

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİNİN (CBS) REZERV TESPİTİNDE KULLANILABİLİRLİĞİ

USABILITY OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) in RESERVE ESTIMATION

Tansel DOĞAN¹, Murat ÖZKAN², Ümit ÖZER¹, Kerem KAPAR¹,
Ali KAHRİMAN¹, Selamet ERÇELEBİ²

¹ İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, 34320, Avcılar-İSTANBUL

² İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak-İSTANBUL

ÖZ: Coğrafi konuma dayalı çalışmalarda oldukça geniş alanlarda kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS); maden endüstrisindeki teknik uygulamalarda diğer disiplinlere göre daha geride kalmıştır. Bunun en önemli nedeni, CBS'nin detay madencilik çalışmalarında oldukça yeni bir konu olması ve madencilik tasarım ve planlama aşamasında madencilik yazılımlarının daha yaygın olarak kullanılmasıdır. Bu çalışmada, kömür içeren hipotetik bir sahada rezerv hesabının, ilk defa klasik madencilik yazılımlarından farklı olarak bir coğrafi bilgi sistemi yazılımı olan ArcInfo 9 paket program ile yapılabilirliği incelenmiş ve sonuçlar madencilikte geniş kullanım alanı bulan Vulcan (V.7) ve Surfer (V.8) yazılımları ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Çalışmalar sonunda, CBS ile elde edilen sonuçların diğer yazılımlarla elde edilen sonuçlara çok yakın olduğu saptanmış ve rezerv hesap tespitinde CBS'nin kullanılabilirliği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Madencilik, Rezerv hesap , CBS, ArcInfo, Vulcan, Surfer

ABSTRACT: Geographic Information Systems (GIS), a widely used tool in studies of geographically referenced information, is relatively underdeveloped in technical applications of mining industry. The main reason is that not only has GIS been new subject in detail mining studies but also mining software have commonly been used in mine design and planning stages. However, the necessity to use graphic and non-graphic data together at the same time in the most aspects of mining has brought GIS into consideration lately. In this study, reserve calculation of a hypothetical coal field is achieved by using GIS software, namely ArcInfo, for the first time and compared with the results of most common mining software, i.e. Vulcan (v.7) and Surfer (v.8). As a result of these studies, it is determined that results of GIS are very convenient to the results obtained from other software and the usage of GIS in reserve calculation is determined.

Key Words: Mining, Reserve calculation, GIS, ArcInfo, Vulcan, Surfer

GİRİŞ

Madencilik sektörü, diğer tüm sektörler gibi bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerden doğrudan etkilenmektedir. Elle ve hesap makineleriyle yapılan klasik işlerin bilgisayar yardımıyla yapılması sağladığı en büyük yararlar; hesaplama ve çizimlerde hatanın minimuma indirilmesi ve klasik yöntemlerle yapılan hesaplamalara göre daha hızlı ve daha doğru sonuçların alınmasıdır. Maden projesinin bilgisayar destekli olarak planlanması ve modellenmesi sayesinde, sonuca klasik yöntemlere göre daha hızlı ulaşılabileceği gibi çeşitli yeni verilerle güncelleme olanağı da önemli

bir avantaj oluşturmaktadır (Cebesoy, 1995; Selimoğlu, 2004; Özkan, 2006; Özkan ve Erçelebi, 2007).

Konuma dayalı gözlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan (öznitelik) 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; Yomralıoğlu, 2000; Star ve Estes, 1990).

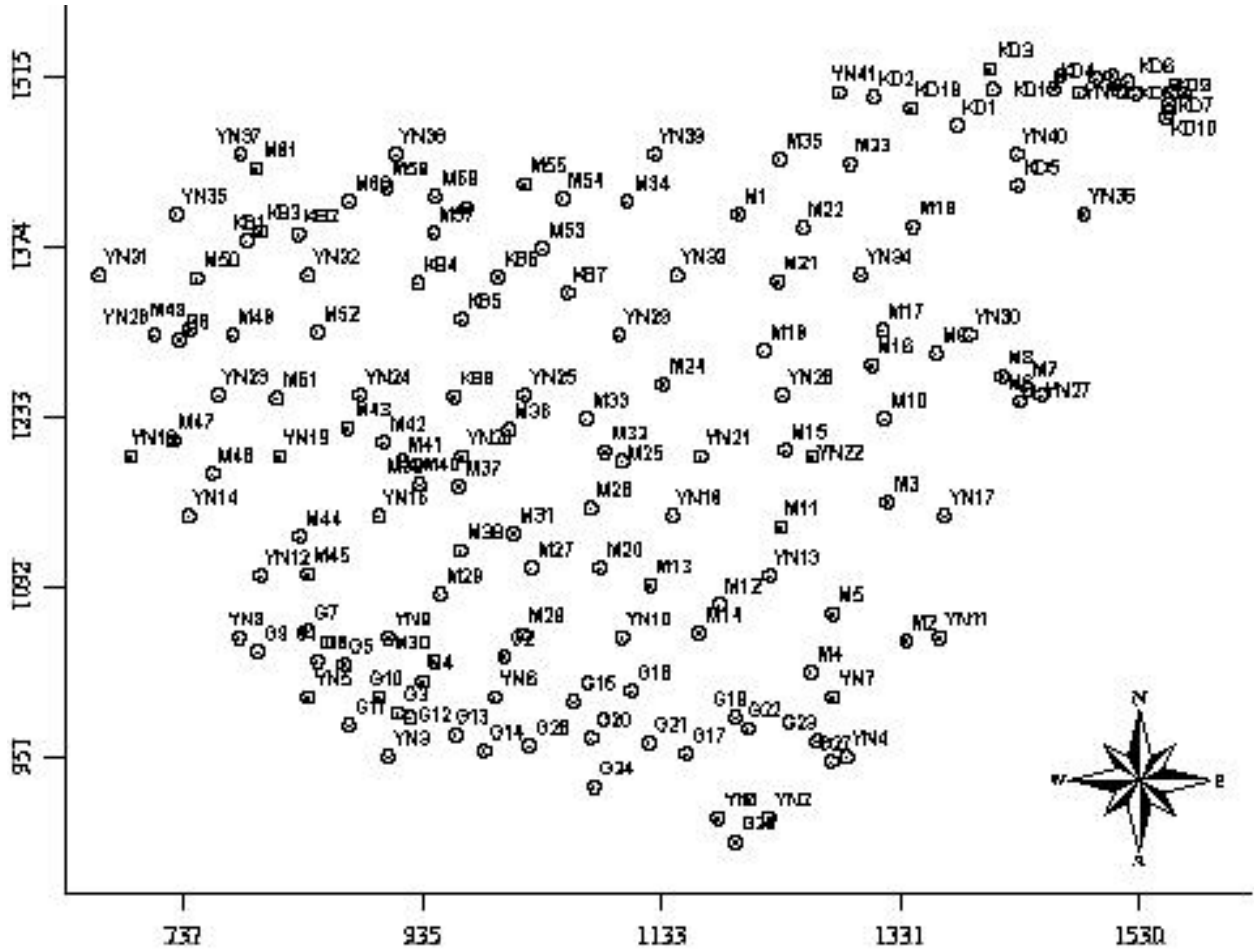
Doğal kaynak yönetiminde oldukça geniş alanlarda kullanılan CBS; maden endüstrisindeki teknik uygulamalarda diğer disiplinlere göre daha geride kalmıştır. Bunun en önemli nedeni, madencilik tasarım ve planlama aşamasında madencilik yazılımlarının daha yaygın olarak kullanılmasıdır. Ancak madencilik hem hemen hemen tüm safhalarında CBS'nin özelliği olan grafik ve öznetelik verilerini aynı anda kullanmaya duyulan ihtiyaç, CBS'nin madencilikte kullanım ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır (Elroi, 1993; Anon, 2002; Düzgün, 2005).

Bu çalışmada, kömür içeren hipotetik bir sahaya ait rezerv hesabının, ilk defa klasik madencilik

yazılımlarından farklı olarak bir coğrafi bilgi sistemi yazılımı olan ArcInfo 9 ile yapılabilirliği incelenmiş ve sonuçlar madencilikte geniş kullanım alanı bulan Vulcan (V.7) ve Surfer (V.8) yazılımları ile elde edilen bulgularla karşılaştırılmıştır.

ÇALIŞMA SAHASINA AİT BİLGİLER

Çalışmaya konu hipotetik sahada örtü tabakası, üst kömür, ara kesme ve alt kömür olmak üzere dört adet jeolojik birim bulunmaktadır. Çalışma sahasındaki 39 hektarlık bir alanda, Şekil 1'de lokasyonları, Şekil 2'de perspektif kesiti verilen toplam 157 adet sondaj yapılmıştır (Doğan, 2007).

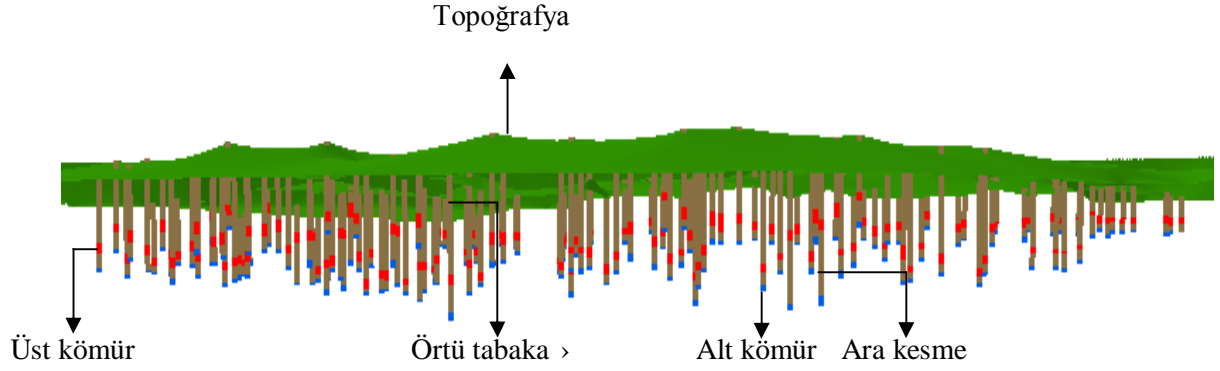


Şekil 1: Sondaj lokasyon haritası

Figure 1: Location map of boreholes

Çalışma sahasının tanımlanması amacıyla ArcInfo yazılımında örtü tabakası, üst kömür, ara kesme, alt kömür kalınlığına ait veriler kullanılarak doğal komşuluk interpolasyon tekniği ile raster (hüresel) haritalar çizilmiştir ve bu haritalar üzerinde eşyükseleli haritaları oluşturulmuştur. Birbirine komşu grid yapıdaki aynı boyutlu hücrelerin bir araya

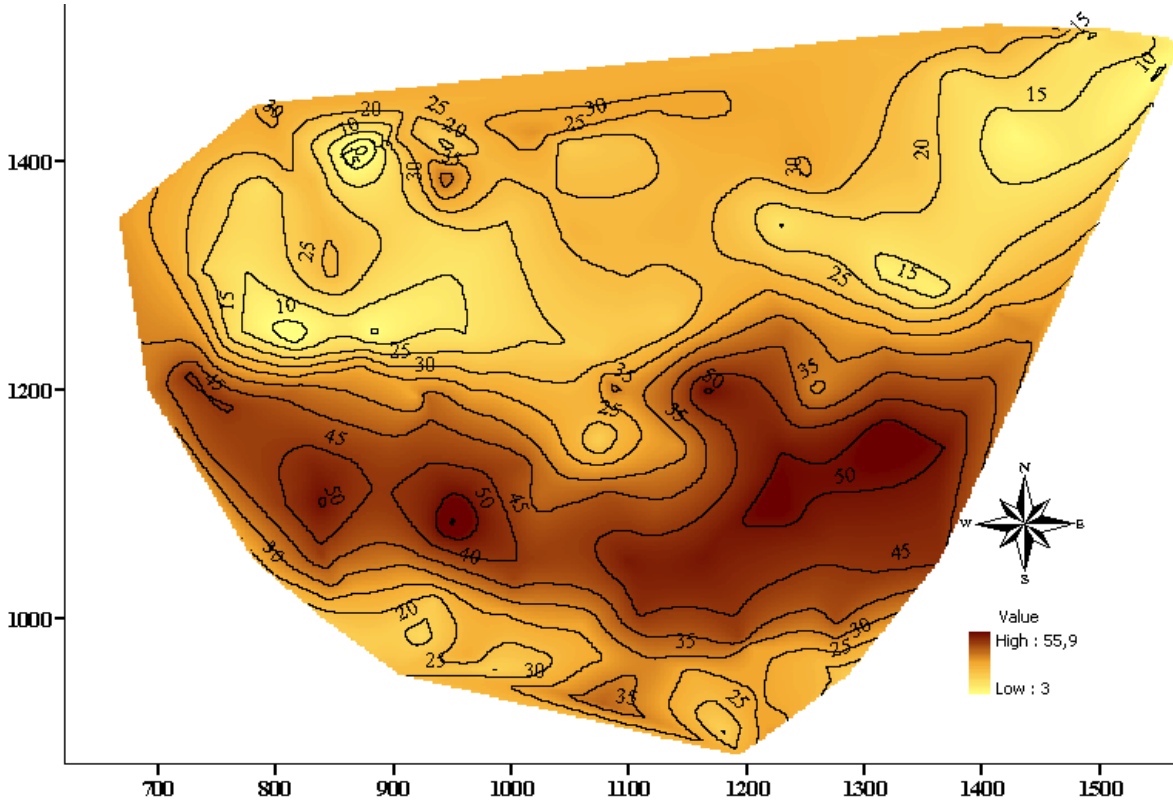
gelmesiyle oluşan raster haritalarda, jeolojik birimlerin daha detaylı analizi ve daha iyi görünümünün elde edilmesi için hücre boyutları yazılıma 1 cm olarak girilmiştir. Kontur haritalarında ise sadece kontur aralıkları ve temel kontur değeri belirlenmiştir. Jeolojik birimlere ait kalınlık yüzey ve kontur haritaları Şekil 3 ile Şekil 6 arasında verilmiştir.



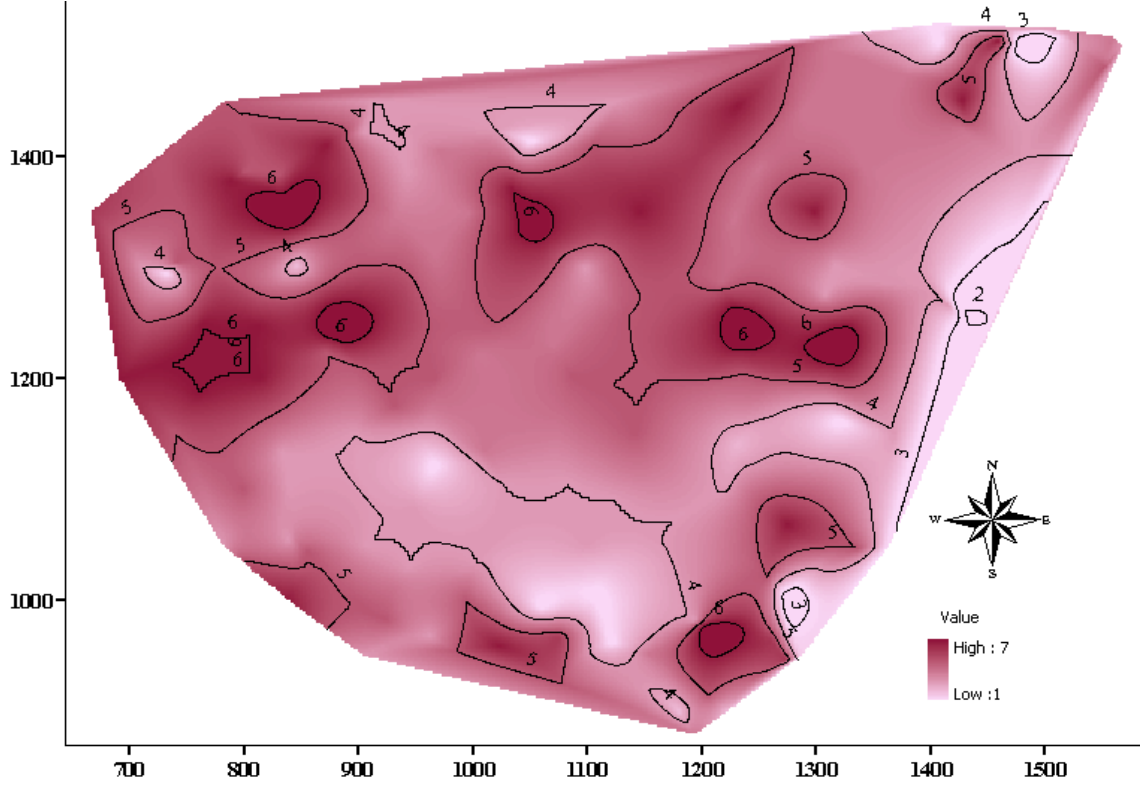
Şekil 2: Sondajların perspektif güneyden kuzeye doğru görünümü
Figure 2: Perspective overview of boreholes in the working area

Üst kömür ile topoğrafya arasında bulunan ve kalınlığı 3-55,9 m arasında değişen örtü tabakası, Şekil 3'de görüldüğü gibi çalışma sahasının orta kesimlerinde en yüksek kalınlıklara ulaşırken, en düşük kalınlıklar sahanın kuzeybatı iç bölgesinde ve kuzeydoğusunda gözlemlenmektedir. Kalınlığı 1-7 m. arasında değişen üst kömür, sahanın kuzeybatı, batı, güneydoğu ve iç kesimlerinde maksimum seviyelere ulaşmaktadır. En düşük üst kömür kalınlığına sahanın doğusunda

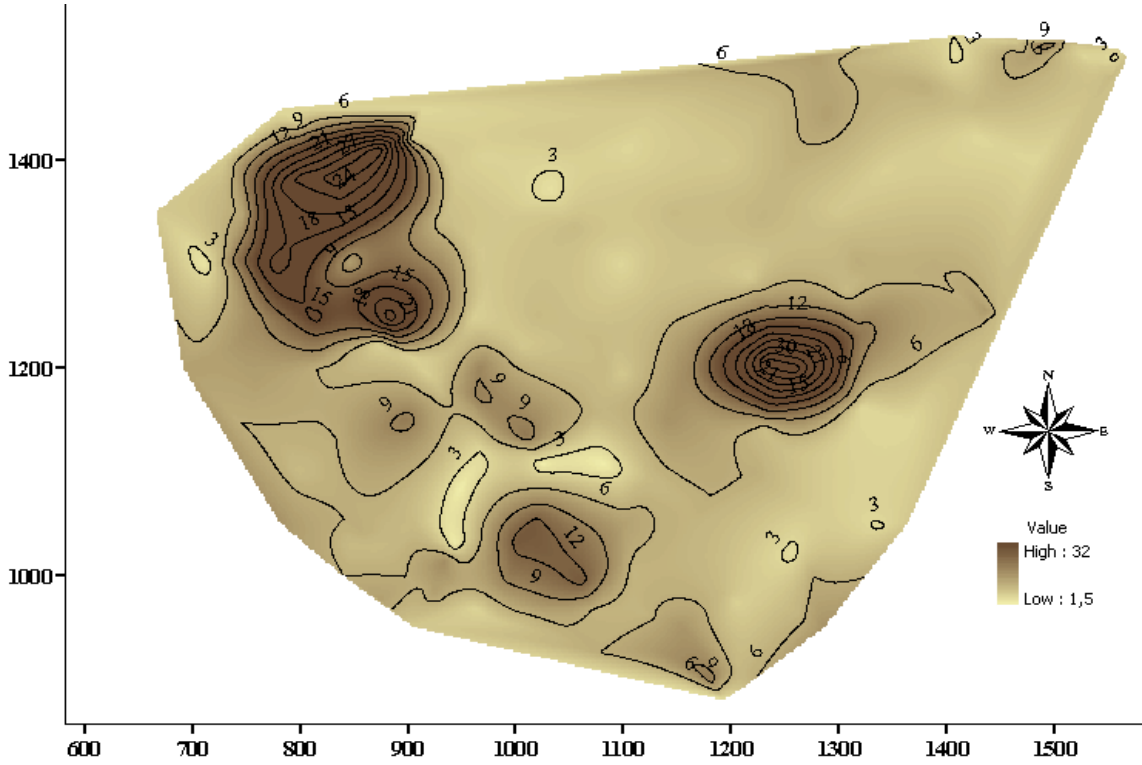
rastlanılmaktadır (Şekil 4). Üst kömür ile alt kömür arasında bulunan ara kesmenin 1,5-32 m arasında değişen kalınlığı, Şekil 5'de görüldüğü gibi çalışma sahasının kuzeybatı ve doğu iç kesimlerinde artan bir yapı göstermektedir. Minimum kalınlığı 1 m., maksimum kalınlığı 5 m. olan alt kömür, sahanın kuzeyinde, batı, güney ve doğu iç kesimlerinde en yüksek kalınlıklara ulaşmaktadır (Şekil 6).



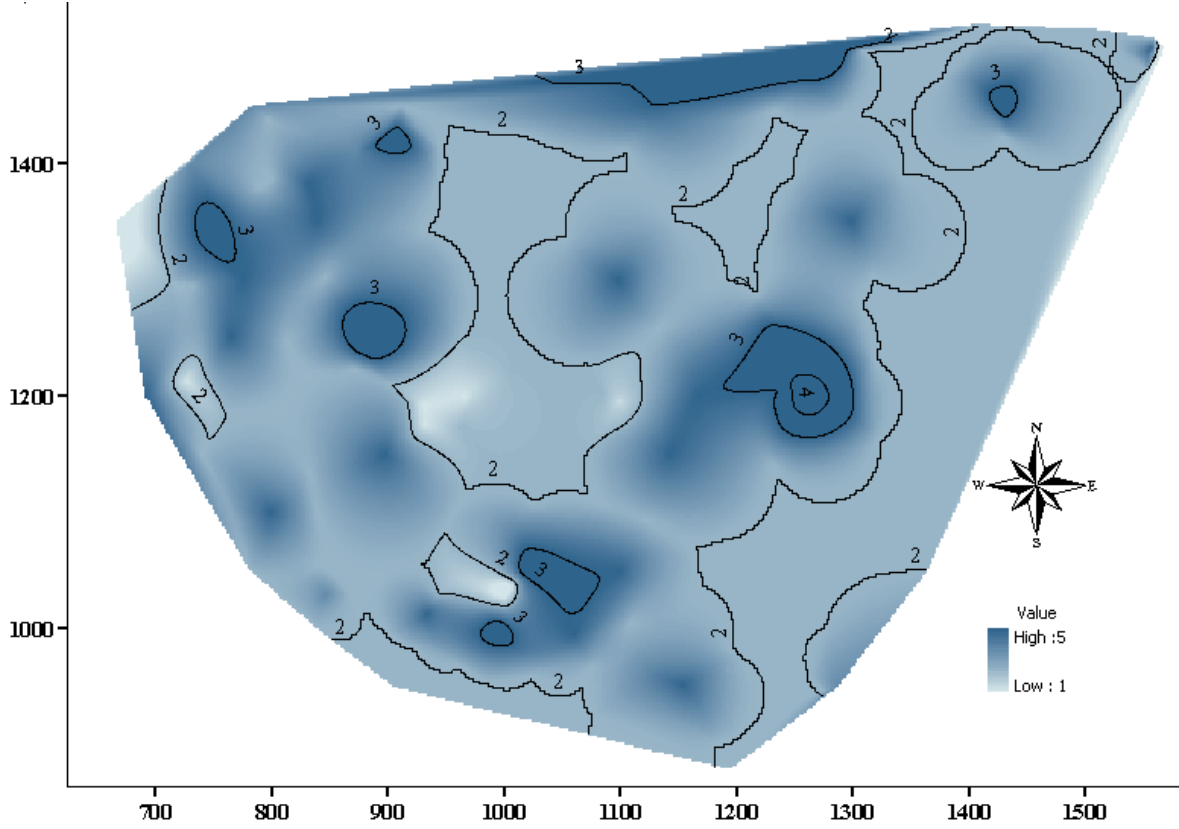
Şekil 3: Örtü tabakası kalınlık haritası
Figure 3: Thickness map of the overburden layer



Şekil 4: Üst kömür kabnl k harita >
Figure 4: Thickness map of the upper coal layer



Şekil 5: Ara kesme kabnl k harita >
Figure 5: Thickness map of the interburden layer



Şekil 6: Alt kömür kalınlık haritası

Figure 6: Thickness map of the bottom coal layer

ARCINFO 9 YAZILIMI İLE ÇALIŞMA SAHASININ MODELLENMESİ VE REZERV HESABININ TESBİTİ

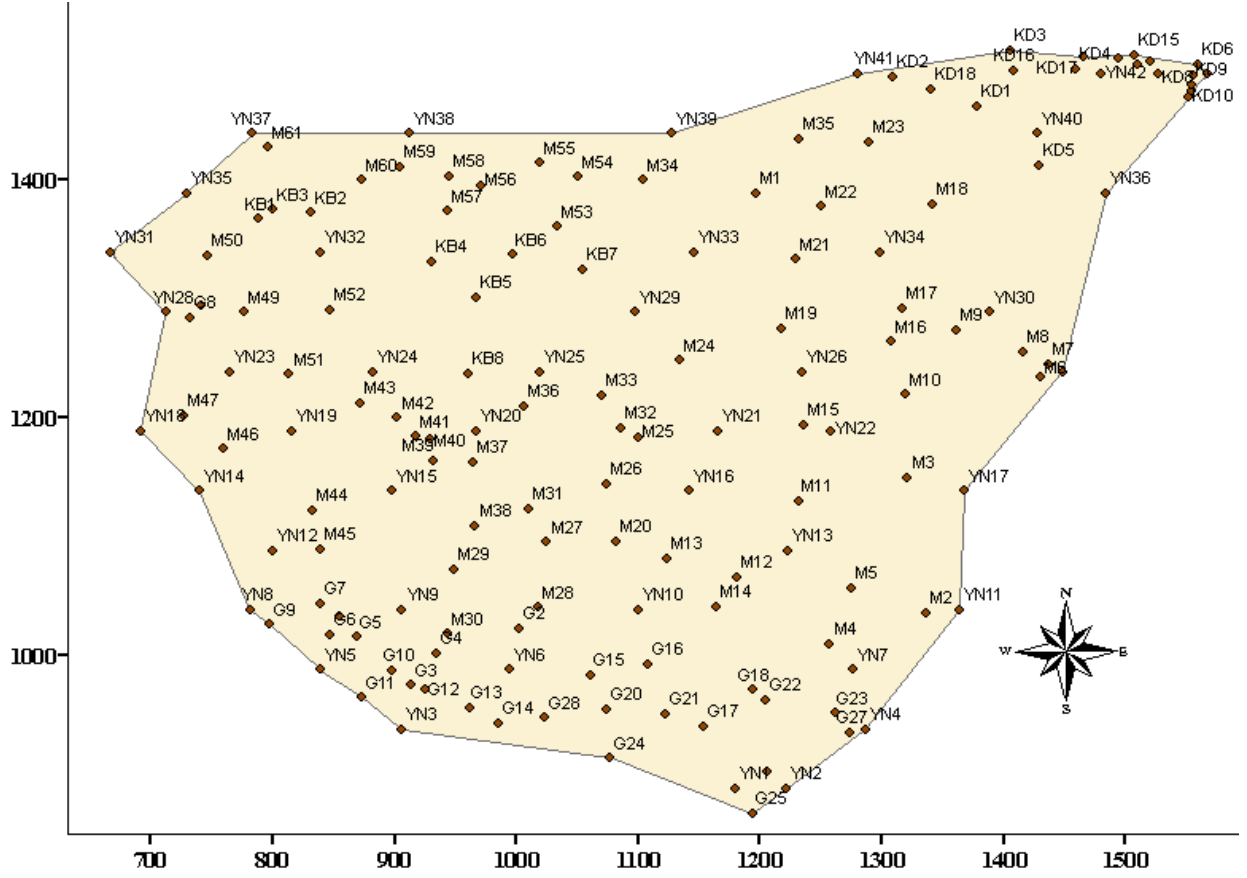
Sahada bulunan jeolojik birimlerin geometrilerinin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla yatağın üç boyutlu (3B) modellenmesi yapılmıştır. Gerek modelleme gerekse rezerv tespitinin yapılması için öncelikle sondaj verilerinde bulunan jeolojik birimlerin giriş ve çıkış kot değerlerinden ArcInfo yazılımında raster haritalar oluşturulmuştur. Her bir jeolojik birimin çıkış kotu o birimi takip eden birimin giriş kotu olduğundan, söz konusu raster haritalar aşağıda belirtilen değerler kullanılarak elde edilmiştir.

- Örtü tabakası giriş kotu
- Üst kömür giriş kotu (örtü tabakası çıkış kotu)
- Üst kömür çıkış kotu (ara kesme giriş kotu)
- Ara kesme çıkış kotu (alt kömür giriş kotu)
- Alt kömür çıkış kotu

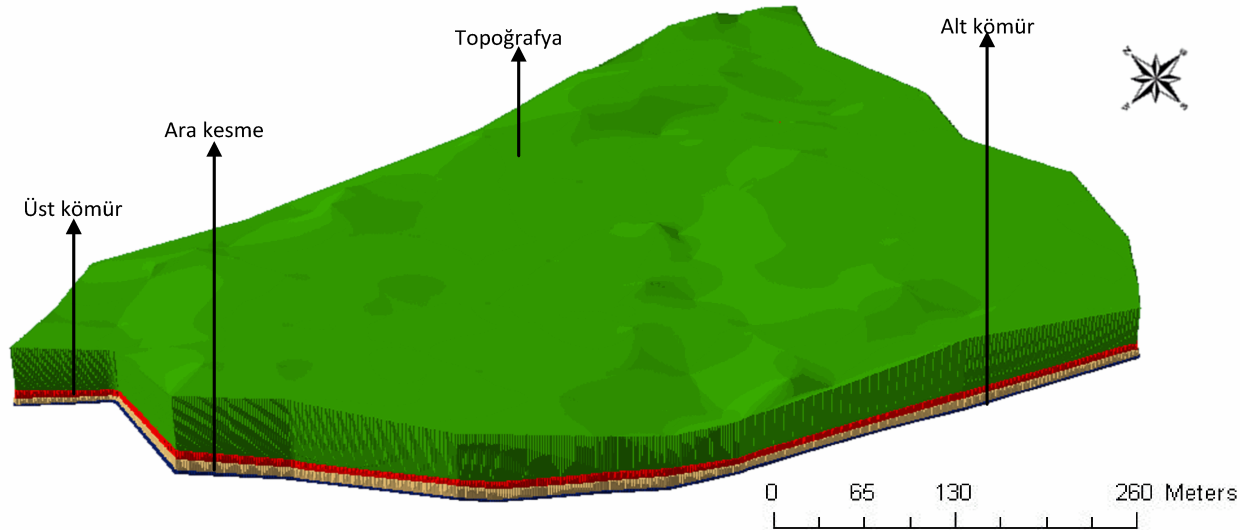
Modelleme çalışmalarında jeolojik birimlerin daha iyi görüntüsünü elde etmek için yukarıda verilen değerlerle oluşturulan her bir raster harita birbirine komşu üçgenler serisinden oluşan tin (triangulated irregular network-üçgenlenmiş düzensiz ağ) formatına dönüştürülmüştür.

ArcInfo yazılımı, sondajlarda bulunan jeolojik birimlere ait kot değerlerinden hareketle yüzey ve cevher modellemesini direkt olarak gerçekleştirememektedir. Bunun için yazılımda sondaj lokasyonlarının kaplayacak şekilde, saha sınırlarındaki sondajlardan geçen ve Şekil 7'de verilen temel bir poligon oluşturulmuştur. Poligonun yükseklik değerleri kazanması için 3B görüntüsü elde edilmek istenen jeolojik birimin çıkış kotuna ait tin haritası kullanılmıştır. Daha sonra yükseklik değerleri kazanan söz konusu poligon, jeolojik birimin giriş kotunu ifade eden tin haritasıyla yazılım sayesinde birleştirilmiştir. Elde edilen jeolojik birimlerin 3B görüntülerinin sırasıyla üst üste oturtulması sonucu, yatağın perspektif görünümü Şekil 8'de verildiği gibi elde edilmiştir.

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 yapabilmek için ilgili jeolojik katmanların (üst ve alt kömür) giriş ve çıkış kot değerleri arasında kalan alanı ve hacmi, öznetelik tablosunda taşıyan yeni bir raster harita elde edilmiştir.



Şekil 7: Jeolojik birimlerin 3B görünümünü elde etmek için kullanılan poligon
Figure 7: The polygon used in creation of 3D visualization of geological layers

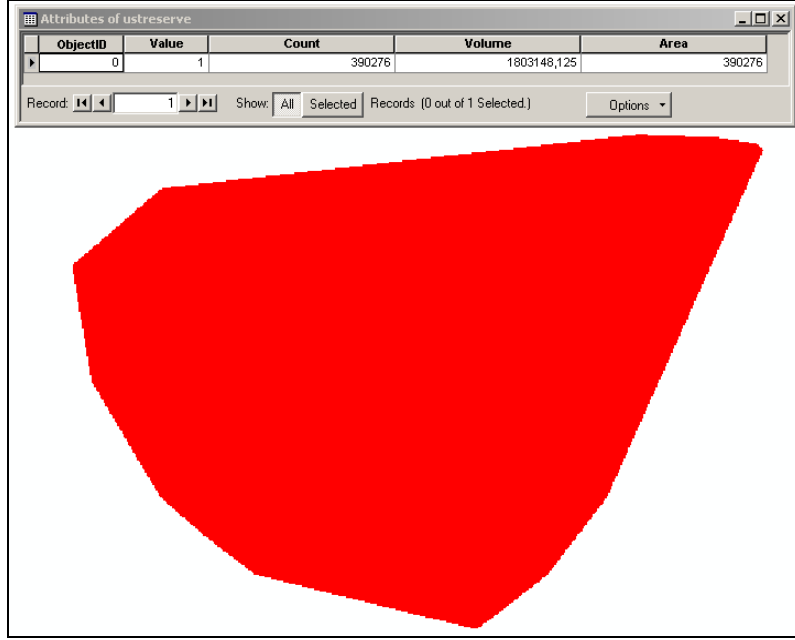


Şekil 8: Jeolojik birimlerin 3B görünümü
Figure 8: 3D visualization of geological layers

Rezerv hesabına ilişkin olarak, programda elde edilen grafik ve öznitelik verilerinin (alan ve hacim miktarları) gösterimi üst kömür için Şekil 9'da, alt kömür için ise Şekil 10'da verilmiştir. Tablo 1'de ise çalışma sahasında bulunan üst, alt ve toplam kömür

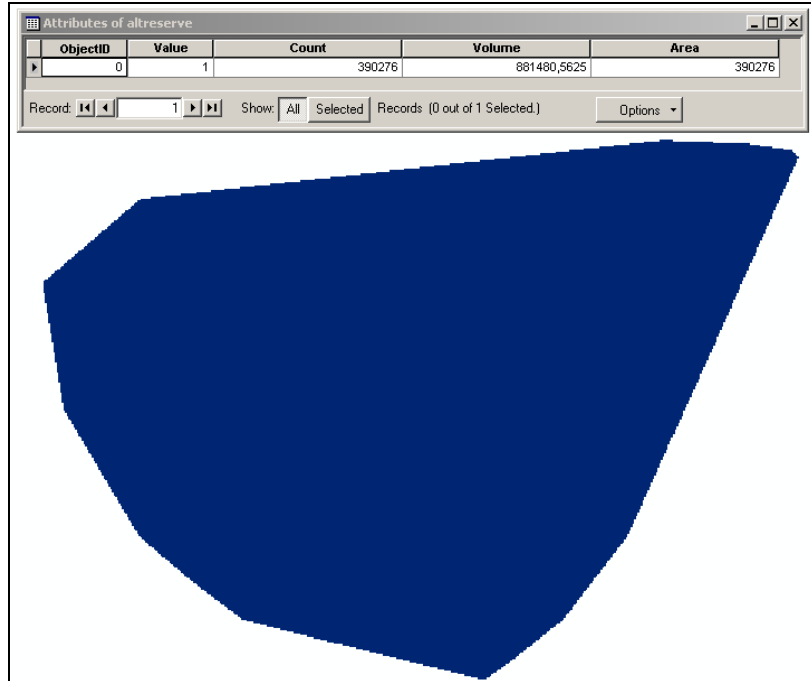
hacminin kömür yoğunluğu ile çarpılması sonucu elde edilen görünür rezerv miktarlar görülmektedir.

Sahada bulunan toplam kömürün görünür rezervi 4.027.000 ton olarak hesaplanmıştır. Söz konusu rezervin %67'sini üst kömür, %33'ünü ise alt kömür meydana getirmektedir.



Şekil 9: Üst kömür alan ve hacmine ait grafik ve öznitelik verilerin görünümü

Figure 9: The visualization of graphic and non-graphic data belonging to the area and volume of upper coal layer



Şekil 10: Alt kömür alan ve hacmine ait grafik ve öznitelik verilerin görünümü

Figure 10: The visualization of graphic and non-graphic data belonging to the area and volume of bottom coal layer

Tablo 1: ArcInfo yazılımı ile tespit edilen görünür kömür rezerv miktar**Table 1:** The proven coal reserve determined by ArcInfo software

Katman	Alan (m ²)	Hacim (m ³)	Yoğunluk (ton/m ³)	Görünür Rezerv (ton)
Üst Kömür	390.276	1.803.148	1,5	2.705.000
Alt Kömür	390.276	881.481	1,5	1.322.000
Toplam	780.552	2.684.629	1,5	4.027.000

VULCAN (V.7) ve SURFER (V.8) YAZILIMI İLE ÇALIŞMA SAHASININ MODELLENMESİ VE REZERV HESABININ TESBİTİ

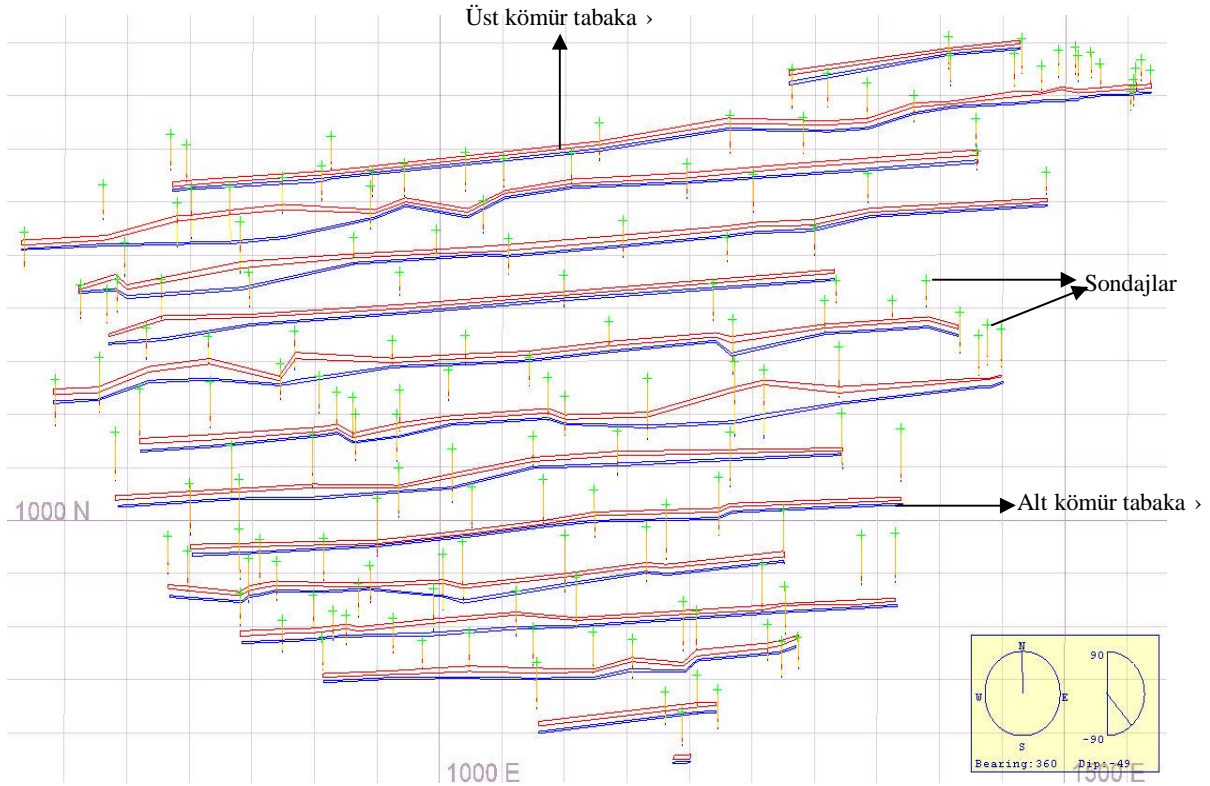
Çalışma sahasında rezerv tespitine yönelik olarak ArcInfo yazılımı ile yapılan çalışmaların kontrol ve teyit edilmesi amacıyla, söz konusu sahada görünür kömür rezerv miktarı, madencilik alanında geniş kullanım alanı bulunan Vulcan (V.7) ve Surfer (V.8) yazılımı ile de tespit edilmiştir.

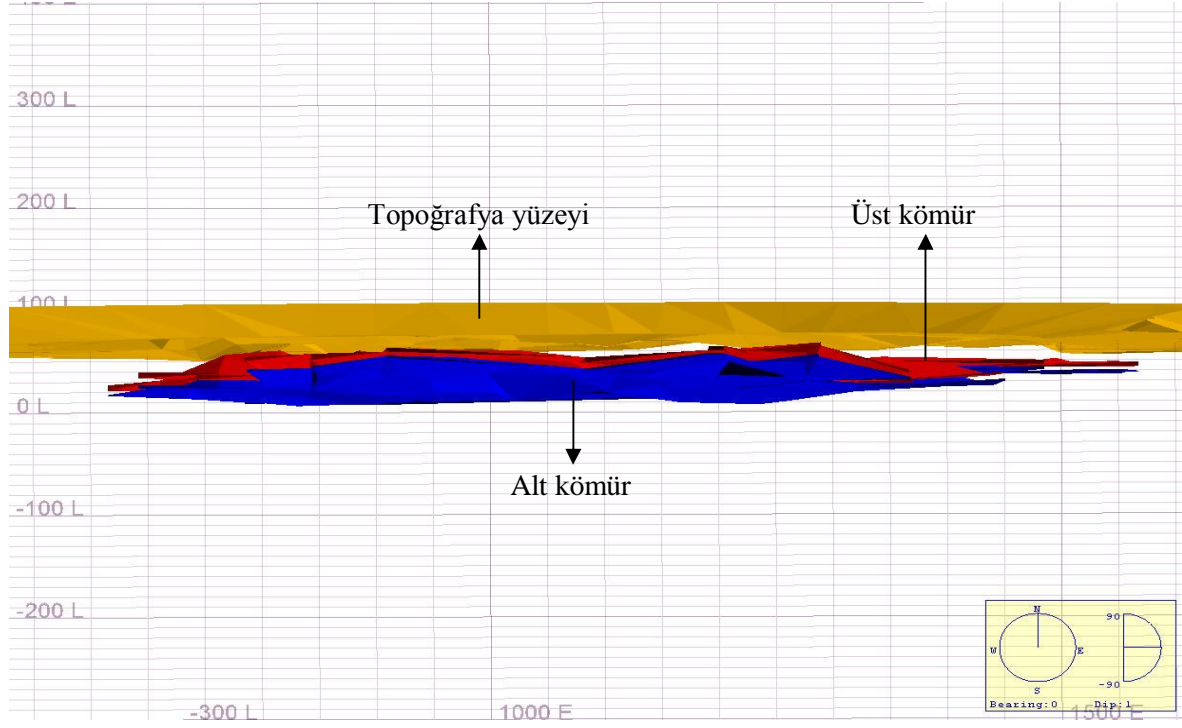
Vulcan yazılımı ile çalışma sahasındaki topoğrafyanın modellenmesi için öncelikle mevcut topoğrafya noktalarının koordinat ve kot değerlerini içeren veri tabanı dosyası programa okutularak topoğrafyaya ait veri tabanı oluşturulmuştur. Daha sonra veri tabanı üzerinden yüzey üçgenlemesi (triangulation) yapılarak topoğrafya yüzeyi elde edilmiştir.

Üst ve alt kömürün modellenmesi için öncelikle her 50 m. aralıklarla toplam 14 adet kesit alınmıştır.

Kesitlerin etki mesafesi, bir kesitin her iki yanından da 25 m. olarak belirlenmiştir (Mollamustafaoğlu, 1973). Kesitler üzerinde bulunan üst ve alt kömür damarları, Şekil 11'de verildiği gibi, poligonlar halinde manuel olarak (elle) birleştirilmiştir. Kesitlerin alınması sonucunda elde edilen üst ve alt kömür damarlarının ayrı olarak katı üçgenlemesi yapılmıştır.

Maden planlamasının temelini oluşturan blok modelleme yapılırken kat ve yüzey üçgenlemeleri kullanılmakta olup, modelleme işleminin büyük bir hassasiyetle yapılması gerekmektedir. Bu işlem sırasında, gerek herhangi bir kat modelde bulunan üçgenlerin gerekse kat modellerin birbirleriyle herhangi bir şekilde kesişmemesi gerekmektedir (Selimoğlu, 2004; Özkan, 2006; Özkan ve Erçelebi, 2007). Şekil 12'de modeli oluşturulan topoğrafya ve kömür yatakları'nın durumu verilmektedir.

**Şekil 11:** Alan kesitler üzerinde kömür tabakalarının durumu**Figure 11:** Coal layers on the cross-section



Şekil 12: Topoğrafya ve kömür modellerinin beraber görüntüsü
Figure 12: The visualization of topography and coal layers

Vulcan yazılım ile çalışma sahasının rezerv hesapları, kesitlerden elde edilen DTM (Digital Terrain Model-Sayıl Arazi Modeli) kullanılarak yapılmıştır. Rezerv hesabında kömürün yoğunluğu 1,5 t/m³ olarak

alınmıştır. Üst ve alt kömüre ait rezerv hesapları Vulcan programının verdiği text dosyasından aktarılmış olup, bu dosyadan alınan rezerv hesapları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: Vulcan yazılım ile tespit edilen görünür kömür rezerv miktarı
Table 2: The proven coal reserve determined by Vulcan software

Cevher Tabakası	Nokta Sayısı	Üçgen Sayısı	Yüzey Alanı (m ²)	Hacim (m ³)	Rezerv (ton)
Üst Kömür	308	612	748.542,786	1.551.087,702	2.326.631,553
Alt Kömür	306	608	741.405,078	762.699,482	1.144.049,223
Toplam	614	1220	14.89.948,764	2.313.787,184	3.470.680,776

Çalışma sahasında Vulcan yazılım ile toplam 3.471.000 ton görünür kömür rezervi tespit edilmiş olup, söz konusu rezervin %67’sini üst kömür, %33’ünü ise alt kömür oluşturmaktadır.

Surfer yazılımı kullanılarak da çalışma sahasında bulunan üst, alt ve toplam kömürün görünür rezerv hesabı gerçekleştirilmiştir (Kahriman ve diğ., 2000). Rezerv hesabı tespitinde gridleme yöntemi kullanan

Surfer yazılım ile sahada 2.617.000 ton üst kömür, 1.277.000 ton alt kömür olmak üzere toplam 3.894.000 ton kömür rezervi tespit edilmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 3’te verilmiştir.

Her üç yazılım ile tespit edilen rezerv miktarları ve bu rezervlerin birbirlerine göre %’lik olarak farkları Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 3: Surfer yazılım ile tespit edilen görünür kömür rezerv miktarı
Table 3: The proven coal reserve determined by Surfer software

Cevher Tabakası	Yüzey Alanı (m ²)	Hacim (m ³)	Rezerv (ton)
Üst Kömür	363.948,83	1.744.642	2.617.000
Alt Kömür	363.948,83	851.325	1.277.000
Toplam	727.897,66	2.595.967	3.894.000

Tablo 4: Üç yazılımla hesaplanan rezerv miktarları ve karşılaştırmaları**Table 4:** Reserve amount determined by three software and theirs comparison

Yazılım	Rezerv Miktar (ton)	Fark (%)		
		ArcInfo	Vulcan	Surfer
ArcInfo	4.027.000 ⁽¹⁾	-	$\frac{1-2}{1} \times 100 = 13,8$	$\frac{1-3}{1} \times 100 = 3,3$
Vulcan	3.471.000 ⁽²⁾	$\frac{2-1}{2} \times 100 = -16$	-	$\frac{2-3}{2} \times 100 = -12,2$
Surfer	3.894.000 ⁽³⁾	$\frac{3-1}{3} \times 100 = -3,4$	$\frac{3-2}{3} \times 100 = 10,9$	-

SONUÇLAR

Çalışma kapsamında, kömür içeren hipotetik bir sahada rezerv hesabının ilk olarak klasik madencilik yazılımlarından farklı olarak bir coğrafi bilgi sistemi yazılımı olan ArcInfo yazılımı ile tespiti gerçekleştirilmiştir. Ayrıca söz konusu yazılım ile belirlenen rezerv miktarı, madencilikte geniş kullanım alanı bulunan Vulcan (V.7) ve Surfer (V.8) yazılımları ile de karşılaştırılmıştır.

Çalışmaya konu olan saha ile ilgili elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir;

- ❖ Çalışma sahasında 39 hektarlık bir alanda sondaj yapılmıştır.
- ❖ 157 adet sondaj içeren sahada örtü tabakası, üst kömür, ara kesme ve alt kömür olmak üzere toplam dört adet jeolojik birim bulunmaktadır.
- ❖ ArcInfo yazılımı ile sahada bulunan görünür kömür rezervini tespit etmek amacıyla jeolojik birimlerin giriş ve çıkış kot değerlerinden hareketle raster (hüresel) haritalar oluşturulmuş ve gridleme yöntemi kullanılmıştır.
- ❖ ArcInfo yazılımı ile 2.705.000 tonu üst kömür, 1.322.000 tonu alt kömür olmak üzere toplam 4.027.000 ton görünür kömür rezervi tespit edilmiştir.
- ❖ Vulcan yazılımı ile çalışma sahasının rezerv hesapları kesitler oluşturulması suretiyle elde edilen DTM (Digital Terrain Model-Sayışal Arazi Modeli) kullanılarak yapılmıştır. Söz konusu yazılım ile 2.327.000 tonu üst kömür, 1.144.000 tonu alt kömür olmak üzere toplam 3.471.000 ton görünür kömür rezervi tespit edilmiştir.
- ❖ Çalışma sahasındaki görünür kömür rezervi Surfer yazılımı ile gridleme yöntemi kullanılarak da belirlenmiştir. Surfer yazılımı ile sahada 2.617.000 tonu üst kömür, 1.277.000 tonu alt kömür olmak üzere toplam 3.894.000 ton kömür rezervi tespit edilmiştir.
- ❖ ArcInfo ve Vulcan yazılımları ile bulunan sonuçlar arasındaki fark %13,8; ArcInfo ve Surfer yazılımları ile bulunan sonuçlar arasındaki fark ise %3,3 olarak tespit edilmiştir.
- ❖ Rezerv hesabı ArcInfo ve Surfer yazılımlarında grid modelleme yöntemi ile yapıldığında, Vulcan

yazılımında kesitler kullanılarak elde edilen DTM yöntemi ile belirlenmiştir.

- ❖ Sonuçta, söz konusu çalışmada her üç programla yapılan rezerv hesapları sonuçlarının birbirine uyum sağlaması nedeniyle, ArcInfo yazılımının madencilik sektöründe rezerv hesabına yönelik olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

SUMMARY

In this study, reserve calculation of a hypothetical coal field is achieved by using GIS software for the first time. Reserve amount determined by ArcInfo has also compared with the results of most common mining software, i.e. Vulcan (v.7) and Surfer (v.8).

The study results are given below as entries;

- ❖ 157 drill holes were bored in 39 hectare part of the working area.
- ❖ The working area is consisted of four different geological units such as overburden, upper coal, interburden and bottom coal.
- ❖ In order to calculate the proven reserve by ArcInfo, raster maps were drawn by using gridding method according to the top and bottom elevation values of geological units.
- ❖ A proven reserve of 4.027.000 tones, whose 2.705.000 tones comes from upper coal layer while the rest is in the bottom coal layer, was calculated with ArcInfo.
- ❖ Reserve calculation of the working area with Vulcan software was also carried out using DTM (Digital Terrain Model) obtained by cross-section method. With that method 2.327.000 tones of upper coal and 1.144.000 tones of bottom coal were calculated summing up to a total proven reserve of 3.471.000.
- ❖ The proven coal reserve was also calculated using gridding method inside Surfer software. This calculation gave out 2.617.000 tones of upper coal, 1.277.000 tones of bottom coal thus summing up to a 3.894.000 tones of total proven coal reserve.
- ❖ The calculation output from the ArcInfo is %13,8 more than what is calculated in Vulcan, and %3,3 more than results of Surfer calculations.

- ❖ While reserve calculations in ArcInfo and Surfer were both carried out using gridding method, cross-section method and related to that DTM were used in Vulcan.
- ❖ As a result it is proven that ArcInfo software can be used in order to calculate reserve in mining industry, since the reserve amount results of each software are convenient.

KATKI BELİRTME

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

DEĞİNİLEN BELGELER

- Anon., 2002**, “Geography Matters” [online], An ESRI <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/geomatte.pdf> (White Paper) [Ziyaret Tarihi: 29 May s 2006].
- Aronoff, S., 1989**, “Geographic Information Systems: A Management Perspective”, WDL Publications, Ottawa, Canada.
- Cebesoy, T., 1995**, “Bilgisayar Destekli Etibank Seydişehir Doğankuzu Açık İşletmesinin Yüzey Topoğrafyasının ve Boksit Yatağının 3 Boyutlu Olarak Modellenmesi”, Madencilikte Bilgisayar Uygulamalar Sempozyumu, D.E.Ü Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir pp. 17-24.
- Doğan, T., 2007**, “Açık Ocak Üretim Planlamasında Coğrafi Bilgi Sisteminin (GIS) Kullanılabilirliği”, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

- Düzgün, H.Ş., 2005**, “Madencilikte Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Yardımcı Teknolojiler”, Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeciliği 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 [Ziyaret Tarihi: 20 Eylül 2004].
- Kahriman, A., İpekoğlu, B., Kesimal, A., Tuncer, G., Karadoğan, A., Görgün, S., 2000**, “Çan Linyit Sahasının Rezerv Hesabı ve Termik Santralde Değerlendirilebilirliği”, Türkiye 12. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak, pp. 213-228.
- Mollamustafaoglu, İ., 1973**, “Rezervlerin Sınıflandırılması ve Kesit Metodu ile Rezerv Hesapları Üzerine Not”, Madencilik Dergisi, Cilt: XII Sayı :1, Ankara, pp. 39-45
- Özkan, M., 2006**, “Açık Ocak İşletmelerinde Optimum Nihai Sınırın Belirlenmesi” Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özkan, M., Erçelebi S. G., 2007**, “Determining Ultimate Pit Limit For Kestelek Boron Open Pit Mine Using Lerchs-Grossmann Algorithm”, Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry - APCOM 2007, Santiago, Chile, pp.303-308
- Selimoğlu, Ö., 2004**, “Bilgisayar Destekli Entegre Açık İşletme Tasarımı ve Planlaması”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Star, J., Estes, J., 1990**, “Geographic Information Systems: An Introduction”, Prentice Hall, New Jersey.
- Yomralıoğlu, T., 2000**, “Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar”, Akademi Kitabevi, Trabzon, 975-97369-0-X.

Yayına Geliş - Received : 26.09.2007

Yayına Kabul - Accepted : 06.12.2007