

**BİR TEKSTİL İŞLETMESİNDE BENZETİM YÖNTEMİYLE MONTAJ HATTI  
DENGELEME UYGULAMASI<sup>1</sup>**

**IMPLICATION OF ASSEMBLY LINE BALANCING BY USING SIMULATION METHOD IN  
A TEXTILE MANUFACTURING FIRM**

**Ar. Gör. Şehmus ASLAN**

Mardin Artuklu Üniversitesi, İİBF İşletme Bölümü, sehmus\_asl@hotmail.com, Mardin/Türkiye

**Yrd. Doç. Dr. Recep AKDAĞ**

Mardin Artuklu Üniversitesi, İİBF İşletme Bölümü, r\_akdag@hotmail.com, Mardin/Türkiye

**Aydın YILDIRIM**

Yüksek Lisans Öğrencisi, İstanbul Kültür Üniversitesi, İİBF İşletme Bölümü,  
mail.aydinyildirim@gmail.com, İstanbul/Türkiye

**ÖZ**

Tekstil endüstrisi Türkiye ekonomisinin lokomotif sektörlerinden biridir. Üretimin önemli bir kısmı yurt dışına ihraç edilmektedir. Türk tekstil sektörünün dünya tekstil sektöründe önemli bir paya sahiptir. Son zamanlarda bütün sektörlerde olduğu gibi tekstil sektöründe de global rekabet hız kazanmıştır. Bu rekabette ayakta kalabilmek için üretici firmalar maliyetlerini düşürmek zorundadırlar. Tekstil endüstrisi de emek yoğun bir sektör olduğu için maliyetleri düşürmek için öncelikle işgücü planlamasının verimli yapılması gerekir. Üretim hattında işçilerin verimli bir şekilde kullanılması hem işçilik maliyetlerini düşürecek, hem de üretim kapasitesini artıracaktır. Bu çalışmanın amacı düşük verimle çalışan bir tekstil fabrikası için montaj hattı dengeleme çalışması yapmaktır. Montaj hatlarının dengelenmesiyle üretim işçi maliyetleri düşürülebilmekte ve birim zamanda üretim bandından çıkan çıktı sayısı artmaktadır. Dolayısıyla işletmenin kapasite kullanım oranı artmaktadır. Bu çalışmada montaj hattının dengelenmesi ve üretim süreçlerinin iyileştirilmesi için benzetim yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem kullanılarak söz konusu işletmenin kapasite kullanım oranları büyük oranda artmıştır. Üretim hattındaki işçiler daha verimli kullanılarak aynı işçi sayısı ile üretim kapasitesi artırılmıştır. Ayrıca çalışmada, tekstil gibi emek yoğun endüstriler üretim sahalarında benzetim tekniğini kullanarak işçi gücü planlamasını çok daha pratik ve verimli bir şekilde yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tekstil, Benzetim Yöntemi, Montaj Hattı Dengeleme, Süreç İyileştirme

**ABSTRACT**

Textile industry is one of the locomotive sector of Turkey's economy. Big proportion of the manufacturing goods is exported to abroad. The Turkish textile industry has an important share in the world textile sector. Recently, global competition has gained momentum in the textile sector as well as in all sectors. In order to survive this competition, manufacturers have to reduce their costs. Since the textile industry is also a labor-intensive industry, it is necessary first to make efficient labor planning in order to reduce costs. The efficient use of workers in the production line will reduce labor costs and increase production capacity. The aim of this study is to do assembly line balance for a textile factory that operates with low efficiency. By balancing the assembly lines, production labor costs can be reduced and the number of output from the production line increases. As a result, the capacity utilization rate of the plant is increasing. In this study, a simulation method was used to balance the assembly line and improve the production process. Using this method, the capacity utilization rate of the production line increased greatly. Workers on the production line were used more efficiently and the production capacity increased with the same number of workers. In addition, it is concluded labor-intensive industries such as textiles, labor force planning can be done much more practically and efficiently by using the technique of simulation.

**Keywords:** Textile, Simulation Technique, Assembly Line Balancing, Process Improvement

<sup>1</sup> Bu çalışma Mardin Artuklu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi MAÜ-BAP-17-TİOYO-26 nolu proje tarafından desteklenmektedir.

## 1.GİRİŞ

Konfeksiyon ve tekstil endüstrisi ülkemiz ekonomisinin en öncü sektörlerinden birisidir. Türkiye, uluslar arası alanda, Amerika ve Avrupa ülkelerinin en önemli tedarikçilerinden birisi konumundadır. Fakat küresel ekonomik düzenin her geçen gün değişen ve gelişen pazar koşulları, son yıllarda Türkiye'deki hazır giyim ve tekstil ihracatçılarının rekabet koşullarını zorlaştırmaktadır. Standart ürün tiplerinin üretimi, ülkemizin bu alanda rakibi konumunda bulunan az gelişmiş ülkelere doğru bir eksen kayması göstermektedir. Bu durum, ülkemiz hazır giyim ve tekstil sektörünün gelişen teknolojik koşullara uyum sağlaması ve mevcut koşulların güncellenmesi ile mümkün olabilecektir (Kurşun, 2007: 1).

İşletmelerin varlığını ve karlılığını sürdürebilmek adına belirledikleri hedeflerin en temelinde; verimliliği artırmak, kapasite ve kaliteyi yükseltmek, maliyetleri azaltmak ve çalışma ortamının geliştirilmesi yer almaktadır. Bahsedilen hedeflere ulaşabilmek adına üretim süreçlerinde kullanılan işgücü, malzeme ve teçhizat ve makineden oluşan üretim araçlarının yapılandırılması gerekmektedir. Bunu yapabilmeyen en makul yolu ise montaj hatlarının düzenlenmesidir (Çantaoglu, 2009: 1).

Yığın üretim uygulamalarında kullanılan en etkin yöntemlerden biri olan montaj hatları, günümüz endüstrilerinde büyük öneme sahiptir. Montaj, üretilmesi planlanan ürün veya yarı ürünlerin toparlanarak hazırlanan üretim bandında birleştirilmesi işlemi uygulanması ve nihai olarak hedef ürün veya yarı ürün olarak ortaya çıkmasıdır. Montaj hattı kavramı ise, süreç içerisinde yer alan işlemlerin uygulandığı zemini ifade etmede kullanılmaktadır. Belirli özelliklere sahip ürünleri veya yarı ürünleri yüksek miktarlarda üretebilmek amacıyla montaj hatlarına ihtiyaç duyulmuştur (Çerçioğlu, 2009:1).

Montaj hatları içerisinde üretimde yer alan birden fazla iş istasyonu bulunmaktadır ve her bir iş istasyonu kendi işlemini tamamlayabilmek adına belirli bir zamana ihtiyaç duymaktadır. Gerekli olan bu zamanın, bütün istasyonlarda eşitlik göstermesi montaj hattının dengede olduğunu yani dengeli bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Üretim aşamasında montaj hattında yer alan iş istasyonlarının gereksiz zaman tüketmesi istenilmeyen bir durumdur. Bu durumun önüne geçebilmek adına montaj hattında yer alan her bir iş istasyonunun harcadığı süre eşitlenmeye çalışılır, bu çabanın adına montaj hattı dengeleme denilmektedir. Üretim süreçleri montaj hattına dengeli bir yapı kazandırabilmek adına bir dizi önemli gereksinimlere ihtiyaç duyarlar (Tekin, 2005: 99):

- ✓ İş ve görev tanımlarının yapılması,
- ✓ Önceliklerin belirlenmesi (iş sıralama),
- ✓ İş istasyonlarının ihtiyaç duyduğu minimum sürenin belirlenmesi
- ✓ İş istasyonlarının niteliklerinin tespit edilmesi ve uygun görev tayinlerinin yapılması
- ✓ İş etkinliğinin hesaplanması,
- ✓ Tasarım ve düzenleme uygulamalarının geliştirilmesi.

Montaj hattı, üzerinde barındırdığı her bir iş istasyonuna, iş yükünü eşit miktarda dağıtabilmeyi amaçlar. Bu durumun aksi, hat verimliliğini düşürebilmektedir. Ürünlerin sahip olduğu farklılıklar üretimde de farklılıkları beraberinde getirmektedir. Bu yüzden işlem sıralamasındaki değişimler meydana gelebilmektedir. Bu gibi durumlarla karşılaşılması halinde montaj hatları farklı şekillerde düzenlenebilir. Montaj hattının dengeli bir şekilde kurulmasının amaçları aşağıdaki şekilde sıralanabilir: (Kesintürk ve Küçük, 2006: 52-63):

- ✓ Etkin malzeme akışının sağlanması,
- ✓ Makinelere azami verimin elde edilmesi,
- ✓ gücü ve verimliliğini en üst seviyeye taşıyabilmek,
- ✓ İşlemlere harcanan zamanı en az seviyeye çekebilmek,
- ✓ Malzeme sarfiyatını en aza indirmek,
- ✓ Devir sürelerine göre oluşturulması planlanan iş istasyonu sayısının en aza indirmek.
- ✓ İş istasyonlarında zaman kaybının asgari düzeye indirilmesi,
- ✓ Montaj hattının dengelenmesi adına gerekli maliyeti en aza indirmek.

Bu çalışmanın amacı, Mardin'de faaliyet göstermekte olan bir tekstil fabrikasının tişört üretimi yapan montaj hattının dengelenmesi ve üretim kapasitesinin artırılmasıdır. Bu nedenle literatürde montaj hatlarının

dengelemesi ve üretim süreçlerinin iyileştirilmesi için sıkça kullanılan benzetim yönteminden faydalanılmıştır. Öncelikle üretim hattındaki istasyonların standart zamanlarının bulunması için zaman etütleri yapılmıştır. Daha sonra mevcut sistemin bir modeli, bir benzetim programı olan Arena paket programında kurulmuştur. Bu benzetim modeli sayesinde montaj hattındaki darboğazlar tespit edilmiştir. Bu darboğazları gidermek için çeşitli senaryolar denenmiştir. Sonuç olarak firmaya, montaj hattını dengeleyebileceği ve üretim kapasitesini artırabileceği bir model sunulmuştur.

## 2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Montaj hatları ilk olarak 1915 yılında Ford Motor Şirketi tarafından otomobil üretiminde uygulamaya geçirilmiş ise de (Özcan, 2009: 8), montaj hattı dengeleme kavramı ile akademik literatürde ilk kez Bryton'un 1954 yılında hazırladığı yüksek lisans tezinde karşılaşmıştır (Çantaoglu, 2009: 3). Montaj hattı dengeleme konusunun geniş çerçevede ele alınması ise yine 1954 yılında Helgeson ve 1955 yılında Salveson tarafından yapılan çalışmalarla gerçekleşmiştir. Bu çalışmalarda montaj hattı dengeleme kavramı matematiksel olarak formüle edilmiş ve kavramın uygulama alanının bir nevi temelleri atılmıştır. O yıllardan günümüze kadar montaj hattı dengeleme problemleri ile ilgili çok sayıda matematiksel model, alt ve üst sınır hesaplamaları, çözüm prosedürleri geliştirilmiş ve bu alanlarda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Özcan, 2009: 2).

Caputo ve Palumbo (1995: 193-208), kot pantolon üretimi yapan bir işletmenin üretim hattını dengelemiş ve bunun sonucunda alınacak yatırım kararları için bir altyapı çalışması modeli sunmuşlardır. Kurdukları model ile üretim maliyetlerini düşürerek montaj hattı dengeleme uygulamalarının önemini ortaya çıkarmışlardır.

Fozzard ve arkadaşları (1996: 26-27) yaptıkları çalışmalarında, bir konfeksiyonda kullanılan akış hatları için model kurarken; operatörün boş kaldığı süre, üretim bandında yaşanan beklemeler, makine arızaları ve işlem süreleri gibi faktörlerin ele alınması gerektiğini vurgulamışlardır. Chan ve arkadaşları ise (1998: 21-37), gömlek üretimi sürecini genetik algoritma yardımıyla incelemeye ve dengelemeye çalışmıştır.

Hui ve Ng, (1999: 181-189) gömlek üretimi yapan bir işletmede uygulanmış; konfeksiyon üretim hatlarında işlem sürelerinin değişiklik gösterebildiği ve bu durumun makine hızı, malzeme kalitesi gibi değişkenlere bağlı olarak değişebileceği gözlemlenmiştir. Bir başka çalışmada ise (Choi ve Ko, 2005: 585-592), üretim bandı aşamalarında yer alan kıyafet tasarımı esnasında Benzetim ve animasyon uygulamalarından yararlanılmıştır. Tasarım süreçleri elektronik ortamda incelenerek üretim hızı artırılmış ve üretim anında yaşanabilecek zaman kaybının önüne geçilmiştir.

Kurşun ve Kalaoğlu (2009: 68-71), tişört üretimi yapan bir işletmede yaptıkları uygulamada üretim bandı ve iş istasyonları üzerine derinlemesine incelemeler ve araştırmalar yaparak bir model kurmuş ve bu modele uyulması sonucunda günlük üretim kapasitesini 480.000 seviyesinden 490.000 seviyesine çıkabileceğini saptamıştır. Günlük üretim artacak olsa da kurulan model sonucunda elde edilen göstergelere bakıldığında bu artışın daha fazla zaman kaybı ve maliyet getirebileceği düşünülse de tam aksine daha düşük maliyet ve daha hızlı bir üretim süreci ile bu artış elde edilebilecektir.

Güngör (2012: 93) erkek gömleği üreten bir hazır giyim işletmesi incelenmiş, kaynak kısıtlı bir karma model olan COMSOAL algoritması geliştirilerek gömlek üretiminde karma modellenmiş montaj hattı dengeleme problemleri ve çözüm önerileri araştırılmıştır. Bir başka çalışmada Güngör ve Ağa (2014: 405), karma modellenmiş erkek gömleği üreten küçük ölçekli bir işletme üzerinde durulmuş ve montaj hattı dengeleme uygulaması yapılmıştır. Burada hedeflenen farklı miktarlarda ve farklı modellerde talep edilen siparişlerin en verimli şekilde montajının sağlandığı hatların kurulması ve bunun sonucunda müşterilere minimum sürede, minimum maliyetle ve istenilen kalitede ürün teslimi yapmak adına montaj hatlarının dengelemesidir.

Eryürük ve arkadaşları (2014: 21-26), etek üretimi yapan bir konfeksiyon işletmesinde "Helgeson ve Birnie" tarafından geliştirilen "Konum Ağırlıklı Montaj Hattı Dengeleme" yöntemini kullanmışlar ve bunun sonucunda kurumsal etkinliğin artırılabilmesine ulaşımlardır. Eryürük tarafından yapılan bir başka çalışmada ise (2012: 360), bir elbise modeli montaj hattı seçilmiş ve modellenmesi Arena Benzetim programı ile yapılarak, sabit bir çevrim periyodunda optimum makine ve operatör kullanımı ile mümkün olan en yüksek hat verimliliğine ulaşmak üzere bir montaj hattı tasarlamak amaçlanmıştır.

## 3. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada konfeksiyon ürünleri üreten bir tekstil işletmesinin tişört dikimi yapılan üretim montaj hattının dengelemesi yapılmıştır. Montaj hattı dengelemesi ve hattın üretim kapasitesinin artırılması için benzetim yönteminden faydalanılmıştır.

Benzetim, bir sistemi simgeleyen bir modelin oluşturulması işlemine verilen addır. Temel olarak, yapılması mümkün olmayan veya yapılması halinde pahalıya mal olabilecek işlemlerin bu model üzerinde yapılmasına olanak sağlayabilir. Bunun yanında, modele uygulanan işlemlerin model üzerindeki etkilerinin incelenbilmesine olanak sağlamaktadır. Bu durum, sistem ve sistemin barındırdığı tüm bileşenlerin tepkilerini gözlemleyerek gerçek sisteme ait öngörülerin elde edilebilmesine olanak sağlamaktadır (Erkut, 1992: 1).

İşletmelerdeki örgütsel yapının giderek daha karmaşık bir hale gelmesi sistem yaklaşımının önemini arttırmaktadır. Sistem yaklaşımında kullanılan en önemli tekniklerden olan benzetim yöntemi, gerçek dünyadaki sistemin büründüğü yapıyı ve bu yapının davranışlarını anlayabilmek adına mantıksal ve matematiksel sonuçlar içeren, sistem haricinde bir bilgisayar ya da başka bir araçla sınaama yapabilme imkanı sunan bir yöntemdir (Karabay, 2010: 24).

Benzetim yönteminin kullanıcılara ve işletmelere sunduğu faydalardan en çok ön plana çıkanları aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Halaç, 1982: 7,8):

- ✓ Bir sistemin modeline sahip olunması halinde, birden çok durum için analizler yapılabilir
- ✓ Benzetim yöntemleri, detaylı sistem verilerine sahip olunmadığı durumlarda daha elverişlidir.
- ✓ Benzetim modeli üzerinden gelecekte kullanabilmek adına elde edilen veriler, gerçek yaşamda elde edilen verilerden çoğunlukla daha ucuza mal edilebilmektedir.
- ✓ Benzetim, herhangi bir sistemin barındırdığı karmaşık etkileşimleri inceleme ve bu etkileşimler üzerinde deney yapabilme imkanı sunabilir.
- ✓ Benzetilen sistemin ayrıntılı gözlemi, daha iyi anlaşılmasını, daha önce görülmemiş eksikliklerin giderilebilmesini, daha etkin fiziksel ve operasyonel sistemin kurulmasını sağlayabilir.
- ✓ Benzetim, değişik koşullar altında sistemin nasıl olacağı hakkında çok az veya hiç veriye sahip olmadığımız yeni durumlar üzerinde deney yapma amacıyla kullanılır.
- ✓ Benzetim, analitik çözümlerin doğruluğunu gerçeklemek üzere kullanılabilir.
- ✓ Benzetim ile dinamik sistemlerin gerçek zamanı, daraltılmış veya genişletilmiş süre içinde incelenebilir.
- ✓ Benzetim, tekniği uygulama niyeti olan analistleri daha kapsamlı düşünmeye itmektedir.

#### 4.UYGULAMA

Çalışma, Mardin'in Midyat ilçesinde faaliyet gösteren bir tekstil firmasına ait fabrikada yapılmıştır. Firma, genel olarak büyük tekstil firmalarına fason üretim yapmaktadır. İşletmede tişört, şort, gömlek, kazak vb. konfeksiyon ürünleri üretilmektedir. Üretim kısmı, kesim, baskı, nakış ve dikimhaneden oluşmaktadır. Dikimhane kısmı diğer bölümlere oranla emek yoğun bir bölümdür. Bu nedenle burada işgücünü verimli bir şekilde kullanmak üretim maliyetlerini düşürmede önemli bir faktördür. Dikimhane bölümü seri bir şekilde birbirine bağlanmış istasyonlardan oluşan bir montaj hattı gibi düşünülebilir. Her bir istasyonda makinesiyle işlem gerçekleştiren bir operatör bulunmaktadır. İstasyonlarda işlem zamanları farklılık gösterdiği için bazı istasyonların önünde uzun kuyruklar oluşmasına neden olmaktadır. Bazı operatörler tam kapasite çalışırken bazıları ise düşük kapasitede çalışmaktadır. Bu nedenle hattın üretim kapasitesi düşük kalmaktadır. Hattın üretim kapasitesinin artırılması ve istasyonlar arasındaki iş yükü dengesinin sağlanması için benzetim yöntemi kullanılmıştır. Benzetim modelinde kullanılmak üzere öncelikle her bir istasyonun işlem zamanlarının bilinmesi gerekir. İşlem sürelerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri bilindiği için üçgensel dağılımın kullanımı uygun görülmüştür. Bu çalışmada "Polo Yaka Tişört" için kullanılan bir üretim hattı üzerinde montaj hattı dengeleme yapılacaktır. Mevcut sistemde montaj hattının iş akışı, istasyonların işlem zamanları ve operatör sayıları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1

İSTASYON NO	İŞLEM AÇIKLAMASI	İŞLEM SÜRESİ(sn)	OPERATÖR SAYISI	ÖNCÜL İSTASYON NO
1	Yaka Açma	TRIA(28,30,35)	1	
2	Cep Flota Regule	TRIA(10,12,17)	1	1
3	Yaka Regule	TRIA(8,10,15)	1	2
4	Pat Çizim	TRIA(10,12,17)	1	3
5	Cep Çizim	TRIA(10,12,17)	1	4
6	Pat Takma	TRIA(21,22,25)	1	5
7	Pat Yarma	TRIA(18,20,27)	1	6
8	Flota Cep Takma	TRIA(15,17,23)	1	7
9	Torba Dönüşü	TRIA(28,30,35)	1	8
10	Cebe Torba Takma	TRIA(16,18,23)	1	9
11	Flota Yan Kapatma	TRIA(14,16,19)	1	10
12	Flota Cep Çıma	TRIA(15,17,19)	1	11
13	Yaka Tutturma	TRIA(21,23,25)	1	12
14	Omuz Çatma	TRIA(15,17,23)	1	13
15	Omuz Gazı	TRIA(13,15,19)	1	14
16	Kol Takma	TRIA(22,25,28)	1	15
17	Yaka Takma	TRIA(15,17,21)	1	16
18	Extrafor Takma	TRIA(12,14,19)	1	17
19	Alt Pat Kapama	TRIA(16,18,22)	1	18
20	Üst Pat Kapatma	TRIA(16,18,22)	1	19
21	Pat Üçgeni Yarma	TRIA(10,10,15)	1	20
22	Pat Zarf Yapma	TRIA(25,27,32)	1	21
23	Extrafor Kapatma	TRIA(18,20,25)	1	22
24	Yan Çatma	TRIA(38,40,40)	2	23
25	Kol Reçme	TRIA(22,24,29)	1	24
26	Etek Reçme	TRIA(16,18,23)	1	25
27	İlik Açma	TRIA(12,14,19)	1	26
28	Çevirme ve Düğme İşareti	TRIA(18,20,25)	1	27
29	Meto Çıkarma	TRIA(10,12,17)	1	28
30	Düğme Takma	TRIA(14,16,21)	1	29
31	Temizleme ve Düğme Kapatma	TRIA(23,25,25)	2	30
32	Pat Hazırlama	TRIA(10,10,15)	1	31
33	Ortacı	TRIA(18,20,20)	2	32
34	Ütü	TRIA(33,35,35)	2	33
35	Kalite Kontrol	TRIA(33,35,35)	2	34
36	Barkot ve Kart	TRIA(18,20,25)	1	35
37	Katlama	TRIA(18,20,25)	1	36
38	Jeletin ve Sepetleme	TRIA(18,20,25)	1	37

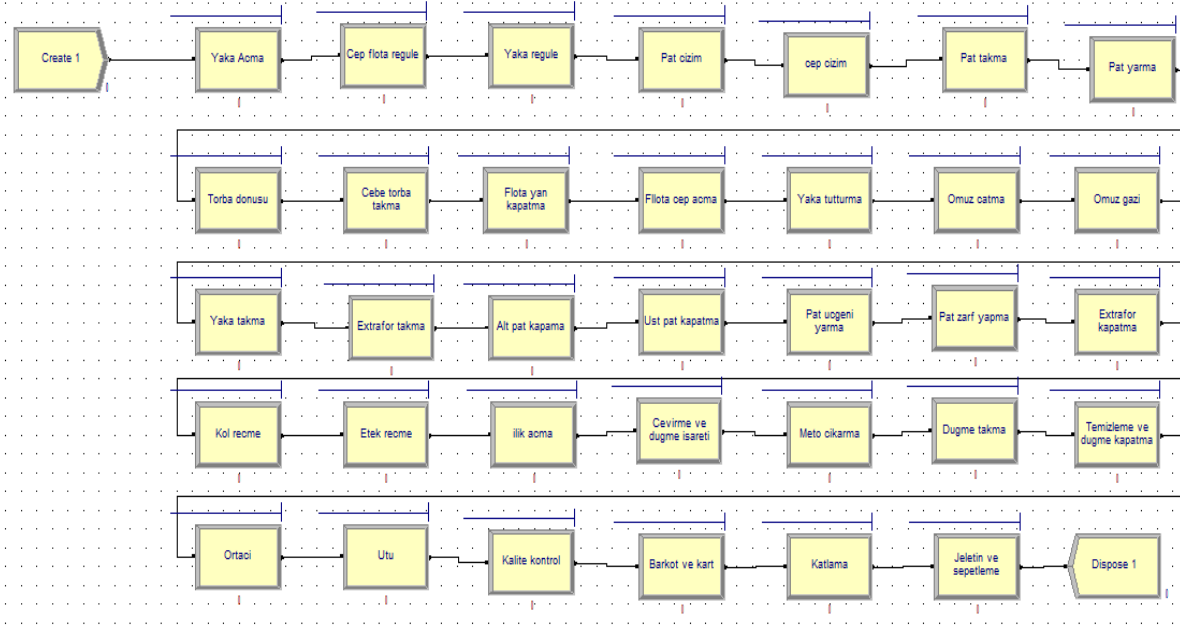
#### 4.1.Mevcut Sistemin Benzetim Modelinin Kurulması

Yukarıdaki bilgiler toplandıktan sonra mevcut sistem için bir benzetim modeli kurulabilir. Bu çalışmada benzetim modelinin kurulabilmesi için Rockwell Software firmasının ARENA 14 benzetim paket programı kullanıldı. Modelin kurulabilmesi için bazı varsayımlar yapılmıştır:

- ✓ İstasyonlar arası geçiş süreleri işlem sürelerine eklenmiştir.
- ✓ Makine arızalarından oluşacak zaman kayıpları dikkate alınmamıştır.
- ✓ Modeller, öncelik ilişkileri de dikkate alınarak, kuyruğa ilk giren iş önce işlem görür sıralama kuralına göre düzenlenmiştir.
- ✓ Öncelik ilişkilerinden başka atama kısıtı yoktur.
- ✓ Herhangi bir istasyona paralel bir istasyon açılabilir.

İşletme günde 10 saat faaliyet göstermektedir, bunun 1 saati yemek arası ve molalardan oluşmaktadır. Dolayısıyla işletmenin günlük net çalışma süresi 9 saattir. Daha önce de söylendiği gibi bu çalışmada sadece "polo yaka tişört" ürününün montaj hattı dengelemesi yapılacaktır. Dolayısıyla bu montaj hattı literatürde tek modellenmiş montaj hattı dengeleme (tMHD) problemi türüne girmektedir. Ayrıca yerleşim yerine göre montaj

hattımız U-tipi montaj hattı kategorisine girmektedir. Mevcut durumda montaj hattı 38 istasyon ve 43 operatörden oluşmaktadır. Bütün operatörler bütün işleri yapabilmektedir. Mevcut durumdaki üretim hattı yukarıda verilen varsayımlar ve koşullar altında Arena benzetim programına aktarıldı. Kurulan modelin ara yüzü aşağıdaki gibidir.



Şekil 1: Mevcut Sistem Benzetim Modeli

Model 32.400 sn(9 saat) için 20 defa çalıştırıldı. Model çıktıları aşağıdaki gibidir:

Tablo 2

Bir Günde Üretilen Tişört Sayısı(adet)	Ortalama Kuyruқта Bekleme Süresi(sn)	Ortalama Kapasite Kullanım Oranı	Çevrim Zamanı(sn)
1.021	1.022,08	57%	31,73

Sistemle ilgili daha detaylı analiz yapabilmek için hangi istasyonlarda darboğaz olduğunu, hangi istasyonların düşük kapasitede çalıştığını görülebilmesi için istasyonların kapasite kullanım oranlarına bakılması gerekmektedir. İstasyonların kapasite kullanım oranları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3

Alt Pat Kapama	59,65%
Barkot Ve Kart	66,3%
Cebe Torba Takma	61,01%
Cep Cizim	41,85%
Cep Flota Regule	41,93%
Cevirme Ve Dugme İsaleti	66,63%
Dugme Takma	53,95%
Etek Recme	60,44%
Extrafor Kapatma	66,87%
Extrafor Takma	47,95%
Flota Cep Acma	54,52%
Flota Cep Takma	69,60%
Flota Yan Kapatma	52,43%
İlik Acma	47,64%
Jeletin Ve Sepetleme	66,24%
Kalite Kontrol	54,25%
Katlama	66,25%
Kol Recme	79,50%
Kol Takma	80,02%
Meto Cikarma	41,30%
Omuz Catma	58,75%
Omuz Gazi	50,21%

Ortacı	30,61%
Pat Cizim	41,87%
Pat Hazırlama	36,93%
Pat Takma	72,96%
Pat Üçgeni Yarma	37,21%
Pat Yarma	32,23%
Pat Zarf Yapma	89,26%
Temizleme ve Dugme Kapatma	38,57%
Torba Donusu	58,93%
Ust Pat Kapatma	59,58%
Utu	54,30%
Yaka Acma	100,00%
Yaka Regule	35,47%
Yaka Takma	56,50%
Yaka Tutturma	73,77%
Yan Catma	62,61%

Yukarıdaki tablo 3 incelendiğinde "yaka açma, kol takma, pat zarf yapma, kol reçme" istasyonlarının yüksek kapasiteyle çalıştıkları görülmektedir. Buna karşılık çoğu istasyonun düşük kapasitede çalıştığı görülebilir. Bunlardan "pat yarma, pat üçgeni yarma, yaka regüle ve ortacı" istasyonlarının ise en düşük kapasitelerde çalıştığı söylenebilir. Tablo 4'te en yüksek ve en düşük kapasite kullanım oranına sahip istasyonlar verilmiştir.

Tablo 4

Yüksek Kapasitede Çalışan İstasyonlar		Düşük Kapasitede Çalışan İstasyonlar	
Yaka Açma	100,00%	Ortacı	30,60%
Pat Zarf Yapma	89,26%	Pat Yarma	32,23%
Kol Takma	80,02%	Yaka Regule	35,47%
Kol Recme	79,50%	Pat Hazırlama	36,93%

#### 4.2.Önerilen Sistemin Benzetim Modelinin Kurulması

Tablo 1'de de görüldüğü gibi istasyonların işlem süreleri arasında çok büyük farklar olduğu için bir istasyonda işlem biterken diğer istasyonu beklemek zorunda kalmaktadır. Bu yüzden de Tablo 3'de görüldüğü gibi bazı istasyonlarda darboğazlar oluşmakta, buna karşın bazı istasyonlar da boş beklemeler olmaktadır. Dolayısıyla bu montaj hattının dengelenmesi için istasyonlar arasında iş yükünün daha dengeli dağılması gerekmektedir. Üretim mühendisiyle yapılan görüşmelerde bütün operatörlerin bütün istasyonlarda çalışabileceği ve herhangi bir istasyona paralel bir istasyon daha açılabilmesi bilgisi alınmıştır. Bu şartlar altında Tablo 3'te düşük kapasite kullanım oranlarına sahip istasyonlardaki operatörler aynı zamanda darboğaz olan istasyonlara da yardım etmesine karar verildi. Böylece; "yaka açma, pat zarf yapma, kol takma ve kol reçme" istasyonlarına toplam 4 adet paralel istasyon daha açılmıştır. Bu paralel istasyonlara "ortacı, pat yarma, yaka regule ve pat hazırlama" istasyonlarında bulunan operatörler kendi istasyonlarının yanısıra bu istasyonlara da yardımcı olacaklardır. Model bu şartlarda, 32.400 sn(9 saat) için 20 defa çalıştırıldı. Model çıktıları aşağıdaki gibidir:

Tablo 5

Bir Günde Üretilen Tişört Sayısı(adet)	Ortalama Kuyrukta Bekleme Süresi(sn)	Ortalama Kapasite Kullanım Oranı	Çevrim Zamanı(sn)
1.370	119,32	75%	23,65

Bir günde üretilen tişört sayısı 1.021 adetten 1.370 adete çıkmıştır. Çıktı sayısında %34'lük bir artış vardır. Bu da çok ciddi bir artış demektir. Çevrim zamanı %26'lık bir düşüşle 31,73 saniyeden 23,65 saniyeye düşmüştür. Böylece her 23,65 saniyede banttan bir tişört çıkmaktadır. Aynı şekilde kuyrukta bekleme süresi 1.022,08 saniyeden 119,32 saniyeye düşmüştür. Ortalama kapasite kullanım oranı, %57'den %75'e çıkmıştır. Operatör sayısında bir değişim olmamıştır. Üretim artışı sadece 4 paralel istasyonun kurulmasıyla meydana gelmiştir. Yeni kurulan istasyonlara da yeni operatör alınmamış olup, sadece düşük kapasite kullanım oranlarına sahip istasyonlarda çalışan operatörler kaydırılmıştır. İstasyonların kapasite kullanım oranları aşağıda tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6

Alt Pat Kapama	80,13%
Barkot Ve Kart	89,08%
Cebe Torba Takma	82,28%
Cep Cizim	56,45%
Cep Flota Regule	56,49%
Cevirme Ve Dugme İsaleti	89,65%
Dugme Takma	72,65%
Etek Recme	81,29%
Extrafor Kapatma	89,78%
Extrafor Takma	64,48%
Flota Cep Acma	73,25%
Flota Cep Takma	93,63%
Flota Yan Kapatma	70,48%
İlik Acma	63,96%
Jeletin Ve Sepetleme	89,02%
Kalite Kontrol	72,80%
Katlama	89,03%
Kol Recme	74,22%
Kol Takma	74,47%
Meto Cikarma	55,39%
Omuz Catma	78,92%
Omuz Gazi	67,42%
Ortaci	74,49%
Pat Cizim	56,57%
Pat Hazirlama	82,14%
Pat Takma	98,22%
Pat Ucgeni Yarma	49,76%
Pat Yarma	87,82%
Pat Zarf Yapma	75,54%
Temizleme ve Dugme Kapatma	51,79%
Torba Donusu	79,36%
Ust Pat Kapatma	79,99%
Utu	72,92%
Yaka Acma	68,03%
Yaka Regule	80,48%
Yaka Takma	75,99%
Yaka Tutturma	99,14%
Yan Catma	84,12%

Yukarıdaki tablolar incelendiğinde düşük kapasiteli istasyonların kapasite kullanım oranlarının arttığını ve darboğaz olan istasyonların kapasite kullanım oranlarının düştüğü görülmektedir. Dolayısıyla hattın daha dengeli olduğu söylenebilir. Ancak hala genele bakıldığında çoğu istasyonun kapasite kullanım oranlarının düşük olduğu görülebilir. "Pat takma, yaka tutturma ve flota cep takma" istasyonlarında sırasıyla 98,22%, 99,14%, 93,63% gibi kapasite kullanım oranlarıyla darboğaz olduğu gözlenmektedir. Hattın daha dengeli dağılımını sağlamak için bu istasyonlara da birer paralel istasyon açılmasına karar verilmiştir. Bu paralel istasyonlara düşük kapasite kullanım oranına sahip "pat üçgeni yarma, temizleme ve düğme kapatma ve pat çizim" istasyonlarında çalışan operatörler atanmıştır. Bu operatörler hem kendi istasyonlarında çalışacak hem de yeni açılan istasyonlarda darboğaz olan istasyonlara yardımcı olacaklardır. Model bu şartlarda, 32.400 sn(9 saat) için 20 defa çalıştırıldı. Model çıktıları aşağıdaki gibidir:

Tablo 7

Bir Günde Üretilen Tişört Sayısı(adet)	Ortalama Kuyrukta Bekleme Süresi(sn)	Ortalama Kapasite Kullanım Oranı	Çevrim Zamanı(sn)
1.492	254,06	82%	21,72

Önceki modele kıyasla bir günde üretilen tişört sayısı 1.370 adetten 1.492 adete çıkmıştır. Çıktı sayısında %9'luk bir artış olmuştur. Çevrim zamanı %8'lik bir düşüşle 23,65 saniyeden 21,72 saniyeye düşmüştür. Böylece her 21,72 saniyede banttın bir tişört çıkmaktadır. Kuyrukta bekleme süresi



119,32 saniyeden 254,06 saniyeye yükselmiştir. Ortalama kapasite kullanım oranı, %75'ten %82'ye çıkmıştır. Operatör sayısında bir değişim olmamıştır. Üretim artışının nedeni bir önceki modele fazladan 3 adet paralel istasyonun eklenmesidir. Dolayısıyla başlangıç durumuna göre 7 adet paralel istasyon açılmıştır. Son durumda istasyonların kapasite kullanım oranları aşağıdaki tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8

Alt Pat Kapama	87,92%
Barkot Ve Kart	96,96%
Cebe Torba Takma	90,12%
Cep Cizim	61,73%
Cep Flota Regule	62,12%
Cevirme Ve Dugme İsareti	98,04%
Dugme Takma	78,70%
Etek Recme	88,73%
Extrafor Kapatma	98,35%
Extrafor Takma	70,68%
Flota Cep Acma	80,43%
Flota Cep Takma	74,62%
Flota Yan Kapatma	77,24%
İlik Acma	69,85%
Jeletin Ve Sepetleme	96,65%
Kalite Kontrol	79,52%
Katlama	97,10%
Kol Recme	80,48%
Kol Takma	79,63%
Meto Cikarma	60,65%
Omuz Catma	86,53%
Omuz Gazi	73,81%
Ortaci	81,14%
Pat Cizim	89,37%
Pat Hazirlama	90,66%
Pat Takma	64,72%
Pat Ucgeni Yarma	86,93%
Pat Yarma	92,39%
Pat Zarf Yapma	86,29%
Temizleme ve Dugme Kapatma	77,97%
Torba Donusu	86,85%
Ust Pat Kapatma	88,08%
Utu	79,56%
Yaka Acma	74,90%
Yaka Regule	90,60%
Yaka Takma	83,27%
Yaka Tutturma	76,43%
Yan Catma	91,97%

Tablo 8'e bakıldığında hemen hemen bütün istasyonların kapasite kullanım oranlarının arttığı ve bu oranların birbirine daha da yaklaştığı görülebilir. Dolayısıyla bir önceki modele göre üretim hattının daha da dengeli olduğu söylenebilir. Bu yüzden firmanın bu modeli kendi üretim sistemlerinde kullanmalarının uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

#### 4.3.Mevcut Sistem ile Önerilen Sistemin Karşılaştırılması

Çalışmanın yapıldığı tekstil işletmesinin "polo yaka tişört" üretimi yapan dikimhanede mevcut durumda 43 istasyon ve 38 personel çalışmaktadır. Önerilen sistemde ise 7 adet paralel istasyon kurulmasına karar verilmiştir. Aynı zamanda operatör sayısında bir değişiklik olmamıştır. Mevcut sistem ve önerilen sistem Arena benzetim programında modellenmiştir. Modeller karşılaştırıldığında karşımıza çıkan sonuçlar aşağıdaki gibidir:

Tablo 9

	Bir Günde Üretilen Tişört Sayısı(adet)	Ortalama Kuyrukta Bekleme Süresi(sn)	Ortalama Kapasite Kullanım Oranı	Çevrim Zamanı(sn)
Mevcut Sistem	1.021	1.022,08	57%	31,73
Önerilen Sistem	1.492	254,06	82%	21,72

Tablo 9'a bakıldığında önerilen sistemde üretilen tişört sayısı, mevcut sisteme göre %46'lık bir artışla bir gün için 1.021 adetten 1.492 adete çıkmış olduğu görülmektedir. Mevcut sistemde çevrim zamanı 31,73 saniye iken önerilen sistemde 21,72 saniyeye düşerek %32'lik bir zaman kazancı olmuştur. Aynı zamanda ortalama kapasite kullanım oranı %25'lik bir artışla %57'den %82'ye yükselmiştir. Bu rakamlara bakıldığında mevcut sistemin çok verimsiz ve düşük kapasitede çalıştığı için çıktı sayısının az olduğu söylenebilir. Bunun nedeni de istasyonlar arasındaki işlem zamanlarının birbirinden çok farklı olmasıdır. Bu yüzden bir istasyon çalışırken diğer istasyondaki operatör boşa beklemek zorunda kalmaktadır. Bu da o istasyonun düşük kapasitede çalışmasını neden olmaktadır. Diğer yandan darboğaz olan istasyonların önünde de kuyruklar oluşmaktadır. Tabloya göre mevcut sistemde ortalama kuyrukta bekleme süresi 1.022,58 saniye iken, önerilen sistemde bu rakam %75'lik düşüşle 254,06 saniyeye düşmüştür. Önerilen sistemde ise darboğaz olan istasyonlara takviye yapılarak istasyonlar arasındaki işlem süreleri birbirlerine yakınlaştırılmıştır. Böylece istasyonların boşa bekleme süreleri kısalmıştır. Dolayısıyla montaj hattı daha dengeli bir hale gelmiştir.

Yeni sistemle montaj hattındaki üretim artışı yıllık bazda düşünülürse firmaya çok büyük kazançlar getireceği görülecektir. Aşağıda tablo 10'da eski sistemle yeni sistemin yıllık net kar karşılaştırılması yapılmıştır.

Tablo 10

	Mevcut Sistem	Önerilen Sistem
Bir Günde Üretilen Tişört Sayısı(adet)	1.021	1.492
Bir Yılda(264 gün) Üretilen Tişört Sayısı(adet)	269.544	393.888
Bir Adet Tişörtün Karı(TL)	4,2	4,2
Yıllık Net Kar(TL)	1.132.084	1.654.330

Tabloda görüldüğü gibi mevcut sistem yılda 269.544 adet tişört dikişebilirken, önerilen sistemde ise yıllık 393.888 adet tişört dikilebilir. Firma, bir adet tişörtün net karını 4,2 TL olarak belirtmiştir. Bu durumda mevcut sistemde söz konusu tişörtten elde edilen yıllık net kar 1.132.084 TL iken, önerilen sistemde ise 1.654.330 TL yıllık net kar elde edilmektedir. Dolayısıyla firma önerilen sisteme geçerek yıllık ekstra 522.246 TL net kar elde edebilecektir.

## 5.SONUÇ ve ÖNERİLER

Türk tekstil sektörü dünyada önemli bir pazar payına sahiptir. Dolayısıyla Türkiye'deki tekstil endüstrisi sadece kendi içinde değil aynı zamanda dünyadaki tekstil sanayisiyle de bir rekabet halindedir. Bu nedenle Türk tekstil sanayicilerinin bu pazarda rekabetçi olabilmeleri için maliyetlerini düşürmek zorundadırlar. Tekstil endüstrisi emek yoğun bir sektör olduğu için işgücü planlaması çok önem arz etmektedir. Bu noktada bu çalışmanın tekstil üreticilerine üretim maliyetlerinin düşürülmesinde yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Çalışmada iş gücünün verimli kullanılması için işletmenin montaj hattı dengelenmeye çalışılmıştır. Ayrıca literatürde montaj hatlarının dengelenmesinde sıkça kullanılan benzetim yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmada öncelikle üretim operasyonlarının standart süreleri zaman etütleri yapılarak belirlendi. Böylece mevcut sistem olduğu gibi Arena benzetim programında modellendi. Model çalıştırılıp montaj hattındaki her bir istasyonun veya operatörün kapasite kullanım oranları incelendiğinde bazı istasyonlarda darboğazlar oluştuğu diğer taraftan bazı istasyonlardaki operatörlerin çok fazla boş zamanının olduğu gözlenmiştir. Bu da mevcut sistemde, montaj hattının veriminin düşük olmasına dolayısıyla üretim kapasitesinin düşmesine neden olmaktadır.

Arena programındaki mevcut modelde başlangıçta 4 adet darboğaz olan istasyona paralel istasyonlar açıldı. Bu istasyonlara diğer istasyonlardaki 4 adet düşük kapasiteyle çalışan operatör atanmıştır. Bu operatörler hem kendi istasyonlarındaki işi yapıyorlar hem de darboğaz olan istasyona yardımcı oluyorlar. Bu şekilde benzetim modeli tekrar çalıştırıldı ve kapasite kullanım oranının arttığı, çevrim süresinin azaldığı ve günlük üretilen çıktı sayısının arttığı gözlemlendi. Bu değişikliklerle sistem her ne kadar daha dengeli hale geldiyse de yeterince verimli olmadığı gözlenmiştir. Tekrar darboğaz olan 3 istasyon seçilmiş ve bunlara da birer paralel istasyon açılmıştır. Bu istasyonlara yine düşük kapasiteyle çalışan 3 istasyondaki operatörler atanmıştır. Bu şekilde sonucun gözlenmesi için benzetim modeli tekrar çalıştırılmıştır. Bu değişikliklerle sistemin bir önceki sistemden daha

dengeli olduğu gözlenmiştir. Aynı şekilde çevrim süreleri daha da düşmüş, kapasite kullanım oranlarının ve günlük ürün çıktı sayısının arttığı görülmüştür. Son durumda darboğaz olan istasyon kalmadığı için modele daha fazla değişikliğin yapılmasına gerek kalmadığına karar verilmiştir.

Yukarıda bahsedilen düzenlemeler yapıldığında işletmenin üretim kapasitesi artacak ve bununla birlikte firmanın karı da aynı oranda artacaktır. Bununla birlikte benzetim programının firmada kullanılmasıyla her bir operatörün hangi kapasitede çalıştığı görülebilecek ve ona göre çalışanlara iş dağılımı yapılabilecektir. Örneğin, hep yüksek kapasiteli bir istasyonda çalışan bir operatör, bazı günler daha düşük kapasiteli çalışan istasyonlara kaydırılabilecektir. Böylece çalışanlar arasında daha adil bir iş bölümü gerçekleştirilecektir.

Mevcut sistemde her bir ürün için montaj hattının düzenlenmesi Microsoft Excel yardımıyla üretim mühendisleri tarafından manuel düzenlenmektedir. Dolayısıyla bu da çevrim zamanlarının ve üretim çıktı sayısının hesaplanmasında hatalara sebep olmaktadır. Bundan dolayı firmanın üretim planlarında sık sık yanlış sonuçlarla karşılaşmaktadır. Ancak üretim mühendisleri tarafından benzetim yöntemleri kullanılırsa çok daha doğru üretim planları yapılabilecektir.

## KAYNAKÇA

Caputo, A.C., Palumbo, M., (2005). "Manufacturing Re-insourcing in the Textile Industry: A Case Study", *Industrial Management & Data Systems*, 105( 2): 193-207.

Choi K., Ko, H., (2005). "Research Problems in Clothing Simulation", *Computer-Aided Design*, 37:585-592.

Çantaoglu, M. (2009). "Çift Taraflı Montaj Hattı Dengeleme: Benzetim Destekli Endüstriyel Bir Uygulama", *Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri*.

Çerçioğlu, H. (2009). "Stokastik Paralel Montaj Hattı Dengeleme Problemi İçin Yeni Modeller", *Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*.

Erkut, H. (1992). *Yönetimde Benzetim Yaklaşımı (2. Baskı)*. İrfan Yayıncılık, İstanbul.

Eryürük, S.H., (2012). "Benzetim ve Sezgisel Hat Dengeleme Teknikleri Kullanarak Konfeksiyon Montaj Hattı Tasarımı", *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4:360-368.

Eryürük, S.H. vd., (2014). "Etek Üretimi Yapan Bir Konfeksiyon İşletmesinde Montaj Hattı Dengeleme Çalışması", *Journal of Textiles and Engineer*, 21(96):21-26.

Fozzard G. vd., (1996). "Simulation of Flow Lines in Clothing Manufacture. Part 1: Model Construction", *International Journal of Clothing Science and Technology*, 8(4):17-27

Güngör, M., (2012). "Hazır Giyim İşletmesinde Kaynak Kısıtlı Karma Modelli Montaj Hattı Dengeleme Ve Uygulaması", *Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara*.

Güngör, M., Ağaç S., (2014). "Bir Hazır Giyim İşletmesinde Kaynak Kısıtlı Karma Modelli Montaj Hattı Dengeleme", *Tekstil ve Konfeksiyon*, Vol: 24(4): 405-412.

Halaç, A., (1982). *İşletmelerde Benzetim Teknikleri*, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Hui, C.L.P., Ng, S.F.F., (1999). "A Study of the Effect of Time Variations for Assembly Line Balancing in the Clothing Industry", *International Journal of Clothing Science and Technology*, 11(4): 181-188.

Karabay, G., (2010). "Bir Konfeksiyon İşletmesinde Üretim Planlaması ve Optimizasyonu", *Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir*.

Keskintürk, T. ve Küçük, B. (2006). "Karışık Modelli Montaj Hatlarının Genetik Algoritma Kullanılarak Dengelenmesi", *Yönetim*, 17: 52-63.

Kurşun, S., (2007). "Tekstil Endüstrisinde Benzetim Tekniği ile Üretim Hattı Modellemesi ve Uygun İş Akış Stratejisinin Belirlenmesi", *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.

Kurşun S., Kalaoğlu F., (2009). "Simulation of Production Line Balancing in Apparel Manufacturing", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 17(4): 68-71.

Özcan, U., (2009), "Çift Taraflı Montaj Hattı Dengeleme Problemleri İçin Yeni Çözüm Önerileri", *Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*.

Tekin, M. (2005). *Üretim Yönetimi*. Günay Ofset, Konya.