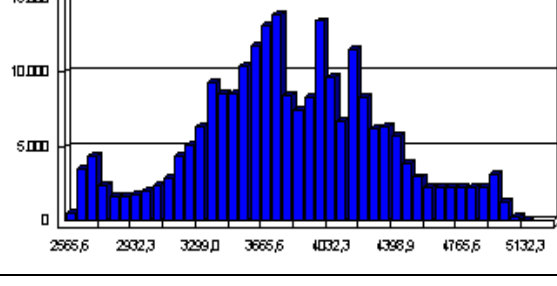
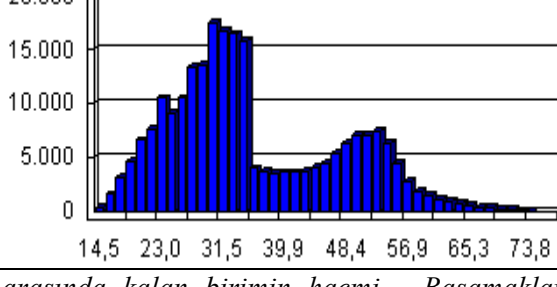
a) Çalışma sahasının onuncu yıl alacağı 2D görünüm

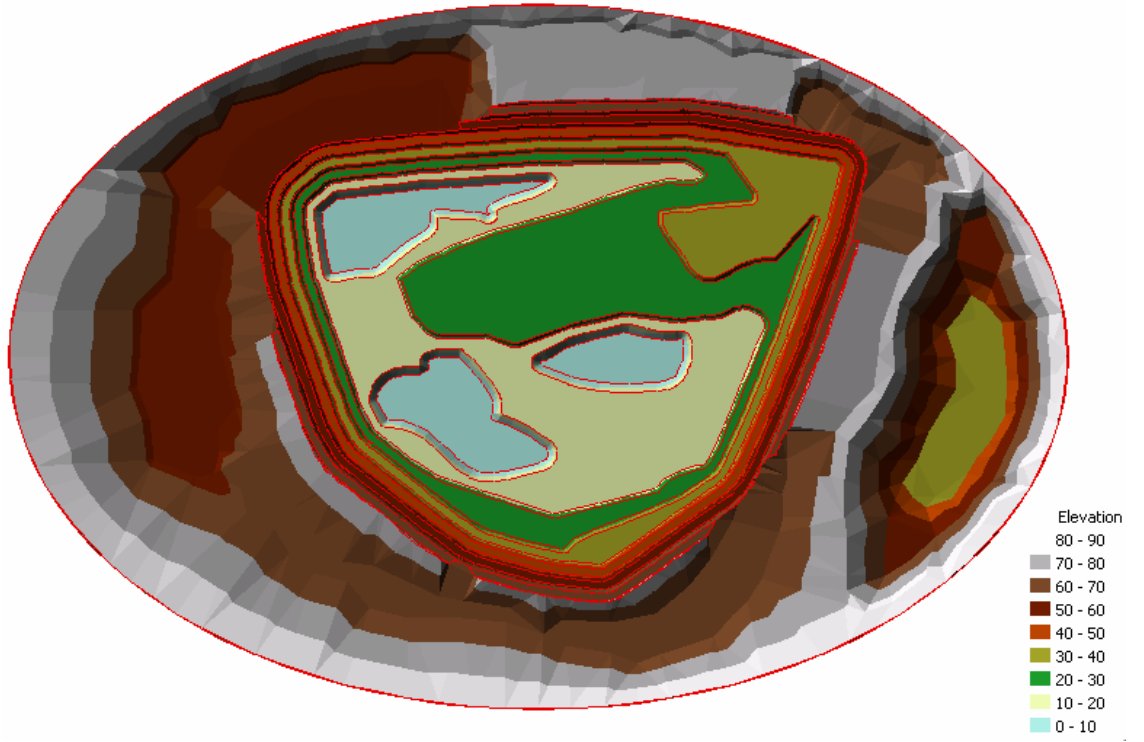


b) Çalışma sahasının onuncu yıl alacağı 3D görünüm

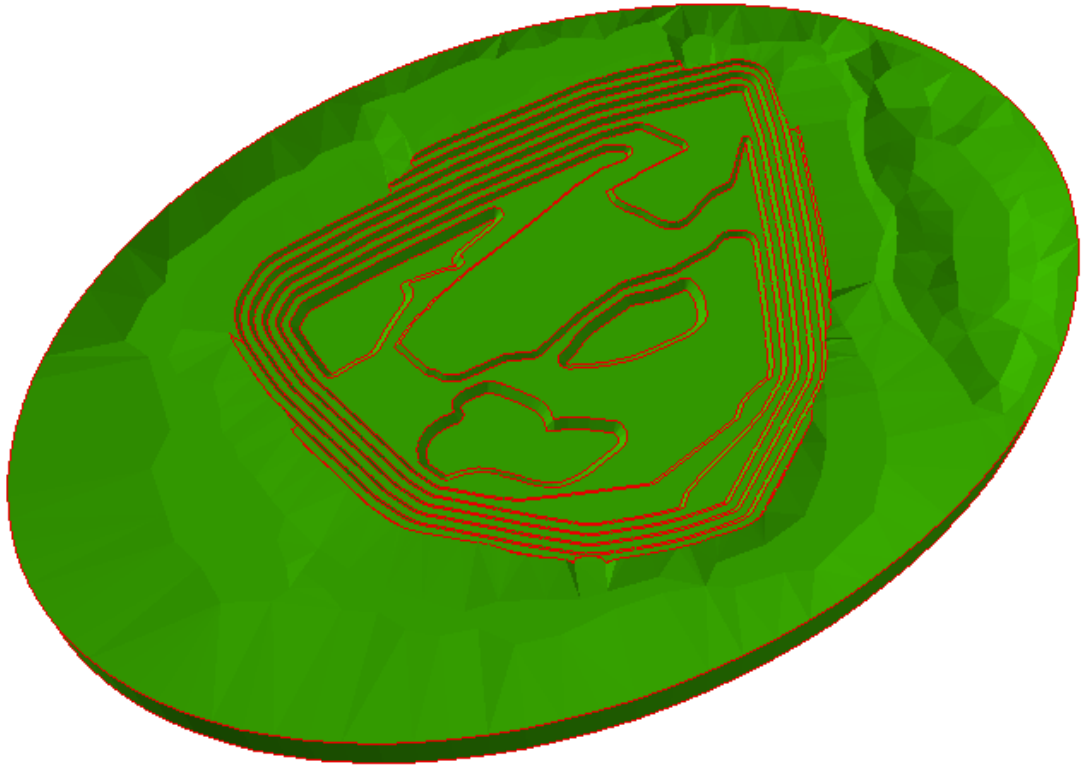
Şekil 4.48 Çalışma sahasının onuncu yıl alacağı 2D ve 3D görünümler

Tablo 4.10 Onuncu yılsonunda ocaktan üretilecek kömürün karakteristik özellikleri ve dekapaj miktarı

Katman	İstatistiksel Dağılım	Sıklık Dağılımı
Rezerv miktarı (ton)	Veri sayısı=230907 Minimum=3,960488 Maksimum=13,407512 Toplam=2000083,127119 Ortalama=8,661856 Standart sapma=1,173732	
Tüm kömür nem (%)	Veri sayısı=230907 Minimum=29,6108 Maksimum=44,6691 Toplam=8143268,7715 Ortalama=35,266444 Standart sapma=3,548642	
Tüm kömür kül (%)	Veri sayısı=230907 Minimum=8 Maksimum=26,9765 Toplam=3313278,4123 Ortalama=14,348973 Standart sapma=2,87924	
Tüm kömür ısı değeri (kcal/kg)	Veri sayısı=230907 Minimum=2565,6252 Maksimum=5133,8516 Toplam=883712470,292088 Ortalama=3827,135904 Standart sapma=521,50074	
Sondaj sahası sınırlarından kaldırılması gereken dekapaj (m <sup>3</sup> )	Veri sayısı=230907 Minimum=14,5294 Maksimum=73,8509 Toplam=8309207,9892 Ortalama=35,985085 Standart sapma=11,519119	
<p><i>Dekapaj miktarı = Topoğrafya ile 0 kotu arasında kalan birimin hacmi - Basamaklarla oluşturulan ocak sınırı ile 0 kotu arasında kalan birimin hacmi - Kömür hacmi</i></p> <p>Dekapaj miktarı = 97.197.416 – 81.650.832 – 1.559.519 = 13.987.065 m<sup>3</sup></p> <p>Dekapaj oranı = 13.987.065 / 2.000.083 = 7,0 m<sup>3</sup>/ton</p>		



a) Çalışma sahasının onbeşinci yıl alacağı 2D görünüm



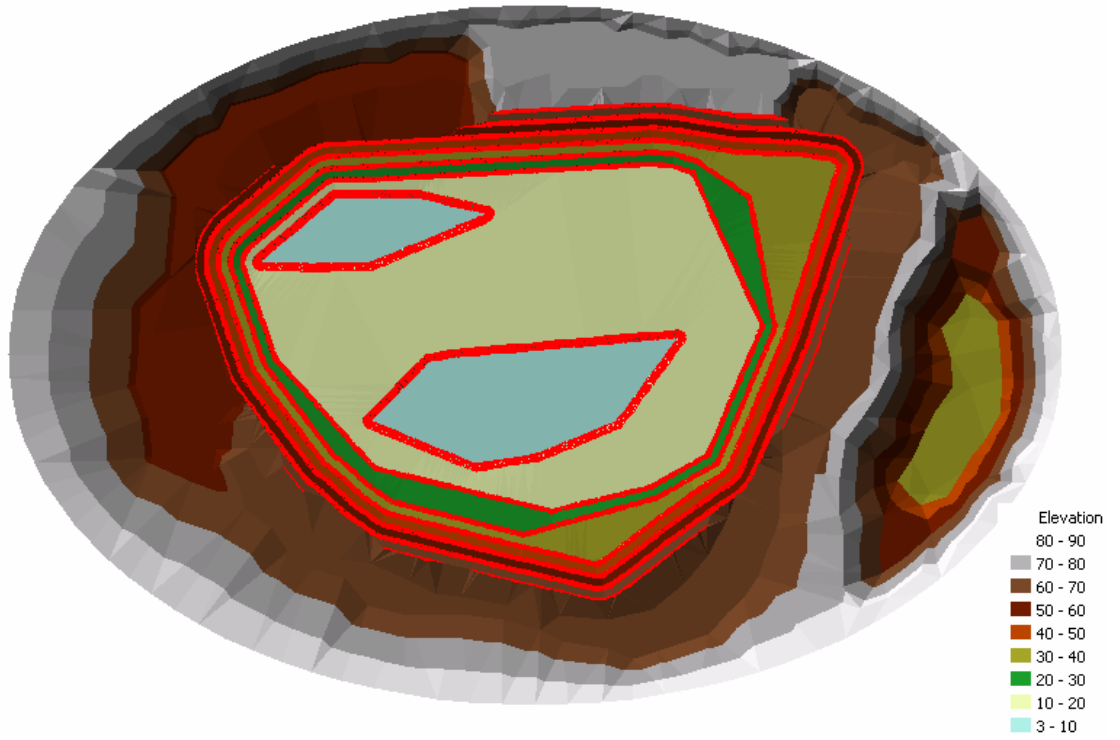
b) Çalışma sahasının onbeşinci yıl alacağı 3D görünüm

Şekil 4.49 Çalışma sahasının onbeşinci yıl alacağı 2D ve 3D görünümler

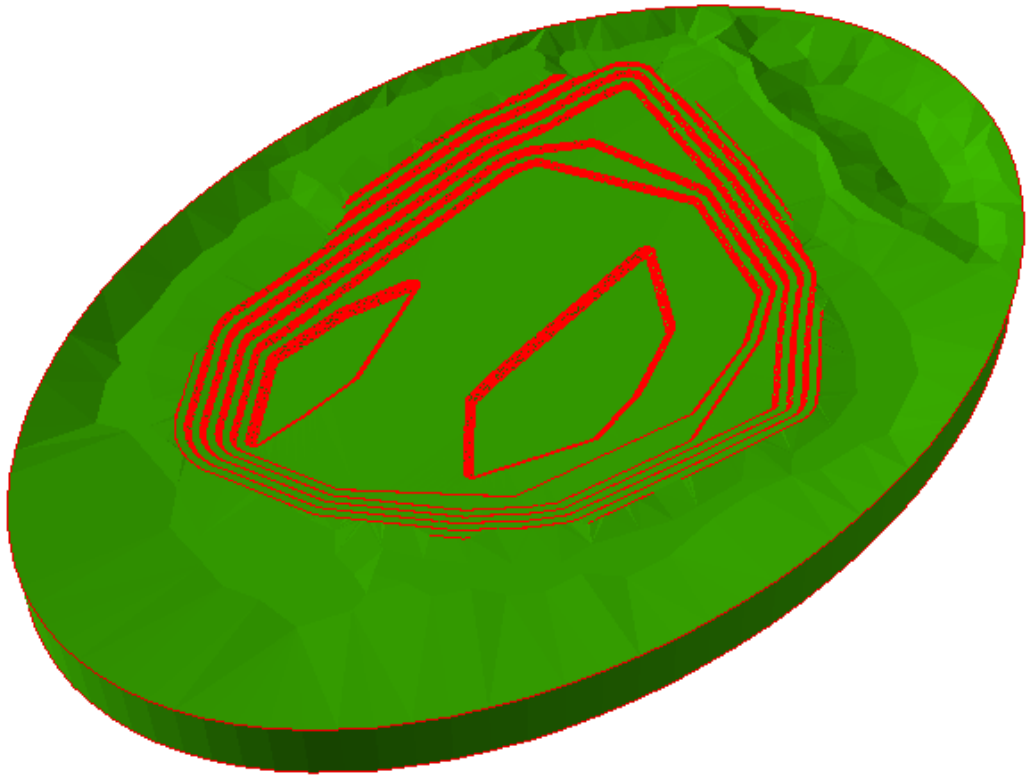
Tablo 4.11 Onbeşinci yılsonunda ocaktan üretilecek kömürün karakteristik özellikleri ve dekapaj miktarı

Katman	İstatistiksel Dağılım	Sıklık Dağılımı
Rezerv miktarı (ton)	Veri sayısı=342555 Minimum=3,960488 Maksimum=14,032859 Toplam=3000020,443243 Ortalama=8,757777 Standart sapma=1,158451	
Tüm kömür nem (%)	Veri sayısı=342555 Minimum=29,6108 Maksimum=45,5936 Toplam=12551448,0192 Ortalama=36,64068 Standart sapma=4,260218	
Tüm kömür kül (%)	Veri sayısı=342555 Minimum=8 Maksimum=26,9765 Toplam=5239409,4685 Ortalama=15,29509 Standart sapma=3,261693	
Tüm kömür ısı değeri (kcal/kg)	Veri sayısı=342555 Minimum=2270,9421 Maksimum=5133,8516 Toplam=1240954897,11158 Ortalama=3622,644238 Standart sapma=607,32721	
Sondaj sahası sınırlarından kaldırılması gereken dekapaj (m <sup>3</sup> )	Veri sayısı=342555 Minimum=14,5294 Maksimum=73,8509 Toplam=12737910,9909 Ortalama=37,18501 Standart sapma=10,789749	
<p><i>Dekapaj miktarı = Topoğrafya ile 0 kotu arasında kalan birimin hacmi - Basamaklarla oluşturulan ocak sınırı ile 0 kotu arasında kalan birimin hacmi – Kömür hacmi</i></p> <p>Dekapaj miktarı = 97.197.416 – 74.898.840 – 2.339.197 = 19.959.379 m<sup>3</sup></p> <p>Dekapaj oranı = 19.959.379 / 3.000.020 = 6,7 m<sup>3</sup>/ton</p>		





a) Çalışma sahasının onyedinci yıl alacağı 2D görünüm

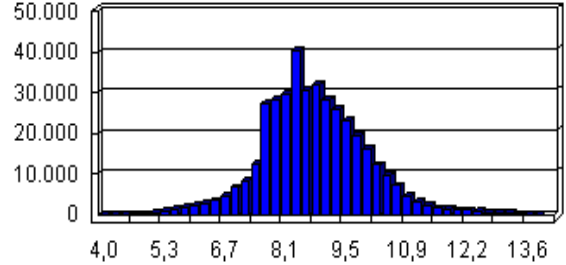
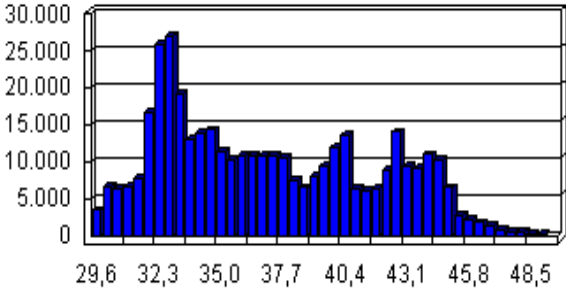
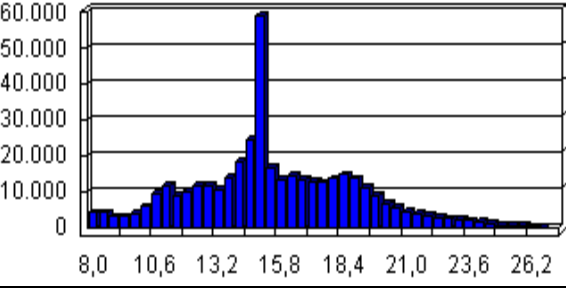
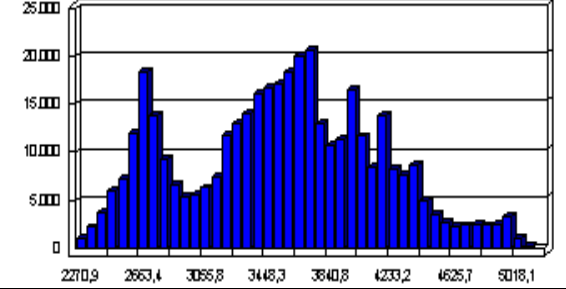
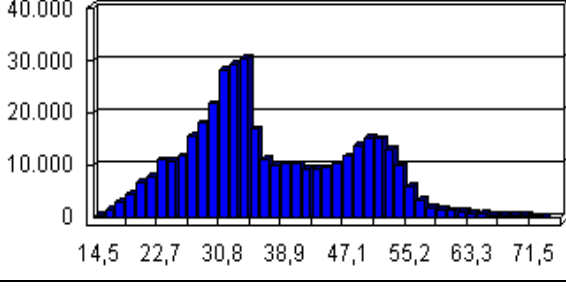


b) Çalışma sahasının onyedinci yıl alacağı 3D görünüm

Şekil 4.50 Çalışma sahasının onyedinci yıl alacağı 2D ve 3D görünüm



Tablo 4.12 Onyedinci yılsonunda ocaktan üretilecek kömürün karakteristik özellikleri ve dekapaj miktarı

Katman	İstatistiksel Dağılım	Sıklık Dağılımı
Rezerv miktarı (ton)	Veri sayısı=390275 Minimum=3,960488 Maksimum=14,032859 Toplam=3443012,8094 Ortalama=8,822017 Standart sapma=1,141032	
Tüm kömür nem (%)	Veri sayısı=390275 Minimum=29,6108 Maksimum=49,2963 Toplam=14528322,9963 Ortalama=37,225861 Standart sapma=4,522305	
Tüm kömür kül (%)	Veri sayısı=390275 Minimum=8 Maksimum=26,9765 Toplam=6106727,3749 Ortalama=15,647242 Standart sapma=3,30613	
Tüm kömür ısı değeri (kcal/kg)	Veri sayısı=390275 Minimum=2270,9421 Maksimum=5133,8516 Toplam=1387306154,10012 Ortalama=3554,688756 Standart sapma=609,31850	
Sondaj sahası sınırlarından kaldırılması gereken dekapaj (m <sup>3</sup> )	Veri sayısı=390275 Minimum=14,5294 Maksimum=73,8509 Toplam=14624322,1791 Ortalama=37,47184 Standart sapma=10,532487	
<p><i>Dekapaj miktarı = Topoğrafya ile 0 kotu arasında kalan birimin hacmi - Basamaklarla oluşturulan ocak sınırı ile 0 kotu arasında kalan birimin hacmi - Kömür hacmi</i></p> <p>Dekapaj miktarı = 97.197.416 – 71.510.168 – 2.684.610 = 23.002.638 m<sup>3</sup></p> <p>Dekapaj oranı = 23.002.638 / 3.443.013 = 6,7 m<sup>3</sup>/ton</p>		

Tablo 4.5’de görüldüğü gibi, çalışma sahasında ilk yıl toplam 200.000 ton kömür üretimi gerçekleştirilecektir. Tüm kömürün karakteristik özellikleri, gerek üst gerekse alt kömürün kalınlıklarına bağlı olarak ağırlıklı nem, kül ve alt ısıl değer ortalamaları hesaplanarak tespit edilmiştir. Sahadan birinci yıl üretilecek olan tüm kömürün ortalama nemi %31,2, külü %9,6 ve alt ısıl değeri 4724 kcal/kg olacaktır. Birinci yıl içinde sahadan toplam 1.789.509 m<sup>3</sup> dekapaj miktarı kaldırılacak olup, bu miktarın 557.740 m<sup>3</sup>’ü kömür içeren sahadan, geri kalan kısmı (1.231.769 m<sup>3</sup>) sondaj yapılan saha dışından alınacaktır. Çalışma sahasında, ilk yıl dekapaj oranı 8,9 m<sup>3</sup>/ton olarak hesaplanmıştır.

Kümülatif olarak 400.000 ton kömürün üretileceği ikinci yıl sahadan, toplam 3.089.439 m<sup>3</sup> dekapaj kaldırılacak olup, bu miktarın 1.811.966 m<sup>3</sup>’ü sondaj yapılan saha dışından alınacaktır. Söz konusu yılda Tablo 4.6’den verildiği gibi, sahadan kümülatif olarak üretilecek tüm kömür ortalama %31,8 nem, %10,8 kül ve 4514 kcal/kg içeriğine sahip olacaktır.

Tablo 4.7’de görüldüğü gibi, çalışma sahasında üçüncü yılda toplam 600.000 ton kömür üretimi gerçekleştirilecektir. Sahadan üçüncü yıl üretilecek kümülatif kömürün ortalama nemi %32,2, külü %11,6 ve alt ısıl değeri 4395 kcal/kg olacaktır. Üçüncü yıl içinde sahadan toplam 4.865.464 m<sup>3</sup> dekapaj miktarı kaldırılacak olup, bu miktarın 2.0144.438 m<sup>3</sup>’ü kömür içeren sahadan alınacaktır. Çalışma sahasında, üçüncü yıl dekapaj oranı 8,1 m<sup>3</sup>/ton olarak hesaplanmıştır.

Çalışma sahasından dördüncü yıl kümülatif olarak yaklaşık 800.000 ton kömür üretilecektir. Sahadan kaldırılacak toplam dekapaj miktarı 6.378.459 m<sup>3</sup> olup, dekapaj oranı 8,0 m<sup>3</sup>/ton olarak belirlenmiştir. Söz konusu yılda Tablo 4.8’de verildiği gibi, sahadan kümülatif olarak üretilecek tüm kömür ortalama %32,5 nem, %12,2 kül ve 4290 kcal/kg içeriğine sahip olacaktır.

Beşinci yıl sahadan kümülatif olarak 1.000.000 ton kömür kaldırılacak olup, Tablo 4.9’da verildiği gibi, söz konusu kömürün ortalama nemi %32,8, külü %12,7 ve alt ısıl değeri 4205 kcal/kg olacaktır. Beşinci yılsonunda sahadan toplam 7.791.127 m<sup>3</sup> dekapaj miktarı kaldırılacak olup, bu miktarın 3.754.535 m<sup>3</sup>’ü kömür içeren sahadan, geri kalan

kısmı (4.036.592 m<sup>3</sup>) sondaj yapılan saha dışından alınacaktır. Çalışma sahasında, beşinci yıl dekapaj oranı 7,8 m<sup>3</sup>/ton olarak hesaplanmıştır.

Kümülatif olarak 2.000.000 ton kömürün üretileceği onuncu yıl sahadan, toplam 13.987.065 m<sup>3</sup> dekapaj kaldırılacak olup, bu miktarın 5.677.857 m<sup>3</sup>'ü sondaj yapılan saha dışından alınacaktır. Söz konusu yılda Tablo 4.10'da verildiği gibi, sahadan kümülatif olarak üretilecek tüm kömür ortalama %35,3 nem, %14,3 kül ve 3827 kcal/kg içeriğine sahip olacaktır.

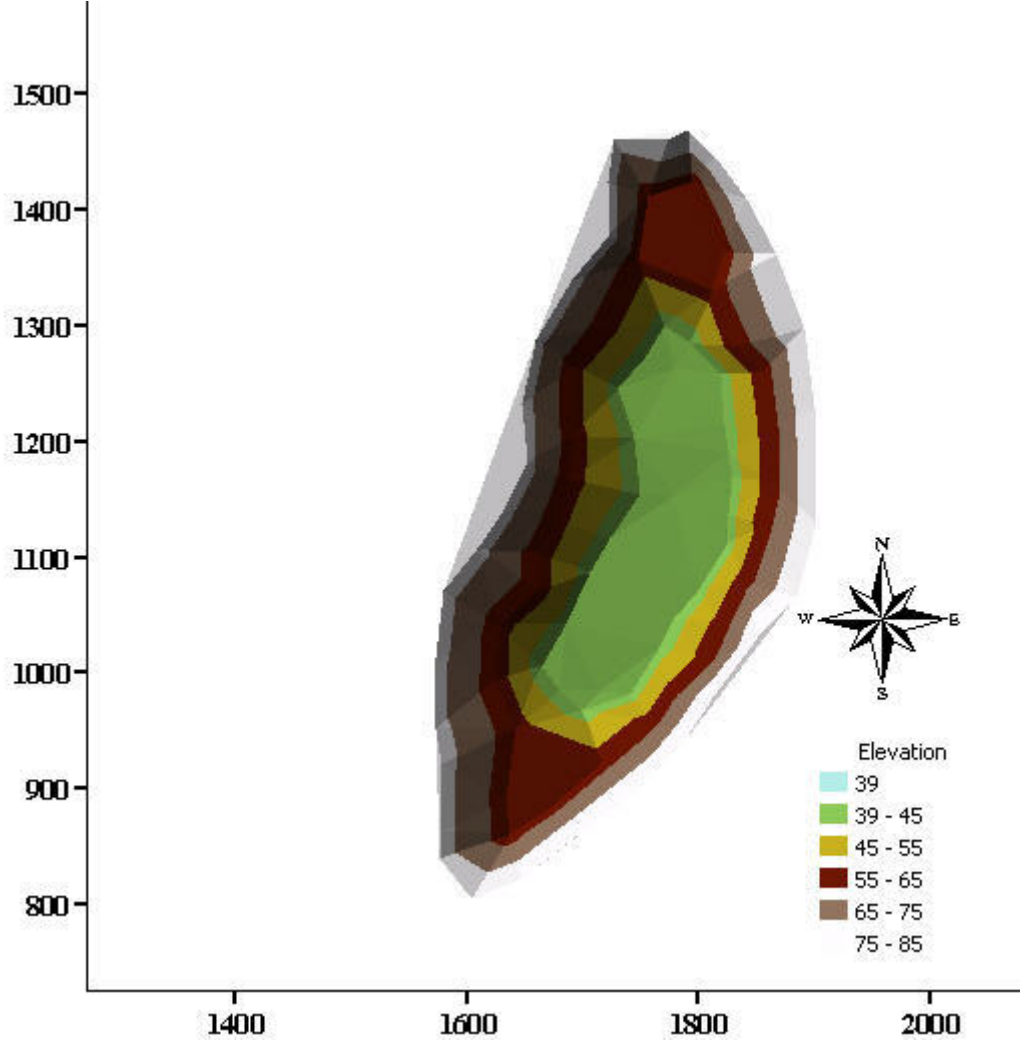
Çalışma sahasından onbeşinci yıl kümülatif olarak yaklaşık 3.000.000 ton kömür üretilecektir. Sahadan kaldırılacak toplam dekapaj miktarı 19.959.379 m<sup>3</sup> olup, dekapaj oranı 6,7 m<sup>3</sup>/ton olarak belirlenmiştir. Söz konusu yılda Tablo 4.11'de verildiği gibi, sahadan kümülatif olarak üretilecek tüm kömür ortalama %36,6 nem; %15,3 kül ve 3623 kcal/kg içeriğine sahip olacaktır.

Tablo 4.12'de görüldüğü gibi, işletme ömrü olarak tespit edilen onyedinci yılsonunda, çalışma sahasında toplam 3.443.000 ton kömür üretimi gerçekleştirilecektir. Sahadan işletme ömrü boyunca üretilecek olan tüm kömürün ortalama nemi %37, külü %15,6 ve alt ısıl değeri 3555 kcal/kg olacaktır. Onyedinci yılsonunda sahadan toplam 23.002.638 m<sup>3</sup> dekapaj miktarı kaldırılacak olup, bu miktarın 14.624.322 m<sup>3</sup>'ü kömür içeren sahadan, geri kalan kısmı (8.378.316 m<sup>3</sup>) sondaj yapılan saha dışından alınacaktır. Çalışma sahasında, toplam dekapaj oranı 8,9 m<sup>3</sup>/ton olarak hesaplanmıştır.

Üretime çalışma sahasının kuzeydoğusundan başlanacak olup, üretim batıya doğru ilerleyecektir. Tablo 4.5 ile Tablo 4.12'de verilen kömür karakteristikleri incelendiğinde, sahada üretime en kaliteli kömür ile başlanılacak olup, üretim yönü ve seneler itibariyle kömürün nem ve kül içeriği artarken, alt ısıl değeri azalacaktır.

Bölüm 4.3'te verildiği gibi, çalışma sahasının doğusunda, çukur bir alan bulunmaktadır ve bu alanın döküm alanı olarak kullanılması planlanmaktadır. Söz konusu alanın hacminin hesaplanması amacıyla, öncelikle döküm alanındaki topoğrafya noktalarının köşelerinden geçerek yaratılan ve içinde topoğrafya noktalarını da içeren poligon, Şekil 4.51'de verilen tin formatına dönüştürülmüştür. Daha sonra, döküm alanını kapsayan

topoğrafya noktalarından hareketle, sadece döküm alanının sınırındaki noktalardan geçen ve döküm alanının üzerinde kapak görevi yapan bir tin daha yaratılmıştır. Döküm alanının hacmini hesaplamak için ayrıca 0 kotunda taban görevini görecek bir tin yaratılması gerekmektedir. Bunun için döküm alanının kenar noktalarını içeren dosyanın öznetelik tablosuna yeni bir sütun eklenmiş ve sütun değerleri 0 olarak girilmiştir. Elde edilen katman daha sonra tin formatına çevrilmiştir.



Şekil 4.51 Döküm alanının tin görünümü

ArcInfo yazılımında bulunan Cut/Fill komutu kullanılarak dekapaj alanının hacmi; 0 kot değerlikli döküm taban tin haritası ile döküm kapak tin haritaları arasında bulunan hacimden, 0 kot değerlikli döküm taban tin haritası ile döküm alanı arasındaki hacmin çıkarılması ile belirlenmiştir. Tüm bu işlemlerin sonucunda, dekapaj alanının hacmi  $3.133.274 \text{ m}^3$  olarak belirlenmiştir.

Kömür üretimi sırasında, kömürün üzerinden kaldırılması gereken dekapaj malzemesi kil olup kabarma katsayısı 0,38'dir. Denklem 4.10'dan hareketle, dekapaj alanına sığacak olan malzemenin yerinde hacmi yaklaşık olarak 2.270.000 m<sup>3</sup>'tür. Çalışma sahasında üretime geçilen ilk yılın sonunda sahadan kaldırılacak dekapaj miktarı 1.790.000 m<sup>3</sup>, ikinci yıl sonunda ise 3.089.000 m<sup>3</sup> olacaktır. Bu da çalışma alanında ilk yılın sonunda iç döküme geçilebileceği anlamına gelmektedir.

$$\text{Kabarma faktörü} = \frac{\text{Kabaranhacim} - \text{Yerindehacim}}{\text{Yerindehacim}} = \frac{3.133.274}{1,38} = 2.270.488 \text{ m}^3 \text{ (4.10)}$$

ArcInfo yazılımı ile çalışma sahasının üretim planlaması yukarıda açıklanan tüm çalışmalarla yapılmış olup, gerçekleştirilen işlemlerin akım şeması Ek-C'de verilmektedir.

## **4.6. VULCAN (V.7) YAZILIMINA AİT BULGULAR**

### **4.6.1. Maden Yatağının Modellenmesi**

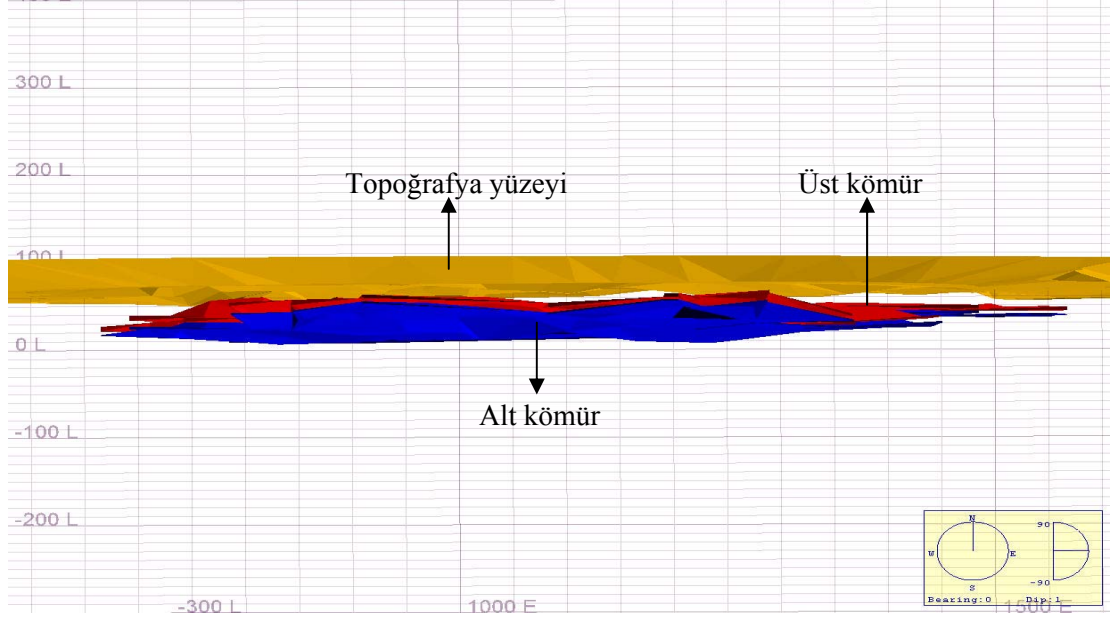
Teze konu olan çalışma sahasında ocak planlamasına yönelik olarak ArcInfo yazılımı ile yapılan çalışmaların kontrol ve teyit edilmesi amacıyla, söz konusu sahanın açık ocak planlaması, madencilik alanında geniş kullanım alanı bulan Vulcan (V.7) yazılımı ile de gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sahasındaki topoğrafyanın modellenmesi için öncelikle mevcut topoğrafya noktalarının koordinat ve kot değerlerini içeren veri tabanı dosyası programa okutulularak topoğrafyaya ait veri tabanı yaratılmıştır. Daha sonra veri tabanı üzerinden yüzey üçgenlemesi yapılarak topoğrafya yüzeyi elde edilmiştir.

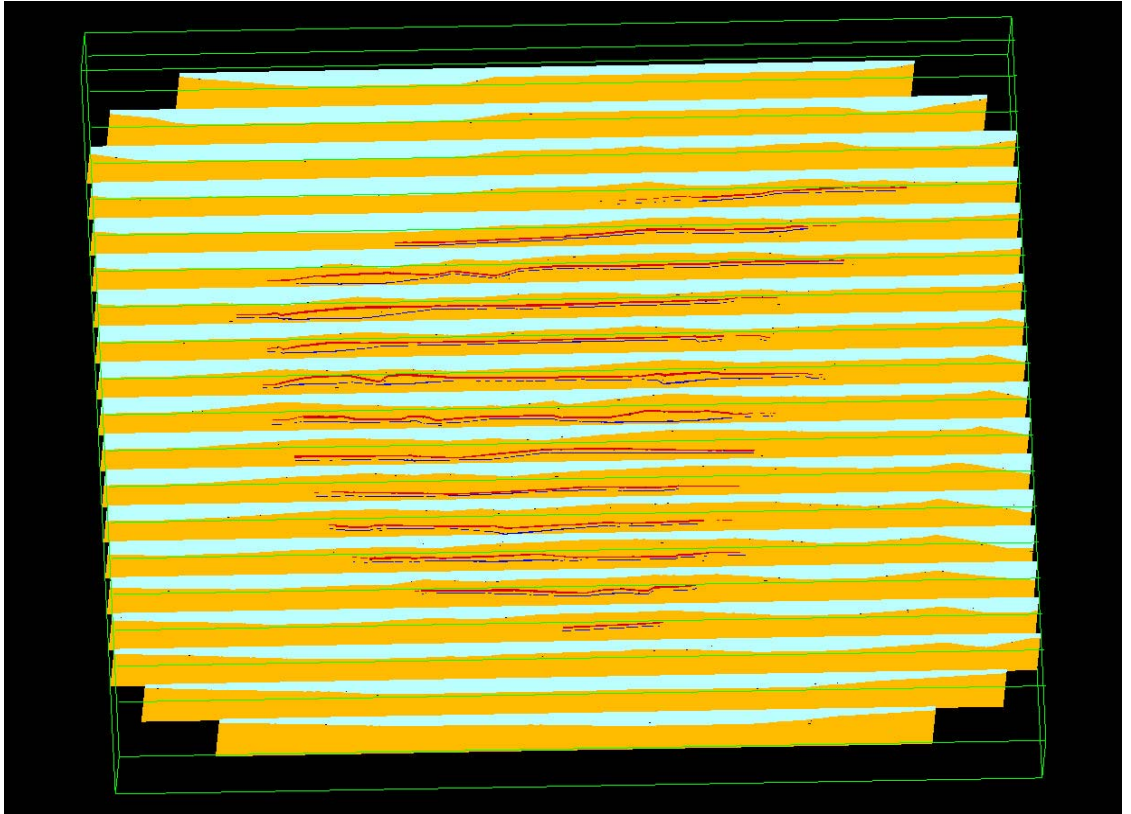
Üst ve alt kömürün modellenmesi için öncelikle her 50 m.'de toplam 14 adet kesit alınmıştır. Kesitlerin etki mesafesi, kesitin her iki yanında da 25 m. olarak belirlenmiştir. Kesitler üzerinde bulunan üst ve alt kömür damarları, Şekil 4.52'de verildiği gibi, poligonlar halinde manuel olarak birleştirilmiştir. Kesitlerin alınması sonucunda elde edilen üst ve alt kömür damarlarının ayrı olarak katı üçgenlemesi yapılmıştır.



modeller üzerinde rahatlıkla seçilebilmesi için blok lejandı oluşturulmuştur. Optimum blok sınırları içinde 50 m. aralıklarla toplam 19 adet kesit alınmıştır. Şekil 4.54'te tüm kesitlerin, Şekil 4.55'de ise bir kesit üzerinde ana ve alt blokların gösterimi verilmektedir.

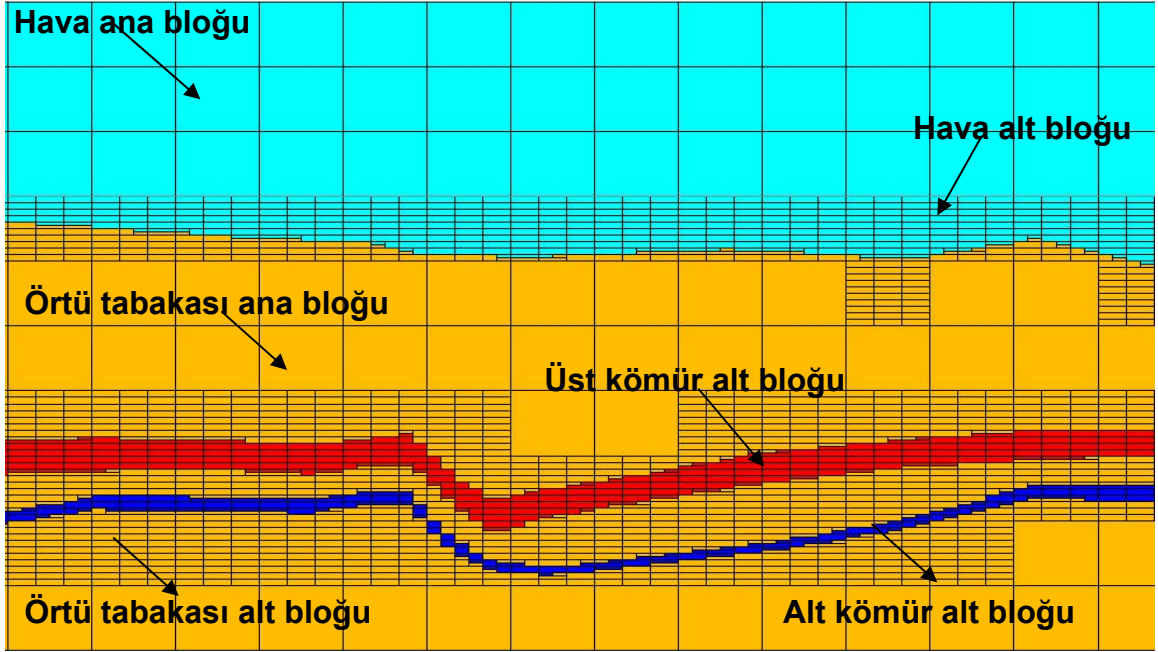


Şekil 4.53 Topoğrafya ve kömür modellerinin beraber görünümü



Şekil 4.54 Oluşturulan blokların kesitler halinde gösterimi





Şekil 4.55 Ana ve alt blokların gösterimi

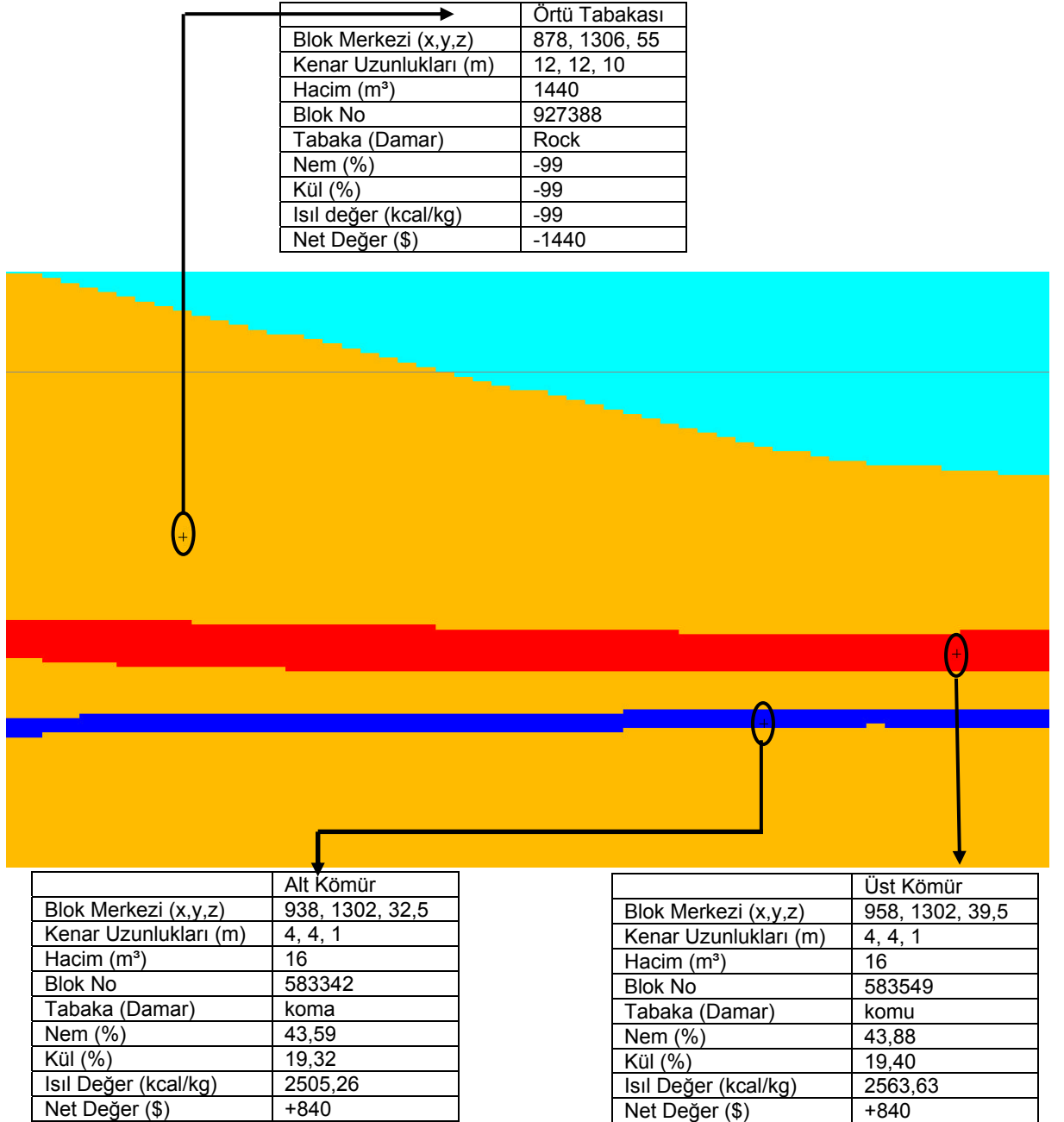
Yukarıda verilen şekilden de görüldüğü gibi, hassasiyet gerektiren kısımlarda blok boyutları minimum değerlere düşmüştür. Gerçeğe yakın sonuçlar elde etmek için mümkün olduğunca küçük blok değerleri alınmalıdır. Ancak yazılımda, ne kadar küçük blok değeriyle çalışılırsa o kadar fazla işlem zamanı gerekmektedir. Çünkü blokları hesaplamak ve ekranda göstermek için gereken sistem gereksinimi artmaktadır.

Blok modelleme işleminden sonra her bir bloğun ısı değeri (kcal/kg), kül (%) ve nem (%) değerleri uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma (inverse distance) yöntemi ile bulunmuştur. Bu yöntemde sondaj verilerinin birbirleri üzerindeki etkisinin, aralarındaki mesafenin bir fonksiyonu olduğu kabul edilmektedir. Programa veri girişi yapılırken, örtü tabakası ve ara kesmenin kül, nem ve ısı değerleri -99 olarak kabul edilmiştir. Uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma yöntemi ile bloklara ait kimyasal analiz değerleri hesaplanırken -99 olan bu değerler hesaba katılmamış olup, gerçeğe yakın bir istatistiksel tahmin yapılmıştır.

Gerekli atama işlemleri yapıldıktan sonra nihai ocak sınırlarının tespiti için öncelikle blok net değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Blok net değerlerini belirlemek için programa formül girilmekte ve bu formülle ilgili blokların (örtü tabakası, üst kömür, alt



kömür) net değer hesaplama işlemleri program tarafından yapılmaktadır. Çalışma sahasında bulunan üst ve alt kömür yoğunlukları ortalama 1,5 t/m<sup>3</sup>, üst ve alt kömürün ton başına getirisi 40 \$, dekapaj maliyeti 1\$/m<sup>3</sup> olarak alınmıştır. Şekil 4.56'da rasgele seçilen blokların kimliği ile ilgili bilgiler görülmektedir.



Şekil 4.56 Rasgele seçilen bloğun özellikleri

#### 4.6.2. Ocak Optimizasyonu

Çalışma sahasının açık ocak nihai sınırları, Vulcan programında Lerchs-Grossman algoritması ile belirlenmiştir. Ocak optimizasyonu için blok model, blok net değerlerini içeren dosya (netvalue), ocak sınırlarının belirleneceği algoritma (Lerchs-Grossman), ocak optimizasyon sonuçlarının kaydedileceği dosya (result) ve genel şev açısı ( $30^0$ ) parametrelerinin programa tanıtılması gerekmektedir. Algoritmanın kaydedilip çalıştırılmasının ardından program, algoritma çıktılarını Tablo 4.13’de verildiği gibi text dosyası olarak vermektedir.

Tablo 4.13’de görüldüğü gibi, algoritma sonucunda toplam  $100 \times 84 \times 10 = 84.000$  adet blok oluşturulmuş, optimizasyon için toplam 29.919 blok (5.971-cevher, 23.948-pasa bloğu) bulunmuş, 5.743’ü cevher 21.951’i pasa bloğu olmak üzere toplam 27.694 bloğun kaldırılması gerektiği tespit edilmiş ve nihai ocağın ekonomik değeri 94.985.710 \$ olarak belirlenmiştir.

Algoritma tarafından hazırlanan bu sonuçlarla elde edilen ocak sınırları ve basamakların üstten görünümü Şekil 4.57’de verilmektedir.

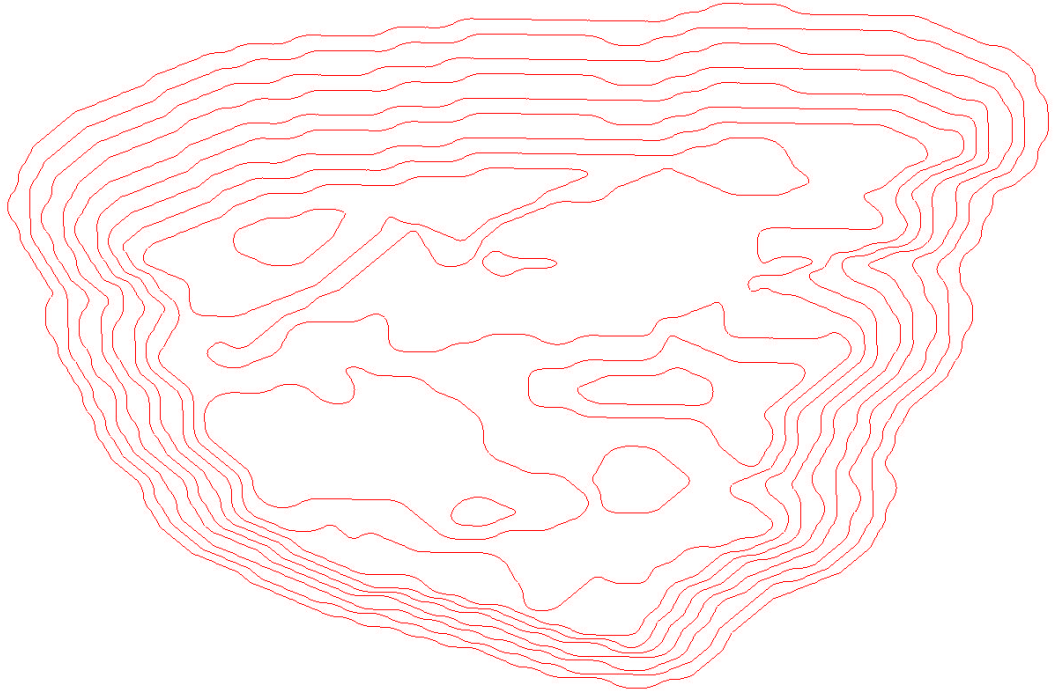
#### 4.6.3. Ocak Planlamasının Yapılması

Lerchs-Grossmann algoritması ile elde edilen ocak nihai sınırı ve basamaklara bağlı olarak çalışmaya konu olan sahanın açık işletme planlaması yapılırken, basamak genişliği 12 m., berm genişliği 5 m., basamak yüksekliği 10 m., nihai ocak açısı  $30^0$ , yol eğimi % 6 olarak alınmıştır. Şekil 4.58’de oluşturulan nakliyat yolları, Şekil 4.59’da ise topoğrafya, ocak sınırları, basamaklar ve yollar toplu olarak verilmektedir.

Lerch-Grossmann algoritması ile belirlenen nihai ocak sınırları, oluşturulan blok modellerin ekonomik değerine bağlı olarak meydana getirilmektedir. Şekil 4.60 ve Şekil 4.61’de işletme boyunca alınması ekonomik olmayan üst ve alt kömür blokları, Şekil 4.62’de ise işletme ömrü boyunca alınacak üst ve alt kömür tabakaları verilmiştir. Tablo 4.14’te söz konusu ocağın sahip olduğu görünür ve üretilebilir kömür rezervleri verilmektedir.

Tablo 4.13 Lerchs-Grossman algoritması sonuçları

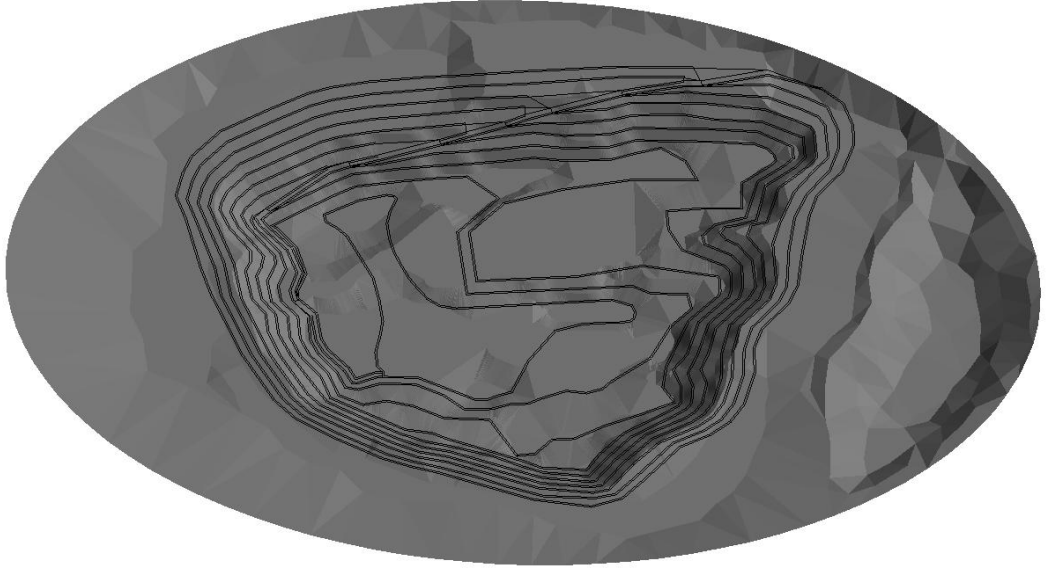
<p style="text-align: center;">***** PARAMETERS *****</p> <p><b>**** General</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parameters file name.....: bloktanson.opf</li> <li>- Run ID for this project.....: bloktanson</li> <li>- Optimisation engine.....: Lerchs &amp; Grossmann 3D</li> <li>- Resulting pit variable.....: result</li> <li>- Block model name.....: bloktanson.bmf</li> <li>- Block model type.....: Sub-blocked</li> <li>- Block model bearing.....: 90.00 deg.</li> <li>- Block model dimensions.....: 100 x 84 x 10 = 84000</li> <li>- Block size.....: 12.000 x 12.000 x 10.000 = 1440.000</li> </ul> <p><b>**** Financials</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- The economic block value is.....: Supplied</li> <li>- Block value variable.....: netvalue</li> </ul> <p><b>**** Air Criteria</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Use air blocks.....: All air blocks</li> </ul> <p><b>**** Slope Interpolation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interpolation option.....: Apply total interpolation.</li> <li>- Number of benches to create arcs.....: 8</li> <li>- Slope angle accuracy.....: Precise</li> </ul> <p><b>** Default Subregion</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Angle List (With Respect to Block Model in North Direction)...: List:0, Bearing:0.00, Slope:30.00</li> </ul> <p><b>*** Loading dollar values from block model.....</b></p> <p>Bench 1/10 38557 blocks evaluated, Bench 2/10 179527 blocks evaluated, Bench 3/10 426591 blocks evaluated, Bench 4/10 718163 blocks evaluated, Bench 5/10 917062 blocks evaluated, Bench 6/10 1109414 blocks evaluated, Bench 7/10 1545407 blocks evaluated, Bench 8/10 1912429 blocks evaluated, Bench 9/10 2005262 blocks evaluated, Bench 10/10 2028897 blocks evaluated</p> <p><b>*** Analyzing bench limits.....</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Feasible bench limits = 1 - 10</li> </ul> <p><b>*** Creating graph of connections.....</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Creating inverse graph</li> <li>- Connecting nodes: 5978 arcs connected (10.0% connected), 304092 arcs connected (40.0% connected), 588461 arcs connected (70.0% connected), 668246 arcs connected (100.0% connected), 668246 arcs connected (100.0% connected)</li> </ul> <p><b>*** Generating tree of work.....</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Initializing tree</li> </ul> <p><b>*** Executing Lerchs &amp; Grossmann 3D optimiser for "bloktanson"</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Searching pit 1</li> <li style="padding-left: 20px;">Pit 1/Optimising 98 nodes/10.00% Optimised , Pit 1/Optimising 964 nodes/20.00% Optimised, Pit 1/Optimising 2752 nodes/30.00% Optimised, Pit 1/Optimising 5532 nodes/40.00% Optimised, Pit 1/Optimising 8695 nodes/50.00% Optimised, Pit 1/Optimising 12190 nodes/60.00% Optimised, Pit 1/Optimising 16061 nodes/70.00% Optimised, Pit 1/Optimising 20298 nodes/80.00% Optimised, Pit 1/Optimising 24926 nodes/90.00% Optimised, Pit 1/Optimising 29919 nodes/ 00.00% Optimised</li> </ul> <p style="text-align: center;">***** Lerchs &amp; Grossmann 3-D Results *****</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Number of blocks in the block model.....: 84000 blocks.</li> <li>- Lowest and highest feasible bench.....: 1 - 10</li> <li>- Number of feasible blocks for the optimiser: 29919 blocks (5971 Ore blocks, 23948 Waste blocks)</li> <li>- Maximum arcs for each block.....: 61 arcs.</li> <li>- Number of arcs evaluated.....: 5124000 arcs.</li> <li>- Economic value from the optimum pit.....: 94985710.00</li> <li>- Number of blocks to be mined.....: 27694 blocks (5743 Ore blocks, 21951 Waste blocks)</li> </ul>
---



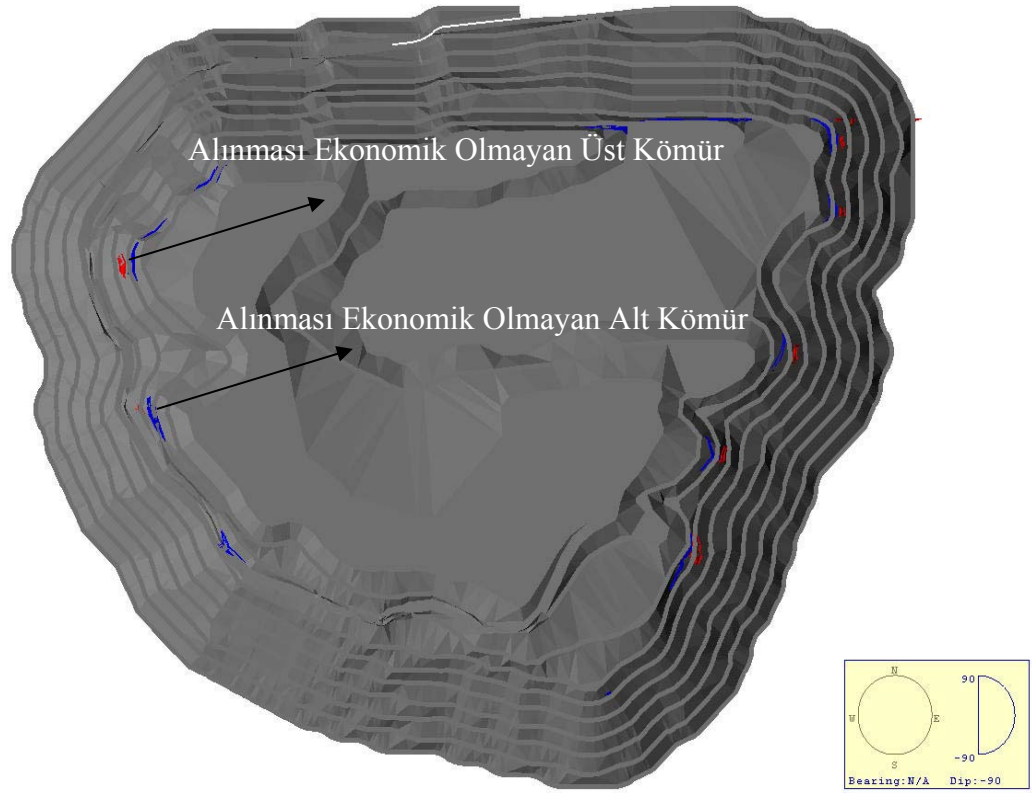
Şekil 4.57 Lerchs-Grossmann algoritması ile belirlenen sınırların gösterimi



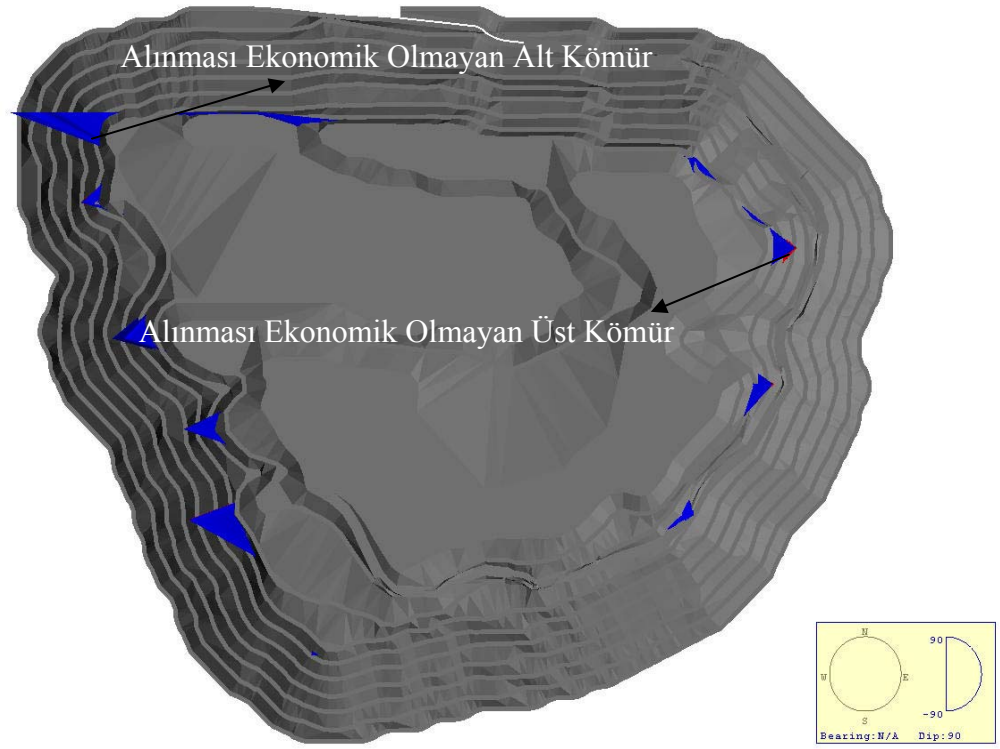
Şekil 4.58 Basamak ve nakliyat yollarının görünümü



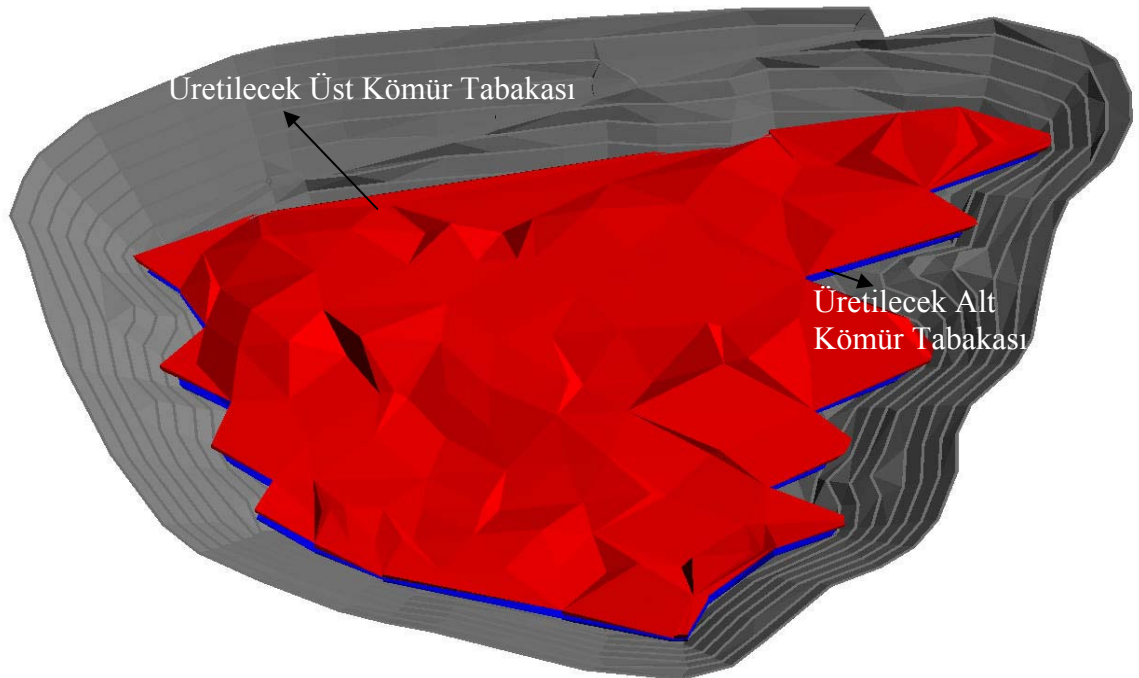
Şekil 4.59 Topoğrafya, ocak sınırı, basamak ve nakliyat yollarının durumu



Şekil 4.60 Alınması ekonomik olmayan üst ve alt kömürlerin üstten görünümü



Şekil 4.61 Alınması ekonomik olmayan üst ve alt kömürlerin alttan görünümü



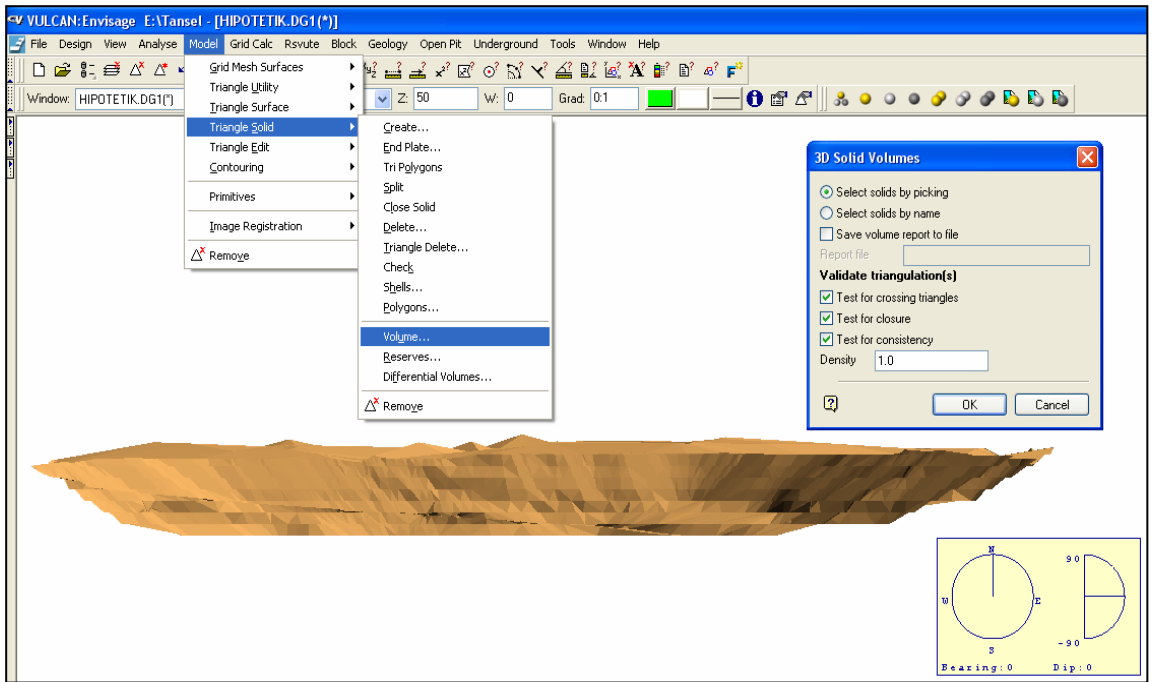
Şekil 4.62 Ocaktan üretilecek üst ve alt kömür tabakaları



Tablo 4.14 Nihai ocak sınırları içerisinde üretilebilecek kömür miktarları

Cevher Tabakası	Nokta Sayısı	Üçgen Sayısı	Yüzey Alanı (m <sup>2</sup> )	Hacim (m <sup>3</sup> )	Görünür Rezerv (ton)
Üst Kömür	308	612	748.542,786	1.551.087,702	2.326.631,553
Kazılmayacak Üst Kömür	170	300	4.450,499	2.821,284	4.231,926
Üretilecek Üst Kömür				1.548.300	2.322.400
Alt Kömür	306	608	741.405,978	762.699,482	1.144.049,223
Kazılmayacak Alt Kömür	394	736	26.732.748	12.506,621	21.759,932
Üretilecek Alt Kömür				750.200	1.122.300
Toplam Üretilecek Kömür				2.298.500	3.444.700

İşletme ömrü boyunca kaldırılacak örtü miktarı Şekil 4.63’de verilen nihai ocak sınır hacminden (24.372.600 m<sup>3</sup>) nihai ocak sınırları içerisinde üretilecek üst ve alt kömür hacminin çıkarılmasıyla 20.928.000 m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Vulcan yazılımı ile sahada üretilebilir rezerv miktarı, görünür rezervin işletme emsali ve jeolojik faktörlerle çarpılması sonucu 2.945.000 ton, genel dekapaj oranı 7,1 m<sup>3</sup>/ton olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.63 Nihai ocak hacminin tespitinde programın görünümü

#### 4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Büyük yatırımlar gerektiren madencilik sektöründe, işletmeye başlamadan önce detaylı ve titiz bir hazırlığın yapılmasının önemi büyüktür. Maden projelerinin büyük bir çoğunluğu son derece karmaşık jeolojik koşullar içerdiği için ekonomik risklerin minimum seviyede tutulması ve yapılan analizlerin optimizasyonu büyük önem taşımaktadır. Günümüzde bu çalışmaların büyük bir bölümü, bilgisayar destekli hazır paket programları kullanılarak yapılmaktadır.

Envanter ve gözlemlene, yönetim, planlama, mevzuat oluşturma ve karar verme işlemlerinde vazgeçilmez bir araç olan GIS, maalesef günümüzde madencilikte geniş bir kullanım alanı bulamamıştır. Bir coğrafi bilgi sistemi yazılımı olan ArcInfo 9 kullanılarak açık ocak üretim planlamasının, ilk defa GIS tabanlı olarak yapılabilirliğinin araştırıldığı bu doktora tezinde elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir:

- Çalışma sahası; kalınlıkları 3-55,9 m. arasında değişen örtü tabakası, 1-7 m. arasında değişen üst kömür, 1,5-32 m. arasında değişen ara kesme ve 1-5 m. arasında değişen alt kömür olmak üzere toplam dört adet jeolojik birimden oluşmaktadır.
- Sahada bulunan üst ve alt kömüre ait orijinal bazda verilen karakteristikler incelendiğinde, üst kömürün nem içeriği %30-50, kül içeriği %8-27,2, alt ısıl değeri 2209-5049 kcal/kg arasında değişirken; alt kömür nem içeriğinin %28,7-48, kül içeriğinin %7,2-26,9, alt ısıl değerinin ise 2420-5339 kcal/kg arasında değiştiği görülmektedir.
- Minimum nem içerikli kömür sahanın kuzeydoğu, güneydoğu ve güney kesiminde yer alırken, düşük kül içeriğine sahip kömür sahanın kuzeydoğu ve güneydoğu bölgelerinde bulunmaktadır. Sahanın alt ısıl değer içeriği batıdan doğuya doğru artmakta ve maksimum alt ısıl değerlikli kömür sahanın kuzeydoğusunda bulunmaktadır.



- Jeolojik birimlerin 3D modellemesini takiben sahada bulunan kömür rezervi, kömürün aralarında bulunduğu jeolojik birimlerin çıkış ve giriş kot değerlerinden hareketle hesaplanmıştır. Raster haritalardan çalışma sahasının görünür rezervi 4.027.000 ton olarak belirlenmiştir. Söz konusu rezervin kömür yoğunluğu, jeolojik faktör ve işletme emsali ile çarpılması sonucu elde edilen üretilebilir rezerv miktarı ise 3.443.000 ton olarak hesaplanmıştır. Bu rezervin %67'sini üst kömür, %33'ünü ise alt kömür oluşturmaktadır.
- Çalışma sahasında kazı başlangıç alanının belirlenmesi için öncelikle döküm alanına yakınlık, maksimum alt ısıl değer, minimum örtü tabakası kalınlığı ve maksimum kömür kalınlığı belirleyici kriterler olarak seçilmiş, her bir kriterin birbirine göre yoğunluğunu ifade eden etki değerleri Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile belirlenmiştir. Söz konusu etki değerleri; döküm alanına yakınlık için %30, maksimum alt ısıl değer için %25, minimum örtü tabakası kalınlığı için %25, maksimum kömür kalınlığı için ise %20 olarak bulunmuştur. İlk kazıya başlangıç alanı, etki değerlerine sahip raster haritaların çakıştırılması sonucu, sahanın kuzeydoğusu olarak tespit edilmiştir.
- Çalışma sahasının açık ocak planlamasına yönelik olarak basamak genişliği 12 m., basamak yüksekliği 10 m., nihai şev açısı  $30^0$  olarak kabul edilmiştir. Alt kömür çıkış kot değerlerinden hareketle, öncelikle kalitatif bir ocak tabanı yaratılmış, söz konusu tabanın köşelerinden  $30^0$ 'lik bir açıyla oluşturulan şevin topoğrafyayı kestiği maksimum kot değeri +76 olarak tespit edilmiştir.
- Çalışma sahasında minimum kömür çıkış kotu +2,5 olup, basamakların +76 ile +2,5 kotu arasında oluşturulması gerekmektedir. Ancak sahadan fazla dekapaj kaldırmamak amacıyla sadece taban basamağında basamak yüksekliği 13,5 m. olarak kabul edilmiştir. Verilen basamak geometrilerine bağlı olarak, her bir basamağın sahip olduğu şev genişliği 7 m, taban basamağı şev genişliği ise 13,1 m. olarak hesaplanmıştır. Basamak planlamasına ocak tabanından başlanmıştır. Çalışma sahasında dekapaj miktarının minimum tutulması amacıyla, alt kömür çıkış kot değerleri +16 ve +2,5 arasında değişen sondajlardan hareketle, ocak tabanında +2,5 kot değerinde olan iki ayrı basamak yaratılmıştır. Basamak genişliği, basamak şev genişliği ve basamak yüksekliklerine bağlı olarak, çalışma sahasında sekiz adet basamak planlanmış ve açık ocak nihai sınırı tespit edilmiştir.

- Ocakta nakliyat yollarının eğimi %6, genişlikleri ise 12 m. olarak kabul edilmiştir. +66 ve +76 kotunda bulunan basamaklara üretim sırasında kullanılacak ekipmanlar topoğrafya yüzeyinden direk olarak ulaşabileceklerinden, +56 kotundan başlayan nakliyat yolu ocak tabanında son bulmaktadır.
- Basamak ve nakliyat yolları planlanan ocaktan üretim boyunca kaldırılması gereken toplam dekapaj miktarının belirlenmesi için öncelikle ocak hacmi hesaplanmıştır. Belirlenen hacimden sahada bulunan kömür hacminin çıkarılmasıyla toplam dekapaj miktarı 23.003.000 m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir. Sahada, dekapaj miktarının üretilebilir kömür rezervine bölünmesiyle elde edilen dekapaj oranı ise 6,7 m<sup>3</sup>/ton olarak bulunmuştur.
- Çalışma sahasında her yıl 200.000 ton kömür üretimi değerinden hareketle, işletme ömrü 17 yıl olarak belirlenmiştir. Söz konusu üretimin ne kadarlık bir alanda yapılacağına belirlenmesi için toplam kömür kalınlığı, tüm, üst ve alt kömür karakteristikleri (ısıl değer, nem, kül), örtü tabakası ve ara kesme kalınlığı ve alt kömürün çıkış kot değerlerini içeren bir nokta dosyası oluşturulmuştur. Söz konusu nokta dosyası, 1 cm. hücre boyutuna sahip raster haritalardan oluşturulmuştur. Yazılım, rasterdan nokta formuna dönüşüm sırasında, noktaları her bir raster hücrenin orta noktasında oluşturmakta ve noktalar öznitelik verilerini interpolasyon yöntemi ile hücrenin ortasında belirlenen değerden almaktadır. Jeolojik birimlerin kalınlıklarını ve kömür karakteristiklerini içeren dosyanın öznitelik tablosuna rezerv ve kaldırılması gereken örtü miktarı sütunları da eklenmiş ve sütun değerleri tablo verilerinden hareketle belirlenmiştir. Daha önce tespit edilen kazı başlangıç alanlarının en doğu kısmında bir kazı noktası belirlenmiş, bu nokta ile tüm verileri içeren nokta dosyası arasında her yıl 200.000 ton kömür rezervini verecek tampon analizi yapılmıştır. Tampon analizi ilk beş yılda yıllık bazda, takip eden dönemde ise işletme ömrüne kadar beşer yıllık periyotlar halinde gerçekleştirilmiştir. Program, her üretim dönemine ait öznitelik tablolarında rezerv miktarı, toplam kömür kalınlığı, tüm, üst ve alt kömür karakteristikleri (ısıl değer, nem, kül), örtü tabakası ve ara kesme kalınlığı ve alt kömürün çıkış kot değerlerini tümüyle sorgulayabilme imkanı sağlamaktadır.
- Üretime çalışma sahasının kuzeydoğusundan başlanacak olup, üretim batıya doğru ilerleyecektir. Her üretim dönemi için oluşturulan öznitelik tablolarının kömür karakteristikleri incelendiğinde, sahada üretime en kaliteli kömür ile başlanılacak,

üretim yönü ve yıllar itibariyle kömürün nem ve kül içeriği artarken, alt ısıl değeri azalacaktır.

- Çalışma sahasının doğusunda çukur bir alan bulunmakta olup, bu alanın döküm alanı olarak kullanılması planlanmaktadır. Söz konusu dekapaj alanının hacmi 3.133.274 m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Çalışma sahasında üretime geçilen ilk yılın sonunda, sahadan kaldırılacak dekapaj miktarının yerinde hacmi 1.790.000 m<sup>3</sup>, ikinci yıl sonunda ise 3.089.000 m<sup>3</sup> olacaktır. Bu da çalışma alanında ilk yılın sonunda iç döküme geçilebileceği anlamına gelmektedir.

ArcInfo yazılımı ile elde edilen bulguların bir madencilik yazılımı ile karşılaştırılması amacıyla, Vulcan (V.7) yazılımı kullanılmıştır. Söz konusu yazılımla sadece açık ocak planlaması yapılmış olup, elde edilen sonuçlar aşağıda ArcInfo yazılımı ile elde edilen verilerle karşılaştırmalı olarak verilmektedir:

- Sahadaki kömür yatağının modellenmesi amacıyla, 50 m. aralıklarla toplam 14 adet en kesit alınmıştır. Üst ve alt kömür modelinin ayrı olarak elde edilmesi için kesitlerde bulunan damarların katı üçgenlemeleri yapılarak tin görünümleri elde edilmiştir.
- Nihai ocak sınırlarının belirlenebilmesi için blok model oluşturulmuş, blok boyutları; ana bloklarda 12x12x10 m., alt bloklarda ise 4x4x1 m. olarak programa girilmiştir. Cevher bölgeleri gibi hassas noktalarda verimli bir şekilde modelleme yapılabilmesi için minimum blok değerleri 2x2x0,5 m. olarak seçilmiştir.

ArcInfo yazılımında gerek rezerv hesabı gerekse üretim planlaması amacıyla oluşturulan raster haritalar, detaylı analiz edilmesi ve daha iyi görünümlere sahip olması için 1 cm.'lik hücre boyutlarında oluşturulmuştur.

- Blok modelleme işlemini takiben, her bir bloğun ısıl değer (kcal/kg), kül (%) ve nem (%) değerleri uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma (inverse distance) yöntemi ile bulunmuştur.

ArcInfo yazılımında bilinmeyen noktalara ait verilerin hesaplanması amacıyla, belirlenen interpolasyon tekniği ile raster haritalar elde edilmektedir. Doktora çalışması kapsamında elde edilen her bir raster haritalar, doğal komşuluk interpolasyon tekniği

kullanılarak oluşturulmuştur. Vulcan yazılımında interpolasyon tekniği program tarafından otomatik olarak verilirken, ArcInfo yazılımında farklı interpolasyon metotlarını seçmek mümkün olmaktadır. Çalışmada tüm metotlar ayrı olarak ve çok farklı değişkenler kullanılarak denenmiş ancak, interpolasyona tabi tutulan veri aralıkları dikkate alındığında en iyi sonucun doğal komşuluk interpolasyon tekniği ile elde edildiği tespit edilmiştir.

- Blok net değerlerinin hesaplanması için programa iki ayrı formül girilmiştir. Kömür tabakasını içeren herhangi bir blok için kullanılan formül; Blok Net Değeri = (Hacim) x (1,5t/m<sup>3</sup>) x (40\$/t) iken, örtü tabakasını içeren herhangi bir blok için kullanılan formül Dekapaj Maliyeti = (Hacim) x (-1\$/m<sup>3</sup>) şeklinde olmaktadır.

ArcInfo yazılımı ile yapılan çalışmalarda her bir raster hücrelerine ait net değer hesaplanmamıştır. Ancak blok net değerlerinin hesaplanması söz konusu yazılım ile kolaylıkla yapılabilmektedir.

- Çalışma sahasının açık ocak nihai sınırları Vulcan programında Lerchs-Grossman algoritması ile belirlenmiştir. Algoritma sonucunda, toplam 84000 adet blok oluşturulmuş, optimizasyon için toplam 29919 blok (5971:cevher, 23948:pasa bloğu) bulunmuş, 5743'ü cevher 21951'i atık bloğu olmak üzere toplam 27694 bloğun kaldırılması gerektiği tespit edilmiş ve nihai ocağın ekonomik değerinin 94.985.710 \$ olduğu belirlenmiştir. Sahada söz konusu üretimin gerçekleştirilmesi amacıyla, uygun basamak sayısı, 10 adet basamak olarak tespit edilmiştir. Basamaklar +90 kotu ile 0 kotu arasında, program tarafından otomatik olarak yaratılmıştır.

ArcInfo yazılımında basamak planlaması manuel olarak yapılmış ve toplam sekiz adet basamak oluşturulmuştur. Sekiz adet basamak, 30<sup>0</sup>'lik nihai şev açısına bağlı olarak ocak tabanının topoğrafyayı kestiği maksimum kot olan +76 ile minimum alt kömür çıkış kotu olan +2,5 arasında meydana getirilmiştir.

- Çalışma sahasında görünür rezerv 3.445.000 ton, üretilebilir rezerv 2.945.000 ton olarak belirlenmiştir. İşletme ömrü boyunca kaldırılacak örtü miktarı 20.928.000 m<sup>3</sup> olup, genel dekapaj oranı 7,1 m<sup>3</sup>/ton olarak hesaplanmıştır.

ArcInfo yazılımı ile saptanan üretilebilir rezerv miktarı 3.443.000 ton olup, hesaplama kesitlerle elde edilen tin modeli üzerinden değil, öncelikle kömür damarı giriş ve çıkış kot değerlerine ait interpolasyon yöntemi kullanılarak oluşturulan raster haritalardan ve

Çalışma sahasının her  $\text{cm}^2$  alanının orta noktalarındaki rezerv miktarından tespit edilmiştir.

İki yazılımla da farklı rezerv miktarı tespit edildiği için çalışma sahasının rezervi ayrıca Surfer 8. yazılımı ile de belirlenmiştir. Söz konusu yazılım ile sahadaki görünür rezerv miktarı 3.894.000 ton, retilabilir rezerv miktarı ise 3.329.000 ton olarak tespit edilmiştir. Surfer yazılımı ile tespit edilen rezerv miktarı ile Vulcan yazılımında tespit edilen rezerv miktarı arasında yaklaşık %13'lk bir fark ortaya çıkmış olup, ArcInfo yazılımında elde edilen rezerv miktarı göz önüne alındığında söz konusu fark %0,03 olarak tespit edilmiştir. Çalışma sahasında Grid model ile tespit edilen kömür rezervinin doğruya daha yakın sonuçlar verdiği düşünülmektedir.

ArcInfo yazılımında tespit edilen dekapaj oranı  $6,7 \text{ m}^3/\text{ton}$ 'dur. Dekapaj oranının Vulcan yazılımında daha yüksek çıkmasının nedeni, +90 kotu ile 0 kotu arasında basamakların oluşturulması ve buna bağlı olarak sahadan daha fazla dekapaj miktarının kaldırılmasıdır.

Sonuç olarak; tez kapsamında coğrafi bilgi sistemlerinin açık ocak üretim planlamasında kullanılabilirliği kanıtlanmıştır. Madencilik için çok gerekli olan sorgulama, konumsal ve istatistiksel analiz özelliğine sahip, hassas ölüm yapabilen, diğer madencilik yazılımları ile karşılaştırıldığında oldukça ucuz ve kullanımı basit olan coğrafi bilgi sistemi yazılımlarının çok yakın bir zamanda madenciliğin her alanında yaygın kullanım alanı bulacağı sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Anon., 2002, *Geography Matters* [online], An ESRI white paper, <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/geomatte.pdf> [Ziyaret Tarihi: 29 Mayıs 2006].
- Anon., 2004, ArcGIS 9 Uygulama Dokümanı [online], İşlem coğrafi bilgi sistemleri, <ftp://ftp.islem.com.tr/ISLEM/> [Ziyaret Tarihi: 14 Mart 2007].
- Anon., 2006, *Linear programming* [online], Wikipedia: the free encyclopedia, [http://en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_programming](http://en.wikipedia.org/wiki/Linear_programming) [Ziyaret Tarihi: 2 Kasım 2006].
- Anon., 2007a, *What is GIS (Geographic information systems)?* [online], U.S. environmental protection agency, <http://www.epa.gov/region5fields/htm/methods/gis/> [Ziyaret Tarihi: 17 Mayıs 2007].
- Anon., 2007b, *Jeoloji* [online], İşlem coğrafi bilgi sistemleri, <http://www.islem.com.tr/islemweb/sayfa.aspx?SayfaID=364&SiteID=9&DilID=1> [Ziyaret Tarihi: 20 Mayıs 2007].
- Anon., 2007c, *Intersect TINs* [online], Esri developer network, [http://edndoc.esri.com/arcobjects/9.2/CPP\\_VB6\\_VBA\\_VCPP\\_Doc/COM\\_Sample\\_s\\_Docs/3D\\_Analyst/Surface\\_Analysis/Intersect\\_Tins/88fdf0db-7dc2-44db-8614-8a6b033e12a4.htm](http://edndoc.esri.com/arcobjects/9.2/CPP_VB6_VBA_VCPP_Doc/COM_Sample_s_Docs/3D_Analyst/Surface_Analysis/Intersect_Tins/88fdf0db-7dc2-44db-8614-8a6b033e12a4.htm) [Ziyaret Tarihi: 9 Mayıs 2007].
- ARONOFF, S., 1989, *Geographic information systems: A management perspective*, WDL Publications, Ottawa, Canada.
- ARMSTRONG, D., 2006, *Definition of mining parameters* [online], [http://books.smenet.org/Surf\\_Min\\_2ndEd/sm-ch05-sc07-ss00-bod.cfm#3](http://books.smenet.org/Surf_Min_2ndEd/sm-ch05-sc07-ss00-bod.cfm#3) [Ziyaret Tarihi: 13 Ağustos 2006].
- BAŞÇETİN, A., 1999, *Açık işletmelerde optimum ekipman seçimi*, Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- BAŞÇETİN, A., 2004, An application of the analytic hierarchy process in equipment selection at Orhanlı open pit coal mine, *Mining Technology (Trans. Inst. Min. Metall. A)*, Vol. 113, 192-199.
- BARNES, R.J., 1982, *Optimizing the ultimate pit*, MS thesis, Colorado School of Mines, Golden, CO.

- BARNES, R.J., JOHNSON, T.B, 1988, Medium-range mine production scheduling using linear programming, *Engineering design better results through operations research methods*, Levary R.R. (senior edt), Vol:8, USA, Publications in operation research series, ORSA (America of Society Operations Research Society), Newyork.
- BELLMAN, R.E, 1957, *Dynamic programming*, Princeton University Press, New Jersey.
- CITRON-POUSTY, S., 2007, *Introduction to GIS&ArcView* [online], Yale university social science statistical laboratory (StatLab), <http://statlab.stat.yale.edu/help/workshops/arcview/index.jsp> [Ziyaret Tarihi: 22 Mayıs 2007].
- DAĞ, A., 1997, *Döner kepçeli ekskavatör açık işletme yönteminde bilgisayar destekli üretim planlaması: Afşin-Elbistan linyit işletmesi Çöllolar sahasına uygulaması*, Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Du, P., Sheng, Y., Guo, D., Fang, T., Shi, P., 2002, Study on the key techniques of mine environment protection and disaster prevention decision support system (MEPDPDSS), *International archives of photogrammetry and remote sensing (IAPRS)*, Xi'an, Vol. XXXIV, 111-114.
- DUMAN, T.Y, ÇAN, T., EMRE, Ö., KEÇER, M., DOĞAN, A., ATEŞ, Ş., DURMAZ, Ş., 2005, Landslide inventroy of Northwestern Anatolia, Turkey, *Engineering geology*, Vol: 77, Issue: 1-2, 99-114.
- DÜZGÜN, H.Ş., KARPUZ, C., 2003, GIS-based landslide risk assessmentr for Bandırma Harbor, *12th panamerican conference on soil mechanics and geotechnical engineering*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Vol:1, 2803-2810.
- DÜZGÜN, H.Ş., 2005, Madencilikte coğrafi bilgi sistemleri ve yardımcı teknolojiler, *Maden mühendisliği açık ocak işletmeciliği el kitabı*, Eskikaya Ş., Karpuz C., Hindistan M.A., Tamzok N. (edts), TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Kozan Ofset, 975-395-980-x.
- ELROI, D., 1993, *Applications of geographic information systems (GIS) to the production and post-production phases of a mine* [online], [http://www.elroi.com/papers\\_NWMA\\_93/paper.htm](http://www.elroi.com/papers_NWMA_93/paper.htm) [Ziyaret Tarihi: 20 Eylül 2004].
- ERGİN, H., KIRMANLI, C., ERÇELEBİ, S., NASUF, E., 1995, Bakırlı pirit sahasının Surpac ile açık ocak planlamasının yapılması ve klasik yöntemle karşılaştırılması, *Madencilikte bilgisayar uygulamaları sempozyumu*, Köse ve Kızıl (eds), İzmir, 37-44.

- FOURIE, G.A. ve GERALD, C.D., Open pit planning and design, *SME Mining engineering handbook on cd-rom, Hartman H.L. (senior edt), 2<sup>nd</sup> ed Vol:2, USA, Cushing-Malloy, Inc., Ann Arbor, MI, 0-87335-100-2.*
- FRANKLIN, J.F., 1994, Developing information essential to policy, planning, and management decision-making: The promise of GIS, *Remote sensing and GIS in ecosystem management, Sample V.A. (edt), American Forests Forests Policy Center, Island Press, 1-55963-284-4.*
- HILL, L., 2006, *GIS support in DRL* [online], SSC Network Update, Vol:9, Issue:1, <http://ssnds.uwo.ca/sscnetworkupdate/2006winter/gissupport.html> [Ziyaret Tarihi: 17 Mayıs 2007].
- HUSTRULID, W. ve KUÇHTA, M., 1995, *Open pit mine planning and design: Fundamentals, Vol:1, A.A. Balkema, Rotterdam, 90 5410 181 4.*
- HUSTRULID, W. ve KUÇHTA, M., 2006, *Open pit mine planning&design, 2<sup>nd</sup> ed Vol:1-Fundamentals, A.A. Balkema, London, 0 415 40738 9.*
- HUTTAGOSOL, P. ve CAMERON R.E., 1989, Modified-three graph algoritms for ultimate pit limit analysis, *SME annual meeting, Nevada, Preprint number: 89-24.*
- HUXHOLD, W., 1991, *An introduction to urban geographic information systems, Oxford University Press, Newyork.*
- JOHNSON, T.B., 1968, *Optimum open pit mine production scheduling, PhD thesis, University of California, Berkeley, CA.*
- JOHNSON, T.B., ve MICKLE D.G., 1970, Optimum design of an open pit-an application in uranium, *Proceedings 9<sup>th</sup> APCOM, CIM, Special Vol:12, Montreal, Canada, 331-337.*
- JOHNSON, T.B., ve SHARP, W.R., 1971, A three-dimensional dynamic programming method for optimal open pit design, *US Bureau of Mines, Report of investigations 7553.*
- JOHNSON, T.B., BARNES, R.J., 1988, Application of the max flow algorithm to ultimate pit design, *in engineering design better results through operations research methods, Lewary (edt), Newyork, 518-531.*
- KAHRİMAN, A., 1993, *Maden işletme projeleri hazırlama ve değerlendirme, Dilek Matbaası, Sivas, 975-95285-0-9.*
- KARPUZ, C., HİNDİSTAN, M.A., 2005, Açık işletmelerde üretim yöntemleri, *Maden mühendisliği açık ocak işletmeciliği el kitabı, Eskikaya Ş., Karpuz C., Hindistan M.A., Tamzok N. (eds), TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Kozan Ofset, 975-395-980-x.*



- KESİMAL, A., 1997, Taşocaklarında ekipman seçimindeki son gelişmeler, *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, Cilt: 10, 135-142.
- KOENISBERG, E., 1982, The optimum contours of an open pit mine: An application of dynamic programming, *Proceedings 17<sup>th</sup> APCOM, CIM, Golden Co*, 274-287.
- KONECNY, G., 1996, Basic consideration for the implementation of spatially based information systems, *Proceedings of Workshop on Pollution Monitoring and Geographic Information Systems*, Paris, ISBN: 2-908885-12-3, 1-11.
- KÖSE, H., YALÇIN, E., ŞİMŞİR, F., KONAK, G., ONARGAN, T., KIZIL, M.S., 2002, *Açık işletme tekniği (düzeltilmiş 2. baskı)*, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:256.
- KURUÜZÜM, A., ATSAN, N., 2001, Analitik hiyerarşi yöntemi ve işletmecilik alanındaki uygulamaları, *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi (1)*, 83-105.
- KYZERIDI, M., PANAGIOTOU, G.N., PEPPAS, S., 2002, Reclamation scenarios of mined-out open pits using GIS tools, *Proceedings SWEMP 2002 on cd-rom, Ciccu R. (edt.)*, October 7-10, Cagliari, Italy, 603-608.
- LERCHS, H. ve GROSSMANN, I.F., 1965, Optimum design of open pit mines, *CIM Bulletin*, Vol. 58, No. 633, 47-54.
- LIU, H., Yang, D., 2004, GIS-based mine ventilation network and safety analysis, *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS '04), Proceedings 2004 IEEE International, 20-24 September 2004 Anchorage*, Vol. 5, 2945-2948.
- LIZOTTE, Y., 1988, Economic and technical relations between open-pit design and equipment selection, *1st International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, 3-4 November 1988, Calgary*, Rotterdam, Balkema, 3-13.
- MAGUIRE, D.J., 1992, An overview and definition GIS, *Geographic information systems, principles and application*, Maguire D.J., Goodchild M.F., Rhind D.W. (eds), Longman Scientific and Technical, Newyork.
- MENGENLİ, E.O., 2001, *Assessment and monitoring of environmental impacts in Eynez surface coal mine by using remote sensing*, MS thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- ONUR, A.H., DOWD, P.A., 1993, Open-pit optimization-part 2: production scheduling and inclusion of roadways, *The institution of mining and metallurgy (Sect. A)*, 102, A105-A113.
- ONUR, A.H., KONAK, G., 2002, Maden işletmelerinde planlama, makina ekipman seçimi ve ekonomik değerlendirme, *Maden işletmelerinde ve hafriyatlarda makine-ekipman seçimi, kazılabilirlik ve maliyet açısından analizi ve planlama eğitim semineri, Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı*, İstanbul, 1-135.

- ÖZGENOĞLU, A., 2005, Açık işletmelerde şev stabilitesi analizi, *Maden mühendisliği açık ocak işletmeciliği el kitabı, Eskikaya Ş., Karpuz C., Hindistan M.A., Tamzok N. (eds), TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Kozan Ofset, 975-395-980-x.*
- ROMAN, R.J., 1974, The role of time value of money in determining open pit mining sequence and pit limits, *12th Symposium on the application of computers and operations research in the mineral industries (APCOM)*, Colorado School of Mines, Golden, 72-85.
- SALTOĞLU, S., 1992, *Açık işletmeler*, Teknik Üniversite Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul.
- SELİMOĞLU, Ö., 2004, *Bilgisayar destekli entegre açık işletme tasarımı ve planlaması*, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- SESSIONS, J., CRIM, S., JOHNSON, K.N., 1994, Resource management perspective: Geographic information systems and decision models in forest management planning, *Remote sensing and GIS in ecosystem management, Sample V.A. (edt), American Forests Forests Policy Center, Island Press, 1-55963-284-4.*
- SEYİS, C., 2002, *Jeolojik verilerin coğrafi bilgi sistemi ortamında değerlendirilmesi: Zonguldak havzası kömürleri*, Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- STAR, J., ESTES, J., 1990, *Geographic information systems: An introduction*, Prentice Hall, New Jersey.
- SUBOLESKI, S.C., CAMERON, R.E., ALBERT, E.K., 1996, Systems engineering, *SME Mining engineering handbook on cd-rom, Hartman H.L. (senior edt), 2<sup>nd</sup> ed Vol:1, USA, Cushing-Malloy, Inc., Ann Arbor, MI, 0-87335-100-2.*
- SWEIGARD, R.J., 1996, Materials handling: Loading and haulage, *SME Mining engineering handbook on cd-rom, Hartman H.L. (senior edt), 2<sup>nd</sup> ed Vol:1, USA, Cushing-Malloy, Inc., Ann Arbor, MI, 0-87335-100-2.*
- TULUNAY, Y., 1991, *Matematik programlama ve işletme uygulamaları (3. baskı)*, Renk-İş Matbaası, İstanbul, İşletme Fakültesi Yayın No: 244.
- TÖREN, T., 2001, *Determination of mining induced environmental impacts using remote sensing and GIS*, PhD thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- TÜYSÜZ, O., SERİM, A., 2000, Marmara deprem senaryoları için coğrafi bilgi sistemi, *Bilim ve teknik*, Eylül 2000, 86-90.
- TÜYSÜZ, O., 2003, *İstanbul için deprem senaryolarının hazırlanmasında coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımı*, İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi.

- WANG, Q., SEVİM, H., 1992, Enhanced production planning in open pit mining through intellegent dynamic search, *23<sup>rd</sup> APCOM Proceedings, SME/AIME*, Newyork, 461-471.
- WILKE, F.L., REIMER, T.H., 1979, Optimizing the short-term production Schedule for an open-pit iron ore mining operation, *Computer methods for the 80's in the mineral industry, Weiss, A. (edt), SME/AIME*, Newyork, 642-646.
- WINSTON, W.L., 1991, *Operations research applications and algorithms*, Vol:1, Pws-Kent, Boston, Massachusetts, 0-53498079-1.
- WRIGHT, E.A., 1989, Dynamic programming in open pit mining sequence planning: A case study, *Proceedings of Applications of Computers and Operations Research in the Mineral Industry (APCOM), 27 February-2 March 1989, Las Vegas*, Chapter 40, 415-422.
- YEGULALP, T.M., 1988, *Engineering design better results through operations research methods, Levary R.R. (senior edt)*, Vol:8, USA, Publications in operation research series, ORSA (America of Society Operations Research Society), Newyork.
- YİĞİTER, R., 1998, *Coğrafi bilgi sistemlerinin şehir planlama sürecinde kullanımı: Burgazada örnek alanında koruma amaçlı imar planı bilgi sistemi tasarımı*, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- YOMRALIOĞLU, T., 2000, *Coğrafi bilgi sistemleri: Temel kavramlar ve uygulamalar*, Akademi Kitabevi, Trabzon, 975-97369-0-x.

## EKLER

### Ek-A Çalışma Sahası Sondaj Verileri

SONDAJ	X	Y	Z	TABAKA*	ZGIRIS	ZCIKIS	NEM	KUL	ISIL
G1	855,70	1045,00	77,00	AK	34,90	28,90	-99,00	-99,00	-99,00
G10	898,70	999,30	69,00	AK	40,00	34,00	-99,00	-99,00	-99,00
G11	873,80	976,60	68,00	AK	41,70	34,70	-99,00	-99,00	-99,00
G12	925,10	983,00	66,00	AK	42,00	35,00	-99,00	-99,00	-99,00
G13	962,90	968,00	80,00	AK	46,60	43,40	-99,00	-99,00	-99,00
G14	986,00	955,00	71,00	AK	45,30	41,30	-99,00	-99,00	-99,00
G15	1060,80	995,30	78,00	AK	43,80	31,00	-99,00	-99,00	-99,00
G16	1108,80	1004,60	82,00	AK	33,10	27,60	-99,00	-99,00	-99,00
G17	1153,80	952,40	75,00	AK	41,70	34,00	-99,00	-99,00	-99,00
G18	1194,50	982,90	81,00	AK	32,90	28,00	-99,00	-99,00	-99,00
G2	1002,60	1034,20	73,00	AK	25,70	12,50	-99,00	-99,00	-99,00
G20	1074,60	966,40	72,00	AK	37,00	31,50	-99,00	-99,00	-99,00
G21	1122,40	962,40	71,00	AK	33,40	27,90	-99,00	-99,00	-99,00
G22	1205,20	974,10	81,00	AK	42,60	39,20	-99,00	-99,00	-99,00
G23	1261,90	963,50	78,00	AK	45,80	40,50	-99,00	-99,00	-99,00
G24	1077,50	925,70	81,00	AK	37,00	31,00	-99,00	-99,00	-99,00
G25	1193,90	879,30	80,00	AK	47,40	45,00	-99,00	-99,00	-99,00
G26	1206,10	914,50	80,00	AK	45,00	40,00	-99,00	-99,00	-99,00
G27	1273,60	946,80	79,00	AK	47,90	41,00	-99,00	-99,00	-99,00
G28	1023,30	959,70	74,00	AK	43,90	37,90	-99,00	-99,00	-99,00
G3	914,40	987,00	66,00	AK	41,00	35,00	-99,00	-99,00	-99,00
G4	934,90	1013,40	65,00	AK	38,50	30,00	-99,00	-99,00	-99,00
G5	869,20	1027,50	73,00	AK	36,50	31,50	-99,00	-99,00	-99,00
G6	847,30	1029,40	74,00	AK	33,00	28,00	-99,00	-99,00	-99,00
G7	839,80	1055,00	77,00	AK	28,50	22,50	-99,00	-99,00	-99,00
G8	733,10	1295,30	59,00	AK	30,60	24,00	-99,00	-99,00	-99,00
G9	798,30	1037,80	73,00	AK	37,70	30,70	-99,00	-99,00	-99,00
KB1	789,40	1378,20	58,00	AK	35,00	11,30	-99,00	-99,00	-99,00
KB2	831,80	1383,60	69,00	AK	38,00	9,00	-99,00	-99,00	-99,00
KB3	800,90	1386,00	65,00	AK	35,60	11,00	-99,00	-99,00	-99,00
KB4	930,70	1342,20	62,00	AK	39,20	34,20	-99,00	-99,00	-99,00
KB5	967,50	1312,50	59,00	AK	38,20	34,20	-99,00	-99,00	-99,00
KB6	997,00	1348,30	63,00	AK	37,50	33,50	-99,00	-99,00	-99,00
KB7	1054,80	1335,60	69,00	AK	35,10	30,10	-99,00	-99,00	-99,00
KB8	961,50	1248,30	59,00	AK	38,00	34,50	-99,00	-99,00	-99,00
KD1	1378,40	1473,00	66,00	AK	43,50	37,50	-99,00	-99,00	-99,00
KD10	1552,00	1480,40	61,00	AK	46,00	41,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD11	1527,50	1499,90	69,00	AK	46,00	43,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD12	1510,10	1507,20	69,00	AK	47,00	42,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD13	1520,00	1510,40	69,00	AK	46,00	42,00	-99,00	-99,00	-99,00

**Ek-A'nın devamı**

KD14	1494,30	1512,90	69,00	AK	51,00	40,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD15	1507,90	1515,50	69,00	AK	46,00	40,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD16	1407,90	1502,90	75,00	AK	44,00	41,70	-99,00	-99,00	-99,00
KD17	1465,10	1514,50	79,00	AK	46,00	42,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD18	1341,00	1487,50	62,00	AK	30,60	25,10	-99,00	-99,00	-99,00
KD2	1309,10	1497,30	62,00	AK	30,60	25,10	-99,00	-99,00	-99,00
KD3	1406,20	1519,80	75,00	AK	44,00	41,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD4	1458,80	1503,90	75,00	AK	47,00	40,50	-99,00	-99,00	-99,00
KD5	1428,90	1423,20	62,00	AK	46,00	43,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD6	1560,10	1507,70	64,00	AK	45,50	42,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD7	1556,00	1499,10	65,00	AK	45,50	43,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD8	1554,00	1485,00	62,00	AK	45,50	41,50	-99,00	-99,00	-99,00
KD9	1553,90	1491,10	62,00	AK	45,60	41,60	-99,00	-99,00	-99,00
M1	1197,00	1400,00	76,00	AK	42,20	38,20	-99,00	-99,00	-99,00
M10	1319,00	1230,90	72,00	AK	28,00	17,60	-99,00	-99,00	-99,00
M11	1231,70	1141,20	83,00	AK	28,70	23,90	-99,00	-99,00	-99,00
M12	1180,90	1077,20	78,00	AK	25,00	19,00	-99,00	-99,00	-99,00
M13	1123,50	1093,00	75,00	AK	29,60	24,60	-99,00	-99,00	-99,00
M14	1165,00	1052,70	82,00	AK	28,50	23,00	-99,00	-99,00	-99,00
M15	1235,70	1205,20	85,00	AK	37,90	6,00	-99,00	-99,00	-99,00
M16	1307,60	1275,30	71,00	AK	42,00	37,00	-99,00	-99,00	-99,00
M17	1316,70	1303,40	60,00	AK	42,90	36,90	-99,00	-99,00	-99,00
M18	1342,20	1390,20	77,00	AK	48,40	44,90	-99,00	-99,00	-99,00
M19	1218,20	1286,60	76,00	AK	40,80	37,00	-99,00	-99,00	-99,00
M2	1337,10	1047,40	79,00	AK	28,30	25,50	-99,00	-99,00	-99,00
M20	1082,80	1107,40	70,00	AK	24,40	22,90	-99,00	-99,00	-99,00
M21	1229,20	1344,30	60,00	AK	40,10	34,60	-99,00	-99,00	-99,00
M22	1250,60	1388,70	77,00	AK	42,00	36,50	-99,00	-99,00	-99,00
M23	1289,70	1442,60	77,00	AK	45,00	38,00	-99,00	-99,00	-99,00
M24	1134,80	1259,70	66,00	AK	39,20	34,20	-99,00	-99,00	-99,00
M25	1100,00	1195,10	59,00	AK	20,70	16,70	-99,00	-99,00	-99,00
M26	1074,40	1155,80	61,00	AK	35,40	29,90	-99,00	-99,00	-99,00
M27	1025,50	1107,00	62,00	AK	19,90	18,40	-99,00	-99,00	-99,00
M28	1018,40	1052,00	67,00	AK	18,80	6,00	-99,00	-99,00	-99,00
M29	949,60	1084,10	76,00	AK	16,10	14,60	-99,00	-99,00	-99,00
M3	1321,50	1161,20	80,00	AK	22,90	19,90	-99,00	-99,00	-99,00
M30	944,20	1030,10	65,00	AK	27,80	26,30	-99,00	-99,00	-99,00
M31	1010,00	1135,00	71,00	AK	24,20	14,00	-99,00	-99,00	-99,00
M32	1086,40	1203,10	71,00	AK	29,10	24,10	-99,00	-99,00	-99,00
M33	1071,00	1230,10	61,00	AK	35,50	30,50	-99,00	-99,00	-99,00
M34	1104,90	1410,90	74,00	AK	44,90	41,90	-99,00	-99,00	-99,00
M35	1231,60	1445,60	76,00	AK	40,20	35,20	-99,00	-99,00	-99,00
M36	1006,70	1221,20	58,00	AK	29,20	25,20	-99,00	-99,00	-99,00
M37	965,20	1174,50	64,00	AK	22,50	13,00	-99,00	-99,00	-99,00
M38	966,80	1120,90	67,00	AK	17,00	14,00	-99,00	-99,00	-99,00
M39	932,10	1175,30	63,00	AK	18,00	13,00	-99,00	-99,00	-99,00
M4	1257,60	1021,10	77,00	AK	29,60	27,10	-99,00	-99,00	-99,00
M40	930,20	1193,00	61,00	AK	17,40	13,00	-99,00	-99,00	-99,00
M41	917,50	1195,50	63,00	AK	28,20	24,70	-99,00	-99,00	-99,00
M42	902,90	1211,30	62,00	AK	26,70	23,20	-99,00	-99,00	-99,00

**Ek-A'nın devamı**

M43	872,50	1223,30	62,00	AK	27,30	23,80	-99,00	-99,00	-99,00
M44	833,20	1133,30	77,00	AK	25,20	19,20	-99,00	-99,00	-99,00
M45	839,70	1101,00	78,00	AK	23,30	17,30	-99,00	-99,00	-99,00
M46	759,90	1185,20	79,00	AK	27,40	20,40	-99,00	-99,00	-99,00
M47	727,10	1212,90	81,00	AK	28,50	21,50	-99,00	-99,00	-99,00
M48	741,80	1305,10	59,00	AK	35,00	24,50	-99,00	-99,00	-99,00
M49	777,00	1300,00	65,00	AK	44,50	25,00	-99,00	-99,00	-99,00
M5	1275,10	1068,80	81,00	AK	28,00	24,00	-99,00	-99,00	-99,00
M50	747,60	1347,40	50,00	AK	22,60	16,00	-99,00	-99,00	-99,00
M51	814,20	1247,60	64,00	AK	51,00	35,40	-99,00	-99,00	-99,00
M52	847,00	1302,10	71,00	AK	40,50	33,50	-99,00	-99,00	-99,00
M53	1034,30	1371,70	68,00	AK	35,50	33,20	-99,00	-99,00	-99,00
M54	1050,80	1413,60	65,00	AK	39,80	35,80	-99,00	-99,00	-99,00
M55	1019,50	1425,20	59,00	AK	21,80	17,80	-99,00	-99,00	-99,00
M56	971,20	1405,50	69,00	AK	38,10	34,90	-99,00	-99,00	-99,00
M57	943,80	1384,50	70,00	AK	27,50	23,50	-99,00	-99,00	-99,00
M58	945,60	1414,40	51,00	AK	28,10	24,10	-99,00	-99,00	-99,00
M59	904,70	1421,80	48,00	AK	16,10	12,10	-99,00	-99,00	-99,00
M6	1430,70	1245,10	68,00	AK	31,00	24,50	-99,00	-99,00	-99,00
M60	873,30	1410,70	48,00	AK	39,00	10,00	-99,00	-99,00	-99,00
M61	797,00	1438,10	52,00	AK	15,50	12,50	-99,00	-99,00	-99,00
M7	1437,50	1256,00	67,00	AK	31,00	23,40	-99,00	-99,00	-99,00
M8	1415,80	1266,40	68,00	AK	30,40	24,40	-99,00	-99,00	-99,00
M9	1361,50	1284,60	60,00	AK	41,90	36,10	-99,00	-99,00	-99,00
YN1	1180,40	900,00	78,00	AK	54,00	44,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN10	1100,00	1050,00	76,00	AK	23,00	16,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN11	1364,10	1050,00	78,00	AK	29,00	25,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN12	800,00	1100,00	74,00	AK	25,00	20,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN13	1222,80	1100,00	81,00	AK	24,00	18,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN14	740,40	1150,00	72,00	AK	26,00	20,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN15	898,10	1150,00	70,00	AK	24,00	14,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN16	1142,10	1150,00	73,00	AK	35,00	27,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN17	1368,40	1150,00	76,00	AK	22,00	19,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN18	692,40	1200,00	72,00	AK	30,00	23,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN19	815,70	1200,00	70,00	AK	26,00	20,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN2	1222,26	900,00	81,00	AK	45,50	39,50	-99,00	-99,00	-99,00
YN20	967,70	1200,00	60,00	AK	25,00	16,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN21	1165,90	1200,00	73,00	AK	17,00	8,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN22	1258,90	1200,00	82,00	AK	43,00	11,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN23	765,00	1250,00	70,00	AK	47,00	38,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN24	883,30	1250,00	67,00	AK	50,00	27,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN25	1019,90	1250,00	62,00	AK	37,00	32,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN26	1234,20	1250,00	79,00	AK	33,10	22,10	-99,00	-99,00	-99,00
YN27	1448,60	1250,00	69,00	AK	33,00	28,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN28	712,50	1300,00	60,00	AK	26,00	24,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN29	1098,50	1300,00	70,00	AK	40,00	37,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN3	906,06	950,00	79,00	AK	49,00	45,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN30	1388,70	1300,00	64,00	AK	42,00	36,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN31	666,90	1350,00	59,00	AK	21,00	17,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN32	840,00	1350,00	70,00	AK	37,00	16,00	-99,00	-99,00	-99,00

**Ek-A'nın devamı**

YN33	1146,00	1350,00	71,00	AK	37,00	32,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN34	1299,00	1350,00	66,00	AK	39,00	35,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN35	730,30	1400,00	53,00	AK	20,00	16,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN36	1484,40	1400,00	66,00	AK	46,00	43,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN37	784,00	1450,00	50,00	AK	15,00	12,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN38	912,30	1450,00	48,00	AK	16,00	13,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN39	1127,40	1450,00	62,00	AK	27,00	23,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN4	1286,60	950,00	80,00	AK	54,50	46,50	-99,00	-99,00	-99,00
YN40	1428,00	1450,00	67,00	AK	44,00	39,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN41	1280,60	1500,00	63,00	AK	30,10	23,10	-99,00	-99,00	-99,00
YN42	1480,50	1500,00	66,00	AK	48,00	41,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN43	1568,00	1500,00	62,00	AK	46,00	41,50	-99,00	-99,00	-99,00
YN5	840,10	1000,00	71,00	AK	42,00	36,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN6	994,80	1000,00	75,00	AK	41,00	31,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN7	1276,00	1000,00	77,00	AK	33,00	27,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN8	782,30	1050,00	75,00	AK	42,00	34,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN9	906,80	1050,00	72,00	AK	32,00	27,00	-99,00	-99,00	-99,00
G1	855,70	1045,00	77,00	KA	28,90	26,90	39,00	14,50	3544,00
G10	898,70	999,30	69,00	KA	34,00	32,00	34,80	25,10	3113,00
G11	873,80	976,60	68,00	KA	34,70	32,70	36,50	26,90	2840,00
G12	925,10	983,00	66,00	KA	35,00	33,00	32,50	19,90	3461,00
G13	962,90	968,00	80,00	KA	43,40	41,40	29,50	17,20	4281,00
G14	986,00	955,00	71,00	KA	41,30	39,30	29,70	16,20	4158,00
G15	1060,80	995,30	78,00	KA	31,00	28,00	38,00	18,40	3057,00
G16	1108,80	1004,60	82,00	KA	27,60	25,60	37,50	17,60	3295,00
G17	1153,80	952,40	75,00	KA	34,00	31,00	33,30	13,10	3989,00
G18	1194,50	982,90	81,00	KA	28,00	26,00	33,70	10,30	4078,00
G2	1002,60	1034,20	73,00	KA	12,50	11,50	37,00	14,70	3842,00
G20	1074,60	966,40	72,00	KA	31,50	29,50	37,50	16,80	3598,00
G21	1122,40	962,40	71,00	KA	27,90	25,40	35,30	8,00	3907,00
G22	1205,20	974,10	81,00	KA	39,20	37,20	33,20	11,30	4021,00
G23	1261,90	963,50	78,00	KA	40,50	38,50	29,10	9,50	4705,00
G24	1077,50	925,70	81,00	KA	31,00	29,00	36,70	15,80	3686,00
G25	1193,90	879,30	80,00	KA	45,00	43,00	29,00	10,00	4525,00
G26	1206,10	914,50	80,00	KA	40,00	38,00	29,20	10,30	4522,00
G27	1273,60	946,80	79,00	KA	41,00	39,00	29,10	10,20	4621,00
G28	1023,30	959,70	74,00	KA	37,90	35,90	29,70	17,10	3983,00
G3	914,40	987,00	66,00	KA	35,00	33,00	32,40	20,90	3520,00
G4	934,90	1013,40	65,00	KA	30,00	27,00	29,40	14,10	4463,00
G5	869,20	1027,50	73,00	KA	31,50	29,50	38,50	12,50	3686,00
G6	847,30	1029,40	74,00	KA	28,00	25,50	39,20	14,40	3532,00
G7	839,80	1055,00	77,00	KA	22,50	20,50	38,40	10,80	3950,00
G8	733,10	1295,30	59,00	KA	24,00	22,00	48,00	24,30	2912,00
G9	798,30	1037,80	73,00	KA	30,70	28,70	32,20	20,80	3868,00
KB1	789,40	1378,20	58,00	KA	11,30	9,30	42,80	18,80	2776,00
KB2	831,80	1383,60	69,00	KA	9,00	6,00	44,80	19,60	2751,00
KB3	800,90	1386,00	65,00	KA	11,00	9,00	43,70	19,40	2717,00
KB4	930,70	1342,20	62,00	KA	34,20	32,20	44,00	15,90	2908,00
KB5	967,50	1312,50	59,00	KA	34,20	32,20	43,20	19,20	2660,00
KB6	997,00	1348,30	63,00	KA	33,50	31,50	43,60	17,40	2811,00

**Ek-A'nın devamı**

KB7	1054,80	1335,60	69,00	KA	30,10	28,10	40,40	15,50	3353,00
KB8	961,50	1248,30	59,00	KA	34,50	32,50	41,20	16,80	3023,00
KD1	1378,40	1473,00	66,00	KA	37,50	35,50	31,50	11,00	4528,00
KD10	1552,00	1480,40	61,00	KA	41,00	39,00	29,30	7,90	5164,00
KD11	1527,50	1499,90	69,00	KA	43,00	41,00	29,50	8,30	5076,00
KD12	1510,10	1507,20	69,00	KA	42,00	40,00	29,00	7,40	5279,00
KD13	1520,00	1510,40	69,00	KA	42,00	40,00	29,40	8,00	5175,00
KD14	1494,30	1512,90	69,00	KA	40,00	38,00	29,00	7,60	5242,00
KD15	1507,90	1515,50	69,00	KA	40,00	38,00	29,50	8,20	5131,00
KD16	1407,90	1502,90	75,00	KA	41,70	39,70	29,20	7,60	5218,00
KD17	1465,10	1514,50	79,00	KA	42,00	40,00	29,50	8,30	5094,00
KD18	1341,00	1487,50	62,00	KA	25,10	23,10	31,40	10,60	4651,00
KD2	1309,10	1497,30	62,00	KA	25,10	23,10	31,60	10,80	4664,00
KD3	1406,20	1519,80	75,00	KA	41,00	39,00	29,60	8,20	5087,00
KD4	1458,80	1503,90	75,00	KA	40,50	38,50	29,20	7,60	5237,00
KD5	1428,90	1423,20	62,00	KA	43,00	41,00	31,00	10,40	4687,00
KD6	1560,10	1507,70	64,00	KA	42,00	40,00	28,70	7,20	5339,00
KD7	1556,00	1499,10	65,00	KA	43,00	40,00	29,20	8,00	5172,00
KD8	1554,00	1485,00	62,00	KA	41,50	39,00	29,10	7,70	5216,00
KD9	1553,90	1491,10	62,00	KA	41,60	39,00	29,30	8,10	5146,00
M1	1197,00	1400,00	76,00	KA	38,20	36,20	33,70	14,50	3869,00
M10	1319,00	1230,90	72,00	KA	17,60	15,60	32,50	14,20	4178,26
M11	1231,70	1141,20	83,00	KA	23,90	21,90	32,20	15,20	3770,00
M12	1180,90	1077,20	78,00	KA	19,00	17,00	36,60	26,30	3093,00
M13	1123,50	1093,00	75,00	KA	24,60	22,60	35,40	13,70	3530,00
M14	1165,00	1052,70	82,00	KA	23,00	21,00	36,60	24,40	3334,00
M15	1235,70	1205,20	85,00	KA	6,00	3,00	31,70	14,40	4156,00
M16	1307,60	1275,30	71,00	KA	37,00	35,00	32,10	13,70	4239,00
M17	1316,70	1303,40	60,00	KA	36,90	34,90	32,20	12,90	4375,00
M18	1342,20	1390,20	77,00	KA	44,90	42,90	31,50	11,20	4384,00
M19	1218,20	1286,60	76,00	KA	37,00	35,00	33,30	14,20	3984,00
M2	1337,10	1047,40	79,00	KA	25,50	23,50	35,50	15,90	3350,00
M20	1082,80	1107,40	70,00	KA	22,90	20,90	35,20	14,50	3782,00
M21	1229,20	1344,30	60,00	KA	34,60	32,60	33,80	14,40	3889,00
M22	1250,60	1388,70	77,00	KA	36,50	34,50	32,10	12,00	4354,00
M23	1289,70	1442,60	77,00	KA	38,00	36,00	32,00	12,40	4370,00
M24	1134,80	1259,70	66,00	KA	34,20	32,20	34,00	15,10	3826,00
M25	1100,00	1195,10	59,00	KA	16,70	15,10	39,30	15,20	3479,00
M26	1074,40	1155,80	61,00	KA	29,90	27,90	38,80	9,70	3989,00
M27	1025,50	1107,00	62,00	KA	18,40	16,40	37,60	9,60	3953,00
M28	1018,40	1052,00	67,00	KA	6,00	2,50	37,20	13,50	3846,00
M29	949,60	1084,10	76,00	KA	14,60	12,60	37,00	15,70	3668,00
M3	1321,50	1161,20	80,00	KA	19,90	17,90	31,70	14,20	4165,00
M30	944,20	1030,10	65,00	KA	26,30	24,30	34,40	14,20	4086,00
M31	1010,00	1135,00	71,00	KA	14,00	12,00	40,10	16,30	3347,00
M32	1086,40	1203,10	71,00	KA	24,10	22,10	38,80	14,50	3580,00
M33	1071,00	1230,10	61,00	KA	30,50	28,50	39,90	15,90	3295,00
M34	1104,90	1410,90	74,00	KA	41,90	39,90	38,90	14,80	3534,00
M35	1231,60	1445,60	76,00	KA	35,20	33,20	33,00	13,70	4121,00
M36	1006,70	1221,20	58,00	KA	25,20	23,20	39,70	14,30	3954,00



**Ek-A'nın devamı**

M37	965,20	1174,50	64,00	KA	13,00	11,00	39,40	17,50	3640,00
M38	966,80	1120,90	67,00	KA	14,00	12,00	40,00	16,60	3313,00
M39	932,10	1175,30	63,00	KA	13,00	11,50	39,30	18,60	3280,00
M4	1257,60	1021,10	77,00	KA	27,10	25,10	32,20	9,50	4330,00
M40	930,20	1193,00	61,00	KA	13,00	11,50	39,80	21,30	2708,00
M41	917,50	1195,50	63,00	KA	24,70	22,70	39,70	20,40	2879,00
M42	902,90	1211,30	62,00	KA	23,20	21,20	41,30	24,80	2533,00
M43	872,50	1223,30	62,00	KA	23,80	21,80	41,80	23,50	2420,00
M44	833,20	1133,30	77,00	KA	19,20	17,20	39,00	16,20	3408,00
M45	839,70	1101,00	78,00	KA	17,30	15,30	38,70	14,90	3441,00
M46	759,90	1185,20	79,00	KA	20,40	18,40	44,20	18,50	2547,00
M47	727,10	1212,90	81,00	KA	21,50	20,00	45,10	16,00	2988,00
M48	741,80	1305,10	59,00	KA	24,50	22,00	46,00	18,90	2776,00
M49	777,00	1300,00	65,00	KA	25,00	22,00	41,30	18,40	3041,00
M5	1275,10	1068,80	81,00	KA	24,00	22,00	36,70	14,10	3545,00
M50	747,60	1347,40	50,00	KA	16,00	12,50	41,30	17,70	3064,00
M51	814,20	1247,60	64,00	KA	35,40	33,40	41,90	19,80	2774,00
M52	847,00	1302,10	71,00	KA	33,50	31,50	42,30	17,70	2868,00
M53	1034,30	1371,70	68,00	KA	33,20	31,20	41,50	16,60	3107,00
M54	1050,80	1413,60	65,00	KA	35,80	33,80	40,40	19,00	3002,00
M55	1019,50	1425,20	59,00	KA	17,80	15,80	41,80	21,40	2832,00
M56	971,20	1405,50	69,00	KA	34,90	32,90	43,20	20,20	2749,00
M57	943,80	1384,50	70,00	KA	23,50	21,50	43,30	17,30	2952,00
M58	945,60	1414,40	51,00	KA	24,10	22,10	43,30	19,00	2811,00
M59	904,70	1421,80	48,00	KA	12,10	8,40	44,20	19,80	2781,00
M6	1430,70	1245,10	68,00	KA	24,50	22,50	32,90	13,70	4154,00
M60	873,30	1410,70	48,00	KA	10,00	7,50	44,80	20,20	2693,00
M61	797,00	1438,10	52,00	KA	12,50	10,50	43,40	24,00	2442,00
M7	1437,50	1256,00	67,00	KA	23,40	21,40	32,40	12,60	4291,00
M8	1415,80	1266,40	68,00	KA	24,40	22,40	32,80	13,70	4107,00
M9	1361,50	1284,60	60,00	KA	36,10	34,10	32,40	12,80	4371,00
YN1	1180,40	900,00	78,00	KA	44,00	42,00	29,00	10,10	4469,00
YN10	1100,00	1050,00	76,00	KA	16,00	13,00	36,60	16,70	3293,00
YN11	1364,10	1050,00	78,00	KA	25,00	23,00	34,70	16,00	3374,00
YN12	800,00	1100,00	74,00	KA	20,00	17,00	39,00	16,30	3600,00
YN13	1222,80	1100,00	81,00	KA	18,00	16,00	36,00	22,60	3288,00
YN14	740,40	1150,00	72,00	KA	20,00	18,00	45,20	14,90	2695,00
YN15	898,10	1150,00	70,00	KA	14,00	11,00	39,00	16,90	3352,00
YN16	1142,10	1150,00	73,00	KA	27,00	24,00	34,00	15,00	3765,00
YN17	1368,40	1150,00	76,00	KA	19,00	17,00	31,90	14,70	4064,00
YN18	692,40	1200,00	72,00	KA	23,00	20,00	46,00	15,70	2996,00
YN19	815,70	1200,00	70,00	KA	20,00	18,00	43,50	19,80	2542,00
YN2	1222,26	900,00	81,00	KA	39,50	37,50	29,00	10,10	4469,00
YN20	967,70	1200,00	60,00	KA	16,00	14,50	39,40	17,50	3640,00
YN21	1165,90	1200,00	73,00	KA	8,00	5,00	35,00	15,20	3793,00
YN22	1258,90	1200,00	82,00	KA	11,00	6,00	31,70	14,70	4093,00
YN23	765,00	1250,00	70,00	KA	38,00	35,00	43,50	19,00	2786,00
YN24	883,30	1250,00	67,00	KA	27,00	23,00	41,80	23,50	2420,00
YN25	1019,90	1250,00	62,00	KA	32,00	30,00	39,70	14,30	3954,00
YN26	1234,20	1250,00	79,00	KA	22,10	18,60	32,80	14,70	3992,00

**Ek-A'nın devamı**

YN27	1448,60	1250,00	69,00	KA	28,00	26,00	32,40	13,00	4220,00
YN28	712,50	1300,00	60,00	KA	24,00	22,00	48,00	24,30	2912,00
YN29	1098,50	1300,00	70,00	KA	37,00	34,00	39,40	15,10	3473,00
YN3	906,06	950,00	79,00	KA	45,00	43,00	33,20	22,70	3268,00
YN30	1388,70	1300,00	64,00	KA	36,00	34,00	31,70	13,20	4290,00
YN31	666,90	1350,00	59,00	KA	17,00	16,00	38,00	14,60	3643,00
YN32	840,00	1350,00	70,00	KA	16,00	13,00	43,50	18,90	2786,00
YN33	1146,00	1350,00	71,00	KA	32,00	30,00	34,80	14,90	3856,00
YN34	1299,00	1350,00	66,00	KA	35,00	32,00	31,70	13,50	4264,00
YN35	730,30	1400,00	53,00	KA	16,00	13,50	40,50	15,70	3153,00
YN36	1484,40	1400,00	66,00	KA	43,00	41,00	31,20	10,00	4755,00
YN37	784,00	1450,00	50,00	KA	12,00	9,50	43,40	24,00	2442,00
YN38	912,30	1450,00	48,00	KA	13,00	11,00	44,20	19,80	2781,00
YN39	1127,40	1450,00	62,00	KA	23,00	20,00	33,70	14,70	3861,00
YN4	1286,60	950,00	80,00	KA	46,50	44,00	29,50	11,50	4410,00
YN40	1428,00	1450,00	67,00	KA	39,00	35,50	30,40	9,60	4838,00
YN41	1280,60	1500,00	63,00	KA	23,10	19,10	31,70	11,40	4622,00
YN42	1480,50	1500,00	66,00	KA	41,00	39,00	30,00	8,10	5095,00
YN43	1568,00	1500,00	62,00	KA	41,50	40,50	29,20	8,00	5172,00
YN5	840,10	1000,00	71,00	KA	36,00	34,00	37,90	20,60	3242,00
YN6	994,80	1000,00	75,00	KA	31,00	27,50	33,80	15,70	3994,00
YN7	1276,00	1000,00	77,00	KA	27,00	25,00	30,50	9,70	4475,00
YN8	782,30	1050,00	75,00	KA	34,00	32,00	32,20	20,80	3841,00
YN9	906,80	1050,00	72,00	KA	27,00	25,00	36,80	13,80	3705,00
G1	855,70	1045,00	77,00	KU	39,90	34,90	40,00	14,80	3384,00
G10	898,70	999,30	69,00	KU	45,00	40,00	35,80	25,40	2956,00
G11	873,80	976,60	68,00	KU	46,70	41,70	37,50	27,20	2689,00
G12	925,10	983,00	66,00	KU	47,00	42,00	33,50	20,20	3297,00
G13	962,90	968,00	80,00	KU	50,60	46,60	30,50	17,50	4102,00
G14	986,00	955,00	71,00	KU	50,30	45,30	30,70	16,50	3981,00
G15	1060,80	995,30	78,00	KU	46,80	43,80	39,30	19,20	2826,00
G16	1108,80	1004,60	82,00	KU	36,10	33,10	38,50	17,90	3138,00
G17	1153,80	952,40	75,00	KU	46,20	41,70	34,60	13,90	3731,00
G18	1194,50	982,90	81,00	KU	36,90	32,90	34,70	10,60	3905,00
G2	1002,60	1034,20	73,00	KU	29,70	25,70	38,00	15,00	3675,00
G20	1074,60	966,40	72,00	KU	42,50	37,00	38,80	17,60	3355,00
G21	1122,40	962,40	71,00	KU	36,40	33,40	36,30	8,31	3737,00
G22	1205,20	974,10	81,00	KU	49,60	42,60	34,50	12,10	3762,00
G23	1261,90	963,50	78,00	KU	51,30	45,80	30,10	9,80	4519,00
G24	1077,50	925,70	81,00	KU	42,00	37,00	38,00	16,60	3440,00
G25	1193,90	879,30	80,00	KU	51,90	47,40	30,00	10,30	4342,00
G26	1206,10	914,50	80,00	KU	50,00	45,00	30,20	10,60	4339,00
G27	1273,60	946,80	79,00	KU	53,40	47,90	30,40	11,00	4345,00
G28	1023,30	959,70	74,00	KU	49,90	43,90	30,70	17,40	3808,00
G3	914,40	987,00	66,00	KU	46,00	41,00	33,70	21,70	3269,00
G4	934,90	1013,40	65,00	KU	43,00	38,50	30,40	14,40	4281,00
G5	869,20	1027,50	73,00	KU	41,50	36,50	39,80	13,30	3442,00
G6	847,30	1029,40	74,00	KU	38,00	33,00	40,20	14,70	3372,00
G7	839,80	1055,00	77,00	KU	32,50	28,50	39,70	11,60	3701,00
G8	733,10	1295,30	59,00	KU	33,60	30,60	49,00	24,60	2769,00

**Ek-A'nın devamı**

G9	798,30	1037,80	73,00	KU	42,70	37,70	33,50	21,60	3613,00
KB1	789,40	1378,20	58,00	KU	41,00	35,00	43,80	19,10	2631,00
KB2	831,80	1383,60	69,00	KU	43,00	38,00	46,10	20,40	2538,00
KB3	800,90	1386,00	65,00	KU	40,60	35,60	44,70	19,70	2575,00
KB4	930,70	1342,20	62,00	KU	43,70	39,20	45,30	16,70	2690,00
KB5	967,50	1312,50	59,00	KU	42,70	38,20	44,20	19,50	2518,00
KB6	997,00	1348,30	63,00	KU	42,00	37,50	44,90	18,20	2594,00
KB7	1054,80	1335,60	69,00	KU	41,60	35,10	41,40	15,30	3236,00
KB8	961,50	1248,30	59,00	KU	43,00	38,00	42,50	17,60	2798,00
KD1	1378,40	1473,00	66,00	KU	48,00	43,50	32,50	11,30	4346,00
KD10	1552,00	1480,40	61,00	KU	51,00	46,00	30,60	8,70	4878,00
KD11	1527,50	1499,90	69,00	KU	50,00	46,00	30,50	8,60	4885,00
KD12	1510,10	1507,20	69,00	KU	50,00	47,00	30,30	8,20	4991,00
KD13	1520,00	1510,40	69,00	KU	50,00	46,00	30,40	8,30	4984,00
KD14	1494,30	1512,90	69,00	KU	54,00	51,00	30,30	8,40	4954,00
KD15	1507,90	1515,50	69,00	KU	50,00	46,00	30,50	8,50	4940,00
KD16	1407,90	1502,90	75,00	KU	47,00	44,00	30,50	8,40	4931,00
KD17	1465,10	1514,50	79,00	KU	50,00	46,00	30,50	8,60	4903,00
KD18	1341,00	1487,50	62,00	KU	35,10	30,60	32,70	11,40	4378,00
KD2	1309,10	1497,30	62,00	KU	35,10	30,60	32,90	11,60	4391,00
KD3	1406,20	1519,80	75,00	KU	47,00	44,00	30,60	8,50	4896,00
KD4	1458,80	1503,90	75,00	KU	53,00	47,00	30,50	8,40	4949,00
KD5	1428,90	1423,20	62,00	KU	50,50	46,00	32,00	10,70	4503,00
KD6	1560,10	1507,70	64,00	KU	50,00	45,50	30,00	8,00	5049,00
KD7	1556,00	1499,10	65,00	KU	50,00	45,50	30,20	8,30	4980,00
KD8	1554,00	1485,00	62,00	KU	50,00	45,50	30,40	8,50	4929,00
KD9	1553,90	1491,10	62,00	KU	50,00	45,60	30,30	8,40	4954,00
M1	1197,00	1400,00	76,00	KU	47,70	42,20	35,00	14,80	3683,00
M10	1319,00	1230,90	72,00	KU	35,00	28,00	33,50	14,50	4003,00
M11	1231,70	1141,20	83,00	KU	32,30	28,70	33,20	15,50	3601,00
M12	1180,90	1077,20	78,00	KU	29,00	25,00	37,90	27,10	2859,00
M13	1123,50	1093,00	75,00	KU	33,60	29,60	36,40	14,00	3321,00
M14	1165,00	1052,70	82,00	KU	32,50	28,50	37,90	25,20	3095,00
M15	1235,70	1205,20	85,00	KU	42,90	37,90	33,00	15,20	3893,00
M16	1307,60	1275,30	71,00	KU	46,00	42,00	33,10	14,00	4062,00
M17	1316,70	1303,40	60,00	KU	46,90	42,90	33,50	13,70	4108,00
M18	1342,20	1390,20	77,00	KU	52,90	48,40	32,50	11,50	4205,00
M19	1218,20	1286,60	76,00	KU	45,50	40,80	34,60	15,00	3726,00
M2	1337,10	1047,40	79,00	KU	33,30	28,30	36,50	16,20	3190,00
M20	1082,80	1107,40	70,00	KU	28,40	24,40	36,20	15,30	3573,00
M21	1229,20	1344,30	60,00	KU	44,60	40,10	34,80	14,70	3720,00
M22	1250,60	1388,70	77,00	KU	46,50	42,00	33,10	12,30	4176,00
M23	1289,70	1442,60	77,00	KU	49,50	45,00	33,00	12,70	4165,00
M24	1134,80	1259,70	66,00	KU	44,20	39,20	35,00	15,40	3631,00
M25	1100,00	1195,10	59,00	KU	25,70	20,70	40,30	15,50	3320,00
M26	1074,40	1155,80	61,00	KU	39,90	35,40	40,10	10,50	3739,00
M27	1025,50	1107,00	62,00	KU	23,90	19,90	38,60	9,90	3785,00
M28	1018,40	1052,00	67,00	KU	22,80	18,80	38,50	14,30	3597,00
M29	949,60	1084,10	76,00	KU	20,10	16,10	38,00	16,00	3505,00
M3	1321,50	1161,20	80,00	KU	25,90	22,90	33,00	15,00	3901,00

**Ek-A'nın devamı**

M30	944,20	1030,10	65,00	KU	31,80	27,80	35,70	15,50	3828,00
M31	1010,00	1135,00	71,00	KU	28,70	24,20	41,10	16,60	3190,00
M32	1086,40	1203,10	71,00	KU	34,10	29,10	40,10	15,30	3339,00
M33	1071,00	1230,10	61,00	KU	40,00	35,50	40,90	16,20	3139,00
M34	1104,90	1410,90	74,00	KU	49,90	44,90	40,20	15,60	3294,00
M35	1231,60	1445,60	76,00	KU	46,20	40,20	34,00	14,00	3947,00
M36	1006,70	1221,20	58,00	KU	33,70	29,20	41,00	15,10	3706,00
M37	965,20	1174,50	64,00	KU	27,00	22,50	40,40	17,80	3478,00
M38	966,80	1120,90	67,00	KU	20,00	17,00	41,30	17,40	3079,00
M39	932,10	1175,30	63,00	KU	23,00	18,00	40,60	19,40	3046,00
M4	1257,60	1021,10	77,00	KU	34,60	29,60	33,60	10,30	4058,00
M40	930,20	1193,00	61,00	KU	22,40	17,40	40,80	21,60	2562,00
M41	917,50	1195,50	63,00	KU	33,20	28,20	41,00	21,20	2654,00
M42	902,90	1211,30	62,00	KU	31,70	26,70	42,30	25,10	2391,00
M43	872,50	1223,30	62,00	KU	32,30	27,30	43,10	24,30	2209,00
M44	833,20	1133,30	77,00	KU	29,20	25,20	40,00	16,50	3250,00
M45	839,70	1101,00	78,00	KU	27,30	23,30	40,00	15,70	3203,00
M46	759,90	1185,20	79,00	KU	33,40	27,40	45,20	18,80	2408,00
M47	727,10	1212,90	81,00	KU	34,50	28,50	46,40	16,80	2770,00
M48	741,80	1305,10	59,00	KU	40,00	35,00	47,00	19,20	2634,00
M49	777,00	1300,00	65,00	KU	49,50	44,50	42,60	19,20	2816,00
M5	1275,10	1068,80	81,00	KU	34,00	28,00	37,70	14,40	3383,00
M50	747,60	1347,40	50,00	KU	27,60	22,60	42,30	18,00	2913,00
M51	814,20	1247,60	64,00	KU	57,00	51,00	43,20	20,60	2555,00
M52	847,00	1302,10	71,00	KU	44,00	40,50	43,30	18,00	2722,00
M53	1034,30	1371,70	68,00	KU	41,50	35,50	42,80	17,40	2881,00
M54	1050,80	1413,60	65,00	KU	42,80	39,80	41,40	19,30	2851,00
M55	1019,50	1425,20	59,00	KU	25,80	21,80	43,10	22,20	2612,00
M56	971,20	1405,50	69,00	KU	42,60	38,10	44,20	20,50	2605,00
M57	943,80	1384,50	70,00	KU	31,50	27,50	44,60	18,10	2732,00
M58	945,60	1414,40	51,00	KU	32,10	28,10	44,30	19,30	2666,00
M59	904,70	1421,80	48,00	KU	20,10	16,10	45,50	20,60	2566,00
M6	1430,70	1245,10	68,00	KU	33,40	31,00	33,90	14,00	3979,00
M60	873,30	1410,70	48,00	KU	45,00	39,00	45,80	20,50	2552,00
M61	797,00	1438,10	52,00	KU	20,50	15,50	44,70	24,80	2234,00
M7	1437,50	1256,00	67,00	KU	32,00	31,00	33,70	13,40	4026,00
M8	1415,80	1266,40	68,00	KU	34,40	30,40	33,80	14,00	3933,00
M9	1361,50	1284,60	60,00	KU	46,00	41,90	33,70	13,60	4104,00
YN1	1180,40	900,00	78,00	KU	57,50	54,00	30,00	10,40	4351,00
YN10	1100,00	1050,00	76,00	KU	27,00	23,00	37,60	17,00	3134,00
YN11	1364,10	1050,00	78,00	KU	32,00	29,00	36,00	16,80	3131,00
YN12	800,00	1100,00	74,00	KU	30,00	25,00	40,00	17,10	3376,00
YN13	1222,80	1100,00	81,00	KU	28,00	24,00	37,50	23,40	3049,00
YN14	740,40	1150,00	72,00	KU	31,00	26,00	46,20	15,20	2554,00
YN15	898,10	1150,00	70,00	KU	28,00	24,00	40,30	17,70	3116,00
YN16	1142,10	1150,00	73,00	KU	40,00	35,00	35,00	15,30	3597,00
YN17	1368,40	1150,00	76,00	KU	26,00	22,00	33,20	15,00	3872,00
YN18	692,40	1200,00	72,00	KU	36,00	30,00	47,00	16,00	2850,00
YN19	815,70	1200,00	70,00	KU	32,00	26,00	44,50	20,10	2402,00
YN2	1222,26	900,00	81,00	KU	49,00	45,50	30,00	10,40	4351,00

**Ek-A'nın devamı**

YN20	967,70	1200,00	60,00	KU	30,00	25,00	40,40	17,80	3478,00
YN21	1165,90	1200,00	73,00	KU	22,00	17,00	36,00	15,50	3626,00
YN22	1258,90	1200,00	82,00	KU	48,00	43,00	33,00	15,00	3901,00
YN23	765,00	1250,00	70,00	KU	53,00	47,00	44,80	19,30	2628,00
YN24	883,30	1250,00	67,00	KU	57,00	50,00	43,10	24,30	2209,00
YN25	1019,90	1250,00	62,00	KU	42,00	37,00	41,00	15,10	3706,00
YN26	1234,20	1250,00	79,00	KU	40,10	33,10	33,80	15,00	3820,00
YN27	1448,60	1250,00	69,00	KU	35,00	33,00	33,70	13,30	4026,00
YN28	712,50	1300,00	60,00	KU	30,00	26,00	50,00	24,60	2715,00
YN29	1098,50	1300,00	70,00	KU	44,00	40,00	40,40	15,40	3314,00
YN3	906,06	950,00	79,00	KU	53,00	49,00	34,20	23,00	3107,00
YN30	1388,70	1300,00	64,00	KU	46,00	42,00	33,00	13,50	4095,00
YN31	666,90	1350,00	59,00	KU	26,50	21,00	39,30	14,90	3463,00
YN32	840,00	1350,00	70,00	KU	44,00	37,00	44,50	19,20	2642,00
YN33	1146,00	1350,00	71,00	KU	43,00	37,00	36,10	15,20	3671,00
YN34	1299,00	1350,00	66,00	KU	45,00	39,00	33,00	13,80	4068,00
YN35	730,30	1400,00	53,00	KU	25,00	20,00	41,50	16,00	3000,00
YN36	1484,40	1400,00	66,00	KU	50,00	46,00	32,50	10,30	4550,00
YN37	784,00	1450,00	50,00	KU	20,00	15,00	44,70	24,80	2234,00
YN38	912,30	1450,00	48,00	KU	20,00	16,00	45,50	20,60	2566,00
YN39	1127,40	1450,00	62,00	KU	31,00	27,00	35,00	15,00	3674,00
YN4	1286,60	950,00	80,00	KU	57,80	54,50	30,50	11,80	4229,00
YN40	1428,00	1450,00	67,00	KU	50,00	44,00	31,40	9,90	4651,00
YN41	1280,60	1500,00	63,00	KU	35,10	30,10	33,00	11,70	4420,00
YN42	1480,50	1500,00	66,00	KU	50,00	48,00	30,50	8,40	4940,00
YN43	1568,00	1500,00	62,00	KU	50,00	46,00	30,20	8,30	4980,00
YN5	840,10	1000,00	71,00	KU	48,00	42,00	39,20	21,40	3006,00
YN6	994,80	1000,00	75,00	KU	46,00	41,00	34,80	16,00	3822,00
YN7	1276,00	1000,00	77,00	KU	35,00	33,00	31,80	10,00	4275,00
YN8	782,30	1050,00	75,00	KU	46,00	42,00	33,50	21,60	3611,00
YN9	906,80	1050,00	72,00	KU	36,00	32,00	37,80	14,10	3540,00
G1	855,70	1045,00	77,00	OT	77,00	39,90	-99,00	-99,00	-99,00
G10	898,70	999,30	69,00	OT	69,00	45,00	-99,00	-99,00	-99,00
G11	873,80	976,60	68,00	OT	68,00	46,70	-99,00	-99,00	-99,00
G12	925,10	983,00	66,00	OT	66,00	47,00	-99,00	-99,00	-99,00
G13	962,90	968,00	80,00	OT	80,00	50,60	-99,00	-99,00	-99,00
G14	986,00	955,00	71,00	OT	71,00	50,30	-99,00	-99,00	-99,00
G15	1060,80	995,30	78,00	OT	78,00	46,80	-99,00	-99,00	-99,00
G16	1108,80	1004,60	82,00	OT	82,00	36,10	-99,00	-99,00	-99,00
G17	1153,80	952,40	75,00	OT	75,00	46,20	-99,00	-99,00	-99,00
G18	1194,50	982,90	81,00	OT	81,00	36,90	-99,00	-99,00	-99,00
G2	1002,60	1034,20	73,00	OT	73,00	29,70	-99,00	-99,00	-99,00
G20	1074,60	966,40	72,00	OT	72,00	42,50	-99,00	-99,00	-99,00
G21	1122,40	962,40	71,00	OT	71,00	36,40	-99,00	-99,00	-99,00
G22	1205,20	974,10	81,00	OT	81,00	49,60	-99,00	-99,00	-99,00
G23	1261,90	963,50	78,00	OT	78,00	51,30	-99,00	-99,00	-99,00
G24	1077,50	925,70	81,00	OT	81,00	42,00	-99,00	-99,00	-99,00
G25	1193,90	879,30	80,00	OT	80,00	51,90	-99,00	-99,00	-99,00
G26	1206,10	914,50	80,00	OT	80,00	50,00	-99,00	-99,00	-99,00
G27	1273,60	946,80	79,00	OT	79,00	53,40	-99,00	-99,00	-99,00

**Ek-A'nın devamı**

G28	1023,30	959,70	74,00	OT	74,00	49,90	-99,00	-99,00	-99,00
G3	914,40	987,00	66,00	OT	66,00	46,00	-99,00	-99,00	-99,00
G4	934,90	1013,40	65,00	OT	65,00	43,00	-99,00	-99,00	-99,00
G5	869,20	1027,50	73,00	OT	73,00	41,50	-99,00	-99,00	-99,00
G6	847,30	1029,40	74,00	OT	74,00	38,00	-99,00	-99,00	-99,00
G7	839,80	1055,00	77,00	OT	77,00	32,50	-99,00	-99,00	-99,00
G8	733,10	1295,30	59,00	OT	59,00	33,60	-99,00	-99,00	-99,00
G9	798,30	1037,80	73,00	OT	73,00	42,70	-99,00	-99,00	-99,00
KB1	789,40	1378,20	58,00	OT	58,00	41,00	-99,00	-99,00	-99,00
KB2	831,80	1383,60	69,00	OT	69,00	43,00	-99,00	-99,00	-99,00
KB3	800,90	1386,00	65,00	OT	65,00	40,60	-99,00	-99,00	-99,00
KB4	930,70	1342,20	62,00	OT	62,00	43,70	-99,00	-99,00	-99,00
KB5	967,50	1312,50	59,00	OT	59,00	42,70	-99,00	-99,00	-99,00
KB6	997,00	1348,30	63,00	OT	63,00	42,00	-99,00	-99,00	-99,00
KB7	1054,80	1335,60	69,00	OT	69,00	41,60	-99,00	-99,00	-99,00
KB8	961,50	1248,30	59,00	OT	59,00	43,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD1	1378,40	1473,00	66,00	OT	66,00	48,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD10	1552,00	1480,40	61,00	OT	61,00	51,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD11	1527,50	1499,90	69,00	OT	69,00	50,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD12	1510,10	1507,20	69,00	OT	69,00	50,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD13	1520,00	1510,40	69,00	OT	69,00	50,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD14	1494,30	1512,90	69,00	OT	69,00	54,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD15	1507,90	1515,50	69,00	OT	69,00	50,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD16	1407,90	1502,90	75,00	OT	75,00	47,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD17	1465,10	1514,50	79,00	OT	79,00	50,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD18	1341,00	1487,50	62,00	OT	62,00	35,10	-99,00	-99,00	-99,00
KD2	1309,10	1497,30	62,00	OT	62,00	35,10	-99,00	-99,00	-99,00
KD3	1406,20	1519,80	75,00	OT	75,00	47,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD4	1458,80	1503,90	75,00	OT	75,00	53,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD5	1428,90	1423,20	62,00	OT	62,00	50,50	-99,00	-99,00	-99,00
KD6	1560,10	1507,70	64,00	OT	64,00	50,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD7	1556,00	1499,10	65,00	OT	65,00	50,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD8	1554,00	1485,00	62,00	OT	62,00	50,00	-99,00	-99,00	-99,00
KD9	1553,90	1491,10	62,00	OT	62,00	50,00	-99,00	-99,00	-99,00
M1	1197,00	1400,00	76,00	OT	76,00	47,70	-99,00	-99,00	-99,00
M10	1319,00	1230,90	72,00	OT	72,00	35,00	-99,00	-99,00	-99,00
M11	1231,70	1141,20	83,00	OT	83,00	32,30	-99,00	-99,00	-99,00
M12	1180,90	1077,20	78,00	OT	78,00	29,00	-99,00	-99,00	-99,00
M13	1123,50	1093,00	75,00	OT	75,00	33,60	-99,00	-99,00	-99,00
M14	1165,00	1052,70	82,00	OT	82,00	32,50	-99,00	-99,00	-99,00
M15	1235,70	1205,20	85,00	OT	85,00	42,90	-99,00	-99,00	-99,00
M16	1307,60	1275,30	71,00	OT	71,00	46,00	-99,00	-99,00	-99,00
M17	1316,70	1303,40	60,00	OT	60,00	46,90	-99,00	-99,00	-99,00
M18	1342,20	1390,20	77,00	OT	77,00	52,90	-99,00	-99,00	-99,00
M19	1218,20	1286,60	76,00	OT	76,00	45,50	-99,00	-99,00	-99,00
M2	1337,10	1047,40	79,00	OT	79,00	33,30	-99,00	-99,00	-99,00
M20	1082,80	1107,40	70,00	OT	70,00	28,40	-99,00	-99,00	-99,00
M21	1229,20	1344,30	60,00	OT	60,00	44,60	-99,00	-99,00	-99,00
M22	1250,60	1388,70	77,00	OT	77,00	46,50	-99,00	-99,00	-99,00
M23	1289,70	1442,60	77,00	OT	77,00	49,50	-99,00	-99,00	-99,00

**Ek-A'nın devamı**

M24	1134,80	1259,70	66,00	OT	66,00	44,20	-99,00	-99,00	-99,00
M25	1100,00	1195,10	59,00	OT	59,00	25,70	-99,00	-99,00	-99,00
M26	1074,40	1155,80	61,00	OT	61,00	39,90	-99,00	-99,00	-99,00
M27	1025,50	1107,00	62,00	OT	62,00	23,90	-99,00	-99,00	-99,00
M28	1018,40	1052,00	67,00	OT	67,00	22,80	-99,00	-99,00	-99,00
M29	949,60	1084,10	76,00	OT	76,00	20,10	-99,00	-99,00	-99,00
M3	1321,50	1161,20	80,00	OT	80,00	25,90	-99,00	-99,00	-99,00
M30	944,20	1030,10	65,00	OT	65,00	31,80	-99,00	-99,00	-99,00
M31	1010,00	1135,00	71,00	OT	71,00	28,70	-99,00	-99,00	-99,00
M32	1086,40	1203,10	71,00	OT	71,00	34,10	-99,00	-99,00	-99,00
M33	1071,00	1230,10	61,00	OT	61,00	40,00	-99,00	-99,00	-99,00
M34	1104,90	1410,90	74,00	OT	74,00	49,90	-99,00	-99,00	-99,00
M35	1231,60	1445,60	76,00	OT	76,00	46,20	-99,00	-99,00	-99,00
M36	1006,70	1221,20	58,00	OT	58,00	33,70	-99,00	-99,00	-99,00
M37	965,20	1174,50	64,00	OT	64,00	27,00	-99,00	-99,00	-99,00
M38	966,80	1120,90	67,00	OT	67,00	20,00	-99,00	-99,00	-99,00
M39	932,10	1175,30	63,00	OT	63,00	23,00	-99,00	-99,00	-99,00
M4	1257,60	1021,10	77,00	OT	77,00	34,60	-99,00	-99,00	-99,00
M40	930,20	1193,00	61,00	OT	61,00	22,40	-99,00	-99,00	-99,00
M41	917,50	1195,50	63,00	OT	63,00	33,20	-99,00	-99,00	-99,00
M42	902,90	1211,30	62,00	OT	62,00	31,70	-99,00	-99,00	-99,00
M43	872,50	1223,30	62,00	OT	62,00	32,30	-99,00	-99,00	-99,00
M44	833,20	1133,30	77,00	OT	77,00	29,20	-99,00	-99,00	-99,00
M45	839,70	1101,00	78,00	OT	78,00	27,30	-99,00	-99,00	-99,00
M46	759,90	1185,20	79,00	OT	79,00	33,40	-99,00	-99,00	-99,00
M47	727,10	1212,90	81,00	OT	81,00	34,50	-99,00	-99,00	-99,00
M48	741,80	1305,10	59,00	OT	59,00	40,00	-99,00	-99,00	-99,00
M49	777,00	1300,00	65,00	OT	65,00	49,50	-99,00	-99,00	-99,00
M5	1275,10	1068,80	81,00	OT	81,00	34,00	-99,00	-99,00	-99,00
M50	747,60	1347,40	50,00	OT	50,00	27,60	-99,00	-99,00	-99,00
M51	814,20	1247,60	64,00	OT	64,00	57,00	-99,00	-99,00	-99,00
M52	847,00	1302,10	71,00	OT	71,00	44,00	-99,00	-99,00	-99,00
M53	1034,30	1371,70	68,00	OT	68,00	41,50	-99,00	-99,00	-99,00
M54	1050,80	1413,60	65,00	OT	65,00	42,80	-99,00	-99,00	-99,00
M55	1019,50	1425,20	59,00	OT	59,00	25,80	-99,00	-99,00	-99,00
M56	971,20	1405,50	69,00	OT	69,00	42,60	-99,00	-99,00	-99,00
M57	943,80	1384,50	70,00	OT	70,00	31,50	-99,00	-99,00	-99,00
M58	945,60	1414,40	51,00	OT	51,00	32,10	-99,00	-99,00	-99,00
M59	904,70	1421,80	48,00	OT	48,00	20,10	-99,00	-99,00	-99,00
M6	1430,70	1245,10	68,00	OT	68,00	33,40	-99,00	-99,00	-99,00
M60	873,30	1410,70	48,00	OT	48,00	45,00	-99,00	-99,00	-99,00
M61	797,00	1438,10	52,00	OT	52,00	20,50	-99,00	-99,00	-99,00
M7	1437,50	1256,00	67,00	OT	67,00	32,00	-99,00	-99,00	-99,00
M8	1415,80	1266,40	68,00	OT	68,00	34,40	-99,00	-99,00	-99,00
M9	1361,50	1284,60	60,00	OT	60,00	46,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN1	1180,40	900,00	78,00	OT	78,00	57,50	-99,00	-99,00	-99,00
YN10	1100,00	1050,00	76,00	OT	76,00	27,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN11	1364,10	1050,00	78,00	OT	78,00	32,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN12	800,00	1100,00	74,00	OT	74,00	30,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN13	1222,80	1100,00	81,00	OT	81,00	28,00	-99,00	-99,00	-99,00

**Ek-A'nın devamı**

YN14	740,40	1150,00	72,00	OT	72,00	31,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN15	898,10	1150,00	70,00	OT	70,00	28,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN16	1142,10	1150,00	73,00	OT	73,00	40,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN17	1368,40	1150,00	76,00	OT	76,00	26,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN18	692,40	1200,00	72,00	OT	72,00	36,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN19	815,70	1200,00	70,00	OT	70,00	32,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN2	1222,26	900,00	81,00	OT	81,00	49,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN20	967,70	1200,00	60,00	OT	60,00	30,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN21	1165,90	1200,00	73,00	OT	73,00	22,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN22	1258,90	1200,00	82,00	OT	82,00	48,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN23	765,00	1250,00	70,00	OT	70,00	53,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN24	883,30	1250,00	67,00	OT	67,00	57,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN25	1019,90	1250,00	62,00	OT	62,00	42,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN26	1234,20	1250,00	79,00	OT	79,00	40,10	-99,00	-99,00	-99,00
YN27	1448,60	1250,00	69,00	OT	69,00	35,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN28	712,50	1300,00	60,00	OT	60,00	30,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN29	1098,50	1300,00	70,00	OT	70,00	44,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN3	906,06	950,00	79,00	OT	79,00	53,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN30	1388,70	1300,00	64,00	OT	64,00	46,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN31	666,90	1350,00	59,00	OT	59,00	26,50	-99,00	-99,00	-99,00
YN32	840,00	1350,00	70,00	OT	70,00	44,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN33	1146,00	1350,00	71,00	OT	71,00	43,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN34	1299,00	1350,00	66,00	OT	66,00	45,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN35	730,30	1400,00	53,00	OT	53,00	25,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN36	1484,40	1400,00	66,00	OT	66,00	50,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN37	784,00	1450,00	50,00	OT	50,00	20,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN38	912,30	1450,00	48,00	OT	48,00	20,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN39	1127,40	1450,00	62,00	OT	62,00	31,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN4	1286,60	950,00	80,00	OT	80,00	57,80	-99,00	-99,00	-99,00
YN40	1428,00	1450,00	67,00	OT	67,00	50,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN41	1280,60	1500,00	63,00	OT	63,00	35,10	-99,00	-99,00	-99,00
YN42	1480,50	1500,00	66,00	OT	66,00	50,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN43	1568,00	1500,00	62,00	OT	62,00	50,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN5	840,10	1000,00	71,00	OT	71,00	48,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN6	994,80	1000,00	75,00	OT	75,00	46,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN7	1276,00	1000,00	77,00	OT	77,00	35,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN8	782,30	1050,00	75,00	OT	75,00	46,00	-99,00	-99,00	-99,00
YN9	906,80	1050,00	72,00	OT	72,00	36,00	-99,00	-99,00	-99,00

\*: OT=Örtü tabakası, KU=Üst Kömür, AK=Ara kesme, KA= Alt kömür



**Ek-B Çalışma Sahası Topoğrafya Verileri**

NOKTA	X	Y	Z
90-1	273,9	1238,2	90
90-2	279,0	1273,0	90
90-3	287,0	1307,0	90
90-4	298,0	1340,0	90
90-5	313,0	1373,0	90
90-6	330,0	1406,0	90
90-7	351,0	1437,0	90
90-8	374,0	1468,0	90
90-9	401,0	1497,0	90
90-10	430,0	1526,0	90
90-11	461,0	1553,0	90
90-12	496,0	1579,0	90
90-13	532,0	1603,0	90
90-14	571,0	1626,0	90
90-15	612,0	1647,0	90
90-16	655,0	1667,0	90
90-17	699,0	1684,0	90
90-18	746,0	1700,0	90
90-19	793,0	1713,0	90
90-20	842,0	1725,0	90
90-21	892,0	1735,0	90
90-22	942,0	1742,0	90
90-23	993,0	1748,0	90
90-24	1045,0	1751,0	90
90-25	1096,0	1752,0	90
90-26	1148,0	1751,0	90
90-27	1200,0	1748,0	90
90-28	1251,0	1742,0	90
90-29	1301,0	1735,0	90
90-30	1351,0	1725,0	90
90-31	1400,0	1713,0	90
90-32	1447,0	1700,0	90
90-33	1494,0	1684,0	90
90-34	1538,0	1667,0	90
90-35	1581,0	1647,0	90
90-36	1622,0	1626,0	90
90-37	1661,0	1603,0	90
90-38	1697,0	1579,0	90
90-39	1731,0	1553,0	90
90-40	1763,0	1526,0	90
90-41	1792,0	1497,0	90
90-42	1819,0	1468,0	90
90-43	1842,0	1437,0	90
90-44	1863,0	1406,0	90
90-45	1880,0	1373,0	90
90-46	1895,0	1340,0	90
90-47	1906,0	1307,0	90
90-48	1914,0	1273,0	90
90-49	1919,0	1238,0	90

**Ek-B'nin devamı**

90-50	1921,0	1204,0	90
90-51	1919,0	1169,0	90
90-52	1914,0	1135,0	90
90-53	1906,0	1101,0	90
90-54	1895,0	1068,0	90
90-55	1880,0	1034,0	90
90-56	1863,0	1002,0	90
90-57	1842,0	970,0	90
90-58	1819,0	940,0	90
90-59	1792,0	910,0	90
90-60	1763,0	882,0	90
90-61	1731,0	854,0	90
90-62	1697,0	829,0	90
90-63	1661,0	804,0	90
90-64	1622,0	782,0	90
90-65	1581,0	760,0	90
90-66	1538,0	741,0	90
90-67	1494,0	724,0	90
90-68	1447,0	708,0	90
90-69	1400,0	694,0	90
90-70	1351,0	683,0	90
90-71	1301,0	673,0	90
90-72	1251,0	665,0	90
90-73	1200,0	660,0	90
90-74	1148,0	657,0	90
90-75	1096,0	656,0	90
90-76	1045,0	657,0	90
90-77	993,0	660,0	90
90-78	942,0	665,0	90
90-79	892,0	673,0	90
90-80	842,0	683,0	90
90-81	793,0	694,0	90
90-82	746,0	708,0	90
90-83	699,0	724,0	90
90-84	655,0	741,0	90
90-85	612,0	760,0	90
90-86	571,0	782,0	90
90-87	532,0	804,0	90
90-88	496,0	829,0	90
90-89	461,0	854,0	90
90-90	430,0	882,0	90
90-91	401,0	910,0	90
90-92	374,0	940,0	90
90-93	351,0	970,0	90
90-94	330,0	1002,0	90
90-95	313,0	1034,0	90
90-96	298,0	1068,0	90
90-97	287,0	1101,0	90
90-98	279,0	1135,0	90
90-99	274,0	1169,0	90

**Ek-B'nin devamı**

90-100	272,0	1204,0	90
75-1	1037,0	1720,0	75
75-2	1065,0	1715,0	75
75-3	1103,0	1721,0	75
75-4	1153,0	1725,0	75
75-5	1200,0	1725,0	75
75-6	1223,0	1709,0	75
75-7	1250,0	1716,0	75
75-8	1304,0	1699,0	75
75-9	1337,0	1704,0	75
75-10	1364,0	1690,0	75
75-11	1399,0	1670,0	75
75-12	1423,0	1676,0	75
75-13	1449,0	1676,0	75
75-14	1491,0	1668,0	75
75-15	1494,0	1650,0	75
75-16	1496,0	1633,0	75
75-17	1489,0	1618,0	75
75-18	1470,0	1604,0	75
75-19	1449,0	1616,0	75
75-20	1409,0	1621,0	75
75-21	1370,0	1621,0	75
75-22	1323,0	1623,0	75
75-23	1293,0	1642,0	75
75-24	1264,0	1642,0	75
75-25	1238,0	1626,0	75
75-26	1200,0	1623,0	75
75-27	1148,0	1621,0	75
75-28	1117,0	1647,0	75
75-29	1079,0	1635,0	75
75-30	1050,0	1623,0	75
75-31	1031,0	1640,0	75
75-32	1050,0	1664,0	75
75-33	1025,0	1689,0	75
75-34	994,0	1721,0	75
58-1	956,0	1673,0	58
58-2	901,0	1675,0	58
58-3	869,0	1659,0	58
58-4	820,0	1659,0	58
58-5	756,0	1643,0	58
58-6	691,0	1614,0	58
58-7	620,0	1594,0	58
58-8	602,0	1558,0	58
58-9	568,0	1544,0	58
58-10	568,0	1503,0	58
58-11	515,0	1491,0	58
58-12	537,0	1449,0	58
58-13	564,0	1402,0	58
58-14	582,0	1351,0	58
58-15	525,0	1323,0	58

**Ek-B'nin devamı**

58-16	479,0	1277,0	58
58-17	499,0	1238,0	58
58-18	475,0	1200,0	58
58-19	471,0	1157,0	58
58-20	491,0	1107,0	58
58-21	497,0	1044,0	58
58-22	562,0	1016,0	58
58-23	590,0	1022,0	58
58-24	598,0	1056,0	58
58-25	600,0	1095,0	58
58-26	624,0	1125,0	58
58-27	615,0	1159,0	58
58-28	607,0	1199,0	58
58-29	596,0	1235,0	58
58-30	599,0	1259,0	58
58-31	589,0	1283,0	58
58-32	601,0	1323,0	58
58-33	606,0	1366,0	58
58-34	562,0	1436,0	58
58-35	596,0	1473,0	58
58-36	618,0	1519,0	58
58-37	661,0	1558,0	58
58-38	709,0	1578,0	58
58-39	752,0	1604,0	58
58-40	810,0	1612,0	58
58-41	851,0	1624,0	58
58-42	905,0	1627,0	58
58-43	944,0	1641,0	58
58-44	986,0	1627,0	58
58-45	988,0	1663,0	58
58-46	958,0	1675,0	58
60-1	1502,0	1582,0	61
60-2	1532,0	1555,0	61
60-3	1550,0	1543,0	61
60-4	1564,0	1519,0	61
60-5	1569,0	1473,0	61
60-6	1587,0	1445,0	61
60-7	1635,0	1492,0	61
60-8	1654,0	1498,0	61
60-9	1673,0	1510,0	61
60-10	1695,0	1504,0	61
60-11	1716,0	1492,0	61
60-12	1716,0	1512,0	61
60-13	1707,0	1531,0	61
60-14	1688,0	1535,0	61
60-15	1662,0	1539,0	61
60-16	1654,0	1551,0	61
60-17	1633,0	1562,0	61
60-18	1605,0	1569,0	61
60-19	1584,0	1581,0	61

**Ek-B'nin devamı**

60-20	1566,0	1604,0	61
60-21	1556,0	1616,0	61
60-22	1539,0	1624,0	61
60-23	1523,0	1620,0	61
60-24	1510,0	1610,0	61
70-7	1484,0	1134,0	70
70-8	1449,0	1059,0	70
70-11	1533,0	1016,0	70
70-12	1550,0	1019,0	70
70-13	1560,0	1087,0	70
70-14	1587,0	1122,0	70
70-15	1619,0	1155,0	70
70-16	1626,0	1205,0	70
70-17	1630,0	1248,0	70
70-18	1642,0	1281,0	70
70-19	1658,0	1326,0	70
70-20	1673,0	1362,0	70
70-21	1698,0	1388,0	70
70-22	1702,0	1424,0	70
70-23	1698,0	1471,0	70
85-1	1727,0	1460,0	79
85-2	1773,0	1460,0	85
85-3	1791,0	1468,0	85
85-4	1814,0	1446,0	85
85-5	1840,0	1410,0	85
85-6	1866,0	1361,0	85
85-7	1890,0	1298,0	85
85-8	1899,0	1230,0	85
85-9	1905,0	1179,0	85
85-10	1901,0	1131,0	85
85-11	1884,0	1066,0	85
85-12	1852,0	1033,0	85
85-13	1812,0	979,0	85
85-14	1789,0	945,0	85
85-15	1757,0	908,0	85
85-16	1700,0	864,0	85
85-17	1648,0	823,0	85
85-18	1605,0	807,0	85
85-19	1573,0	819,0	79
85-20	1577,0	841,0	79
85-21	1579,0	864,0	79
85-22	1579,0	922,0	79
85-23	1573,0	953,0	79
85-24	1573,0	1013,0	79
85-25	1581,0	1072,0	79
85-26	1609,0	1108,0	79
85-27	1632,0	1141,0	79
85-28	1652,0	1183,0	79
85-29	1648,0	1232,0	79
85-30	1660,0	1288,0	79

**Ek-B'nin devamı**

85-31	1690,0	1339,0	79
85-32	1723,0	1379,0	79
85-33	1721,0	1424,0	79
60/1	1688,0	1169,0	60
60/2	1692,0	1205,0	60
60/3	1692,0	1266,0	60
60/4	1719,0	1300,0	60
60/5	1747,0	1357,0	60
60/6	1757,0	1412,0	60
60/7	1795,0	1424,0	60
60/8	1810,0	1393,0	60
60/9	1822,0	1365,0	60
60/10	1812,0	1331,0	60
60/11	1832,0	1282,0	60
60/12	1854,0	1260,0	60
60/13	1860,0	1209,0	60
60/14	1862,0	1165,0	60
60/15	1854,0	1127,0	60
60/16	1838,0	1082,0	60
60/17	1820,0	1044,0	60
60/18	1805,0	1011,0	60
60/19	1775,0	983,0	60
60/20	1759,0	959,0	60
60/21	1716,0	924,0	60
60/22	1674,0	886,0	60
60/23	1638,0	862,0	60
60/24	1634,0	894,0	60
60/25	1642,0	953,0	60
60/26	1625,0	995,0	60
60/27	1628,0	1042,0	60
60/28	1662,0	1072,0	60
60/29	1662,0	1104,0	60
60/30	1676,0	1133,0	60
40-1	1723,0	1116,0	40
40-2	1745,0	1203,0	40
40-3	1731,0	1246,0	40
40-4	1755,0	1274,0	40
40-7	1793,0	1286,0	40
40-8	1818,0	1258,0	40
40-9	1822,0	1216,0	40
40-10	1828,0	1169,0	40
40-11	1826,0	1114,0	40
40-12	1799,0	1072,0	40
40-13	1767,0	1023,0	40
40-14	1741,0	983,0	40
40-15	1700,0	969,0	40
40-16	1664,0	1007,0	40
40-17	1686,0	1042,0	40
40-18	1706,0	1088,0	40
40-19	1749,0	1155,0	40

**Ek-B'nin devamı**

40-20	1681,0	985,0	40
40-21	1779,0	1047,0	40
40-22	1825,0	1138,0	40
40-23	1825,0	1191,0	40
40-24	1770,0	1300,0	40
62-1	647,0	1057,0	62
62-2	673,0	1009,0	62
62-3	709,0	964,0	62
62-4	747,0	926,0	62
62-5	792,0	885,0	62
62-6	839,0	878,0	62
62-7	899,0	851,0	62
62-8	941,0	831,0	62
62-9	979,0	825,0	62
62-10	1052,0	813,0	62
62-11	1134,0	796,0	62
62-12	1208,0	790,0	62
62-13	1279,0	804,0	62
62-14	1330,0	847,0	62
62-15	1365,0	890,0	62
62-16	1398,0	949,0	62
62-17	1425,0	1005,0	62
62-18	1434,0	1007,0	62
62-19	1445,0	1034,0	62
62-20	1483,0	1045,0	62
62-21	1484,0	1019,0	62
62-22	1477,0	990,0	62
62-23	1479,0	955,0	62
62-24	1472,0	930,0	62
62-25	1458,0	898,0	62
62-26	1445,0	858,0	62
62-27	1422,0	823,0	62
62-28	1398,0	801,0	62
62-29	1369,0	767,0	62
62-30	1286,0	740,0	62
62-31	1251,0	728,0	62
62-32	1211,0	743,0	62
62-33	1139,0	754,0	62
62-34	1104,0	773,0	62
62-35	1047,0	790,0	62
62-36	979,0	798,0	62
62-37	895,0	797,0	62
62-38	833,0	812,0	62
62-39	798,0	855,0	62
62-40	747,0	868,0	62
62-41	709,0	897,0	62
62-42	685,0	935,0	62
62-43	643,0	961,0	62
62-44	634,0	999,0	62
62-45	614,0	1037,0	62

**Ek-B'nin devamı**

39-1	1778,0	1264,0	39
39-2	1714,0	986,0	39
39-3	1777,0	1153,0	39
G1	855,7	1045,0	77
G10	898,7	999,3	69
G11	873,8	976,6	68
G12	925,1	983,0	66
G13	962,9	968,0	80
G14	986,0	955,0	71
G15	1060,8	995,3	78
G16	1108,8	1004,6	82
G17	1153,8	952,4	75
G18	1194,5	982,9	81
G2	1002,6	1034,2	73
G20	1074,6	966,4	72
G21	1122,4	962,4	71
G22	1205,2	974,1	81
G23	1261,9	963,5	78
G24	1077,5	925,7	81
G25	1193,9	879,3	80
G26	1206,1	914,5	80
G27	1273,6	946,8	79
G28	1023,3	959,7	74
G3	914,4	987,0	66
G4	934,9	1013,4	65
G5	869,2	1027,5	73
G6	847,3	1029,4	74
G7	839,8	1055,0	77
G8	733,1	1295,3	59
G9	798,3	1037,8	73
KB1	789,4	1378,2	58
KB2	831,8	1383,6	69
KB3	800,9	1386,0	65
KB4	930,7	1342,2	62
KB5	967,5	1312,5	59
KB6	997,0	1348,3	63
KB7	1054,8	1335,6	69
KB8	961,5	1248,3	59
KD1	1378,4	1473,0	66
KD10	1552,0	1480,4	61
KD11	1527,5	1499,9	69
KD12	1510,1	1507,2	69
KD13	1520,0	1510,4	69
KD14	1494,3	1512,9	69
KD15	1507,9	1515,5	69
KD16	1407,9	1502,9	75
KD17	1465,1	1514,5	79
KD18	1341,0	1487,5	62
KD2	1309,1	1497,3	62
KD3	1406,2	1519,8	75



**Ek-B'nin devamı**

KD4	1458,8	1503,9	75
KD5	1428,9	1423,2	62
KD6	1560,1	1507,7	64
KD7	1556,0	1499,1	65
KD8	1554,0	1485,0	62
KD9	1553,9	1491,1	62
M1	1197,0	1400,0	76
M10	1319,0	1230,9	72
M11	1231,7	1141,2	83
M12	1180,9	1077,2	78
M13	1123,5	1093,0	75
M14	1165,0	1052,7	82
M15	1235,7	1205,2	85
M16	1307,6	1275,3	71
M17	1316,7	1303,4	60
M18	1342,2	1390,2	77
M19	1218,2	1286,6	76
M2	1337,1	1047,4	79
M20	1082,8	1107,4	70
M21	1229,2	1344,3	60
M22	1250,6	1388,7	77
M23	1289,7	1442,6	77
M24	1134,8	1259,7	66
M25	1100,0	1195,1	59
M26	1074,4	1155,8	61
M27	1025,5	1107,0	62
M28	1018,4	1052,0	67
M29	949,6	1084,1	76
M3	1321,5	1161,2	80
M30	944,2	1030,1	65
M31	1010,0	1135,0	71
M32	1086,4	1203,1	71
M33	1071,0	1230,1	61
M34	1104,9	1410,9	74
M35	1231,6	1445,6	76
M36	1006,7	1221,2	58
M37	965,2	1174,5	64
M38	966,8	1120,9	67
M39	932,1	1175,3	63
M4	1257,6	1021,1	77
M40	930,2	1193,0	61
M41	917,5	1195,5	63
M42	902,9	1211,3	62
M43	872,5	1223,3	62
M44	833,2	1133,3	77
M45	839,7	1101,0	78
M46	759,9	1185,2	79
M47	727,1	1212,9	81
M48	741,8	1305,1	59
M49	777,0	1300,0	65

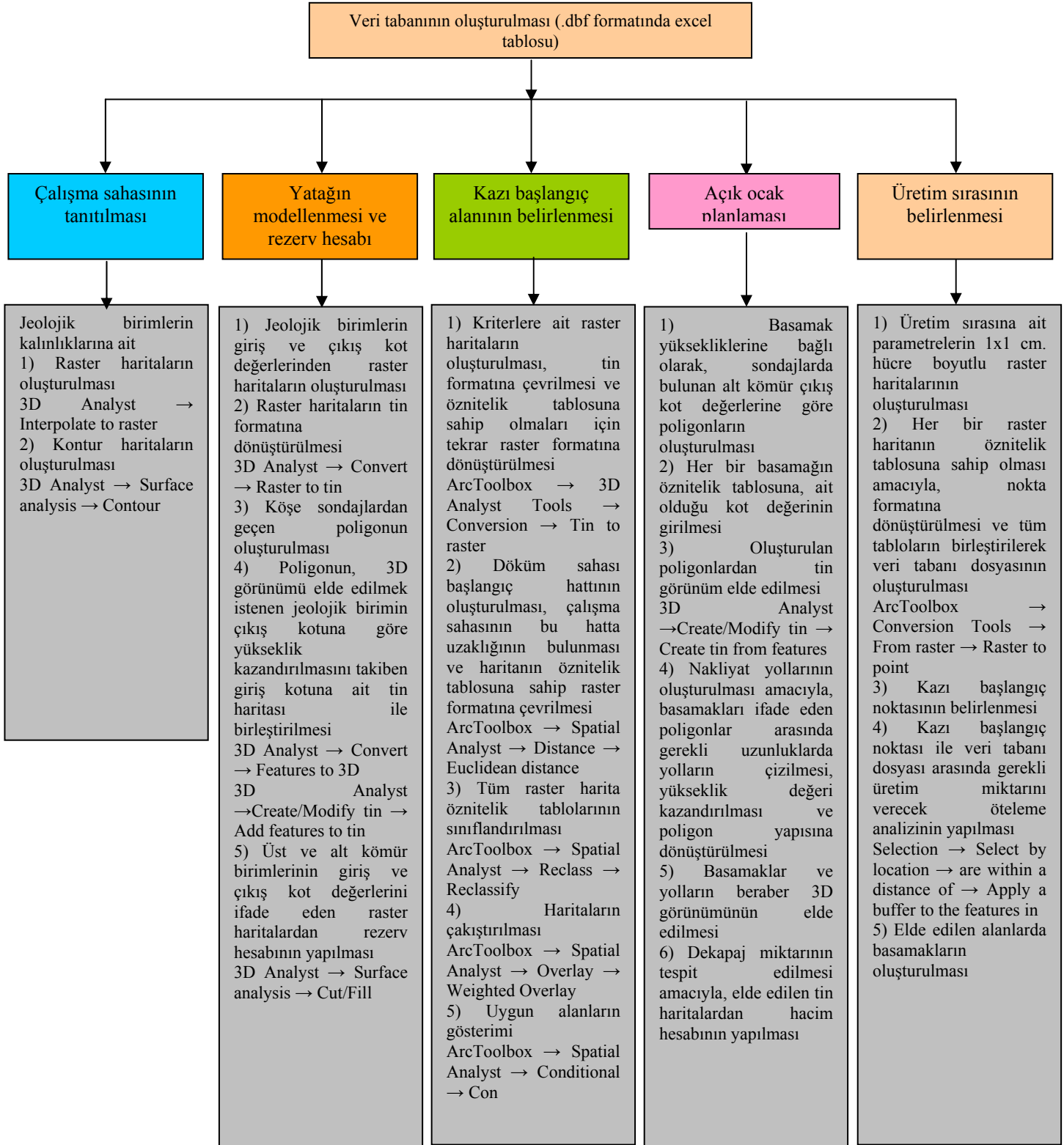
**Ek-B'nin devamı**

M5	1275,1	1068,8	81
M50	747,6	1347,4	50
M51	814,2	1247,6	64
M52	847,0	1302,1	71
M53	1034,3	1371,7	68
M54	1050,8	1413,6	65
M55	1019,5	1425,2	59
M56	971,2	1405,5	69
M57	943,8	1384,5	70
M58	945,6	1414,4	51
M59	904,7	1421,8	48
M6	1430,7	1245,1	68
M60	873,3	1410,7	48
M61	797,0	1438,1	52
M7	1437,5	1256,0	67
M8	1415,8	1266,4	68
M9	1361,5	1284,6	60
YN1	1180,4	900,0	78
YN10	1100,0	1050,0	76
YN11	1364,1	1050,0	78
YN12	800,0	1100,0	74
YN13	1222,8	1100,0	81
YN14	740,4	1150,0	72
YN15	898,1	1150,0	70
YN16	1142,1	1150,0	73
YN17	1368,4	1150,0	76
YN18	692,4	1200,0	72
YN19	815,7	1200,0	70
YN2	1222,3	900,0	81
YN20	967,7	1200,0	60
YN21	1165,9	1200,0	73
YN22	1258,9	1200,0	82
YN23	765,0	1250,0	70
YN24	883,3	1250,0	67
YN25	1019,9	1250,0	62
YN26	1234,2	1250,0	79
YN27	1448,6	1250,0	69
YN28	712,5	1300,0	60
YN29	1098,5	1300,0	70
YN3	906,1	950,0	79
YN30	1388,7	1300,0	64
YN31	666,9	1350,0	59
YN32	840,0	1350,0	70
YN33	1146,0	1350,0	71
YN34	1299,0	1350,0	66
YN35	730,3	1400,0	53
YN36	1484,4	1400,0	66
YN37	784,0	1450,0	50
YN38	912,3	1450,0	48
YN39	1127,4	1450,0	62

**Ek-B'nin devamı**

YN4	1286,6	950,0	80
YN40	1428,0	1450,0	67
YN41	1280,6	1500,0	63
YN42	1480,5	1500,0	66
YN43	1568,0	1500,0	62
YN5	840,1	1000,0	71
YN6	994,8	1000,0	75
YN7	1276,0	1000,0	77
YN8	782,3	1050,0	75
YN9	906,8	1050,0	72

## Ek-C ArcInfo Yazılımı ile Yapılan Açık Ocak Üretim Planlaması İşlem Adımları



## **ÖZGEÇMİŞ**

1976 yılında doğan Tansel DOĞAN, ilk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamlamıştır. 1993 yılında İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'ne girmiştir. 1997 yılında mezun olan Tansel DOĞAN, aynı yıl İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans başlamış ve programı 2001 yılında tamamlamıştır. 1998 yılında İstanbul Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak işe başlayan Tansel DOĞAN, halen görevini sürdürmektedir.