

## BİR AYDINLATMA FİRMASINDA DARBOĞAZ YARATAN MAKİNE PROBLEMLERİNİN ALTERNATİF ÇÖZÜMLERİNİN SİMÜLASYONU

Gülşen Aydın, Didem Yılmaz, A. Yekta Kayman  
Kocaeli Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 41100, Kocaeli

**Özet :** İşletmeler mevcut durumlarını korumak ve bunu sürekli geliştirmek için dinamik bir yapıda olmak zorundadırlar. Bu sebeple firmaların sorunlarına daha hızlı ve sağlıklı çözüm önerileri getirebilmeleri için sistemdeki darboğaz makine problemlerini aşmalı ve bu iyileştirme çalışmalarının devamlılığını sağlamalıdır. Ele alınan bu çalışma dört aşamalı bir problemin son aşamasıdır. Çalışmanın ilk üç aşamasında akış tipi bir sistemde darboğaz yaratan makineler için çözüm önerileri sunulmuş, bu çözüm önerileri üç ölçüte (toplam çıktı miktarı, proses içi envanter, bekleme süresi) göre değerlendirilmiş ve 27 adet çözüm alternatifi belirlenmiştir. Belirlenen bu alternatifler ölçütler göz önünde bulundurularak bir lineer modele aktarılmış ve yöneylem araştırması tekniklerinden faydalanılarak çözülmüştür. Ölçütleri eniyileyen üç çözüm önerisi, bir simülasyon programı olan PROMODEL' a aktarılmış ve program 16 saatlik vardiya süreci için değerlendirilmiştir. Elde edilen bu simülasyon sonuçlarına göre en uygun çözüm alternatifi bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Akış Hattı Üretim Dengeleme, Darboğaz Makineler, Simülasyon

### SIMULATION OF ALTERNATIVE SOLUTIONS IN A LIGHTING FIRM WITH BOTTLENECK MACHINES

**Abstract:** For continuous improvement firms should be in a dynamic form. To achieve this, bottleneck problems in production systems have to be overcome as problems occur. In previous phases of this study firstly, on a flow shop production system of a lighting firm solution alternatives are developed for bottleneck machines and these alternatives are evaluated according to three criterion (total production level, work-in-process and idle time) and 27 alternative solutions are found. A linear model is constructed considering these alternatives. Three optimal solution suggestions are transferred to PROMODEL and the program is evaluated for 16 hours (2 shifts) run.

**Keywords:** Flow Shop Production Line Balancing, Bottleneck Machines, Simulation

#### 1. Giriş

Akış tipi yerleşim düzeneklerinde hat dengeleme problemleri önemli oranda çözüm aranan alanlardır. Çünkü hat/hatlardaki her hangi bir dengesizlik, direkt olarak verimin düşmesine, proses içi envanterin yükselmesine ve bundan dolayı envanter maliyetinin artmasına sebep olmaktadır. Akış tipi sistemin bir başka belirgin özelliği, N işli M makineli bir sistemde amaç toplam üretim süresinin minimizasyonudur. Bu sürede en yüksek çıktı miktarının elde edilmesi amaçlanmaktadır (Schroeder, 1993).

#### 2. Problem ve Çözüm Süreci

##### 2.1. Firmanın Tanıtımı ve Üretim Süreci

Çalışmanın konusu olan aydınlatma firması, çeşitli tip floresan lambalarda akımı ayarlamak üzere kullanılan ve "balast" adı verilen bir ürün üretmektedir. Temel olarak üç tip balast çeşidi mevcuttur. BTA tip balast üretiminin %95'lik kısmını oluşturmaktadır. Bu sebepten dolayı sadece bu tip balast ele alınmıştır. Mevcut sistem için yapılan gözlemler sonucunda; üretim sürecinin, işlem tiplerindeki temel karakteristikteki farklılıklar açısından üretim süreci 4 segment olarak ele alınmış ve her bir segmentteki durum kendi içinde değerlendirilerek hattın dengelenmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada belirlenmiş olan standart zamanlara göre üretim hattı durumu yerleşim temelli bir gruplandırmaya göre bu segmentlerin BTA tipi balast için üretim aşamaları aşağıdaki gibidir.

Segment (Kısım) I: Myler kesme, bobin sarma, bantlama, E basma, I basma, Kontakt basma ve arka kapak takma, bottom plate ve myler takma, akım ayarı ve yüksek voltaj testi, balastların arabaya asılması. Bu segment 3 hattan oluşmaktadır.

Segment II: Perlor temizlik, boyama, fırında kurutma.

Segment III: Ön kapak takma, devre ve akım kontrolü, serigrafisi.

Segment IV: Paketleme. (Yılmaz, 2002)

## 2.2. Problem

Segmentlerin toplam çıktı miktarı ve işlem süresi birbirinden farklı olduğundan dolayı bazı segmentler arasında darboğaz yaratan durumlar, bazı segmentlerde ise boş süreler oluşmaktadır. Bu sebeple darboğaz durumlar için toplam çıktı miktarının maksimizasyonu ve boş sürelerin oluşumu sebebiyle oluşan durumlar için ise bekleme zamanı ve proses içi envanter minimizasyonu hedeflenmektedir. Ele alınan 3 ölçüt tabloda gösterilmektedir:

Tablo 1. 4 segmentli durumun ölçütlere göre sınırlarının belirlenmesi

	Toplam çıktı miktarı		Proses İçi Envanter		Bekleme Zamanı	
	Ü.S.	A.S.	Ü.S.	A.S.	Ü.S.	A.S.
Segment I	11497 br./gün	3832 br./gün				
Segment II	11497 br./gün	3832 br./gün	200 br.	0	60 dk./gün	0
Segment III	11497 br./gün	3832 br./gün	30 br.	0	30 dk./gün	0
Segment IV	Bir darboğaza neden olmadığından göz önünde bulundurulmayacaktır.					

Toplam çıktı miktarı için geçmiş yılların talep miktarları kullanılarak karar verici tarafından alt ve üst sınırlar belirlenmiştir.

Proses içi envanter için; amaç proses içi stoğun minimizasyonu olduğundan alt sınır 0 olarak alınmış, üst sınırlar ise karar verici tarafından segmentlerdeki mevcut proses içi stoklar göz önünde bulundurularak belirlenmiştir.

Bekleme zamanı için; etkinliği arttırmak açısından boş süre alt sınırı 0 olarak alınmış, üst sınırlar ise karar verici tarafından segmentlerdeki mevcut bekleme zamanı göz önünde bulundurulularak belirlenmiştir.

Yapılan zaman etüdü çalışmaları esnasında belirlenen darboğaz noktaların iyileştirilmesi/ geliştirilmesi için bu noktaları esas alan makine ve tasarımı iyileştirilmeleri yapılması uygun görülmüş, bu amaçla içinde makine sayısının artırımı, işçi sayısının artırılması, ekipmanların iyileştirilmesi gibi seçenekler önerilmiştir (araba kapasitesinin 200'den 300'e çıkarılması).

Problemin çözüm alternatifleri:

### Segment I için:

- Hat sayısının azaltılması: I. Hücredeki üç üretim hattının iki üretim hattına dönüştürülmesi.
- Her bir hattaki (3 hat) darboğaz olan bobin sarma makinelerinin iki katına çıkartılması.

### Segment II için:

- Bu hücrede, 300 adet/ gün' lük partiler halinde üretim yapılması.
- Bir adet olan fırın sayısının ikiye çıkartılması.

### Segment III için:

- Fırından çıkan balastların boşaltılması işinin II. Hücredeki eleman tarafından yapılması. Böylece 3 kişinin 60 dakika tam zaman çalışmasının sağlanması.
- Bu hücrede çalışan sayısının 3 kişiden 4 kişiye çıkartılması.

### Segment IV için:

- İş elemanı sayısının artırılması. (Kayman, 2003)

## 2.3. Problemin Çözümü

Mevcut problemler için iyileştirme önerileri doğrultusunda sistem başarımını en iyileyecek matematiksel model kurulmuş, kurulan model optimizasyon programları ve el ile çözümler elde edilen sonuçların değerlendirilmesi simülasyon programı PROMODEL üzerinden yapılmıştır. (Law, 1999)

Simülasyon ile incelenen çözüm durumlarından 0-1-2; Segment I' deki mevcut durumun korunması, Segment II'nin 200 yerine 300 birimlik partiler halinde üretim yapması ve Segment III' de kapak takma biriminde çalışan sayısının 3 kişiden 4 kişiye çıkartılması, 2-0-2; Segment I' de her bir hatta (3 hat) darboğaz olan bobin sarma makinelerinin 1'den 2'ye çıkartılması, Segment II' de değişiklik yapılmaması ve Segment III' de kapak takma biriminde çalışan işçi sayısının 3 kişiden 4 kişiye çıkarılması, 0-0-0' da mevcut durumun aynen korunmasını ifade etmektedir.

Bu alternatiflere ait simülasyon sonuçları aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 2. PROMODEL paket programıyla elde edilen değerler

	Varlık	Toplam Çıktı Miktarı	Sistemdeki Mevcut Miktar	Sistem İçi Ort. (dk)	Ort. Hareket (dk)	Ort. Bek. (dk)	Ort. Operasyon (dk)	Ort. Bloke (dk)
0-0-0	Balast	6093	3291	224.51	0.34	29.56	51.38	143.22
0-1-2	Balast	6966	2418	194.58	0.42	45.38	51.38	97.39
2-0-2	Balast	8400	984	101.55	0.34	29.23	51.38	20.59

Tablo 3. Yukarıdaki değerlerin yüzde olarak karşılaştırılması

	Varlık	Hareket (%)	Kaynak İçin Bekleme (%)	Operasyon (%)	Blok (%)
0-0-0	Balast	15	13.17	22.89	63.79
0-1-2	Balast	22	23.32	26.41	50.05
2-0-2	Balast	34	28.79	50.59	20.27

Toplam Zaman İçindeki Taşımının Miktarı: Akış hattındaki en uzun mesafe, I. Segmentten II. Segmentin başlangıcına kadar olan mesafedir. Bu mesafede balast taşıma arabasının hareketi toplam taşıma içerisinde çok düşük olduğundan dolayı ihmal edilmiştir. Bu durumda toplam süreç içerisinde hareketin payı mevcut durumda %0.15 gibi çok küçük bir değerdir. Diğer önerilerden 0-1-2 durumunda çalışan sayısı bir arttığı için balast hareket sıklığı da artmaktadır. Bu da doğal olarak toplam süre içinde balast taşıma yüzdesini arttırmaktadır. 2-0-2 durumunda ise bobin sarma makinesi sayısı 2'ye çıkartıldığından, toplam çıktı miktarı artmakta ve daha fazla taşıma ortaya çıkmaktadır.

Makine Boş Kalma Durumu: Mevcut durumda balastın toplam zaman içindeki (2 vardiya 16 saat) bekleme süresi (balast taşıma arabası ve III. Segmentteki işçiler) % 13.12 iken, 0-1-2 durumunda, bu oran %23.32' ye yükselmektedir. Çünkü parti büyüklüğü 200'den 300 birime çıkarılmaktadır. 2-0-2 durumunda ise bobin sarma makinesi sayısının ikiye çıkartılması sonucu toplam çıktı miktarı artmış, bu da kaynak için bekleme süresini %28.79'a çıkarmıştır.

Operasyonda Geçen Zaman: Mevcut durumda bir balast sistem içinde geçirdiği sürenin ortalama olarak %22.89'unda işlem görmektedir. Geri kalan süre ise taşıma ve bekleme ile geçmektedir. 0-1-2 durumunda, bir balastın sistem içinde geçirdiği süresi ortalama olarak %26.41'e yükseldiği görülmektedir. 2-0-2 durumunda ise 3 hatta da birer tane ilave bobin sarma makinesi alımı üretimi arttırmış ve %50.59 olarak bir artış sağlanmıştır.

Blok Yüzdesi: Ortalama blok, bir balastın bir sonraki makine için yaptığı ortalama beklemedir. Mevcut durumda balastlar bir sonraki aşamaya geçmek için sıradaki makinenin işlemi tamamlamasını beklemektedirler. Bu da toplam zamanın %63.79'unu almaktadır. 0-1-2 durumunda üretimin 300 birimlik partiler halinde yapılması ve ilave bir işçinin alınması dolayısıyla bu bekleme %50.05'e inmektedir. 2-0-2 durumunda ise bobin sarma makinesi sayısının I. Segmentteki her bir hatta birer adet arttırılması üretimi arttırmış ve III. Segmente ilave bir işçinin alınması sayesinde bekleme zamanı %20.27'ye düşmüştür.

### 3. Sonuç

Belirlenen 4 segmentin durumu için 3 ölçüte (toplam çıktı miktarı, proses içi envanter, bekleme zamanı) göre değerlendirilmesi sonucunda oluşturulan 27 adet alternatiften uygun görülen 3 adet öneri PROMODEL simülasyon programı ile değerlendirilmiş ve bunlardan 2-0-2 durumunun en uygun sonucu vermesine rağmen maliyet unsurunun da göz önünde bulundurulması düşünülerek firmaya öneride bulunulmuştur.

### Kaynaklar

**Kayman, A. Y. ve diğerleri**, An Integer Approach For Multi-Criteria Flow Shop Production System, *EUROINFORMS 2003*, İstanbul, 6- 10 Temmuz, 2003.

**Law, M. A. ve Kelton, W. D.**, *Simulation Modeling and Analysis*, McGraw-Hill Companies, U.S.A, 1999.

**Schroeder, R. G.**, Operations Management Decision Making in the Operations Function, (*McGraw Hill International Editions, Singapore*), 1993

**Yılmaz, D. ve diğerleri**, Etkin Bir Çizelgeleme için İmalat Hücreleri Oluşturma. *XXIII Ulusal Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresi*, İstanbul, 3-5 Temmuz, 2002.