

Makale Gönderim Tarihi: 16.12.2022

Yayına Kabul Tarihi: 19.01.2022

## Yeraltı Kömür Sahaları için Kaynak ve İşletilebilir Rezerv Belirlemede Örnek Bir Çalışma

*A Study on the Use of Computer Programs in the Modeling and Production Planning of Coal*

C. Okay AKSOY<sup>1</sup>, G. Gülsev UYAR AKSOY<sup>2</sup>, Vehbi ÖZACAR<sup>3</sup>, Turgay ONARGAN<sup>1</sup>, Kerim KÜÇÜK<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, İzmir

<sup>2</sup> Hacettepe Üniversitesi Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, İzmir

<sup>3</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı MYO Madencilik Teknolojisi Programı, İzmir

\*Sorumlu Yazar: okay.aksoy@deu.edu.tr

### Özet

Türkiye'nin, enerji arzı ile ilgili riskleri azaltmak adına yerli enerji projelerine önem vermesinin sonucu yerli kaynaklarımızın artırılmasına yönelik olarak faaliyetlerde son yıllarda büyük artış yaşanmıştır. Bu çalışma, bu projelerden birisi konumundaki bir kömür sahasında açılmış olan sondaj karot örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Söz konusu karot numunelerinin loglarından faydalanılarak kömür damarının modellenmesi ve madencilik işletmesine yönelik çalışmalarda kullanılabilir avan projenin planlanması bilgisayar ortamında gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yeraltı kömür işletmesi, Kaynak, Rezerv, Jeostatistik

### Abstract

As a result of Turkey's emphasis on domestic energy projects in order to reduce the risks related to energy supply, there has been a great increase in activities aimed at increasing our domestic resources in recent years. This study was carried out on drilling core samples drilled in a coal field, which is one of these projects. By using the logs of the core samples in question, the modeling of the coal seam and the planning of the preliminary project that can be used in the mining operation were carried out in the computer environment.

**Keywords:** Underground coal mine, Source, Reserve, Geostatistic

## 1. Giriş

Ülkelerin kendi öz kaynaklarını kullanarak, dışarıya bağımlı olmadan enerjiye ulaşmaları noktasında yerli üretim oldukça önemlidir. Bu doğrultuda son olarak Milli Enerji ve Maden Politikası kapsamında üzerinde durulan “yerlileştirme”, Türkiye’nin yıllardan beri enerji konusundaki dışa bağımlılığını azaltmak adına bu alandaki politika ve stratejilere yeni bir boyut kazandırması açısından kritik bir konumdadır. Yerli enerji üretiminin artırılması, Türkiye gibi enerjisinin yaklaşık yüzde 70’ini dışarıdan satın alan bir ülkenin enerji arz güvenliğini sağlaması noktasında da oldukça önemlidir (Onargan ve ark., 2018). Yıllar itibarıyla nüfusu hızlı bir şekilde artan Türkiye’nin, enerji arzı ile ilgili riskleri azaltmak adına yerli enerji projelerine önem vermesinin sonucu yerli kaynaklarımız arasında önemli linyit rezerv varlığı belirlenmiş olan bölgelerde enerji üretimine yönelik projeler gerçekleştirilmektedir. Bu projelerden birisi konumundaki çalışma sahasında çeşitli zamanlarda karotlu sondaj çalışması yapılmıştır. Sondajın amacı, bilimsel ve teknik yöntemlerle, varlığı tahmin edilen yeraltındaki rezervlerin jeolojik yapısının ve özelliklerinin öğrenilebilmesi için nitelik ve nicelik bakımından boyutlarının saptanmasıdır. (Çakmak, 1971). Yapılacak maden arama planının çerçevesi, aranan madenin özellikleri dikkate alınarak belirlenir. Arama yapılacak alandaki jeolojik birimler homojen ise, yapılacak arama kısa süreli ve düşük maliyetli olacaktır. Jeolojik birimlerin özellikleri hem yatay hem de düşey yönlerde değişiklikler sergiliyor ise, arama dönemi uzun süreli ve yüksek maliyetli olacaktır. (Uyar ve ark., 2006; Küçük ve ark., 2009; Özdemir, 2018) Alınan karot örneklerinden oluşturulan sondaj logları üzerinde gerçekleştirilen bu çalışmada sahadaki rezerv belirlenmiştir. Daha sonra ise bu rezerv modeli üzerinde madencilik tasarımına yönelik nihai işletme planına hazırlık olacak şekilde avan proje çalışması gerçekleştirilmiştir.

## 2. Genel jeoloji

Eskişehir havzasında, temeli Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar oluşturur. Metamorfitle; şist-mermer ve metadetritiklerdir. Alpu sahasında metamorfitle üzerine Jura-Kretase yaşlı ofiyolitik seri ve hemen üzerinde Tersiyer çökelleri yer alır (TKİ, 2017). Eskişehir-Alpu linyitleri Orta Miyosen’de (Serravaliyen) geniş alanlar kaplayan bataklık düzlüklerinden çok, bölgede o dönemde yüksek bir topoğrafya oluşturan dağlar arası bir havzada çökelmiştir (Usta ve Kutluk, 2014).

Eskişehir-Alpu linyit sahası kuzeyde Kızılcaören ve Yakakayı köyleri, güneyde Sevinç ve Ağapınar Köyleri arasında kalan yaklaşık olarak 100 km<sup>2</sup>’lik geniş bir çanakta yayılım göstermektedir. Linyit yüzeyde mostra vermez. Alt ve üst olmak üzere iki horizon halinde 250-450 metre derinlikler arasındadır. Horizonları oluşturan damarların kalınlıkları 0,55 ila 31,60 m arasında değişir. Ortalama damar kalınlığı ise 14,00 m’dir. Görünür rezerv miktarı yaklaşık 1,5 milyar tondur. Üst horizonun ortalama kül içeriği % 36, kükürt içeriği % 1,87, nem ihtivası % 36 ve ortalama kalorifik değeri 1.950 kcal/kg’dır. Alt horizonun ortalama kül içeriği % 28, kükürt içeriği % 1,13, nem ihtivası % 32 ve ortalama kalorifik değeri 2.150 kcal/kg’dır (Usta ve Kutluk, 2014).

Yaş	Kalınlık (m)	Litoloji	Açıklama
Holosen	5-10		Alüvyon
Pliyosen	15-20		Gevşek tutturulmuş kumtaşı, konglomera, paleosol, yer yer kireçtaşı.
Orta-Üst Miyosen	m3	30-40	Yer yer çörtlü kireçtaşı Manyezit içeren kireçtaşı-kiltaşı
	m2	350-600	Alacalı kiltaşı, kumtaşı, konglomera <b>A0 kömür zonu</b> Alacalı kiltaşı, kumtaşı Yer yer alacalı kiltaşı, kumtaşı <b>A kömür zonu</b> Bitümlü şeyl (BSU) <b>B kömür zonu</b> Bitümlü şeyl (BSL) Gri renkli kumtaşı <b>C kömür zonu</b> <b>D kömür zonu</b> <b>E kömür zonu</b> <b>F kömür zonu</b> Kiltaşı, marn, yeryer çakıl seviyeli
	m1	20-40	Gevşek pekleşmiş konglomera, kumtaşı, kiltaşı <i>Uyumsuzluk</i> Ofiyolitler (serpantin, dünit, radyolarit) <i>Tektonik dokanak</i>
Üst Kretase			Metamorfik kayalar (mermer, kalsilikatik şist, serisit-klorit şist)
Üst Paleozoik-Triyas			

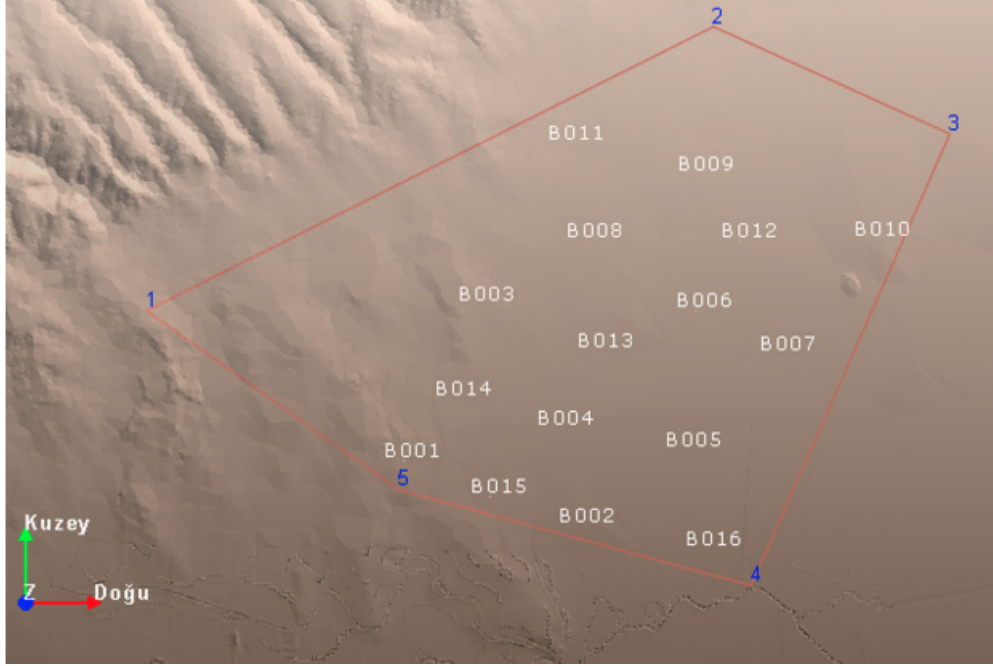
Şekil 1. Eskişehir-Alpu kömür sahasında proje kapsamında yapılan saha çalışmaları ve sondaj logları esas alınarak yeniden düzenlenmiş genelleştirilmiş istif (TKİ, 2017)

### 3. Rezerv çalışmaları

Sahanın işletmecisi konumunda olan firma tarafından kapalı ocak işletme yöntemiyle kömür üretilmesi planlanan çalışma sahalarında uygulanması planlanan üretim yöntemi ve destek (tahkimat) tasarımlarına esas teşkil etmek üzere jeoteknik tasarım verileri oluşturulmuştur.

İşletme planlamasına yönelik olarak yapılan çalışmalarda toplam 16 adet sondaja ait veriler bilgisayar ortamında programa girişi tamamlanmıştır. İşletilebilir rezervin belirlenmesinde veri tabanı olarak kullanılan sondajların konumu aşağıda Şekil 2’de görülmektedir. İşletilebilir rezerv hesabında dahil edilen A, B, C ve D kömür damarlarında kömür horizonu içerisinde yer alan ve işletme sırasında kaçınılmaz olarak kömüre karışacak olan ara kesmeler de alt ısı değeri olarak 1 kcal/kg alınmak ve rezerve dahil edilmek koşuluyla işletilebilir (mineble) rezerv miktarları bu bölümde belirlenmiştir. Bu nedenle incelenen sahaya ait Net Kömür Bazında belirlenmiş

olan görünür kaynak rezerv miktarından daha yüksek rezerv miktarı belirlenmiştir. Üretilen rezervde ise 1000 kalori altı kömürler dikkate alınmamıştır.



Şekil 2. Sondajların konumu

### 3.1 Rezerv hesabı

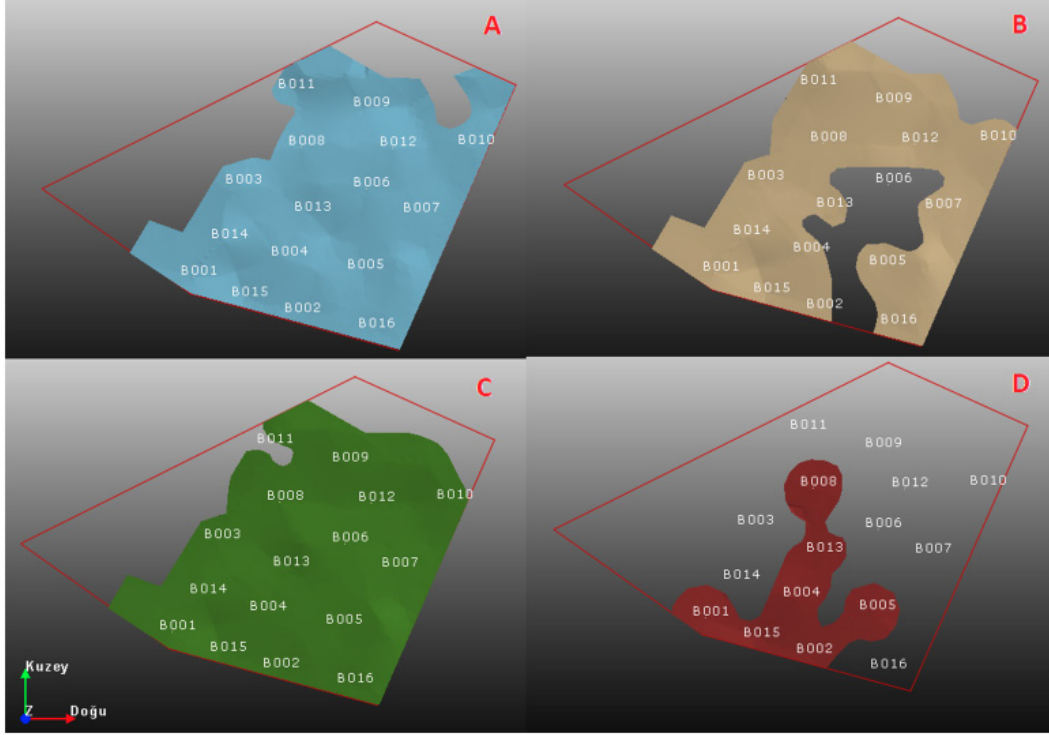
İncelenen kömür sahasında, kömür horizonu, işletilebilir ve üretilebilir kömür rezervinin hesaplanmasında Netcad ve NetProMine programlarından faydalanılmıştır. İlk olarak çeşitli zamanlarda açılmış olan sondajların logları programa girilmiştir.

Sonraki aşamada bu loglardan kömür damarının katı modeli oluşturulmuş ve bu katı model blok modele çevrilmiştir. Daha sonra oluşturulan blok model üzerinde kalori dağılımı gerçekleştirilmiştir. Bu kestirimler hesaplanırken sondaj loglarındaki kalori değerleri kullanılmıştır. Bu çalışmalar sırasında toplam 16 sondaj logundaki kalori bilgileri kullanılmıştır.

Sahada bulunan 16 adet sondajın verilerinin değerlendirilmesi sonucu işletme planlaması yapılan 4 adet ana damarın rezervleri belirlenmiştir. Ayrıca saha yakınlarından geçen Porsuk Çayı, yüksek gerilim elektrik hattı, yüksek hızlı tren hattı, doğalgaz hattı bulunması nedeniyle, bu yapıların mevcut bulunduğu yerde kalması durumunda, kömür rezervinin değerlendirilmesi de çalışma kapsamında incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda söz konusu sanat yapılarının mevcut güzergâhlarının değiştirilme zorunluluğu bulunmadığı, mevcut saha ile herhangi bir etkileşimde bulunmadığı belirlenmiştir. D damarında yer alan termal sular nedeniyle, söz konusu damar üretime dahil edilmemiştir. Çizelge 1’de ayrıntılar görülmektedir.

Tablo 1. Kömür rezerv miktarı (ara kesmeler dahil)

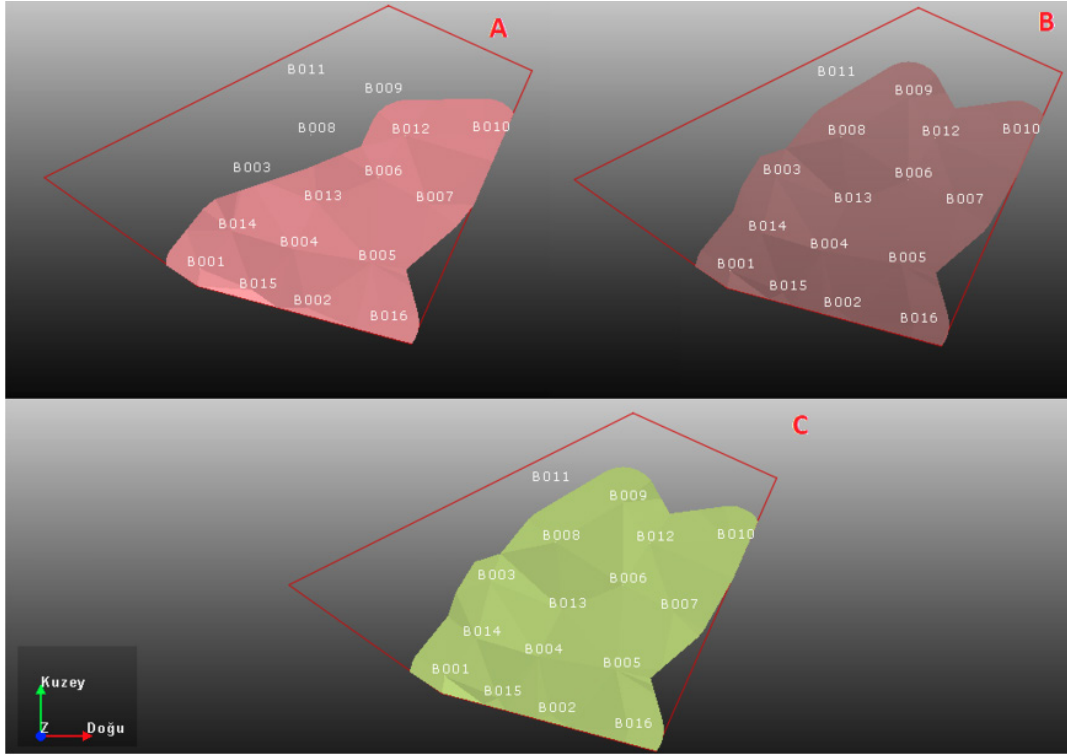
Damar Adı	Rezerv (m <sup>3</sup> )	Rezerv (Ton)	Ortalama Kalınlık (m)
A	371,058,490	538,034,811	28.862
B	20,647,171	29,938,398	2.442
C	265,879,237	385,524,894	20.412
D	52,250,958	75,763,890	14.788
Toplam	709,835,857	1,029,261,993	



Şekil 3. A, B, C ve D kömür damarının görünümü (ara kesmeler dahil)

Tablo 2. İşletilebilir rezerv miktarı

Damar Adı	Rezerv (m <sup>3</sup> )	Rezerv (Ton)	Ortalama Kalınlık (m)
A	156.493.101	226.914.996	17,656
B	22.599.376	32.769.096	2,049
C	166.968.569	242.104.425	15,137
Toplam	346.061.046	501.788.516	

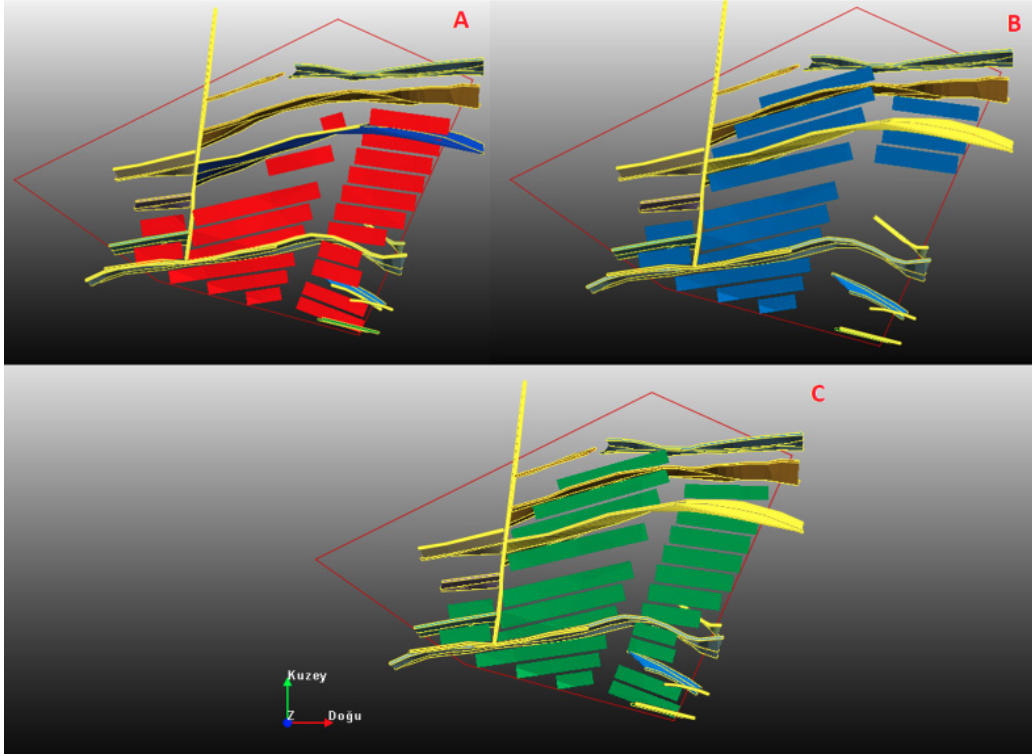


Şekil 4. İşletilebilir A, B ve C kömür damarının görünümü

Tablo 3. Üretilebilir rezerv miktarı

Damar Adı	Panolardan Üretim (Ton)	Panolardan Net Üretim (Ton) (Üretim Kaybı %10)	Hazırlıktan ve Tavan Taban Yollarından Üretilecek Kömür Miktarları(Ton)	Galeri Topuklarından Üretilecek Miktar (Ton)	Pano Topuklarından Üretilecek Miktar (Ton)	Toplam
A	141.096.481	126.986.833	3.643.312	25.166.184	32.346.390	188.142.718
B	17.076.991	15.369.292	440.952	3.185.365	3.491.920	22.487.530
C	144.413.638	129.972.274	3.728.966	26.278.439	25.543.916	185.523.595
Toplam	302.587.110	272.328.399	7.813.231	54.629.988	61.382.225	396.153.843

Üretim planı yapılmasına geçilmeden önce sahadaki fayların plan görünümleri kot bilgileri ile birlikte programa girilerek üç boyutlu hale getirilmiştir. Sahadaki faylar 3 boyutlu hale getirildikten sonra, pano planlaması yapılırken bu faylar göz önünde bulundurulmuştur. Şekil 5'te fayların plan ve 3 boyutlu görüntüsü görülmektedir.



Şekil 5. Üretilebilir A, B ve C kömür damarının panoları ve fayların görünümü

Sahadaki kömür damarlarının ortalama yoğunluk değerleri ve ara kesmelerin dikkate alınması sonucu kömür için yerinde yığın yoğunluk değeri  $1,45 \text{ ton/m}^3$  alınmıştır. Sahada 3 damardaki toplam üretilebilir kömür miktarı  $396.153.843$  ton olarak hesap edilmiştir. Detaylı kömür üretim miktarları yıllara göre aşağıda verilmektedir.

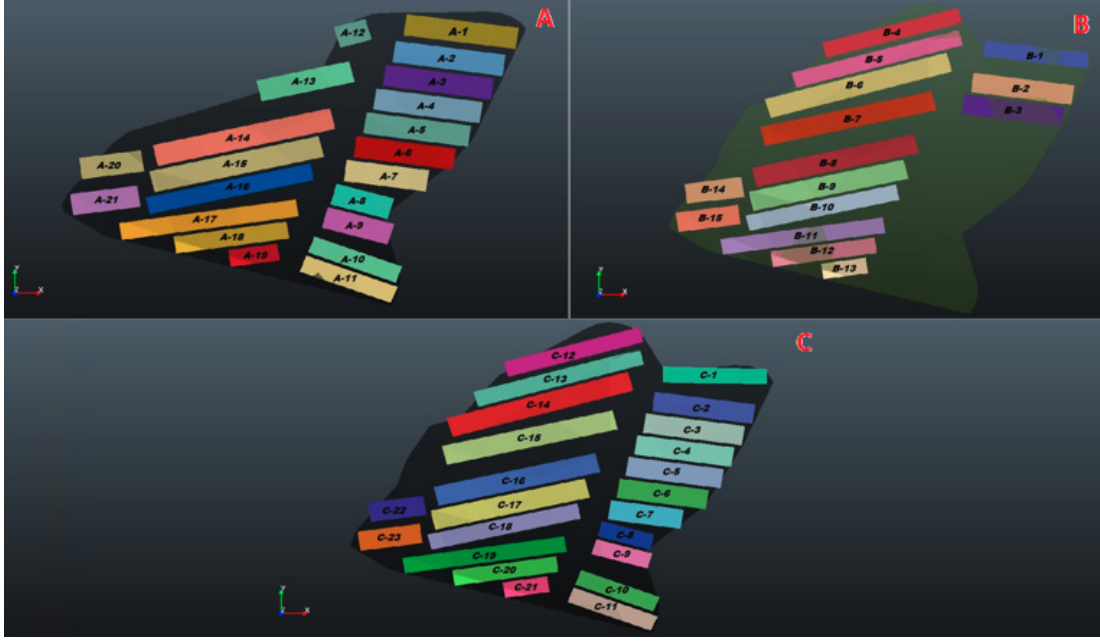
Programa girilen toplam 16 sondajdan, ağırlıklı ortalamaları alınarak hesaplanan bilgiler ise, ortalama kalori  $1462 \text{ kcal/kg}$ , ortalama nem  $\% 31,163$ , ortalama kül  $\% 39,429$ , ortalama sabit karbon  $\% 15,03$ , olarak hesap edilmiştir.

### 3.2 Üretim planlamasına yönelik yapılan çalışmalar

Alpu Kömür Sahası B Sektörü'ne yönelik yapılan çalışmalarda, 16 sondajın verileri programa girilmiş ve girilen verilerdeki kömür kalınlık verilerinden ortalama kömür kalınlığı fayların kestiği her bölümde ayrı ayrı hesap edilerek kömür damarının her ayrı bölümünde katı modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan kömür damarları yaklaşık 200 ve 250 metre ayak uzunluğuna sahip panolara bölünerek, 3 kömür damarı içinde toplam 91 adet pano oluşturulmuştur.

Büyük hazırlık olarak Alpu kömür sahası B Sektörü için yer altı kömür üretimine yönelik 6 adet  $25 \text{ m}^2$  kesitli desandre açılması planlanmıştır. Desandrelerden birincisi  $1.922 \text{ m}$ , ikincisi  $1.313 \text{ m}$ , üçüncüsü  $1.248 \text{ m}$ , dördüncüsü  $1.740 \text{ m}$ , beşincisi  $1.230 \text{ m}$  ve altıncısı  $1.194 \text{ m}$  uzunluğa sahip olacak şekilde planlanmıştır. Açılacak olan 6 adet desandre ile bağlantılı olarak panoların bulunduğu lokasyonlara ulaşmak için toplamda  $43.903,37$  metre büyük hazırlık galerileri açılması planlanmıştır.

Oluşturulan kömür damarları yaklaşık 200 ve 250 metre ayak uzunluğuna sahip panolara bölünerek, kömür damarı içinde 91 adet pano oluşturulmuştur. Panoların isimlendirilmesi Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Kömür damarının panolarının isimlendirilmesi

#### 4. Tartışma ve sonuçlar

Alpu sahası B sektöründe, A, B ve C damarlarındaki panolardan toplam 396,153,843 ton tüvenan kömür üretilecektir. Bu doğrultuda 3 yıl yatırım dönemi olmak üzere 33 yıl süreyle yaklaşık 13,500,000 ton/yıl kapasitede tüvenan kömür üretimi planlanmıştır. Kapalı işletmenin üretime geçmesi için 3 yıl hazırlık planlanmaktadır ve bu üç yıl içerisinde 435,885 ton kömür üretimi hazırlıklardan yapılacaktır. Yılda 300 iş günü çalışılacağı planlandığından günde yaklaşık 45,000 ton kömür üretilecektir.

Yeraltı işletmesinde büyük hazırlıklar ve pano üretim alanları belirlenerek üretilecek kömür miktarları hesaplanmıştır. Yapılan rezerv hesaplamalarında, öngörülen üretim kaybı değerleri % 10 olarak alınmış olup, bu değer üretim sırasında kömür aynasında meydana gelebilecek kayıp olarak belirlenmiştir.

Ancak, üretim yöntemine bağlı olarak üretim kaybı değerleri göçertmeli üretim yöntemlerinde kullanılan makine teçhizata bağlı olarak % 15-20 seviyelerine kadar çıkmaktadır. Şekil 8.36, 8.37 ve 8.38'de görülen kömür panoları oluşturulurken sondajların kestiği kömür kalınlıklarının ortalaması alınarak, pano yükseklikleri bulunmuştur. Galeri ve desandrelerin toplam uzunluğu 326.077,26 metre (326,1 km) olarak hesaplanmıştır.

Alpu sahasında üretilebilir kömür kalınlığı değişkenlik gösterdiği için, 3,8 metreye kadar damar kalınlığına sahip panolar geri dönümlü uzun ayaklar ile bir seferde, 3,8 m kalınlığın üzerindeki ve 10 m. yüksekliğe kadar olan panolar ise geri dönümlü arkadan göçertmeli uzun ayaklar yardımı ile üretilecektir. 10 metreden daha kalın kömür damarının olduğu bölgelerde ise birden fazla dilim halinde üretim yapılacaktır.

Kömür işletmesinin üretim ömrü yaklaşık 30 yıl kadar süreceği için, ince damarların üretimi için ayrı, kalın damarların üretimi için ayrı şild tahkimat almak yerine, kalın damarlar için seçilecek olan ayna ve ayak arkası çift zincirli konveyörlü tahkimat sistemi tüm panoların üretimi



için kullanılacaktır. İnce damarlarda ve dilimli uzunayak uygulanacak panolarda ayak arkası konveyör kullanılmayacak, kalın damarlarda ayak arkası konveyör eklenerek kullanılacaktır. Kömür üretimi A damarında desandre yakınındaki panolardan başlayacak, C damarındaki en sondaki panolarının üretimi ile 26. yılda son bulacaktır. 26 - 30. yıl arasındaki zaman diliminde ise ana galeriler için ayrılan kısımda yer alan kömürler üretilerek ocak terk edilecektir. Üretim planlaması yapılırken aynadan kazanılan kömürün % 10'unun kayıp olacağı kabul edilmiştir. Tavan kömürünün kayıp miktarı ise % 10 olacağı kabul edilmiştir.

## **5. Teşekkür ve katkı belirtme**

Yazarlar, Türkiye Kömür İşletmeleri ve proje çalışanlarına teşekkür eder.

## **Kaynaklar**

Uyar, G.G., Ecevitoglu, B., Can A., Unucok B. and Sagol O. 2006. Minimisation of blast-induced ground vibration at TKİ GELİ Lignite Mine, Muğla Turkey, Technical Report.

Çakmak, A., Özbayoğlu, S. 1971. Maden Arama Sondajlarında Wire-Line Takım Tatbikatı ve Ortaya Çıkan Faydalı Sonuçlar, Türkiye Madencilik Bilimsel Ve Teknik 2. Kongre Kitabı, Şubat 1971. 74 – 80.

Kucuk, K., Genis, M., Onargan, T., Aksoy, C.O., Guney, A. and Altındağ, R. 2009. Chemical injection to prevent building damage induced by ground water drainage from shallow tunnels, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences,46(7), October 2009, 1136-1143.

Onargan, T., Aksoy, C.O., Özacar, V., 2018. Tekirdağ/ Çerkezköy ve İstanbul/Çatalca Kömür Sahalarında Kömür Damarlarına Yönelik Yapılan Jeoteknik Sondaj ve Etütlerin Kontrol ve Denetimi ile bu Sahaya Özgü Araştırma-Geliştirme Çalışmalarına Dayalı Jeoteknik Model Oluşturulması Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Araştırma Projesi Raporu.

Özdemir, A. 2018. Maden aramada wire-line karotlu sondaj tekniği, DOI - 10.31590/adoz.2018-1, Ankara.

TKİ. 2017. Eskişehir Alpu Kömür Havzası, Yerli Kömür Kaynaklarının Optimum Şekilde Ülke Ekonomisine Kazandırılması Modelinin Oluşturulması Projesi, Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Araştırma Projesi Raporu.

Usta, A., Kutluk, H., 2014. Eskişehir-Alpu Linyitlerinin Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 15(1), 51-67.