



**TEKSTİL VE MÜHENDİS**  
**(Journal of Textiles and Engineer)**



<http://www.tekstilvemuhendis.org.tr>

**TEKSTİL SEKTÖRÜNDE RİNG MAKİNESİ SİPARİŞ ÇİZELGELEME  
PROBLEMİ: HAZIRLIK SÜRELERİNİN MİNİMİZASYONU**

**RING MACHINE ORDER SCHEDULING PROBLEM IN THE TEXTILE  
INDUSTRY: MINIMIZATION OF SETUP TIMES**

Hacı Mehmet ALAKAŞ<sup>1\*</sup>  
Selma ÖZDİL<sup>1</sup>  
Şeyda GÜR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Müh. Bölümü, Kırıkkale, Türkiye  
<sup>2</sup>Harran Üniversitesi, OSB Meslek Yüksekokulu, Tekstil, Giyim, Ayakkabı ve Deri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online):30 Eylül 2024 (30 September 2024)

**Bu makaleye atıf yapmak için (To cite this article):**

Hacı Mehmet ALAKAŞ, Selma ÖZDİL, Şeyda GÜR (2024): TEKSTİL SEKTÖRÜNDE RİNG  
MAKİNESİ SİPARİŞ ÇİZELGELEME PROBLEMİ: HAZIRLIK SÜRELERİNİN  
MİNİMİZASYONU, Tekstil ve Mühendis, 31: 135, 135- 146.

**For online version of the article:** <https://doi.org/10.7216/teksmuh.1478559>

## Arastırma Makalesi / Research Article

# TEKSTİL SEKTÖRÜNDE RİNG MAKİNESİ SİPARİŞ ÇİZELGELEME PROBLEMİ: HAZIRLIK SÜRELERİNİN MİNİMİZASYONU

Hacı Mehmet ALAKAŞ<sup>1\*</sup>   
Selma ÖZDİL<sup>1</sup>   
Şeyda GÜR<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Müh. Bölümü, Kırıkkale, Türkiye  
<sup>2</sup>Harran Üniversitesi, OSB Meslek Yüksekokulu, Tekstil, Giyim, Ayakkabı ve Deri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

Gönderilme Tarihi / Received: 05.05.2024  
Kabul Tarihi / Accepted: 23.08.2024

**ÖZ:** Siparişlerin zamanında teslim edilmesi ve sürdürülebilirlik için esneklik önemli bir faktördür. Esnekliğin önündeki engellerden biri de üretim esnasında ihtiyaç duyulan hazırlık süreleridir. Hazırlık sürelerinin yüksekliği nedeniyle firmalar esnek üretim yapamadığı gibi üretim kayıpları da yaşamaktadırlar. Bu çalışmada ürün yaşam döngülerinin kısalması ile esnekliğin önemli olduğu tekstil sektöründe ring makinelerinde üretim çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Ring makinelerinin hazırlık sürelerine etki eden faktörlerden biri de ürünlerin birbirleri arasındaki değişim sürelerinin farklılaşmasıdır. Önerilen matematiksel model ile birbirleri arasında hazırlık süresi az olan siparişlerin aynı makineye atanması hedeflenmiştir. Ring makinelerinin ve siparişlerin özellikleri dikkate alınmış ve siparişlerin uygun makinelere atanması sağlanmıştır. Önerilen modelle makinelerdeki hazırlık süresinin azaltılması amaçlanmıştır. Böylelikle hazırlık için kullanılan sürenin üretim için kullanılabilirliği ve üretim miktarının artırılması sağlanacaktır. Bir gerçek örnek üzerinden model test edilmiştir. Farklı senaryolar ile siparişlerin atamaları yapılarak üretim planlama için öneriler sunulmuştur. Benzer yapıdaki farklı üretim süreçleri için örnek bir uygulama sunulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Tekstil, çizelgeleme, hazırlık süresi, ring makinesi, hedef programlama

## RING MACHINE ORDER SCHEDULING PROBLEM IN THE TEXTILE INDUSTRY: MINIMIZATION OF SETUP TIMES

**ABSTRACT:** Flexibility is an essential factor for on-time delivery of orders and sustainability. One of the obstacles to flexibility is the setup times needed during production. Due to the high setup times, companies cannot produce flexibly and also experience production losses. This study discusses the production scheduling problem of ring machines in the textile industry, where flexibility is essential due to the shortening of product life cycles. One of the factors affecting the setup times of ring machines is the difference in the changeover times between the products. The proposed mathematical model aims to assign orders with short setup times to the same machine. The characteristics of the ring machines and orders were taken into account, and the orders were assigned to the appropriate machines. The proposed model aims to reduce the setup time on the machines. In this way, the time used for setup can be used for production, and the production amount will be increased. The model was tested on a real example. Suggestions for production planning were presented by assigning orders with different scenarios. An example application is offered for various production processes of similar structures.

**Key words:** Textile, scheduling, setup time, ring machine, goal programming

\*Sorumlu Yazarlar/Corresponding Authors: hmalagas@kku.edu.tr

DOI: <https://doi.org/10.7216/tekstilmuh.1478559>

[www.tekstilmuhendis.org.tr](http://www.tekstilmuhendis.org.tr)

## 1. GİRİŞ

Günümüzün değişen şartlarıyla beraber müşterinin ürün veya hizmete duyduğu ihtiyaçlar da gelişmekte ve değişmektedir. Bir ürünün tarihçesine bakılacak olursa ilk üretildiği halinden şu anki haline kadarki süreçte çeşitli değişimler söz konusudur. Üretici, ürününde değişime talebe göre gitmelidir. Bir ürün ihtiyaçlar ve talepleri karşılamıyorsa ya da talebe yeterli düzeyde cevap veremiyorsa, üründe bazı değişikliklere gidilmenin vakti gelmiş demektir. İnsanların gereksinimleri günden güne değişmekte ve farklılıklar göstermektedir. İnsanların temel ihtiyaçlarından olan giyinme ihtiyacına hitap eden tekstil sektörü de gelişim ve değişimlerden etkilenmektedir. Bu durum piyasada rekabet alanı oluşturmaktadır. Müşteri isteklerine uygun üretimi yapan üretici piyasada etkin rol oynayabilmektedir. Bunun beraberinde, güçlü rakiplerin olduğu pazar alanında üreticinin müşteri odaklı küçük siparişleri karşılama zorunluluğu doğmuştur.

Küçük siparişler, yüksek tonajlı siparişlerin aksine sık sık kalıp değişimi ve hazırlık gerektirir. Bir üründen diğer bir ürünün üretimine geçişte gereken ayar, kalıp değişimleri ve hazırlık süreleri ürünün üretimi dışında ekstra süre gerektirerek üretimde kayıplara sebep olduğu için maliyetin artmasına ve karın azalmasına neden olur. Arıza kayıplarının üretim yapan bir işletmeye verdiği kayba eş değer olarak hazırlık süreleri de işletmenin mali dengesine müdahale edecek kadar kayba neden olmakta ve üretimi etkilemektedir. Hazır giyim ve tekstil sektörü, ekonomi içerisinde payı önemli ölçüde büyük olan bir sektördür. Bu alanda iş gören fabrikaların kaynaklarını doğru bir şekilde planlamaları gerekmektedir. Özellikle değişen talep yapısı yöneticilere fabrikaların esnek bir üretim sistemine sahip olması gerektiğini göstermektedir. Esnek imalatta yaşanan en büyük problemlerden biri de hazırlık sürelerinin yüksek olmasıdır. Tekstil sektöründe hazırlık süreleri benzer üretim özelliklerine sahip siparişlerin gruplanarak üretilmesi ile azaltılabilecektir. Böylelikle daha çok üretim yapılabilecek ve kaynak verimliliği artırılabilecektir. Tekstil sektöründe üretimde kullanılan önemli makinelerinden ring makinesinin hazırlık süresinin yüksek olmasından dolayı bu çalışmada da siparişlerin hazırlık süreleri dikkate alınarak gruplanması hedeflenmiştir.

Çalışmada çok amaçlı matematiksel modellerden hedef programlama modeli kullanılarak, açılan siparişlerin uygun makinelere atanması sağlanmıştır. Birbirine benzer özellikteki siparişler art arda üretilebilir ise daha az değişim ve hazırlık süresi gerektirmektedir. Çalışmada benzer özelliklere sahip siparişlerin aynı makinelere atanması ile ihtiyaç duyulacak hazırlık sürelerinin azaltılması amaçlanmıştır. Bu amaçla kurulan hedef programlama modelinde ipliklerin özellikleri ve makinelerin özellikleri dikkate alınarak atamalar yapılmıştır.

Çalışmanın devam eden bölümlerinden bölüm ikide literatür araştırması verilmiştir. Üçüncü bölümde ring makinelerinden ve özelliklerinden bahsedilmiştir. Ele alınan problem ve önerilen model ile çözüm sonuçlarından bölüm dördte bahsedilmiştir. Genel değerlendirme ve gelecek çalışma önerileri ise beşinci bölüm olan sonuç bölümünde verilmiştir.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Tekstil sektörü günümüzde sanayide payının oldukça büyük olduğu, kitlesel üretimlerin yapıldığı ve özellikle hızlı tüketimin olduğu önemli bir sektördür. Dünyada ve ülkemizde ekonomi içindeki oranı çok büyüktür ve bu oran teknolojinin de sektörün içine dahil olmasıyla daha da artmaktadır. Bu sebeple tekstil işletmeleri kendi içlerinde planlamalarını ve stratejilerini dikkatli bir şekilde yapmaları gerekmektedir. Özellikle üretim kısmında yapılan çizelgelerde hata paylarının düşük olması olası ekonomik kayıpların önüne geçecek ve işletmelere hem maliyet yönünden hem de müşterilere siparişlerin tam zamanında istenilen şekilde teslim edilmesi yönünden memnuniyet oranlarını arttıracaktır. Bu çalışmada da tekstil sektöründe bir işletmenin üretim çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Özellikle literatüre bakıldığında yapılan çalışmaların bu alanda yetersiz kaldığı görülmektedir.

Yapılan çalışmalarda maliyet faktörünün oldukça önemli olduğunu vurgulayan De Toni ve Meneghetti [1]; Ferraris ve Morini [2] ve Pimentel vd. [3], üretim planlama sürecine dikkat çekerken maliyet ve üretim performansı dengesini yönetmeyi amaçlamışlardır. Bu süreçte De Toni ve Meneghetti [1] tam sayılı programlamayı kullanırken, Ferraris ve Morini [2], simülasyon ile işlere öncelik ataması yaparak ilgili görevleri üretim birimleri ile eşleştirmiştir. Pimentel vd. [3] hazır giyim parçaları üreten bir Tekstil fabrikasında süreç içindeki iş envanterini en aza indirmen ve ürünlerin zamanında teslimatını hedefleyen sezgisel yöntemleri kullanarak bir model önermişlerdir.

Literatürde tekstil işletmelerinde üretim çizelgeleme problemi için araştırmacıların genetik algoritma yöntemini sıklıkla kullandıkları görülmüştür. Zarandi vd. [4], genetik algoritma yaklaşımı ile tekstil üretim sistemi için bulanık bir uzman sistem önermişlerdir ve tekstil endüstrisinin karmaşık yapısını modellemeyi amaçlamışlardır. Nugraheni ve Abednego [5] genetik algoritma ve hiper-sezgisel yöntemlerini birleştirerek yeni bir yaklaşım geliştirmeyi amaçlayarak üretim süreçleri akış atölyesi çizelgeleme problemini ele almışlardır. Önemli hedeflerden biri minimum yapım süresini bulmaktır. Brahmadeep ve Thomassey [6] genetik algoritma modeli ile özelleştirilmiş tekstil ürünlerinin otomatik üretimi için üretim programı optimizasyonunun metodolojisini açıklamayı amaçlamışlardır. Ramos vd. [7] genetik algoritma yöntemi kullanılarak üretim hattının çizelgeleme yapılırken enerji tüketimi konusuna da dikkat çekmeyi amaçlamışlardır. Her iki durumunda optimizasyonunu yapmaya çalışmışlardır. Ferro vd. [8] sektörde rekabet gücünün sürekli sürdürülebilmesi için ele aldıkları işletmede gerçek üretim verileri kullanarak problemi simüle etmeyi denemişlerdir. Özellikle dokuma süreçlerinde en uygun kararı almayı desteklemek için genetik algoritma yoluyla bir süreç önermişlerdir. Araştırmacılar özellikle genetik algoritma yönteminin tekstil endüstrileri gibi karmaşık sistemlerin davranışını daha iyi temsil ettiğini ifade etmektedir.

Tekstil endüstrisinin üretim süreçleri oldukça karmaşıktır ve bu süreçleri planlamak da birden fazla faktörün etkisi altında olduğundan dolayı oldukça zordur. Üretim çizelgeleme kavramına çevresel açıdan yaklaşan Tsai [9] çalışmasında, enerji geri dönüşümü ve atıkların yeniden kullanımı gibi konulara odaklanmıştır. Üretim çizelgeleri için Faaliyet tabanlı maliyetleme ve kısıtlamalar teorisi yaklaşımları ile bir model önermiştir. Böylece geri dönüşümün kâr üzerindeki etkisi değerlendirilerek karar modelinin uygulanabilirliğini tartışmıştır. Teknolojinin üretim süreçlerine dahil olmasının sektörü daha da güçlendirdiğini ifade eden Pirola vd. [10] ise üretim planlarının sürdürülebilir olması için ayrıntılı simülasyonu ile bir model önermişlerdir ve bu model İot teknolojilerinden elde edilen veriler kullanılarak tasarlanmıştır. Bu çalışmada amaç teknoloji kullanılarak üretkenliği arttırmaktır. Alperen ve Demir [11] ve Koçak ve Yıldız [12] Dijital İkiz yaklaşımı ile tekstil sektöründe üretim süreçlerini simülasyon ve regresyon modellerini kullanarak etkin çözümler sunmayı hedeflemişlerdir. Üretim hattının bir kopyası olan, gerçek zamanlı veri ile entegre edilerek ve üretim parametreleri kullanılarak sanal ortamda akıllı bir sistem altyapısı oluşturulmuş ve üretim çizelgeleme modeli önermişlerdir.

Rekabetin oldukça yüksek olduğu tekstil sektöründe işletmelerin talebi zamanında karşılamak için üretimlerini doğru planlamaları ve yüksek müşteri memnuniyetinin sağlanması gerekmektedir. Mourtos vd. [13] tekstil endüstrisindeki dokuma sürecinin üretim planlamasını ele almaktadır. Yapım süresinin en aza indirilmesi hedefi altında, katı son teslim tarihlerine odaklanmışlardır ve bunun için MILP formülasyonu önermişlerdir. Şenbay vd. [14] tüm siparişlerin kısa bir süre içinde tamamlanabilmesi amacı için tavlama benzetimi algoritması ile bir model geliştirmişlerdir. Ding vd. [15] ise siparişleri önceliklendirmek için AHP optimizasyon yöntemini kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçlarda sipariş tamamlama süresinin etkili bir şekilde azaltıldığını göstermişlerdir. Abdelsalam vd. [16] karma tamsayılı programlama (MIP) modeli ile mevcut sistemin kullanılmayan makine kapasitesini ve boşta kalma süresini en aza indirmeyi amaçlamışlardır. Bedirhanoğlu ve Atlas [17] mevcut kaynakların optimal şekilde kullanılarak kazançların artırılması hedefiyle Tekstil ürünleri üretim işletmesinde nötrosofik çok amaçlı optimizasyon tekniği modeli önermişlerdir. Kâr ve müşteri memnuniyeti amaçları için kullanılan yaklaşımın daha etkin sonuçlar elde edeceğini ifade etmişlerdir. Toma vd. [18] çalışmasında dağıtılmış esnek iş atölyesi çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Tek bir üretim siparişinin işlenmesinde yer alabilecek üretim tesislerinin dağılımı göz önüne alındığında ele alınan problem yapısı oldukça karmaşıklaştığı için Kuantum Tavlama (QA) yaklaşımını önermişlerdir.

Tekstil sektörünün sürekli değişen yapısı ve müşteri isteklerinin belirsizlikleri sebebiyle yapılan üretim planlamalarının bu belirsizliklere cevap verebilir yapıda olması gerekmektedir. Literatürde özellikle tekstil sektöründe üretim çizelgeleme problemlerine daha fazla odaklanılması gerektiği görülmektedir.

Yapılan çalışmalarda da araştırmacılar özellikle karmaşıklıkla gittikçe artan bu üretim süreçlerinin modellenmesi için önerdikleri çözüm yaklaşımları ile etkili sonuçlar elde etmeyi amaçlamaktadır. Önerilen bu yaklaşımların taktiksel kararlar almayı ve üretim verimliliğini artırması beklenmektedir.

Bu çalışmanın ise literatüre katkısına bakıldığında, özellikle tekstil sektörünün ekonomi içindeki payı göz önüne alınırsa elde edilecek sonuçlar itibarıyla üretimde verimliliğin artırılacağı düşünülmektedir. Gerçek hayat probleminin ele alınması geliştirilen modelin uygulanabilirliği açısından da önem kazanmaktadır. Literatürde tekstil sektöründe hazırlık zamanlarının azaltılmasını dikkate alan ve minimize eden bir çalışmaya rastlanmamıştır. Aynı zamanda ele alınan ring makineleri ile ilgili çizelgeleme çalışması da yer almamaktadır. Bu çalışmada önerilen model her ne kadar tekstil sektörüne örneği üzerinden verilmiş ise de benzer makineler için genelleştirilebilir ve hazırlık süreleri minimize edilebilir.

### 3. RİNG MAKİNELERİ VE SİPARİŞ ATAMA PROBLEMİ

Teknolojinin gelişmesi ve teknolojinin sanayiye girmesi ile birlikte son yüzyılda tekstil, üçüncü dünya ülkeleri olarak tanımlanan az gelişmiş ülkelerin sektörü olarak görünse de özellikle son birkaç yılda yükseliş göstermiştir. 2020 yılında pandeminin hayatımıza girmesi ile birlikte insanların birçok alışkanlığı değiştiği gibi alışveriş yapma alışkanlıkları da değişmiştir. Ürüne dokunup, denenerek, test edilerek alınan ürünler yerini pandemi ile beraber internet üzerinden görsele ve özelliklerine göre direkt sipariş vermeye bırakmıştır. Kimi sektör bu durumdan olumsuz etkilenirken, tekstil olumlu etkilenen sektörlerden olmuştur. Bunlara ek olarak pandemi de tekstilin yükselişe geçmesinde, daha önce alışveriş listelerinde yeri olmayan maskenin, alışveriş listesinin en önemli ögesi haline almasının da etkisi büyüktür.

Tekstil ürünlerine olan talebin artması ile birlikte tekstilin hammaddesi olan iplik vb. ürünlere de talep artmıştır. Bu artış ile birlikte siparişlerin artması ve çeşitlenmesi de tekstil hammaddesi üretim süreçlerini de etkilenmiştir. Tekstilde ipliğin üretim sürecinde de pamuğun açılmasında çeşitli balya açıcı makineler, cer makineleri, fitil makineleri ve ring makineleri kullanılmaktadır. Bu makinelerden ring makinesi darboğaz oluşturmaktadır. Üretim sürecinde ürün üretim süresi değişkenlik göstermez iken özellikle hazırlık, temizlik, arıza gibi sebeplerden dolayı üretimde zaman kayıpları yaşanmaktadır. Bu kayıplardan hazırlık süresi yapılacak çalışmalar ile azaltılabilir. Hazırlık süresi SMED gibi çalışmalarla azaltılabileceği gibi benzer özelliklere sahip siparişlerin gruplanması ile de azaltılabilir. Bu çalışmada da, hazırlıktan kaynaklanan kayıpların azaltılması amaçlanmış ve benzer özelliklere sahip siparişlerin aynı makinelere atanması için hedef programlama modeli önerilmiştir. Sipariş atama problemi olarak da tanımlanan bu problem, siparişlerin en az makine duruşu sağlayacak şekilde makinelere atanmasıdır.

### 3.1. Ring makinesi ve özellikleri

Ring makinesi, uzun ince elyaflardan oluşan pamuğun çeşitli proseslerden geçtikten sonra asıl halini almasını sağlayan, iplik üretiminde kullanılan temel ve en önemli makinedir. İplik bu makinelerde üretilmektedir. Ring makineleri her ne kadar otomatik olsa da işçilik gerektiren bir süreci de vardır. İplik üretim sırasında sarımı yapılırken kopabilir, kopan iplik makine operatörü tarafından bağlanır. İpliğin ring makinelerinde üretim süreci fitil adı verilen yarı mamulün makineye takılması ile başlar. Ring makinelerinde çekim bölgesine gelen fitile istenilen kalınlık ve inceliğe göre fitilin geçtiği çekim bölgesindeki baskı silindirlerinin arasına açmaya yarayan klips adı verilen aparat ile çekim verilir ve belirli ayarlarda büküm verilerek ezme işlemi yapılır. Yeterli inceliğe ulaşan ipliğe, masuraları takmaya yarayan ince yapıya sahip konik metal çubuk adı verilen iğ ve iğın etrafında bulunan yuvarlak halka şeklinde bilezik adı verilen aparata takılan yüzük şeklindeki kancalı yapı olan kopça yardımıyla büküm verilir. Daha sonra büküm almış ipliğin iğ üzerine takılı olan masuralara sarma işlemi gerçekleştirilir. Masuralara sarılmış iplik kops olarak ifade edilir. Bu kopslardan 1488 adet oluşturulur. Bunların her biri makinenin 1488 adet konik metal çubuk olan iğ takılmasıdır. Ring makineleri 1488 iğden oluşur. Bu iğler seksiyon adı verilen 24 adet bölmeden oluşur. Makinedeki 24 adet bölme her 62 iğde bir tanımlanır ve göz olarak ifade edilir.  $24 \times 62 = 1488$  adet iğ demektir. Ring makinesinde bükme ve ezilme işlemi gerçekleşen fitilin çıktısı iplik sarılı haldeki kops vaterde işlemleri tamamlanmış halde bant adı verilen sistem ile bobin makinesine taşınır. Ardından bobin makinesine gönderilen kopslar, üretim sırasında iplikte oluşan hataların kesildiği, temizlendiği bobin makinesine gönderilerek büyük makaralara sarılır ve müşterinin istediği son halini alır. Müşteri ipliğin üretilmesi sırasında fitilin işlem görmesine ek olarak üretilen siparişe elastikiyet, dayanıklılık, esneklik gibi özellikler verilmek isteniyorsa hammaddesi pamuk olan fitile, likra ve polyester de eklenerek farklı isteklere yanıt verilir.

## 4. RİNG MAKİNELERİNE SİPARİŞ ATAMA İÇİN HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ

Ring makinelerine siparişlerin atanması probleminin çözümü için öncelikle müşteri tarafından talep edilen siparişler listelenmiştir. Daha sonra bu listeye göre siparişlerin taşıdığı özellikler belirlenerek gruplama yapılmıştır. Hedef programlama yöntemi kullanılarak ring makinalarına siparişler atanmıştır ve son olarak atama sonuçları listelenmiştir.

### 4.1. Problemin Tanımı

Çalışmanın yapıldığı tekstil işletmesi yoğun sipariş hacmine sahip bir işletmedir. Müşteri tarafından gelen siparişlere müşterinin istediği şartlarda, özelliklerde ve zamanında üretim yapmak gerekmektedir. Aksi halde müşteri kaybına sebep olabilmektedir. Bu nedenle müşteriye ne kadar hızlı ve kaliteli üretim yapılabilirse o oranda rekabet avantajı sağlayacaktır.

İplik üretiminde bir üründen diğer bir ürüne geçişte hazırlık süreci gerektiği için üretim kayıpları yaşanmaktadır. Değişim olmasa aynı ürün veya bu ürüne benzer özellikteki ürün makinede çalışmaya devam ettiğinde bu sürede üretim yapılacaktır. Ancak üretilen ürünün özellikleri değiştiği zaman makinede bazı ayar ve parça değişiklikleri yapmak gerekecektir. Makinelere benzer ürünlerin atanmaması hazırlık sürelerinden dolayı üretim kayıplarına sebebiyet vermektedir.

Çalışmada siparişlerin art arda üretilmesi sırasında meydana gelen hazırlık süresinin minimum tutulması amaçlanmıştır. Her makinede her siparişin üretimi gerçekleştirilemediği göz önüne alınarak makinelerin ve siparişlerin sahip oldukları özelliklere göre uygun şekilde atamalar yapılmıştır. İşletmedeki 1 ile 19 numara arasındaki makineler ring (RI) özelliğine, 20 ile 24 numara arasındaki makineler ise kompakt (CS) özelliğe sahiptir. Bunlara ek olarak 1 ile 11 numara arasındaki makineler 48 bileziğe, 12 ile 24 numara arasındaki makineler ise 45 bileziğe sahiptir. 12, 20, 21, 22, 23, 24 makinelerde likra aparatı olmadığı için likralı iplik üretim yapılamamaktadır.

Çalışmada hazırlık sürelerinin minimizasyonu için benzer özelliklere sahip siparişlerin aynı makinelere atanması hedeflenmiştir. Böylelikle siparişler arasında geçişte fazladan harcanan hazırlık süreleri elimine edilebilecektir ve bu süre üretimde kullanılabilir. Ele alınan problemde iş sıralamasına yer verilmemiştir. Atama sonuçlarına göre her bir makine için ayrı ayrı sıralama problemi çözülebilir veya uzmanların tecrübelerinden yararlanılarak sıralamalar yapılabilir.

### 4.2. Verilerin Toplanması ve Analizi

Firmada 300 kişi çalışmakta olup günlük 35 tonluk üretim kapasitesi bulunmaktadır. İşletme 7 gün 24 saat çalışmaktadır. İpliğin üretim aşamasında dar boğaza sebep olan makinelerin ring makineleri olduğu tespit edilmiştir. İplik üretimi sırasında tip değişimden dolayı oluşan zaman kaybını azaltmak için çok amaçlı karar verme tekniklerinden hedef programlama yöntemi, belirlenen sipariş listesindeki siparişlerin uygun makinelere atanması için kullanılmıştır. Minimum seviyede tip değişimi yaparak, birbiri ile aynı ya da benzer özellik gösteren siparişlerin art arda üretilmesi sağlanmıştır. Tip değişim süreleri ve tip değişim sürelerini etkileyen faktörlerin süreleri tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Harmanı etkileyen ve harman süresine dahil olan işlemler

Siparişler arası hazırlık işlemi	Süre
Kopça değişimi	60
Klips değişimi	60
Tip değişimi (NE farkı yoksa)	30
Tip değişimi (NE farkı varsa)	60
Düz harman değişimi (fitil)	150
Likra değişimi	150
Polyester değişimi	240
Fitil ve likra harmanı	150
Fitil ve polyester harmanı	240
Fitil, likra ve polyester harmanı	360

Örnek uygulamada 50 adet sipariş incelenmiş ve siparişler sahip oldukları karde/penye, likra, polyester ve üretim şekli olan CS/RI durumuna göre gruplandırılmıştır. Harman değişim sayısını en aza indirecek şekilde üretim çizelgesi oluşturulmuştur.

Oluşturulan sipariş listesi (Tablo 2) siparişlerin adeti, siparişin NE bilgisi, sipariş edilen ürünün ismi, üretim teknoloji şekli olan ipliğe tüylülük özellik veren RI ve daha tüysüz olmasını sağlayan CS türü, ürünle ilgili genel bilgi veren açıklama kısmı, eğer ipliğe polyester dahil edilecekse eklenecek polyester tipi, ipliğe likra da dahil edilecekse likra tipi, programlanan üretim miktarı, oluşmaktadır. Bunlara ek olarak her harman çeşidine 1'den 12'ye kadar numara verilmiştir. Compact ve Ring olma durumu 1 ve 2 şeklinde, 45 ve 48 bilezik olma durumu 1 ve 2 şeklinde, klips çeşitleri ise tolerans genişletilerek 1, 2 ve 3 olarak numaralandırılmıştır. Tablo 3'te sipariş listesi yer almaktadır. Bunlara ek olarak her harman çeşidine 1'den 12'ye kadar numara verilmiştir. Compact ve Ring olma durumu 1 ve 2 şeklinde, 45 ve 48 bilezik olma durumu 1 ve 2 şeklinde, klips çeşitleri ise tolerans genişletilerek 1, 2 ve 3 olarak numaralandırılmıştır.

### 4.3. Sipariş Atama Hedef Programlama Modeli

Siparişlerin ataması yapılırken her makinenin sahip olduğu özellikler farklı olduğu için her makineye her siparişin ataması yapılamamaktadır. Ayrıca üretim sırasında üretimin durmasına sebep olan aksaklıklar göz önünde bulundurulmamıştır.

Problemin varsayımları şu şekildedir:

- 1) Makinelerde arıza, elektrik kesintisi gibi durumların yaşanmadığı kabul edilmiştir.
- 2) Üretim çizelgeleri hazırlarken normal üretim süreleri baz alınmıştır
- 3) Günlük üretim süresi 24 saattir.
- 4) Bir makinede ipliğin incelik kalınlık durumuna göre günlük maksimum 3200 kg, minimum 600 kg üretim yapılabilmektedir.
- 5) 1 numaralı makineden 19 numaralı makineye kadar makineler RI, 20 ile 24 numaralar arasındaki makineler ise CS kabul edilmiştir.
- 6) 12, 20, 21, 22, 23, 24 numaralı makinelerde likra ve polyester aparatı bulunmadığı için likra çalışmamaktadır.
- 7) 1 ile 11 numara arasındaki makineler 48 bilezik, 12 ile 19 numara arasındaki makineler 45 bileziktir.

Çalışmada çok amaçlı karar verme yöntemlerinden hedef programlama kullanılmıştır.

#### Parametreler:

N= sipariş sayısı

M= makine sayısı

i, k=Sipariş indisi

1, 2, ..., N

j=Makine indisi

1, 2, ..., M

RI: Ring teknolojisine sahip olan makinelere atanması zorun olan siparişler kümesi.  $i=1,2,4,5,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,19,20,22,23,24,25,26,26,29,30,32,33,34,35,36,37,38,39,41,43,44,45,46,48,49,50$

CS: Compact teknolojisine sahip olan makinelere atanması zorun olan siparişler kümesi.  $i=3,6,18,21,28,31,40,42,47$

B45: Siparişlerden üretim aşamasında 45 bilezik tipine ihtiyaç olanların kümesi  $i=1,3,4,5,6,21,24,25,31,32,46,47,48,49,50$

B48: Siparişlerden üretim aşamasında 45 bilezik tipine ihtiyaç olanların kümesi  $i=2,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,22,23,26,27,28,29,30,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45$

WL; Likralı siparişler kümesi.

$i=7,9,11,13,14,15,17,22,23,24,25,28,32,33,36,37,38,43,44,49$

$S_{ik} = i$ . siparişten sonra  $k$ . sipariş üretilirse ihtiyaç duyulan hazırlık zamanı miktarı  $i, k=1 \dots N$

#### Karar değişkeni:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{i. sipariş j makinesine atanırsa} \\ 0 & \text{diğer durumda} \end{cases} \quad i = 1 \dots N, j = 1 \dots M$$

$d_{ikj}^+$  = i. ve k. siparişler j makinesine atanması halinde hedeften pozitif sapma miktarı  $i, k=1 \dots N, j=1 \dots M$

$d_{ikj}^-$  = i. ve k. siparişler j makinesine atanması halinde hedeften negatif sapma miktarı  $i, k=1 \dots N, j=1 \dots M$

U= bir makineye atanabilecek en yüksek iş miktarı (kg)

L=bir makineye atanabilecek en düşük iş miktarı (kg)

#### Amaç fonksiyonu:

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^M S_{ik} * d_{ijk}^+ \quad (1)$$

#### Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^M x_{ij} = 1 \quad i=1 \dots 50 \quad (2)$$

$$x_{ij} = 0 \quad i \in CS \text{ ve } j=1 \dots 19 \quad (3)$$

$$x_{ij} = 0 \quad i \in RI \text{ ve } j=20 \dots 24 \quad (4)$$

$$x_{ij} = 0 \quad i \in B48 \text{ ve } j=1 \dots 11 \quad (5)$$

$$x_{ij} = 0 \quad i \in B45 \text{ ve } j=12 \dots 24 \quad (6)$$

$$x_{ij} = 0 \quad i \in WL \text{ ve } j=12, 20, 21, 22, 23, 24 \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^N D_i x_{ij} \geq L \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^N D_i x_{ij} \leq U \quad (9)$$

#### Hedef kısıtı:

$$x_{ij} + x_{kj} - d_{ikj}^- + d_{ikj}^+ = 1 \quad i, k=1 \dots N, j=1 \dots 24, i \neq k \quad (10)$$

$$x_{ij}, d_{ikj}^-, d_{ikj}^+ \in \{0,1\} \quad i, k=1 \dots N, j=1 \dots 24, i \neq k \quad (11)$$

**Tablo 2.** Örnek sipariş listesi

Sipariş No	NE	Teknoloji	Polyester Tipi	Likra Tipi	Sipariş miktarı(Kg)	Harman	Kompakt/ Ring	Bilezik	Klips
1	10/1	RI	-	-	5000	1	1	1	1
2	12/1	RI	-	-	2500	1	1	2	2
3	10/1	CS	-	-	7500	1	2	1	1
4	10/1	RI	-	-	8200	1	1	1	1
5	10/1	RI	-	-	10200	1	1	1	1
6	10/1	CS	-	-	230	1	2	1	1
7	12/1	RI	-	70 denye	780	2	1	2	2
8	12/1	RI	70 denye	-	3500	6	1	2	2
9	12/1	RI	70 denye	70 denye	4600	10	1	2	2
10	15/1	RI	-	-	3700	1	1	2	2
11	15/1	RI	-	40 denye	2450	3	1	2	2
12	15/1	RI	50 denye	-	3300	5	1	2	2
13	15/1	RI	50 denye	40 denye	7800	8	1	2	2
14	18/1	RI	70 denye	105 denye	2700	12	1	2	2
15	18/1	RI	70 denye	40 denye	9800	11	1	2	2
16	18/1	RI	70 denye	-	17000	6	1	2	2
17	18/1	RI	70 denye	70 denye	20000	10	1	2	2
18	18/1	CS	-	-	2300	1	2	2	2
19	18/1	RI	-	-	2500	1	1	2	2
20	18/1	RI	50 denye	-	5600	5	1	2	2
21	6/1	CS	-	-	7200	1	2	1	1
22	24/1	RI	-	40 denye	3500	3	1	2	3
23	20/1	RI	-	105 denye	6600	4	1	2	2
24	8/1	RI	-	40 denye	10200	3	1	1	1
25	8/1	RI	-	70 denye	3300	2	1	1	1
26	20/1	RI	50 denye	-	6700	5	1	2	2
27	20/1	RI	70 denye	-	8900	6	1	2	2
28	24/1	RI	-	40 denye	11000	3	1	2	3
29	30/1	CS	-	-	12000	1	2	2	3
30	30/1	RI	-	-	10500	1	1	2	3
31	7/1	CS	-	-	6500	1	2	1	1
32	9/1	RI	-	70 denye	4900	2	1	1	1
33	20/1	RI	-	105 denye	3250	4	1	2	2
34	24/1	RI	70 denye	-	6750	6	1	2	3
35	16/1	RI	50 denye	-	8800	5	1	2	2
36	14/1	RI	70 denye	40 denye	7900	11	1	2	2
37	16/1	RI	50 denye	40 denye	5600	8	1	2	2
38	24/1	RI	50 denye	105 denye	4400	9	1	2	3
39	24/1	RI	-	-	9800	1	1	2	3
40	20/1	CS	-	-	16000	1	2	2	2
41	20/1	RI	-	-	1250	1	1	2	2
42	16/1	CS	-	-	2500	1	2	2	2
43	14/1	RI	70 denye	70 denye	5600	10	1	2	2
44	14/1	RI	50 denye	70 denye	7500	7	1	2	2
45	16/1	RI	-	-	8000	1	1	2	2
46	6/1	RI	-	-	9700	1	1	1	1
47	9/1	CS	-	-	10500	1	2	1	1
48	8/1	RI	-	-	11000	1	1	1	1
49	6/1	RI	70 denye	105 denye	11750	12	1	1	1
50	9/1	RI	-	-	3750	1	1	1	1

Modelde, Eşitlik (1) amaç fonksiyonunu ifade etmekte olup, siparişlerin birbiri ardına üretilmesinde gereken hazırlık süresi ve pozitif sapmanın çarpımını minimize etmektedir. Eşitlik 2 her siparişin mutlaka bir makineye atanmasını sağlamaktadır. Eşitlik 3, 1 ile 19 numaralar arasındaki makinelerin ring teknolojisine sahip olduğundan, eşitlik 4, 20 ile 24 numaralar arasındaki makinelerin compact teknolojisine sahip olduğundan uygun olmayan siparişlerin atanması engellenmektedir. Eşitlik 5 ile 1 ile

11 numaralı makineler 48 bileziğe sahip olduğundan ve eşitlik 6 ile 12 ile 24 numaralı makineler 45 bileziğe sahip olduğundan uygun olmayan siparişlerin ilgili makinelere atanması engellenmektedir. Eşitlik 7, 12, 20, 21, 22, 23, 24 numaraları makinelerde likralı üretim yapılamayacağını göstermektedir. Eşitlik 8 ise bir makineye atanabilecek en düşük iş miktarını, eşitlik 9'da bir makineye atanabilecek en yüksek iş miktarını göstermektedir. Eşitlik 10, siparişlerin makineye atanması

sırasında aynı makineye atanan siparişlerin negatif ve pozitif sapmayı hesaplamaktadır. Eğer iki sipariş aynı makineye atanır ise pozitif sapma değeri “1” olmaktadır. İşaret kısıtı eşitlik 11 ile gösterilmektedir. Modelde siparişlerin özelliğine göre atanması gereken makine yapısı bellidir. Bu sebeple her sipariş her makinaya atanmamakta ait oldukları makinalara atanmaktadır.

Oluşturulan hedef programlama modeli ILOG Cplex Optimization 12.10 programı ile çözülmüştür. Model 3600 s zaman sınırı ile çalıştırılmıştır. Problem sınırsız ve farklı sınır değerlerine göre çalıştırılmıştır. Bir makineye atanabilecek en yüksek iş yükü 20.000 kg, 25.000 kg, 30.000 kg alınarak çözülmüştür. Ayrıca üretim süresi için ise 20, 21, 22, 23, 24 ve 25 gün üst sınır değeri alınarak siparişler makinelere atanmıştır.

Bu çalışmada bir tekstil işletmesinde darboğaza sebep olan 24 adet ring makinesinde hedef programlama yöntemi ile atama yapma işlemi ele alınmıştır. 24 makineye 50 adet siparişi harman süresini

azaltacak şekilde atamak amaçlanmıştır. 50 adet siparişin birbiri ardından üretimi sırasında oluşan hazırlık ve değişim süreleri belirlenmiş ve 50\*50'lik matris oluşturularak dakika bazında ek dosyada verilmiştir. Dosyada “XXX” olarak gösterilen veriler aynı makineye atanamayacak siparişler için verilmiştir. Senaryo 1’de gün veya kilogram kısıtı olmadan yalnızca harman değişim süreleri baz alınarak siparişler makinelere atanmıştır (Tablo 3).

Senaryo 2’de siparişlerin makinelere atanması 30.000 kilograma kadar sınırlandırılmıştır. Bir makineye en fazla 30.000 kg sipariş atanabilmektedir ve elde edilen atamalar Tablo 4’te verilmiştir.

Senaryo 3 ile bir makineye en fazla 25.000 kg sipariş atanabilme durumu dikkate alınmıştır. Çözüm sonuçları Tablo 5’te verilmiştir.

Senaryo 4 ile bir makineye en fazla 20.000 kg sipariş atanabilmektedir. Bu duruma ilişkin çözüm sonuçları Tablo 6’da verilmiştir.

**Tablo 3.** Senaryo 1’e göre 2. gün veya kilogram kısıtı olmadan makinelere atanan siparişler

Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No
1	12	11	2	21	20	31	24	41	10
2	10	12	1	22	6	32	14	42	24
3	21	13	5	23	8	33	6	43	3
4	16	14	5	24	19	34	9	44	7
5	17	15	2	25	14	35	1	45	9
6	23	16	2	26	1	36	7	46	18
7	9	17	4	27	8	37	3	47	22
8	4	18	21	28	6	38	11	48	15
9	11	19	10	29	20	39	10	49	13
10	10	20	8	30	10	40	23	50	12

**Tablo 4.** Senaryo 2’ye göre 30.000 kilogram kısıtı ile makinelere atanan işler

Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No
1	12	11	6	21	23	31	21	41	1
2	1	12	8	22	4	32	18	42	21
3	20	13	3	23	8	33	6	43	7
4	16	14	7	24	14	34	2	44	10
5	19	15	5	25	18	35	4	45	1
6	24	16	11	26	8	36	2	46	17
7	11	17	3	27	4	37	5	47	24
8	9	18	23	28	11	38	9	48	15
9	10	19	1	29	20	39	9	49	13
10	1	20	6	30	1	40	22	50	12

**Tablo 5** Senaryo 3’e göre 25.000 kilogram kısıtı konularak makinelere atanan işler

Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No
1	12	11	11	21	20	31	22	41	6
2	6	12	1	22	8	32	19	42	20
3	21	13	10	23	3	33	7	43	2
4	13	14	5	24	15	34	3	44	9
5	14	15	1	25	19	35	1	45	6
6	24	16	9	26	7	36	7	46	16
7	11	17	4	27	3	37	11	47	23
8	5	18	22	28	5	38	4	48	17
9	10	19	6	29	21	39	6	49	18
10	8	20	2	30	8	40	24	50	12



**Tablo 6.** Senaryo 4'e göre 20.000 kilogram kısıtı ile makinelere atanan işler

Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No
1	12	11	1	21	24	31	24	41	1
2	1	12	2	22	8	32	16	42	21
3	21	13	7	23	5	33	5	43	9
4	13	14	11	24	15	34	2	44	4
5	14	15	7	25	16	35	6	45	8
6	23	16	11	26	10	36	4	46	19
7	8	17	3	27	10	37	5	47	22
8	10	18	22	28	6	38	9	48	17
9	4	19	1	29	23	39	2	49	18
10	8	20	9	30	1	40	20	50	12

İlk dört senaryoda üretim miktarı kg ile sınırlandırılmıştır. Senaryo 5'ten senaryo 10'a kadar olan durumlarda ise üretim için gün kısıtı dikkate alınmıştır. Böylelikle yöneticilere alternatif makinelerin dengeli çalışmalarına olanak sağlayacak alternatif senaryolar denenmiştir. Bu senaryolarda senaryo 5'te 20 gün,

senaryo 6'da 21 gün, senaryo 7'de 22 gün, senaryo 8'de 23 gün, senaryo 9'te 24 gün ve senaryo 10'da 25 gün ile sınırlandırılmıştır. Her bir senaryoda elde edilen sonuçlar Tablo 7-12'de verilmiştir.

**Tablo 7.** Senaryo 5'e göre 20 gün kısıtı ile makinelere atanan işler

Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No
1	12	11	2	21	24	31	20	41	5
2	5	12	11	22	8	32	15	42	23
3	20	13	3	23	3	33	1	43	6
4	16	14	7	24	19	34	7	44	7
5	18	15	4	25	17	35	8	45	5
6	21	16	2	26	3	36	11	46	16
7	2	17	9	27	1	37	1	47	24
8	6	18	20	28	6	38	4	48	12
9	10	19	4	29	22	39	11	49	13
10	5	20	8	30	10	40	23	50	14

**Tablo 8.** Senaryo 6'ya göre 21 gün kısıtı ile makinelere atanan işler

Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No
1	12	11	7	21	20	31	24	41	6
2	6	12	3	22	8	32	15	42	24
3	21	13	11	23	1	33	7	43	9
4	16	14	2	24	19	34	7	44	8
5	18	15	10	25	17	35	11	45	8
6	23	16	3	26	1	36	10	46	16
7	4	17	4	27	9	37	5	47	21
8	3	18	24	28	5	38	11	48	12
9	1	19	6	29	22	39	6	49	13
10	6	20	9	30	2	40	20	50	15

**Tablo 9.** Senaryo 7'ye 22 gün kısıtı ile makinelere atanan işler

Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No
1	12	11	2	21	20	31	23	41	10
2	10	12	3	22	6	32	17	42	24
3	20	13	9	23	6	33	4	43	6
4	16	14	5	24	19	34	7	44	11
5	15	15	9	25	18	35	3	45	10
6	21	16	5	26	7	36	1	46	16
7	5	17	8	27	11	37	1	47	24
8	8	18	24	28	4	38	7	48	12
9	4	19	2	29	22	39	10	49	13
10	11	20	3	30	2	40	23	50	14

**Tablo 10.** Senaryo 8'e göre 23 gün kısıtı ile makinelere atanan işler

Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No
1	12	11	8	21	24	31	22	41	5
2	5	12	7	22	9	32	18	42	21
3	21	13	6	23	1	33	6	43	11
4	16	14	3	24	19	34	9	44	1
5	15	15	2	25	17	35	9	45	4
6	20	16	7	26	8	36	2	46	16
7	4	17	3	27	8	37	11	47	23
8	7	18	24	28	6	38	10	48	14
9	10	19	5	29	22	39	4	49	13
10	4	20	1	30	5	40	23	50	12

**Tablo 11.** Senaryo 9'a göre 24 gün kısıtı ile makinelere atanan işler

Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No
1	12	11	2	21	20	31	21	41	11
2	11	12	4	22	8	32	18	42	22
3	20	13	10	23	4	33	1	43	6
4	16	14	9	24	19	34	1	44	9
5	15	15	10	25	17	35	1	45	4
6	24	16	5	26	7	36	6	46	16
7	5	17	3	27	7	37	2	47	21
8	7	18	23	28	8	38	6	48	14
9	3	19	11	29	23	39	11	49	13
10	11	20	8	30	2	40	22	50	12

**Tablo 12.** Senaryo 10'a göre 25 gün kısıtı ile makinelere atanan işler

Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No	Sipariş No	Makine No
1	12	11	1	21	24	31	22	41	5
2	5	12	10	22	8	32	13	42	20
3	21	13	7	23	8	33	7	43	6
4	14	14	9	24	17	34	3	44	6
5	19	15	11	25	18	35	9	45	3
6	23	16	1	26	7	36	2	46	16
7	8	17	4	27	3	37	10	47	22
8	1	18	24	28	10	38	2	48	12
9	4	19	11	29	21	39	11	49	15
10	5	20	9	30	5	40	20	50	16

Makinelere sipariş atamasında gün kısıtı ve maksimum üretim miktarı kısıtına göre oluşturulan senaryoların özeti Tablo 13'te verilmiştir. Tablo 13'te her bir makinede harcanan hazırlık süreleri ve toplam harcanan hazırlık süresi bulunmaktadır. Senaryo 1 ile yapılan atama sonucunda toplam hazırlık zamanı 4600 dakika olarak hesaplanmıştır. Senaryo 2 ile 4410 dakika, senaryo 3 ile 4806 dakika, senaryo 4 ile 5010 dakika, senaryo 5 ile 4290 dakika, senaryo 6 ile 4870 dakika, senaryo 7 ile 4920 dakika, senaryo 8 ile 4260 dakika senaryo 9 ile 5010 dakika, senaryo 10 ile 4290 dakika hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre senaryo 8 en düşük hazırlık süresine sahip senaryodur. Senaryo 8'i senaryo 5 ve senaryo 10 takip etmektedir. En düşük hazırlık süresi senaryo 8'de çıktığı için bu senaryoya göre üretim yapılabilir.

#### 4.4. Sayısal Sonuçların Değerlendirilmesi

Çalışmada gruplandırılan iplik tiplerinin birbiri ardına üretilmesini sağlamak, tip değişimi sırasında oluşan süreyi minimum seviyede tutmak için hedef programlama ile makinelere siparişlerin ataması yapılmıştır. Makinelere atamalar yapılırken,

ilk olarak hiçbir sınırlama yapmadan yalnızca hazırlık süresine göre üretim çizelgesi oluşturulmuştur. Daha sonra 30.000 kg, 25.000 kg ve 20.000 kg kısıtları ile kilogram sınırları getirilerek üretim çizelgeleri oluşturulmuştur. Son olarak gün sınırı konularak üretim çizelgesinin olabildiğince kısa tutulması amaçlanmış ve 20 gün, 21 gün, 22 gün, 23 gün, 24 gün ve 25 gün kısıtı ile üretim çizelgesi oluşturulmuştur. Böylece üretim yapılırken hazırlık süreleri azaltılarak israf azaltılmış ve değişimin azalması ile üretimin artması sağlanmıştır. Yapılan çalışma, kalıp değişiminin üretim kaybına sebep olduğu tekstil ve diğer sektör çalışmalarına katkı sağlayacaktır.

Çalışma ile 50 adet siparişin ataması yapılmıştır. Bundan dolayı makinalarda dengesizlik ve boşluklar olduğu görülmektedir. Sipariş sayısının artırılması ile veya yeni siparişler geldiğinde ilgili makineye atanan siparişler dikkate alınarak yeni siparişlerin atanması ile makinalarda oluşan boş zamanlar azaltılabilecektir. İleride yapılacak çalışmalarda siparişlerin makinalara daha dengeli atanması için amaç fonksiyonuna yeni hedefler eklenebilir veya modelde yeni kısıtlar da dikkate alınabilir.

Senaryo 8 sonuçlarına göre siparişlerin makine atamaları şekil 1'de gant diyagramında gösterilmiştir. Örnek 50 adet sipariş için makinelerde boşlukların olduğu görülmektedir. 50 adet sipariş ve

24 adet makine olduğu için siparişler atandığında bazı makinelerde boşluklar oluşmaktadır.

**Tablo 13.** Oluşturulan tüm çizelgelere göre toplam hazırlık süresi (dakika)

Makine No	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6	Senaryo 7	Senaryo 8	Senaryo 9	Senaryo 10
1	480	300	600	360	510	360	360	510	480	390
2	600	360	36	390	360	150	210	360	510	360
3	360	360	480	0	360	480	480	360	360	390
4	360	240	360	720	360	360	300	270	300	360
5	360	360	510	510	240	360	600	180	600	180
6	100	390	240	240	510	240	510	300	360	360
7	360	360	510	360	510	90	600	480	480	390
8	390	390	300	450	390	510	360	240	300	300
9	390	510	360	720	0	1000	360	480	360	480
10	300	360	360	480	150	360	180	360	360	510
11	360	240	510	240	510	600	600	360	240	210
12	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	150	60	60	60	60	360	60
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0
20	60	60	60	0	150	60	60	0	60	60
21	60	60	60	60	0	60	0	60	60	60
22	0	0	60	60	0	0	0	60	60	60
23	150	60	0	150	60	0	60	60	60	0
24	60	150	150	60	60	120	120	60	0	60
TOPLAM	4600	4410	4806	5010	4290	4870	4920	4260	5010	4290

		GÜN																																
MAK NO	Ö	TKN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23									
1	048	RI	20 NOLU SİPARİŞ 5600 KG						23 NOLU SİPARİŞ 6600 KG						44 NOLU SİPARİŞ 7500 KG																			
2	048	RI	15 NOLU SİPARİŞ 9800 KG									36 NOLU SİPARİŞ 7900 KG																						
3	048	RI	14 NOLU SİPARİŞ 2700 KG				17 NOLU SİPARİŞ 20000 KG																											
4	048	RI	7 NOLU SİPARİŞ 780 KG	10 NOLU SİPARİŞ 3700 KG	39 NOLU SİPARİŞ 9800 KG													45 NOLU SİPARİŞ 8000 KG																
5	048	RI	2 NOLU SİPARİŞ 2500 KG	19 NOLU SİPARİŞ 2500 KG	30 NOLU SİPARİŞ 10500 KG														41 NOLU SİPARİŞ 1250 KG															
6	048	RI	13 NOLU SİPARİŞ 7800 KG						28 NOLU SİPARİŞ 11000 KG											33 NOLU SİPARİŞ 3250 KG														
7	048	RI	8 NOLU SİPARİŞ 3500 KG	12 NOLU SİPARİŞ 3300 KG				16 NOLU SİPARİŞ 17000 KG																										
8	048	RI	11 NOLU SİPARİŞ 2450 KG	26 NOLU SİPARİŞ 6700 KG						27 NOLU SİPARİŞ 8900 KG																								
9	048	RI	22 NOLU SİPARİŞ 3500 KG				34 NOLU SİPARİŞ 6750 KG									35 NOLU SİPARİŞ 8800 KG																		
10	048	RI	9 NOLU SİPARİŞ 4600 KG				38 NOLU SİPARİŞ 4400 KG																											
11	048	RI	37 NOLU SİPARİŞ 5600 KG						43 NOLU SİPARİŞ 5600 KG																									
12	045	RI	1 NOLU SİPARİŞ 5000 KG	50 NOLU SİPARİŞ 3750 KG																														
13	045	RI	49 NOLU SİPARİŞ 11750 KG																															
14	045	RI	48 NOLU SİPARİŞ 11000 KG																															
15	045	RI	5 NOLU SİPARİŞ 10200 KG																															
16	045	RI	4 NOLU SİPARİŞ 8200 KG				46 NOLU SİPARİŞ 9700 KG																											
17	045	RI	25 NOLU SİPARİŞ 3300 KG																															
18	045	RI	32 NOLU SİPARİŞ 4900 KG																															
19	045	RI	24 NOLU SİPARİŞ 10200 KG																															
20	045	CS	6 NOLU SİPARİŞ 230 KG																															
21	045	CS	3 NOLU SİPARİŞ 7500 KG				42 NOLU SİPARİŞ 2500 KG																											
22	045	CS	29 NOLU SİPARİŞ 12000 KG																	31 NOLU SİPARİŞ 6500 KG														
23	045	CS	40 NOLU SİPARİŞ 16000 KG														47 NOLU SİPARİŞ 10500 KG																	
24	045	CS	18 NOLU SİPARİŞ 2300 KG				21 NOLU SİPARİŞ 7200 KG																											

**Şekil 1.** Senaryo 8 göre siparişlerin makinelere atanması

## 5. SONUÇ

Üretim sistemleri, müşteri taleplerinin değişimi ile birlikte esnekliğin ön plana çıktığı bir dönemi yaşamaktadır. Esnekliğin önündeki engellerden biri de model değişimine dolayı harcanan hazırlık süreleridir. Bütün sektörlerde üretim kaybına sebebiyet veren hazırlık sürelerinin azaltılması için çalışmalar yürütülmektedir. Ürün yaşam döngüsünün düşük olduğu tekstil sektörü gibi sektörlerde ise hazırlık süresinin azaltılması esneklik için daha da önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada tekstil sektöründe iplik üretiminde kullanılan ring makinelerinin üretim miktarını artırmak için hazırlık süresini azaltmak için bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada firmanın taleplerinden özellikleri benzer olanların gruplanması ve aynı makinede üretilmesi hedeflenmiştir. Böylelikle bir üründen farklı diğer bir ürünün üretimine geçişte yapılan kopça, klips, likra, polyester, fitil gibi harman elemanlarının değiştirilmesinin sebep olduğu takma, sökme, ayar ve ölçümler, kontroller azaltılmış ve model değişim süreleri düşürülmüştür. Önerilen hedef programlama modelinde makine özellikleri ve ürün özellikleri dikkate alınarak siparişler makinelere atanmış ve hazırlık süreleri

azaltılmıştır. Farklı senaryolarla makinelerin etkinliğinin değişimi irdelenmiştir. Ring makinelerinde üretim kaybını azaltılması ve makinelerin verimliliğinin artırılması sağlanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde üretim için gün kısıtı konulması ve farkı değerler için denenerek en iyi çözümü veren sonuca göre üretim yapılmasını yöneticilere önerilebilir. Bu çalışmada da 23 gün üretim sınırına göre elde edilen sonucun en düşük hazırlık süresini veren senaryo olduğu görülmektedir. Farklı sipariş miktarlarına göre bu süre sınırı değişkenlik gösterebilir.

Yapılacak yeni çalışmalarda ring makinelerinde hazırlık sürelerinin azaltılmasına yönelik çalışmalara öncelik verilebilir. Modelin etkinliğin artırmak için yeni kısıtlamalara yer verilebilir. Örnek bir problem üzerinden sunulan model için sezgisel algoritmalar kurulabilir ve büyük boyutlu problemlerin çözümü sağlanabilir. Ayrıca tekstil veya diğer sektörlerde benzer makineler araştırılıp model ilgili makineler için de uyarlanabilir. Yine sonraki çalışmalara öneri olarak literatüre bakıldığında bu alanda yapılan çalışmaların yetersiz olduğu göz önüne alınırsa geliştirilen bu modelde atama yapılmasına ek olarak sıralama da yapılabilir. Modelin sonuçlarında elde edilen atamalar kullanılarak her bir makine için sıralama problemi çözülebilir.

## KAYNAKLAR

1. De Toni, A., & Meneghetti, A. (2000). The Production Planning Process for a Network of Firms in the Textile-Apparel Industry. *International Journal of Production Economics*, 65(1), 17-32.
2. Ferraris, G., & Morini, M. (2004). Simulation in the Textile Industry: Production planning optimization. *WOA*.
3. Pimentel, C., Alvelos, F., Carvalho, J. V., & Duarte, A. (2010). A Fast Heuristic for a Lot Splitting and Scheduling Problem of a Textile Industry. *IFAC Proceedings Volumes*, 43(17), 120-125.
4. Zarandi, M. H. F., Esmaeilian, M., & Zarandi, M. M. F. (2007). A Systematic Fuzzy System Modeling for Scheduling of Textile Manufacturing System. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 2(4), 297-309.
5. Nugraheni, C. E., & Abednego, L. (2016). On the Development of Hyper Heuristics Based Framework for Scheduling Problems in Textile Industry. *International Journal of Modeling and Optimization*, 6(5), 272.
6. Brahmadeep, & Thomassey, S. (2018). A Discrete Event Simulation Model with Genetic Algorithm Optimisation for Customised Textile Production Scheduling. *Artificial Intelligence for Fashion Industry in the Big Data Era*, 153-171.
7. Ramos, C., Barreto, R., Mota, B., Gomes, L., Faria, P., & Vale, Z. (2020). Scheduling of a Textile Production Line Integrating PV Generation Using a Genetic Algorithm. *Energy Reports*, 6, 148-154.
8. Ferro, R., Cordeiro, G. A., Ordóñez, R. E., Beydoun, G., & Shukla, N. (2021). An Optimization Tool for Production Planning: A Case Study in a Textile Industry. *Applied Sciences*, 11(18), 8312.
9. Tsai, W. H. (2018). Green Production Planning and Control for The Textile Industry by Using Mathematical Programming and Industry 4.0 Techniques. *Energies*, 11(8), 2072.
10. Pirola, F., Zambetti, M., & Cimini, C. (2021). Applying Simulation for Sustainable Production Scheduling: A Case Study in The Textile Industry. *IFAC-PapersOnLine*, 54(1), 373-378.
11. Alperen, B. A. L., Gevrek, H., & Demir, S. (2022). Kitlemel İmalat Sistemlerinde Dijital İkiz Kullanılarak Gerçek Zamanlı Üretim Çizelgeleme ve Tekstil Sektöründe Bir Uygulama. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 34(2), 328-336.
12. Koçak, A., & Yıldız, A. (2022). Üretim Planlama ve Kontrol Süreçlerinde Dijital İkiz Teknolojisinin Kullanılması: Tekstil Sektöründe Bir Uygulama. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 10(4), 711-732.
13. Mourtos, I., Vatikiotis, S., & Zois, G. (2021). Scheduling Jobs on Unrelated Machines with Job Splitting and Setup Resource Constraints for Weaving in Textile Manufacturing. In *Advances in Production Management Systems. Artificial Intelligence for Sustainable and Resilient Production Systems: IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2021, Nantes, France, September 5-9, 2021, Proceedings, Part I* (pp. 424-434). Springer International Publishing.
14. Şenbay, Ç., Saraç, T., & Demirtaş, E. A. (2021). Bir İplik Fabrikasında Siparişlerin Çizelgelenmesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(1), 64-76.

15. Ding, H., Gao, H., Dong, Y., & Huang, S. (2023). Research and Implementation of Order-Oriented Textile Production Scheduling System. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 46(4), 331-344.
16. Abdelsalam, N., Mohammoud, F., Eder, H., Abuyousef, A., Kaya, O., Kilic, A. C., & Ulku., I. (2023). A Production Line Assignment Problem For A Textile Industry. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 11(1), 22-32.
17. Bedirhandoğlu, Ş. B., & Atlas, M. Nötrosifik Bulanık Çok Amaçlı Optimizasyon Tekniği ve Tekstil Üretim Planında Uygulaması. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(4), 1363-1392.
18. Toma, L., Zajac, M., & Störl, U. (2024). Solving Distributed Flexible Job Shop Scheduling Problems in the Wool Textile Industry with Quantum Annealing. *arXiv preprint arXiv: 2403.06699*.