

# Bir Mekanize Uzunayağın Simülasyon Yöntemi ile Modellenmesi

## *The Modelling of a Fully-Mechanized Longwall Using Simulation Method*

M.K. Özfırat, M.E. Yetkin, F. Şimşir, B. Kahraman  
Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir.

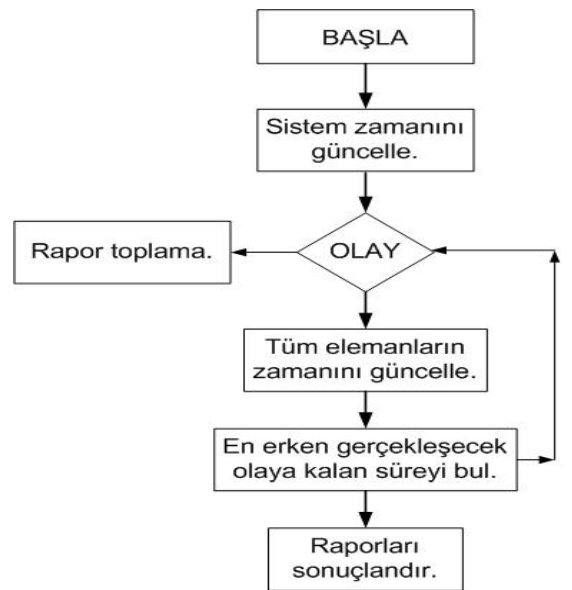
**ÖZET** Simülasyon, bir sistemin bilgisayar yardımıyla benzetilerek sanal olarak işletilmesidir. Özellikle madencilik gibi ağır çalışma koşullarına sahip alanlarda mevcut makinelerin ve üretim yöntemlerinin değerlendirilmesinde hızlı ve ekonomik bir şekilde kullanılacak bir yöntemdir. Simülasyon çalışmaları, sistemin karmaşık ve birbirini etkileyen aşamalardan oluştuğu sektörlerde üretimi durdurmadan modelleme imkânı sağlar. Çalışmada Ömerler kalın kömür damarında uzun ayak yönteminin üretim aşamaları modellenmiştir. Uzun ayağın modellenmesi ARENA 2.2 programında yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ocakta elde edilen gerçek üretim aşamaları ve miktarlarıyla karşılaştırılarak doğrulama yapılmıştır. Böylece uzun ayakta değiştirilmesi ve denenmesi istenen birçok makine veya alternatif yöntem kolaylıkla ve düşük maliyetle yapılabilir.

**ABSTRACT** Operating a system virtually with the help of a computer system is called simulation. Simulation is a fast and economical method in assessment of production methods and current machines especially for heavy industries such as mining. Simulation allows modelling the production system without stopping operation in complex systems. In this study, longwall production stages are modelled at Ömerler thick coal seam using ARENA 2.2 software. Verification is carried out comparing obtained results and current production stages and data. By this way, alternative production methods and machinery can be tested easily and at low cost.

## 1 GİRİŞ

Simülasyon, bir sistemin bilgisayar yardımıyla benzetilerek sanal olarak işletilmesidir. Böylece gerçek sistemde denenmesi çok zaman alıcı ya da maliyetli olan durumlar denenerek çözüme ulaşmak amaçlanır. Bu bölümde Ömerler yeraltı linyit ocağı mekanize ayağının benzetim modellenmesi kesikli zaman simülasyonu kullanılarak yapılmıştır.

Kesikli zaman simülasyonu Şekil 1'de görüldüğü gibi olayların oluşuyla harekete başlar. Sistemde her olay gerçekleştiğinde, sistem zamanı ve tüm elemanların zamanı güncellenir ve istatistikler yenilenir. Bir sonraki gerçekleşecek olay belirlenir ve işlemler tekrar edilir (Özfırat, 2007).



Şekil 1 Kesikli zaman simülasyonu akış diyagramı (Schafrik, 2001)

Ömerler mekanize ayağının simülasyon modelinde olaylar, kesici-yükleyicinin kesim yapması, tahkimatların ilerletilmesi ve üretilen kömürün dışarıya taşınması olarak belirlenmiştir.

Bir simülasyon çalışmasında aşamalar aşağıda verildiği gibi olmalıdır (Brunner, 2001).

- ✓ Amaç belirlenir: Simülasyonun hangi amaç için kullanılacağı ya da hangi sorunu çözmek için kullanılacağı belirlenir.
- ✓ Simülasyon modeli kurulur: Çalışmanın en uzun süre ve en çok çaba isteyen aşamasıdır. Sistem işleyişinin algoritması oluşturulur ve bunu temsil edecek model kurulur.
- ✓ Modelin geçerliliği kontrol edilir: Modelin gerçek sistemle aynı davranışları gösterip göstermediği, dolayısıyla sistemi doğru olarak temsil edip etmediği kontrol edilir.
- ✓ Model çalıştırılır: Hazırlanan model ve çözüm için önerilen alternatifleri çalıştırılır.
- ✓ Sonuçlar alınır ve analiz edilir (Ritter, 1998), (Ogbonlowo ve Wang, 1987).

Bu çalışmada da yukarıda verilen aşamalar sırası ile takip edilmiştir.

## 2 ÇALIŞMA SAHASI VE ÇALIŞMANIN AMACI

1985 yılında üretime geçen Ömerler Yeraltı İşletmesinde arkadan göçertmeli dönümlü uzun ayak üretim yöntemi ve tahkimat olarak da klasik tahkimat sistemi kullanılırken, 1997 yılından itibaren tam mekanize uzun ayak üretim yöntemi uygulanmaktadır. Kömür damarı ortalama 8-12 metre kalınlığındadır. Ömerler Yeraltı Ocağı'nda tam mekanize üretime 1997 yılında M1 Panoda başlanmıştır. Ömerler Ocağı'nda, geri dönümlü blok göçertmeli uzun ayak yöntemi ile çalışılmaktadır. Bu yöntemde

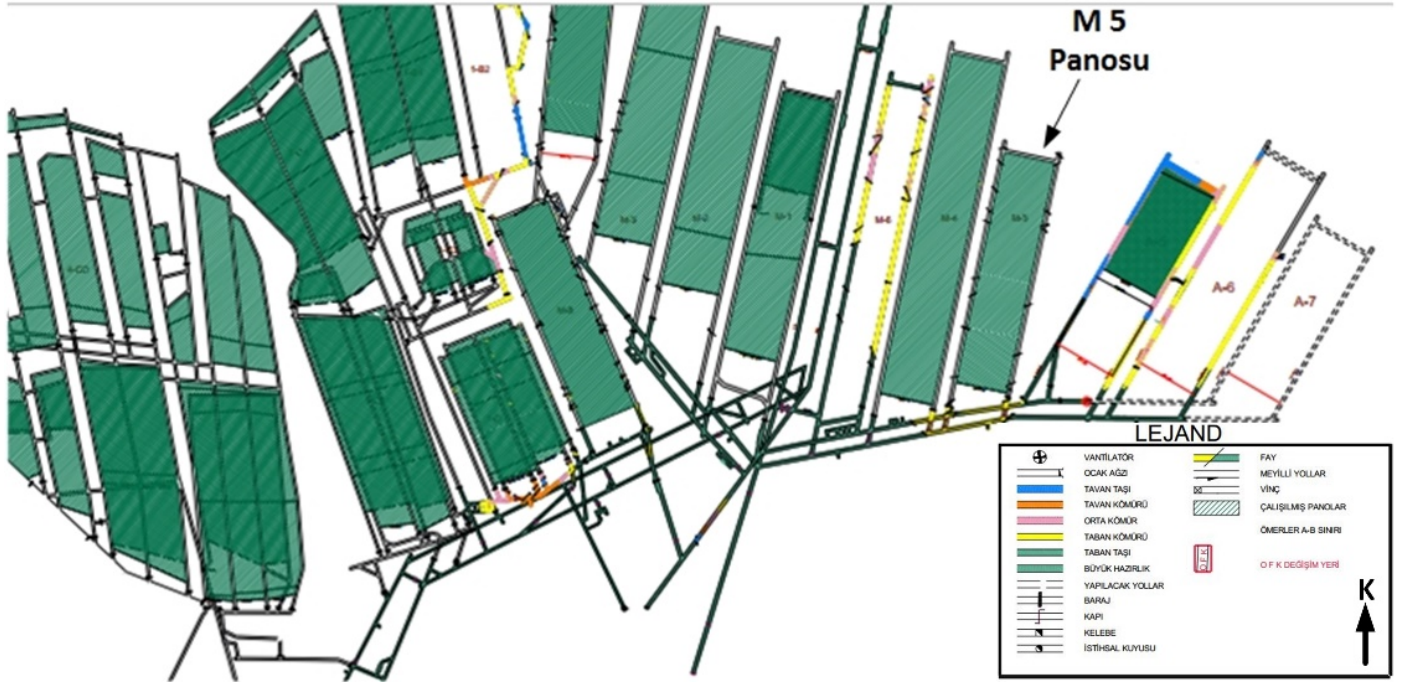
kömür damarının ayaktan 3 metrelik kısmı çift tamburlu kesici yükleyici ile, geriye kalan 5 metrelik tavan kömürü ise yürüyen tahkimatların üzerinde bulunan pencereler yardımıyla üretilmektedir (Akdaş vd. 2000).

Çalışmanın amacı Ömerler mekanize ayağının tüm zaman girdileri girilerek gerçek zamanlı olarak modellenmesidir. Yapılan model ile üretim değerlerinin benzetiminin yapılabileceği gösterilmiştir.

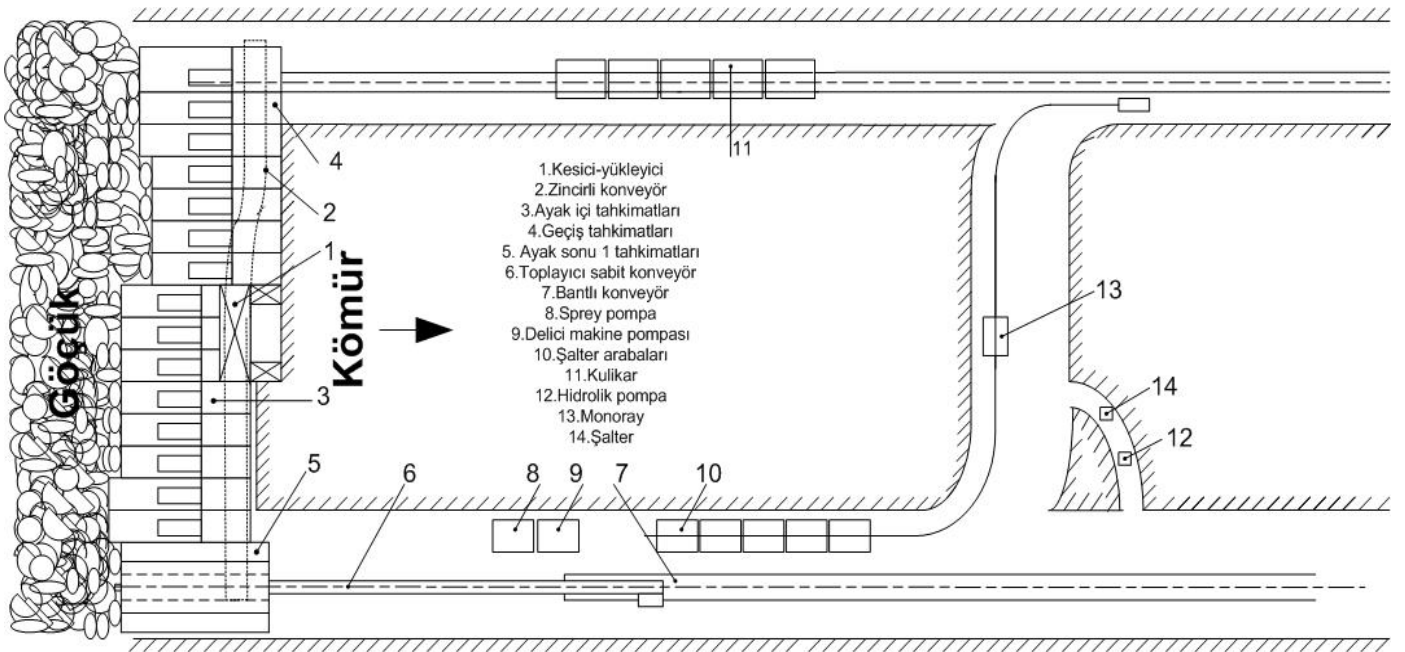
## 3 MODELİN KURULMASI

Çalışmanın yapıldığı yeraltı işletmesinde yapılan çalışmalar düşünülerek akım şeması oluşturulmuştur. Çalışma sahasına ait ocak pano planı şekil 2'de verilmiştir. Ocağın çalışma şeklinin planında (Şekil 3) görüldüğü gibi önce kesici yükleyici iki kesim yapar. Kesici yükleyici iki kesimini bitirdiğinde 1,2 m'lik ilerleme sağlanmıştır. Kesici yükleyici iki kesimini yaptığı sırada ürettiği kömürü zincirli konveyöre yükler. Zincirli konveyör ile kömür ayak sonundaki toplayıcı konveyöre, oradan kırıcıya ve kırıcıdan geçen malzeme bantlı konveyör ile ocak dışına nakledilir (Destanoğlu vd., 2000). İki kesimini bitiren kesici-yükleyici makine ayak başında beklerken damarın kalın olması sebebi ile tahkimatların üzerinde kalan kömür, tahkimatların penceresi açılarak ayak içine çekilir. Her tahkimat sırayla ötelenir ve üretilen kömür sırasıyla zincirli konveyör, toplayıcı konveyör, kırıcı ve bantlı konveyör hattından geçerek ocak dışına nakledilir (Şekil 3) (Çelik, 2005), (Özfirat vd., 2005).

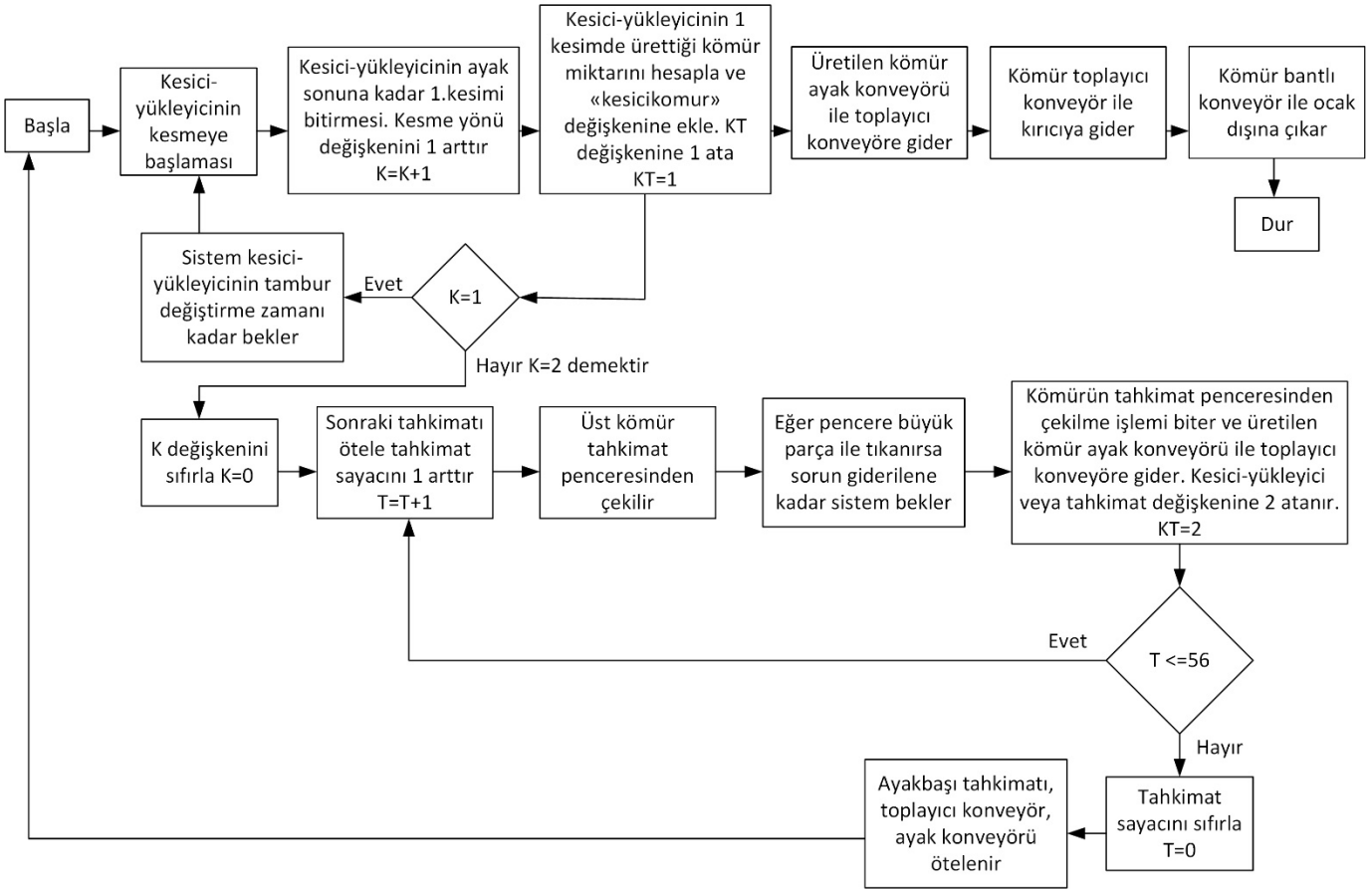
Bu işlemler dizisi Şekil 4'de görüldüğü gibi akım şemasına aktarılmıştır. Akım şeması Arena 2.2 simülasyon programında kodlanmıştır. Böylece çalışmanın yapıldığı yeraltı işletmesinin çalışma şeklinin modellenmesi bitirilmiştir.



Şekil 2. Ocak pano alanı (GLİ, 2015)



Şekil 3. Ömerler ocağı pano görüntüsü



Şekil 4. Ömerler kömür madeni üretim sisteminin akım şeması (Özırat, 2007)

### 3.1 Modelin Kurulmasında Yapılmış Olan Kabul

Gerçek sistemde, kesici-yükleyici kesim yaptığı sürece sürekli olarak zincirli konveyöre kestiği kömürü yükler (Şekil 5). Ancak kesikli zaman simülasyonunda bu

sürekliği modellemek mümkün değildir. Dolayısıyla iki kesim yapan kesici yükleyicinin bu mesafenin tam ortasından malzemeyi konveyöre verdiği kabul edilmiştir. Yüklenen kömür miktarı kesici-yükleyicinin bir kesimine eşittir.



Şekil 5. Kesici yükleyici makinanın kömürü zincirli konveyöre yüklemesi



### 3.2 Modelde Kullanılan Parametreler

Oluşturulan modelde dikkate alınan parametrelerin süre değerleri çalışma sahasında yapılan gözlemler sonucunda elde edilen değerlerdir. Bu parametreler ve süre değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Modelde kullanılan parametreler

Parametre	Simge	Açıklama
Kesici yükleyicinin hareket zaman fonksiyonu	M	Doğrusal (15, 120 dakika)
Kesici-yükleyicinin tambur değiştirme zamanı fonksiyonu	ST	Eksponansiyel (45 dakika)
Yürüyen tahkimatların ötelenme zaman fonksiyonu	ZT	Eksponansiyel (8 dakika)
Yürüyen tahkimat penceresinden çekilen kömürün çekilme zamanı fonksiyonu	Pt	Eksponansiyel (12 dakika)
Yürüyen tahkimat penceresini büyük bloğun tıkanması olasılığı	Ft	$\left\{ \begin{array}{ll} p = 0,7 & \text{ihtimalle } 0 \\ p = 0,3 & \text{ihtimalle } 1 \end{array} \right\}$
Pencerenin tıkanması durumunda tıkanıklığın giderilme zaman fonksiyonu	At	Eksponansiyel (5 dakika)
Ayakbaşı ve ayaksonu tahkimatlarının ve konveyörün ötelenmesi zaman fonksiyonu	St	Doğrusal (90, 120 dakika)
Ayak konveyörünün hareket zaman fonksiyonu	Tfc	$(KT=1) \times 1,67 \text{ dakika} + (KT=2) \times (\text{uzaklık}/0,9)$
Eğer kömür kesici-yükleyiciden geliyorsa (KT=1 ise), kömür, ayak sonundaki toplayıcı konveyöre kadar 1,67 dakikada gider. Eğer kömür tahkimat penceresinden çekiliyorsa (KT=2 ise) her bir tahkimat ile toplayıcı konveyör arasındaki mesafe konveyör hızına bölünerek kömürün o tahkimattan toplayıcı konveyöre ulaşma zamanı bulunur.		
Toplayıcı konveyörün hareket zaman fonksiyonu	Tcc	0,5 dakika
Kırıcının hareket zaman fonksiyonu	Tc	$(KT=1) \times 20 \text{ dakika} + (KT=2) \times 1 \text{ dakika}$
Eğer kömür kesici yükleyiciden geliyorsa toplam kömür miktarının (kesicikomur) kırıcıdan geçme zamanı ortalama 20 dakikadır. Eğer tahkimat penceresinden çekilen kömür ise bir tahkimattan gelen kömürün (ustkomur) kırıcıdan geçme zamanı ortalama 1 dakikadır.		
Taban yolundaki bantlı konveyörün hareket zaman fonksiyonu	Tbc	4 Dakika

### 3.3 Modelde Kullanılan Değişkenler

Kesici kömür: Kesici-yükleyicinin bir kesim yapmasıyla ürettiği kömür miktarı = kesilen kömür hacmi × kömürün yoğunluğu

$$K : \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ eğer kesici - yükleyici ilerliyorsa} \\ 2 \text{ eğer kesici - yükleyici geri dönüyorsa} \end{array} \right\}$$

T: İleriye ötelenen tahkimat sayısı T = 1...56

Üst kömür: Bir tahkimatın penceresinden çekilen kömür miktarı: Üst kömür miktarı ve tavan taşı miktarı hesaplanır.

Toplam kömür: Sistemde üretilen toplam kömür miktarı.

Uzaklık: İleri alınan tahkimat ile toplayıcı konveyör arasındaki mesafe

Kesim sayısı: Sistemde gerçekleşen toplam kesim sayısı

### 3.4 Modelde Kullanılan Nitelikler

Uzunayak çalışmasında bölgede ayaktan ve tavandan olmak üzere iki çeşit üretim şekli mevcuttur. Kesici yükleyici ayakta üretim yapmakta, tavan kömürü tahkimat penceresinden üretilmektedir.

$$KT : \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ Eğer kesici - yükleyici üretim yapıyorsa (ayak kömürü)} \\ 2 \text{ Eğer tahkimattan kömür çekiliyorsa (üst kömür)} \end{array} \right\}$$

### 3.5 Model

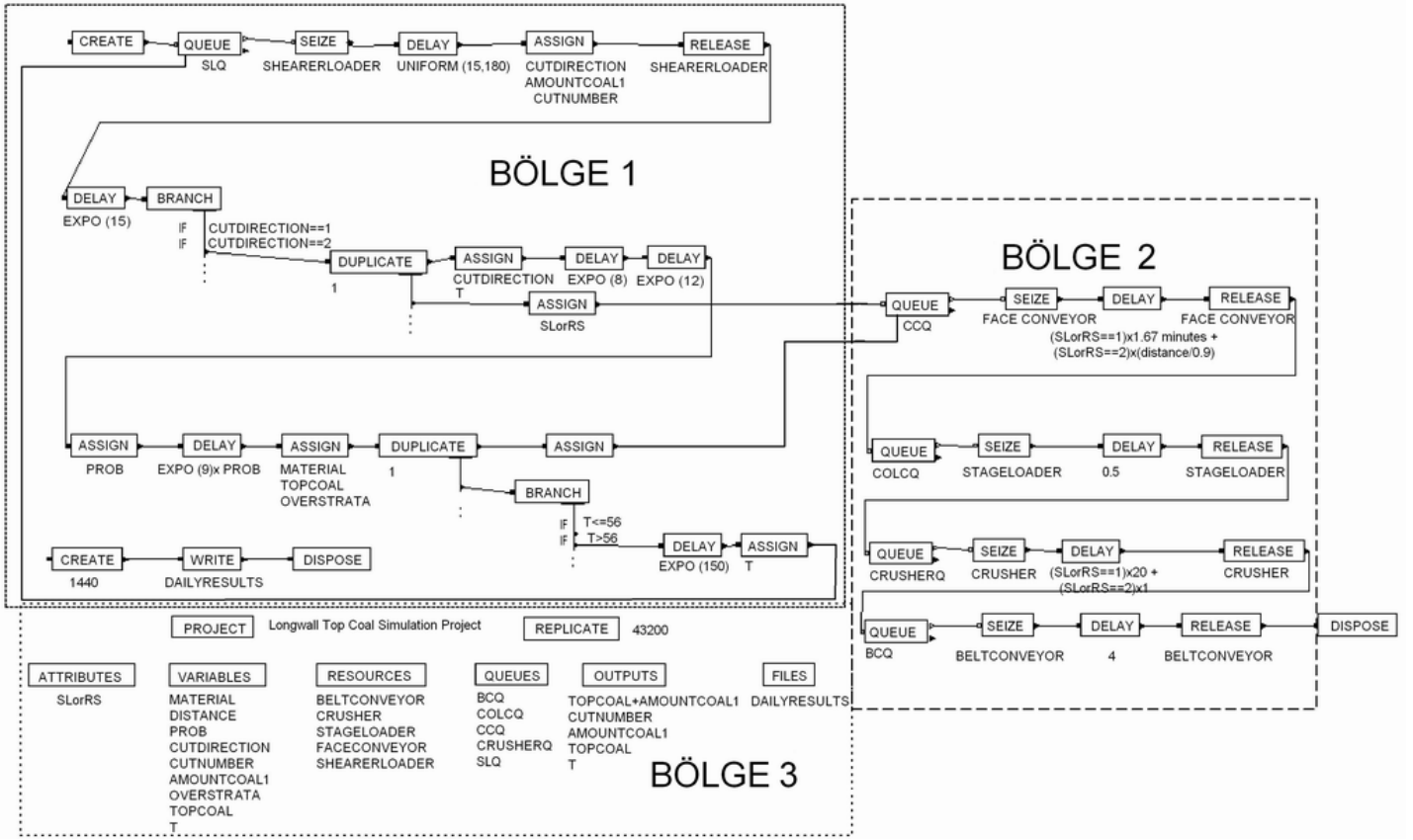
Simülasyon modelinin ARENA 2.2 programındaki akış diyagramı ve program görüntüsü Şekil 6 ve Şekil 7'de görülmektedir. Şekil 6'da I. bölge kesici-yükleyicinin ve yürüyen tahkimatların çalışmalarını ifade eder, diğer bir deyişle, kömür üretiminin gerçekleştiği kısımdır.

II. bölge ise sırasıyla zincirli konveyöre yüklenen malzemenin toplayıcı konveyöre gelmesini, kırıcıdan geçmesini ve bantlı konveyör ile ocak dışına çıkışını ifade etmektedir. Modelde, ilk olarak CREATE bloğu ile hareket yaratılır ve kesici-yükleyici ilk kesimini yapar. Kesim boyunca üretilen kömür miktarı hesaplanır ve ASSIGN bloğu ile "kesici kömür" isimli değişkene atanır. Kesici-yükleyici birinci kesimini bitirdiği zaman RELEASE bloğu ile serbest kalır ve yeni kesim için tamburlarının yerini değiştirmek için belli bir zaman harcar. Daha sonra program "K" değişkeninin 1 veya 2 olup olmadığını BRANCH bloku ile kontrol eder. Eğer "K" değişkeni 1 ise kesici yükleyici 1. kesimini yapmış demektir. İkinci kesimini yapmak üzere tamburların konumunu değiştirir ve ikinci kesimini yapar.

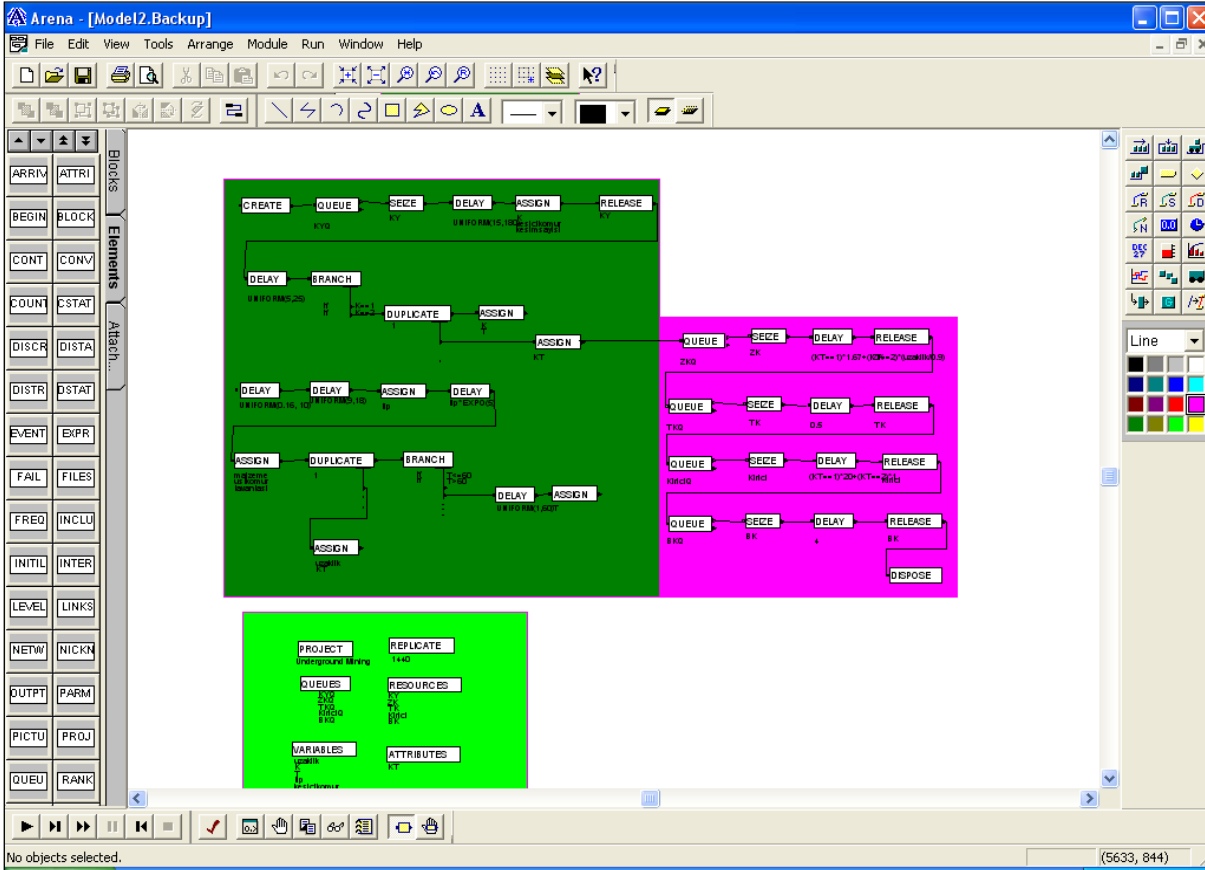
Kesici-yükleyiciden sonra birinci tahkimat ötelenmeye başlar. Tahkimat penceresi açılır ve üst kömür çekilir. Bu anda çekilen kömür miktarı hesaplanır ve "üst kömür" değişkenine atanır. Daha sonra, ayak kömürüne benzer olarak, üretilen üst kömür zincirli konveyör ile nakledilir (Erkut, 1991), (Özfiyat vd. 2007), (Swain, 1999).

Bu işlem sırasında program ileri ötelenen tahkimat sayısını (T), BRANCH bloku ile kontrol eder. Eğer T (tahkimat sayısı) değişkeni 56 olursa, tahkimatların hepsinin ötelenmesi tamamlanmış olur ve geçiş tahkimatları ile ayak sonu tahkimatları ötelenir. Eğer 56 olmamışsa işlem bir sonraki tahkimatın ötelenmesi ile devam eder.

Tüm tahkimatların ötelenmesinden sonra kesici-yükleyici tekrar kazıya başlar. Madenin çalışması 24 saat boyunca kesintisiz olarak devam edecek şekilde ayarlanmıştır. III. bölge simülasyon modelinin deney çerçevelerinin olduğu kısımdır. Gerekli tüm elemanlar (değişkenler, nitelikler, kaynaklar vs.) bu çerçevede tanımlanmıştır.



Şekil 6. Simülasyon modelinin Arena 2.2 görüntüsü (Özfiat, 2007; Özfiat ve Şimşir, 2008)



Şekil 7. Arena 2.2 programının ana sayfa görüntüsü (Özfiat, 2007; Özfiat ve Şimşir, 2008)

### 3.6 MODELİN GEÇERLİLİĞİ

Saha çalışmaları ile bulunan kayıp değerlerinin modelde yerine konmasıyla oluşan günlük üretim değerleri ile ocaktaki gerçek üretim değerlerinin yakın olduğu görülerek modelin doğru çalıştığı görülmüştür. Ömerler ocağında günlük toplam kömür üretimi 922,93 ton'dur. Sonuçlara göre, simülasyon çalışmasında

günlük üretim miktarı ortalama olarak 1046 ton çıkmıştır. Simülasyon çalışmasının sonuçları Ömerler yeraltı ocağının günlük üretim sonuçlarını yansıtmaktadır. Böylece simülasyon modelinin geçerliliği sağlanmıştır. Şekil 8'de Arena yazılımının model sonuç raporu görülmektedir.

Identifier	value
TOTAL	30490.
FACECOAL	11877.
NUMBER OF CUTS	52.000
TOPCOAL	18612.
ROOFSUPPORT	57.000

Şekil 8.Arena sonuç raporu

### 4 SONUÇ

Simülasyon çalışmaları madencilik sektörü gibi değişikliklerin zor yapılacağı ağır iş kollarında oldukça faydalı çalışmalardır. Simülasyon modelleri kullanılarak denenmesi çok zor ve maliyetli olacak alternatif sistemler kolaylıkla test edilebilir, olumlu ve olumsuz yönleri çok kısa süre içinde belirlenebilir.

Çalışmada bir uzun ayak üretimi ile çalışılan bir kalın kömür damarı modellenmiştir. Modelin gerçek sistemi yansıttığı model doğrulamaları ve üretim miktarları ile kontrol edilmiştir. Böylece üretim sisteminde yapılabilecek değişiklikler, alternatif makineler kolaylıkla model üzerinde üretimi durdurmadan ve düşük maliyetle denenebilir.

### KAYNAKLAR

- Akdaş, H., Destanoğlu, N., Öğretmen, S. ve Yavuz, M., 2000, Ömerler Mekanize Ayakta yürüyen tahkimatiardaki basınçların izlenmesi ve incelenmesi, V. Ulusal kaya mekaniği sempozyumu bildiriler kitabı, İsparta, 113-122.
- Brunner, D.T., 2001. Simulation of Underground Mining Operations. W.A. Hustrulid, (Ed.), R.L. Bullock, (Ed.), Underground Mining Methods (705-712). Colorado; Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.
- Çelik, R., 2005. GLİ Ömerler mekanize ocakta yürüyen tahkimatın taşınmasının geliştirilmesi. Eskişehir: Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Projesi, 144.
- Destanoğlu, N., Taşkın, F.B., Taştepe, M. ve Öğretmen, S., 2000. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Garp Linyitleri İşletmesi Tunçbilek Ömerler Yeraltı Mekanizasyon Uygulaması. Kütahya: Türkiye Kömür İşletmeleri.



- Erkut, H., 1991. *Yönetimde Simülasyon Yaklaşımı, Yönetim Bilimleri Dizisi:1. 2. Baskı*. İstanbul: İrfan Yayımcılık.
- Garp Linyitleri İşletmesi, 2015. Ömerler Tam Mekanize Yeraltı İşletmesi Pano Planı, Tavşanlı, Kütahya.
- Ogbonlowo, D.B., Wang, Y. J., 1987. A case study in surface mining simulation with special reference to the problem of model evaluation. *International Journal of Mining and Geological Engineering*, 109-119.
- Özfirat, M.K., 2007. Ömerler Yeraltı Kömür Ocağında Tam Mekanize Üretimde Oluşan Kayıpların Belirlenmesi ve Azaltılması Üzerine Araştırmalar, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Özfirat, M.K., Şimşir, F. ve Gönen, A., 2005. A Brief Comparison of Longwall Methods Used at Mining Thick Coal Seams. *Uluslararası 19. Madencilik Kongresi ve Fuarı*. 141-145.
- Özfirat, M.K., Deliormanlı, A.H. ve Kahraman, B., 2007. Bir Mermer Fabrikasında İş Akışının Simülasyonu ile Modellenmesi, *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 27. Ulusal Kongresi*.
- Ozfirat, M.K., Sımsir, F., 2008. Determination of the most effective longwall equipment combination in longwall top coal caving (LTCC) method by simulation modelling, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Volume 45, Issue 6, 1015-1023.
- Ritter, F., 1998. Mining Simulation Multipurpose Models for Large-Scale Systems an Internship Report, Otto Von Guericke University, Magdeburg.
- Rockwell Software: ARENA Simulation (Version 2.2).
- Schafrik, S.J., 2001. A new style of simulation model for mining systems Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Master of Science İn Mining and Minerals Engineering, Blacksburg, Virginia.
- Swain, J.J., 1999. Simulation Software Survey. *OR/MS Today*, 26(1): 42-51.