

95631

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Emel Ceyhun SABİR

**Ring ve Open-End İplik Üretim Sistemlerinde Üretim Planlaması İçin
Doğrusal Programlama Yaklaşımı ve Endüstriyel Uygulaması**

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANİSTON MERKEZİ**

ADANA, 2000

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RİNG VE OPEN-END İPLİK ÜRETİM SİSTEMLERİNDE ÜRETİM
PLANLAMASI İÇİN DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI VE
ENDÜSTRİYEL UYGULAMASI**

Emel Ceyhun SABİR

DOKTORA TEZİ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Bu tez 31./03/2000 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.**

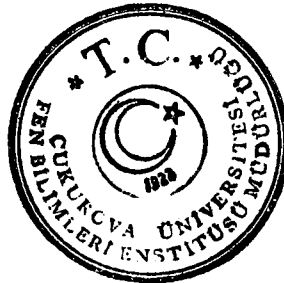
İmza.....
Prof. Dr. Erdem KOÇ
DANIŞMAN

İmza.....
Prof. Dr. Ali İhsan SÖNMEZ
ÜYE

İmza.....
Yrd. Doç. Dr. Rızvan EROL
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No : 567



İmza.....
Prof. Dr. Melih BORAL
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

**Bu Çalışma Ç.Ü. Rektörlüğü Araştırma Fonu Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No : F.B.E.97.D.98**

Not : Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanundaki hükümlere tabidir.

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANİSYON MERKEZİ**

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
ÖNSÖZ.....	III
TEŞEKKÜR.....	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	V
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	7
1.2. Çalışmanın Kapsamı.....	8
1.3. Problemin Tanıtımı.....	8
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	11
2.1. Tekstil Sektörü İle İlgili Olarak Yapılan Optimizasyon Çalışmaları....	11
2.2. Üretim Planlaması İle İlgili Yapılan Çalışmalar.....	14
2.3. Diğer Çalışmalar.....	19
3. ÜRETİM VE ÜRETİM SİSTEMLERİ	21
3.1. Üretim Sistemleri	21
3.2. Üretim Planlaması ve Kontrolü (ÜPK)	23
3.2.1. Üretim Planlama ve Programlama.....	28
3.2.2. Üretim Planlamasında Kullanılan Teknikler.....	29
3.1.2.1.Doğrusal Programlama Tekniği	30
3.1.2.2.Dinamik Programlama	32
3.2.2.3.Doğrusal Olmayan Programlama	33
3.2.2.4.Çok Amaçlı Programlama	33
3.2.2.5.Duyarlılık Analizi.....	34
3.2.2.6.Simülasyon İle Planlama.....	35
3.3.Üretim Yönetimi.....	36
3.4.Üretim-Maliyet İlişkisi.....	37

4. TEKSTİL SEKTÖRÜ VE İPLİK ÜRETİM SİSTEMLERİ	39
4.1. Tekstil Sektörü.....	39
4.2. İplik Üretim Sistemleri	40
4.2.1. Ring İplik Üretim Sistemi.....	41
4.2.1.1. Ring İplikçilik Sisteminde Üretim Parametreleri	46
4.2.1.2. Ring İplik Makinesinde Enerji Kullanımı	47
4.2.2. Open - End Rotor İplik Üretim Sistemi	48
4.2.2.1. Rotor İplik Eğirme Prensibi	49
4.2.2.2. Rotor İplikçiliğinde Üretim Parametreleri	56
4.2.2.3. Rotor İplik Makinesinde Enerji Kullanımı	57
4.2.3. Ring ve Rotor İplik Eğirme Sistemlerinin Karşılaştırılması.	59
4.2.3.1. Eğirme Proseslerinin Karşılaştırılması.....	59
4.2.3.2. İplik Özelliklerinin Karşılaştırılması	63
4.2.3.3. Ekonomik Olarak Karşılaştırılması	65
5. İPLİK ÜRETİM SİSTEMLERİNDE ÜRETİM PLANLAMASI.....	69
5.1. İplik Üretim Öncesi İşlemler.....	70
5.2. Bir İplik İşletmesinde Üretim Planlaması.....	72
5.2.1. Proses Aşamaları (İş İstasyonları)	72
5.2.2. İş İstasyonlarının Üretim Kapasiteleri.....	73
5.2.3. Talep Durumu	78
5.2.4. Pazar Durumu.....	80
5.2.5. Hammadde Durumu	80
5.2.6. İplik İşletmesinde Maliyetlerin Yapısı	82
5.3. Üretim Planlamasının Matematiksel Modellenmesi	86
5.3.1. Kârın Maksimizasyonu Probleminin Matematiksel Modeli....	86
5.3.2. Modelde Yer Alan Terimler.....	89

6. BİR İPLİK İŞLETMESİNDE ÜRETİM PLANLAMASI

UYGULAMASI.....	94
6.1. İşletmenin Yapısı.....	94
6.2. Karde Pamuk İpliği Üretim Aşamaları.....	95
6.3. İşletmede Üretilen İplik Tipleri	96
6.4. İplik Üretiminde Kullanılan Materyal (Hammadde).....	97
6.5. Makine Kapasiteleri	98
6.6. Seçilen İşletmede İplik Talep ve Pazar Durumu.....	102
6.7. Maliyetler.....	103
6.8. Seçilen İşletmede Üretim Planlaması Modeli.....	106
6.8.1. Amaç Fonksiyonu.....	107
6.8.2. Kısıtlayıcılar.....	108
6.8.2.1. İplik Talep Kısıtı.....	108
6.8.2.2. Hammadde Kullanım Miktarı.....	109
6.8.2.3. Proseslerin Çalışma Kapasitesi (saat/periyot).....	111
6.8.2.4. Proseslere Giren Materyal Miktarı.....	112
6.8.2.5. Üretim İçin Gerekli İşgücü Kısıtı.....	114
6.8.2.6. Plan Başlangıcında Yerine Getirilmemiş Sipariş Seviyesi.....	116
6.8.2.7. Başlangıç ve Bitiş Stokları.....	117
6.8.2.8. Üretimin Kontrolü.....	117

7. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....

7.1. Problemin Çözümü.....	120
7.2. Optimum Çözüm.....	121
7.3. Optimum İplik Üretim Miktarı.....	121
7.4. Stok Seviyeleri.....	122
7.5. Yerine Getirilmeyen Sipariş Miktarı.....	123
7.6. Optimum İşgücü Seviyeleri.....	124
7.7. Optimum Fason Üretim Miktarı.....	124
7.8. Proseslere Giren Materyal Miktarı.....	125

7.9. Azaltılmış Fiyatlar (<i>Reduced Cost</i>)	125
7.10. Gölge Fiyatlar.....	126
7.10.1. Talep Kısıtı ve Gölge Fiyatlar.....	126
7.10.2. Hammadde Kısıtı ve Gölge Fiyatlar.....	127
7.10.3. Makinelerin Kullanılmayan Kapasiteleri ve Gölge Fiyatlar..	129
7.10.4. Proseslere Girmeyen Materyal Miktarı ve Gölge Fiyatlar...	130
7.10.5. Gerekli İşgücü ve Gölge Fiyatlar.....	130
7.10.6. İşgücü Dengesi ve Gölge Fiyatlar.....	131
7.10.7. Fazla Mesai İşgücü Kısıtı ve Gölge Fiyatlar.....	131
7.10.8. Plan Başlangıcında İşgücü Kısıtı ve Gölge Fiyat.....	132
7.10.9. Plan Başlangıcında Yerine Getirilmeyen Sipariş Kısıtı ve Gölge Fiyat.....	132
7.10.10. Plan Başlangıç Stokları Kısıt ve Gölge Fiyat.....	133
7.11. Duyarlılık Analizi.....	134
7.11.1. Amaç Fonksiyonun Katsayılarının Duyarlılık Analizi.....	134
7.11.2. Kısıt Denklemlerinin Sağ Taraflarının Duyarlılık Analizi....	143
7.11.2.1. Talepte Duyarlılık Analizi.....	143
7.11.2.2. Hammadde Kısıtı ve Duyarlılık Analizi	145
7.11.2.3. Proseslerdeki Makine Kapasitesi Kısıtı ve Duyarlılık Analizi.....	146
7.11.2.4. Proseslere Giren Materyal Miktarı ve Duyarlılık Analizi.....	147
7.11.2.5. İşgücü Kısıtı ve Duyarlılık Analizi	147
7.11.2.6. Fazla Mesai Kısıtı ve Duyarlılık Analizi	148
7.12. Modelin Çözümünün Grafiksel Analizi.....	149

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	169
8.1. Özet.....	169
8.2. Sonuçlar.....	170
8.3. Öneriler.....	174
 KAYNAKLAR.....	 176
 ÖZGEÇMİŞ.....	 184
 EKLER	
EK-1 : Seçilen İplik İşletmesinin Yerleşim Düzeni (Makine Parkı).....	185
EK-2 .1 : Seçilen İplik İşletmesinde Kullanılan Makineler.....	186
EK-2.2 : Seçilen İplik İşletmesinde Makine Parkının Proseslere Göre Dağılımı.....	187
EK-2.3 : İplik İşletmesinde Makinelerin Grup Dağılımı.....	188
EK-3 : Seçilen İplik İşletmesi İçin Üretim Planlamasına Ait Lineer Programlama Yaklaşımının LINDO 6.1 Program Yazılımı.....	189
EK-4 : Seçilen İplik İşletmesi İçin Üretim Planlamasına Ait Lineer Programlama Yaklaşımının LINDO 6.1 Program Yazılımı (Hazırlık Maliyeti İhmal Edilerek). 195	
EK-5 : Karde Pamuk İşletmesi Üretim Planlaması Modeli Optimum Çözümü.....	198

ÖZ

DOKTORA TEZİ

**RİNG VE OPEN-END İPLİK ÜRETİM SİSTEMLERİNDE ÜRETİM
PLANLAMASI İÇİN DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI VE
ENDÜSTRİYEL UYGULAMASI**

Emel Ceyhun SABİR

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Erdem KOÇ
Yıl: 2000, Sayfa: 209
Jüri : Prof. Dr. Erdem KOÇ
Prof. Dr. Ali İhsan SÖNMEZ
Yrd. Doç. Dr. Rızvan EROL

İplik sektörü, tekstil sektörünün bir alt koludur. İplik işletmelerinde, birçok iplik tipi üretilmekte ve her tipte farklı iplik materyalleri kullanılabilmektedir. İplik üretim hattı birçok prosten oluşur. Konvansiyonel bir sistemde bu birimler harman-hallaç, tarak, penye, cer I ve cer II, fitil ve vater bölümleri şeklindedir. Bir iplik işletmesinde, hammadde, makine ve işgücü gibi kısıtlı kaynakların en verimli şekilde kullanılabilmesi ve bu kaynaklarla maksimum karı sağlayacak optimum iplik üretiminin belirlenebilmesi için üretim planlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada; bahsedilen kısıtlı kaynaklara ait maliyet faktörleri de değerlendirilerek, iplik işletmesinde üretim planlaması probleminin matematiksel modeli lineer programlama yaklaşımı ile kurulmuştur. Seçilen bir iplik işletmesi için model çözülmüş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler : İplik eğirme sistemleri, üretim planlaması lineer programlama.

ABSTRACT

PhD THESIS

A LINEAR PROGRAMMING APPROACH FOR PRODUCTION PLANNING IN RING AND OPEN-END YARN SPINNING SYSTEMS AND ITS INDUSTRIAL APPLICATION

Emel Ceyhun SABIR

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor : Prof. Dr. Erdem KOÇ

Year: 2000, Page: 209

Jury : Prof. Dr. Erdem KOÇ
Prof. Dr. Ali İhsan SÖNMEZ
Yrd. Doç. Dr. Rızvan EROL

Spinning is a production area within textile sector. In a spinning mill, many types of yarns are produced using different raw materials. Spinning process consists of a number of processes, which are blending-opening-cleaning, carding, drawing I, drawing II, roving and ring. In a typical spinning mill, production planning attempts to determine the optimum yarn production quantities that maximise the total profit with limited resources of raw material, machinery and labour. In this thesis, a linear mathematical programming model is developed to solve the production planning problem faced in spinning mills considering the relevant production costs. The developed model is applied on an existing spinning mill and the results obtained are discussed.

Key Words : Yarn spinning systems, production planning, linear programming.

ÖNSÖZ

Ülkemiz sanayisinde tekstil sektörü gerek istihdam ve gerekse ülke ihracat girdisine yaptığı katkılarla lokomotif sektör durumunda olduğu artık kabul edilen bir gerçektir. Tekstil sektörü içerisinde bir alt sektör konumunda olan iplik sektörü, hazır giyim ve diğer sektörlerle hammadde sağlaması bakımından pazar sorunu olmayan bir sektördür. İplik işletmesi birçok üretim aşamasını kapsamaktadır. Birçok iplik aynı üretim hattından geçebilmektedir. İplik işletmesinde, makine parkının çok olması, birçok üretim safhasının bulunması, stoklu çalışma zorunluluğu, işgücü, hammadde ve hazırlık işlemlerinde kaybedilen zamandan dolayı gibi birçok maliyet unsurunun etkilidir. Bu nedenle iplik, pahalı bir üretim alanıdır.

Ülkemizde son yıllarda en fazla yatırımın yapıldığı sektörlerden birisi de iplik sektörüdür. Yine son yıllarda pamuk ipliği üreten işletmelerde ring iplik üretiminin yanı sıra open-end iplik üretim sistemlerinin de yer aldığı görülmektedir. Bu şekilde her iki sistemin bir arada bulunduğu işletmelerde kısıtlı kaynakların optimum kullanımını sağlayan üretim planlaması problemi ortaya çıkmaktadır.

İplik sistemlerinin ve bir iplik işletmesinin yapısının tanıtıldığı, maliyet ve kâr olgularını dikkate alan ve optimum iplik üretiminin yanı sıra kapasite ve işgücü planlamasını da yapabilecek bir lineer üretim planlaması modelinin uygulamalı olarak ele alındığı bu çalışmanın gerek araştırmacılara ve gerekse işletmecilere faydalı olması ve böylece çalışmanın amacına ulaşması ümit edilmektedir.

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimimde danışmanlığımı üstlenerek uzun soluklu bu çalışmada, bana her türlü desteğini hiç çekinmeden veren, çalışmalarında beni her zaman teşvik eden, en zorlandığım zamanlarda yaptığı telkinlerle kendime güvenmemi sağlayan, çalışmalarım sırasında Tekstil Mühendisliği Bölümünün imkanlarından faydalanmamda yardımcı olan, bilimsel çalışmalardaki üstün yeteneğinden feyiz aldığım çok değerli ve sevgili hocam, Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı sayın Prof. Dr. Erdem Koç'a teşekkürlerimi saygılarımla sunarım.

Doktora çalışmalarım süresince Endüstri Mühendisliği Bölümünün tüm imkanlarından faydalanmam konusunda yardımcı olan, çalışmalarında yardımseverliğini esirgemeyen ve bilgilerini benimle paylaşan değerli hocam, Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı sayın Yrd. Doç. Dr. Rızvan Erol'a teşekkürü borç bilirim.

Çalışmalarında güler yüzlerini, yardımlarını esirgemeyen ve bana destek olan Tekstil Mühendisliği Bölümü'nün değerli akademik ve idari personeline teşekkürlerimi sunarım.

Yardımlarını her zaman gördüğüm ve bana gerek bilgi olarak gerekse manevi olarak destek veren Endüstri Mühendisliği Bölümü'nün değerli akademik ve idari personeline teşekkürlerimi sunarım.

Doktora çalışmam süresince varlıklarıyla ve sevgileriyle yanımda olan çok sevgili aileme teşekkür ederim.

Yaşamımda olduğu gibi doktora çalışmalarım sırasında da meydana gelen her türlü zorluğa ve sıkıntıya hiç itiraz etmeden ve yûksünmeden katlanan, artık sonsuz olduğuna daha bir inandığım her türlü desteğiyle yanımda olan sevgili hayat arkadaşşıma, eşime de teşekkürlerimi bir borç bilirim.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

i	: İplik tip numarası
j	: Proses numarası
k	: Hammadde tip numarası ($k=1...K$)
n	: Üretilen iplik çeşidi sayısı ($i=1...n$)
m	: Proses sayısı ($j=1...m$)
t	: Üretim planı periyot numarası ($t=1....T$)
p_{it}	: t periyodunda i . ipliği üretmek için gerekli işgücü (adam/kg-periyot)
r_{tki}	: t periyodunda, i . çeşit ipliğin birim üretiminde kullanılan k . hammadde miktarı (kg)
A_{tj}	: t periyodunda j prosesine giren hammadde miktarı (kg/periyot)
D_{it}	: i . çeşit ipliğe t periyodundaki talep (kg/periyot)
E_{it}	: t periyodunda i . ipliğin üretimi için hazırlık maliyeti (TL/periyot)
FF_{it}	: t periyodunda i . ipliğin fason üretim maliyeti (TL/periyot)
F_t	: t periyodundaki işten çıkartılan (geçici olarak) çalışan sayısı (işçi/periyot)
H_t	: t periyodundaki ücretli çalışan sayısı (işçi/periyot)
Γ^+_{it}	: i ürünün t periyodundaki stok miktarı (kg/periyot)
Γ_{it}	: i ürünün t periyodunda karşılanamayan talep miktarı (kg/periyot)
K_{tji}	: t periyodunda, j . prosesin i . çeşit ipliği üretim kapasitesi (kg/saat)
K	: Hammadde çeşit sayısı
M	: İplik üretim miktarını kontrol eden çok büyük bir sayı
Ne_i	: i . çeşit ipliğin ürün kodu ($i=1....n$)
O_t	: t periyodundaki fazla mesai çalışan sayısı (işçi/periyot)
P_{it}	: i ürünü için t periyodunda fason üretim miktarı (kg/periyot)
Q_j	: j . prosese birim miktar iplik üretimi için girmesi gereken madde oranı
R_k	: k . hammadde kodu ($k=1....K$)
RI_k	: Plan döneminde k . çeşit hammaddeye ait olan stok seviyesi (kg)
S_{it}	: i . çeşit ipliğin birim üretiminin herhangi bir t periyodunda satış fiyatı
T	: Üretim planındaki periyot sayısı

X_{it}	: i. çeşit ipliğin t periyodunda üretim miktarı (kg/periyot)
W_t	: t periyodundaki normal mesai çalışan sayısı (işçi/periyot)
Y_{it}	: t periyodunda i. ipliğin hazırlık maliyetini kontrol etmek için kullanılan binary (0,1) parametre
Z_{tji}	: t periyodunda, j. proseste i. çeşit ipliğin üretim süresi (saat/kg)
θ_{it}	: t periyodunda i ipliğin birim üretim maliyeti (TL/kg-periyot)
δ_{it}	: t periyodundaki i ipliğin birim stok maliyeti (TL/kg-periyot)
γ_{it}	: t periyodunda i ipliğin birim karşılanamayan talep maliyeti (TL/kg-periyot)
ε_t	: t periyodunda normal mesai adam maliyeti (TL /adam-periyot)
ψ_t	: t periyodunda fazla mesai adam maliyeti (TL /adam-periyot)
β_t	: t periyodunda ücretli adam maliyeti (TL /adam-periyot)
α_t	: t periyodunda işten çıkartılan (geçici olarak) adam-saat maliyeti (TL /adam-periyot)
u_t	: t periyodunda, normal mesai çalışanlarından fazla mesai yapabilecek işçi oranı (%/periyot)
λ_{jt}	: j. prosesinin t periyodunda maksimum çalışma süresi (saat/ periyot)
$\emptyset_j$	: j. prosesteki telef miktarı (%)
η_j	: j. prosesin verimi (%)

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1.	Türkiye İplik Makine Parkını Bölgesel Dağılımı, 1997.....	2
Çizelge 1.2.	Türk Tekstil ve Konfeksiyon Sektörünün 1997 ve 1998 Yılları Dış Ticareti.....	3
Çizelge 4.1.	Dünya İplik Eğirme Makineleri Kapasiteleri ve Sevkiyatı (1988-1997, 1999 olarak)	40
Çizelge 4.2.	Ring İplik Üretim Sisteminin Avantaj ve Dezavantajları....	44
Çizelge 4.3.	Şerit Çekimi Açısından Karşılaştırma.....	61
Çizelge 4.4.	Büküm Alma ve İpliğin Şekillenmesi.....	62
Çizelge 4.5.	Bobinleme Prosesi.....	62
Çizelge 4.6.	Eğirme Sistemleri ve İplik kesitindeki Lif Sayısı.....	63
Çizelge 4.7.	Rotor Sistemiyle Üretilen İpliklerin Özellikleri.....	64
Çizelge 5.1.	İplik İşletmesinde Prosesler ve Aylık Çalışma Süreleri.....	72
Çizelge 5.2.	İplik İşletmesinde Prosesler ve Çalışma Kapasiteleri.....	74
Çizelge 5.3.	İplik İşletmesinde Birim Üretim İçin Proseste Geçen Süre (saat/kg).....	74
Çizelge 5.4.	Proseslere Girmesi Gereken Malzeme Miktarı ve Standart Üretim Zamanı.....	77
Çizelge 5.5.	Üretilen İplik Çeşidinin Plan Dönemine Ait Periyotlardaki Talep Durum.....	79
Çizelge 5.6.	İplik İşletmesinde Üretilecek İplikle İlgili Pazar Durumu...	80
Çizelge 5.7.	Birim İplik Üretiminde Hammadde Karışım Miktarı.....	81
Çizelge 5.8.	İplik Hammadde Birim Maliyetleri İçin Örnek Çalışma....	84
Çizelge 5.9.	İplik Sistemlerine Göre Telef Oranları.....	86

Çizelge 6.1.	Seçilen İplik İşletmesinin Makine Parkı.....	94
Çizelge 6.2.	Seçilen İplik İşletmesinin Üretim Bilgileri.....	95
Çizelge 6.3.	Karde Pamuk İpliği İşletmesinde Üretim Aşamaları.....	96
Çizelge 6.4.	İşletmede Üretilen İpliklerin Üretim Aşamaları.....	96
Çizelge 6.5.	İşletmede Üretilen İpliklere Ait Tip Verileri.....	97
Çizelge 6.6.	Seçilen İşletmede Birim İplik Üretimi İçin Materyal Oranı (%)	98
Çizelge 6.7.	Seçilen İşletmedeki Makinelerin Birim Zamanda İplik Üretim Kapasiteleri (kg/makine.saatt).....	99
Çizelge 6.8.	Seçilen İşletmedeki Makinelerin Bir Periyotta İplik Üretim Kapasitesi (kg/makine.periyot)	100
Çizelge 6.9.	Seçilen İşletmedeki Proseslerde Birim Üretim İçin Makinelerde Geçen Süre (sa/kg-makine. periyot).....	101
Çizelge 6.10.	Seçilmiş İşletmede Plan Döneminde İplik Talep Durumu...	102
Çizelge 6.11.	Seçilmiş İşletmede Plan Döneminde İplik Pazar Durumu...	103
Çizelge 6.12.	İplik Hazırlık Maliyetleri(TL/ periyot).....	104
Çizelge 6.13.	İplik Birim Üretim Maliyetleri (TL/kg-periyot).....	104
Çizelge 6.14.	Plan Döneminde İşgücü Maliyetleri (1000 TL/ adam).....	105
Çizelge 6.15.	Stok ve Karşılama Sipariş Maliyetleri (TL/kg-periyot)..	105
Çizelge 6.16.	Dışarıya İş Yaptırma (Fason Üretim) Maliyetleri (TL/kg-periyot)	106

Çizelge 7.1.	Karde İplik İşletmesi Üretim Planlaması Modelinde Optimum Çözüm.....	121
Çizelge 7.2.	Plan Döneminde Optimum İplik Üretimi (kg/periyot)	122
Çizelge 7.3.	Plan Döneminde Periyot Başındaki Stok Seviyeleri (kg/periyot)	123
Çizelge 7.4.	Plan Döneminde Yerine Getirilmeyen İplik Sipariş Miktarı (kg/periyot)	124
Çizelge 7.5.	Plan Döneminde İşgücü Dağılımı (işçi/periyot).....	124
Çizelge 7.6.	Proseslere Girmesi Planlanan Materyal Miktarı (kg/periyot)	125
Çizelge 7.7.	Karşılanmayan Talep ve Gölge Fiyatları.....	127
Çizelge 7.8.	Optimum İplik Üretiminde Kullanılmayan Hammadde Kısıtı ve Gölge Fiyatlar.....	128
Çizelge 7.9.	Makinelerin Kullanılmayan Kapasiteleri ve Gölge Fiyatlar	129
Çizelge 7.10.	Plan Döneminde Gerekli İşgücü ve Gölge Fiyat.....	130
Çizelge 7.11.	Plan Döneminde İşgücü Dengesi ve Gölge Fiyat.....	131
Çizelge 7.12.	Plan Döneminde Fazla Mesai İşgücü Kısıtı ve Gölge Fiyat	132
Çizelge 7.13.	Plan Başlangıcında Yerine Getirilmeyen Sipariş Kısıtı ve Gölge Fiyat.....	133
Çizelge 7.14.	Plan Başlangıç Stoku Kısıtı ve Gölge Fiyat.....	134
Çizelge 7.15.	Amaç Fonksiyonun Katsayılarının Duyarlılık Analizi-İplik Satış Fiyatı.....	136
Çizelge 7.16.	Amaç Fonksiyonun Katsayılarının Duyarlılık Analizi-Stok Maliyeti.....	138

Çizelge 7.17.	Amaç Fonksiyonun Katsayılarının Duyarlılık Analizi- Yerine Getirilmeyen Sipariş Maliyeti.....	139
Çizelge 7.18.	Amaç Fonksiyonun Katsayılarının Duyarlılık Analizi- İşgücü Maliyeti.....	141
Çizelge 7.19.	Amaç Fonksiyonun Katsayılarının Duyarlılık Analizi- Fason Üretim Maliyeti.....	142
Çizelge 7.20.	Kısıtların Sağ Tarafının Duyarlılık Analizi-Talep Kısıtı.....	144
Çizelge 7.21.	Kısıtların Sağ Tarafının Duyarlılık Analizi-Hammadde Kısıtı.....	145
Çizelge 7.22.	Kısıtların Sağ Tarafının Duyarlılık Analizi- Makine Kapasitesi Kısıtı.....	146
Çizelge 7.23.	İşgücü Kısıt ve Duyarlılık Analizi.....	147
Çizelge 7.24.	Fazla Mesai İşgücü Kısıt ve Duyarlılık Analizi.....	148

ŞEKİL LER DİZİNİ	Sayfa
Şekil 3.1. Üretim Sistemleri.....	22
Şekil 3.2. Üretim Planlamasının Aşamaları.....	24
Şekil 3.3. Ana Planlamada Alınması Gereken Kararlar.....	25
Şekil 3.4. Üretim Planlama ve Kontrol Elemanları.....	26
Şekil 3.5. Üretim Planlama ve Kontrol Fonksiyonları.....	27
Şekil 3.6. Üretim Planlamasının Evreleri.....	27
Şekil 3.7. Üretim Yönetimi Problemleri.....	36
Şekil 3.8. Sabit Maliyet.....	37
Şekil 3.9. Değişken Maliyet.....	38
Şekil 4.1. İplik Üretim Sistemleri.....	41
Şekil 4.2. Ring (Bilezik) İplik Eğirme Sistemi.....	42
Şekil 4.3. İplik Üretim Bölümü.....	43
Şekil 4.4. İplik, Bilezik, Kopça ve İğ İlişkisi.....	44
Şekil 4.5. Ring İplik Üretim Sisteminde Maliyet Dağılımı.....	45
Şekil 4.6. Tipik Bir Rotor İplik Eğirme Sistemi.....	50
Şekil 4.7. Rotor İplikçiliğinde İplik Materyalinin Eğrilme Aşamaları.....	52
Şekil 4.8. Rotor Yivinde Lif Dağılımı ve İplik Oluşumu.....	53
Şekil 4.9. Rotor Hızı ve Çapının İplik Numarasına Göre Değişimi.....	54
Şekil 4.10. Rotor Hızı ve Rotor Çapı İlişkisi.....	55
Şekil 4.11. Rotor İpliklerinin Kullanım Alanları.....	55

Şekil 4.12.	Rotor Hızı İle Tüketilen Enerji Değişimi.....	58
Şekil 4.13.	İplik Eğirmede İş Akışı.....	60
Şekil 4.14.	Ring ve Rotor İplik Yüzey Formları.....	64
Şekil 4.15.	Rotor Sistemiyle Üretilen İpliklerin Özellikleri.....	65
Şekil 4.16.	Ring ve Rotor Eğirme Sistemlerinin Performans Karşılaştırması.....	66
Şekil 4.17.	İplik Üretiminde Maliyetler.....	66
Şekil 4.18.	Ring ve Rotor Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	67
Şekil 4.19.	Ring ve Rotor Eğirmede Genel Maliyet Karşılaştırılması.....	68
Şekil 5.1.	Bir Konvansiyonel Pamuk İplik Üretim Sisteminde İş Akışı...	69
Şekil 5.2.	Üretim ve Maliyet İlişkisi.....	82
Şekil 7.1.	İplik Üretim Prosesi-Birim İplik Üretimi İçin Prosese Giren Materyal Miktarı İlişkisi.....	150
Şekil 7.2.	İplik Numarası ile Proseslerin Üretim Kapasitesi İlişkisi.....	151
Şekil 7.3.	İplik Stok Maliyeti ile Maksimum Kar İlişkisi-Üretim Planı Ocak Periyodu.....	153
Şekil 7.4.	İplik Stok Maliyeti -Maksimum Kar İlişkisi-Üretim Planı Şubat Periyodu.....	154
Şekil 7.5.	İplik Stok Maliyeti ile Maksimum Kar İlişkisi-Üretim Planı Mart Periyodu.....	155
Şekil 7.6.	İplik Stok Maliyeti-Maksimum Kar İlişkisi-Üretim Planı Nisan Periyodu.....	156

Şekil 7.7.	İplik Talep Miktarı ile Maksimum Kar İlişkisi-Üretim Planı Ocak Periyodu.....	158
Şekil 7.8.	İplik Talep Miktarı-Maksimum Kar İlişkisi-Üretim Planı Şubat Periyodu.....	159
Şekil 7.9.	İplik Talep Miktarı ile Maksimum Kar İlişkisi-Üretim Planı Mart Periyodu.....	160
Şekil 7.10.	İplik Talep Miktarı-Maksimum Kar İlişkisi-Üretim Planı Nisan Periyodu.....	161
Şekil 7.11.	İplik Talep Miktarı ile Maksimum Kar İlişkisi-Ne10/Ring Tip İplik İçin.....	163
Şekil 7.12.	İplik Talep Miktarı ile Maksimum Kar İlişkisi-Ne30/Ring Tip İplik İçin.....	164
Şekil 7.13.	İplik Talep Miktarı ile Maksimum Kar İlişkisi-Ne16/OE Tip İplik İçin.....	165
Şekil 7.14.	İplik Talep Miktarı ile Maksimum Kar İlişkisi-Ne30/OE Tip İplik İçin.....	166
Şekil 7.15.	İşgücü Seviyesinin Periyotlara Göre Değişimi	168

1. GİRİŞ

Tekstil ve konfeksiyon sektörü, ülkemiz genel ihracatı içerisindeki %payı nedeniyle her yönde incelenmesi ve iyileştirilmesi gereken bir sektördür. İplik sektörü tekstil genel sektörü içerisinde yer alan ve pahalı üretim aşamalarını kapsayan bir sektördür. İplik üretim sisteminde prosesler kısaca; konvansiyonel sistem için (ring sistem), harman-hallaç, tarak, (istenirse penye), cer, fitil, ring ve bobinleme proseslerinden oluşur. Konvansiyonel olmayan iplik üretim sistemlerinde (Open-end rotor sistemi gibi) ise fitil ve bobin üniteleri ayrı birer proses olarak bulunmamaktadır.

Türkiye’de tekstil ve hazır giyim sektörü gerek sundukları ürün kalitesi ve çeşitliliği, gerekse dünya ticaretindeki önemli payları ile yüksek bir performans sergilemiş ve ülkemizi dünyanın önemli üreticileri arasında ilk sıralara yerleştirmiştir. Türkiye ekonomisinin köklü değişimler yaşadığı 1980 yılından bugüne, hızlı bir gelişme gösteren tekstil ve hazır giyim sektörü birlikte ele alındığında büyüme hızının Türkiye genelinin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu nedenle sektörün toplam üretimdeki payı sürekli artmakta olup, kapasite kullanım oranlarının imalat sanayi kapasite kullanım oranlarından sürekli yüksek olması da sektörün imalat sanayi sektörü içerisindeki yerini belirginleştirmektedir.

Dünyanın önemli tekstil üreticileri arasında ilk sıralarda yer alan Türkiye, sektörde kurulu kapasite, fiili üretim ve ihracat açısından Avrupa ile rekabet edebilecek durumdadır. Türkiye’nin yurtdışı pazarlarındaki başarısının temelinde hammadde kaynaklarına sahip olması, coğrafi ve kültürel açıdan dış pazarlara yakınlık, hızlı teslim ve kalite ile iletişim ve ulaştırma altyapısı gibi karşılaştırmalı altyapısı vardır. Türkiye, ucuz işgücü kaynaklı maliyet avantajlarını Uzakdoğu ülkeleri karşısında giderek kaybetmektedir. İşçilik maliyetlerinin düşürülebilmesi için verimliliğin artırılması gerekmektedir. İşçi başına ve toplam üretim verimliliğinin artırmanın başlıca koşulları teknolojik gelişmelerin takip edilerek uygulamaya konulması, sanayide katma değeri daha yüksek ürünlere geçilmesi ve eğitim düzeyinin yükseltilmesidir [Tekinel, 1999].

Türkiye’de iplik makinelerinin bölgelere göre dağılımı çizelge 1.1’de verilmiştir. Burada GAP bölgesinin iplik makine parkının genel dağılım içerisinde önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Bu bölgemizi Marmara bölgesi takip etmektedir. Türkiye’nin toplam makine parkı 1997 yılında 1350314 adet şeklindedir.

Çizelge 1.1.Türkiye İplik Makine Parkının Bölgesel Dağılımı, 1997 (Küçüker, 1999)

Bölge	Ring+Open-End (Adet)	İller	İplik Mak.Kapasite Dağılımı (%)
GAP	493239	Kahramanmaraş	14.9
Marmara	269873	Gaziantep	11.8
İç Anadolu	190970	Adana	9.1
Ege	159117	Çorlu	7.5
Karadeniz	26900	Kayseri	7.2
Diğer	1963	Malatya	6.6
Bilinmeyen	28527	Bursa	5.8
		İzmir	4.0
		İstanbul	3.0
		Diğer	30.2
Toplam	1350314	Toplam	100

Tekstil ve Konfeksiyon sektörü, ülkemizin en gelişmiş ve en olgunlaşmış iş dallarından biridir. Bu iş dalı dünya pazarlarında şiddetli bir rekabet ortamında çalışmakta ve dünya pazarlarında başarısını kanıtlamış bulunmaktadır. 1998 yılında bu iş dalı milli gelirin yaklaşık yüzde 8-10’unu yaratmakta, ülkemizdeki sanayi işgücünün %20’den toplam işgücünün de % 10’dan fazlasına iş sağlamakta, kayıtlı dış satımımızın % 40’ını (kayıtsız dış satım da dahil, % 50’sini), dış alımımızın da % 7’sini gerçekleştirmekte, bu yapısı ile dünya pazarlarında başarısını kanıtlamış bulunmaktadır. Çizelge 1.2., Türk tekstil ve konfeksiyon sektörünün 1997 ve 1998 yılları dış ticaretini değer bazında göstermektedir.

Çizelge 1.2. Türk Tekstil ve Konfeksiyon Sektörünün 1997 ve 1998 yılları Dış Ticareti (Aysan, 1999)

DIŞ ALIM	Tekstil-Konfeksiyon (Milyon \$)		Türkiye Geneli (Milyon \$)		Teks.-Konf.'un Türkiye Genelindeki Payı (%)	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
Tekstil	3.4					
Konfeksiyon	0.2					
<i>Toplam</i>	3.6	3.5	48.6	45.0	7.4	7.7
DIŞ SATIM						
Tekstil	2.7					
Konfeksiyon	7.1					
<i>Toplam</i>	6.2	10.4	26.2	26.8	37.4	38.7

Günümüz işletmelerine bakıldığında birçoğunun geleneksel yönetim teknikleri ile faaliyetlerini sürdürdükleri görülmektedir. Oysa, değişen dünya koşullarına ayak uydurmak için işletmelerin gelişmiş yönetim tekniklerini kullanmaları gerekmektedir. İşletmeler dinamik ortamlara sahiptirler. Tekstil işletmeleri de birçok işlem basamaklarına sahip bulunması ve birçok ürünün aynı üretim hattından geçmesi nedeniyle dinamik ortamlardan biridir.

Günümüzde üretim kavramının sınırları genişlemiş ve üretim faktörlerinin tedariklerinden mal ve hizmetlerin pazara iletilmesini de kapsayan temel bir işletme fonksiyonuna dönüşmüştür.

“Sistem bir bütünlük oluşturacak biçimde bir arada bulunan unsurlar bu unsurlar arası ilişkiler ve bunların birbirleriyle ve çevreleriyle ilişkili veya bağlantılı olan nitelikler dizisidir” (Çelikçapa, 1998). Üretim sistemi de çeşitli unsurlardan oluşur ve sistem içinde çeşitli girdilerden arzu edilen çıktılar elde edilir. Bu unsurlar makine, insan veya yönetim sistemi olabilir. Girdiler hammadde, insan veya yarı mamullerdir.

Üretim yönetimi ise üretim faaliyetlerinin örgütlenmesi, yürütülmesi ve denetlenmesi ile ilgili bir kavramdır. Üretim yönetimi, mal ve hizmetlerin istenilen kalite standartlarında, istenilen zamanda ve en düşük maliyetle elde edilebilmesi için gerekli karar alımı ile ilgilenen işletme fonksiyonudur.

Günümüzde tekstil sanayi rekabet koşulları giderek ağırlaşmaktadır. Bu, işletmelerin kârlılık trendini koruyabilmesi için verimliliği artırma yollarının aranmasını gerektirmektedir. İşletmelerde verimliliğin artırılmasından önce işletme performansının ortaya konması gerekmektedir.

Her işletme belli amaçlar ve görevleri gerçekleştirmek için kurulur. İşletme yönetimini üstlenenlerin temel görevi ise örgütün amaçlarını ve görevlerini mümkün olabilecek en iyi düzeyde gerçekleştirmektir. En iyi ya da en başarılı olanın ne olduğu yönetimin performans anlayışına göre belirlenir. Yönetimlerin varlığı kadar işletmelerin varlığı ve sürekliliği de bu anlayışın geçerliliğine ve doğruluğuna bağlıdır. Performans, genel anlamda amaçlı ve planlanmış bir etkinlik sonucunda elde edileni, nicel ve/veya nitel olarak belirleyen bir kavramdır. Bir iş sisteminin performansı, belirli bir zaman sonucundaki çıktısı veya çalışma sonucudur. Bu durumda performans, işletme amaçlarının gerçekleştirilmesi için gösterilen tüm çabaların değerlendirilmesi olarak tanımlanabilir. Endüstriyel performansın belirlenmesinde kalite, etkenlik ve verimlilik göstergeleri temel ve yaygın olanlardır. Bunlara ilişkin ölçüm modelleri işletme düzeyindeki analizlerde belli oranda farklılıklar gösterebilmektedir. Bunların dışında ele alınabilecek diğer performans boyutları, dinamiklik, rasyonellik, dengelilik, düzgünlük ve kârlılıktır. Performans boyutları analiz birimlerine göre değişkenlik göstermektedir. İşletmeler için bu boyutlar önem sırasına göre etkenlik, çalışma yaşamının kalitesi, kârlılık, verim-girdilerden yararlanma, verimlilik, kalite şeklinde sıralanmaktadır (Akal, 1998).

Verim bir işin olması gereken işe (standart) oranını ortaya koyan bir kavramdır. Verim oranı teorik kapasite ile gerçekleşen kapasite arasındaki orandır. Verim göstergeleri, üretim kaynaklarının performans göstergelerinin en önemlilerindendir. İşletme düzeyinde ölçülmesi gereken üretim sürecinden çıkan ile üretimin gerçekleştirilmesinde kullanılmak üzere bu sürece giren miktarlardır. Bu iki değer bulununca birbirine oranlanır ve böylece verimlilik oranı elde edilir. Bu katsayının bir anlam ifade edebilmesi için farklı zaman noktalarında aynı işlemin yapılması ve elde edilen sonuçların karşılaştırılması gerekir. Verimlilik analizinin temel anlayışı bu katsayıların zaman boyutundaki izledikleri trendi yorumlamaktır.

Endüstriyel performans analizlerinde kaynakların ne derece etkin kullanıldığının zaman içerisinde izlediği seyri göstermesi verimliliğin en önemli performans göstergesi olması sonucunu doğurmuştur. Verimlilik performansına ilişkin temel göstergelerin açıklanması kullanılan yöntemlere göre yapılmaktadır. Ancak temel göstergeler ,

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}}$$

eşitliğine dayanmaktadır. Verimlilik oranı statik ve dinamik olarak ayrı ayrı aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir.

$$\text{Verimlilik oranı} = \frac{\text{Belli bir dönemin çıktısı}}{\text{Belli bir dönemin girdisi}} \text{ (statik)}$$

$$\text{Verimlilik indeksi} = \frac{\text{Belli bir dönem için çıktı/girdi}}{\text{Belli bir dönem için çıktı/girdi}} \text{ (dinamik)}$$

Etkinlik, endüstriyel performansın belirlenmesinde kullanılan önemli göstergelerden birisi olup başarının temel koşulu olarak kabul edilmektedir. Önceden tanımlanmış ve saptanmış amaçlara ulaşmak için gerçekleştirilen etkinlik sonucunda bu amaçlara ulaşma derecesini belirleyen bir performans boyutudur. Etkinlik işletmenin uzun dönemli amaçlarına yönelik bir göstergedir. İşletmelerde seçilen amaçların ve yapılan işlerin uygun ve doğru olup olmadığının bu işlerin zamanında ve belirlenen miktarlarda yapılıp yapılmadığının belirlenmesi için etkinlik analizi yapılır. Çıktı üretim süreci sonucunda meydana gelen ve fiziksel bir varlık veya hizmet olarak tanımlanabilen bir üründür. Etkinlik işletme kapasitesinin (üretim gücünün) kullanımında en önemli başarı göstergelerindendir.

Teknik anlamda etkenlik üretim etkinliği olup

$$\text{Üretim Etkinliği} = \frac{\text{Gerçekleşen Üretim}}{\text{Teorik Üretim}}$$

şeklinde ifade edilir.

Endüstriyel etkinlik analizinde yukarıda verilen kapasiteyle ilgili göstergelerin ölçümleri üretim kaynaklarının bütünsel performansını ortaya koymaktadır. Etkinlik göstergelerinin verimlilik ile zaman boyutunda karşılaştırılmalarında amaç veya amaçların önem derecelerinin (önceliklerinin) değişimi, temel ayrımlardan bir başkasını oluşturmaktadır. Hedefler doğrultusunda saptanan planların değişebilirliği ölçütlerin-önceliklerin farklılaşması etkinlik ölçümlerinde amaçların değişmesiyle ilgilidir. Amaç veya amaçların çeşitliliği ve değişebilirliği, performans analizindeki göstergelere dayalı modellerin değişken sayısını da etkilemektedir. Çok değişkenli modeller arasında sayılabilecek etkinlik performans göstergeleri, önemli değişkenlere bütünsel açıklamalar getirirler.

Karlılık; endüstri işletmesinin toplam gelirleri ile toplam maliyetleri arasındaki ilişkiden doğan bir performans göstergesidir. Üretim faktörlerinin bir araya getirilerek işletmelerdeki risk ve belirsizliklerin karşılanma payı olarak tanımlanabilir. Karlılık performansının işletme içi etkenlerin kontrolü altında olmadığı ve işletme dışı koşullardan (talep değişiklikleri, pazar yapısı, vb.) etkilendiği bilinmektedir. Karlılık ve kâr, gelir ve gider arasındaki ilişkiden doğduğuna göre bunların girdi ve çıktı olarak düşünülmesi halinde sınırlı bir verimlilik göstergesi durumunda da ele alınabilir.

İplik üretim sistemleri, diğer birçok üretim sistemi gibi, genel olarak üretim tipinden bağımsız olarak sınırlı kaynakların en verimli kullanımı problemi ile karşı karşıyadır. Üretim planlamasının amacı, üretim için gerekli olan hammadde, makine, işgücü gibi kaynakların doğru zamanda, doğru yerde ve yeterli miktarda kullanılmasını sağlamak ve böylece verimliliği en yüksek seviyeye çıkarmaktır. Üretimde en yüksek verimlilik ise ürünün zamanında ve istenen kalitede en ucuz şekilde üretimi ile sağlanabilmektedir. İşletme tekniklerinin en önemlilerinden olan üretim planlamasında

optimizasyon tekniklerinden faydalanılır. Lineer programlama metodu optimizasyon tekniğinde en sık kullanılan metottur. Bu metot ile belirlenen bir amacın maksimizasyonu veya minimizasyonu hedeflenmekte ve amacı etkileyen sınırlayıcı faktörler matematiksel modele eklenmektedir.

Bu çalışmada, çevredeki tekstil fabrikalarında yerinde incelemeler yapılarak, genel olarak iplik üretim sistemi/sistemleri üzerinde durulmuş ve iplik üretim sistemlerinin üretim planlamasına lineer programlama yaklaşımında bulunulmuştur. Bir iplik üretim hattında bulunan tüm prosesler verim, telef oranı vb. açılardan incelenmiş ve üretim planlama modeli geliştirilmiştir. Model bir lineer programlama modeli olup bilgisayar yardımıyla çözülebilmektedir. Çalışmada, tüm proseslerin üretim kapasiteleri miktar ve süre bazında ortaya konulabilmekte, hammadde kullanımı maksimum iplik üretim miktarı ve stok düzeyleri tespit edilebilmektedir. Modelin çözümünde, sınırlayıcı koşulların izin verilebilecek değer aralıkları da duyarlılık analizi ile ortaya konulabilmektedir.

Tekstil sektörünün önemli bir üretim basamağı olan iplik sektörüne hitap eden “ring ve open-end iplik üretim sistemlerinde üretim planlaması için doğrusal programlama yaklaşımı ve endüstriyel uygulaması” isimli bu çalışma verimlilik ve optimum iplik üretim koşullarının araştırılması şeklinde ele alınmıştır. Çalışma, çalışmanın amacı, çalışmanın kapsamı ve problemin tanımı şeklinde üç başlık altında burada daha ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

1.1. Çalışmanın Amacı

İplik sektörü, tekstilin bir alt sektörü olup pahalı üretim aşamalarından oluşmaktadır. Bütün dünyada ve ülkemizde yaygın olarak iplik üretiminde ring ve open-end iplik üretim sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemler ayrı ayrı olabileceği gibi bir işletmede bir arada da kullanılabilmektedirler. Ülkemizde, son yıllarda, dünya open-end ipliğine talep eğilimlerine uygun olarak büyük miktarda open-end teknolojisi yatırımı yapılmıştır. Pamuk ipliği üreten tekstil işletmelerinin artık birçoğunda ring ve open-end iplik sistemleri bir arada bulunmaktadır. Bu çalışmada her iki sistemin

bulunduğu bir işletmede orta vadeli toplu üretim planlaması ile optimum iplik üretiminin ve stok seviyelerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. İşletmenin performansına etki eden bir çok faktör bulunmaktadır. İşletmelerin performansının önemli bir göstergesi de üretim planlamasıdır. Burada üretim planlamasının önemine değinilmiş olup değişik parametrelerin dikkate alındığı bir üretim planlaması matematiksel modeli ortaya konmuştur.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Çalışma, ring ve open-end iplik üretim sistemlerinden herhangi birini veya her ikisini de bulundurabilen tekstil işletmelerine uygulanabilmektedir. Her iki sistemin üretim aşamalarında farklılıklar görülebilmektedir. İplik işletmelerinde üretilen ipliğin tipine göre üretim aşamaları değişkenlik gösterebilmektedir. İşletmede genellikle üretim tipi penye veya karde iplik üretimi şeklinde olabilmektedir. Burada her tür iplik üretimi için esnek olarak kullanılabilen bir çalışma ortaya konulmuştur. Her türlü hammadde kullanımı ve proses ilavesi çalışma kapsamında ele alınabilmektedir. Ayrıca stoklu ve stoklu üretim stratejilerinin üretime etkisi, işgücü kapasitesi ve makinelerin kapasitesi de çalışma kapsamında verilen maliyetin minimizasyonu modelinde değerlendirilebilmektedir. İşletmelerin fazla talep vb. durumlarda başvurdukları bir yöntem olan fazla mesainin etkisi, değişik dönemlerde ihtiyaç halinde temin edilen işgücü (işe alma) veya geçici olarak azaltılan işgücü (işten çıkarma) etkileri de çalışma kapsamında ele alınabilmektedir.

1.3. Problemin Tanıtımı

Bu çalışmada, iplik işletmelerinin performansının belirlenmesinde en önemli tekniklerden biri olan üretim planlamasına lineer programlama yaklaşımında bulunulmuştur. Her türlü iplik üretim sistemine rahatlıkla adapte edilebilecek şekilde maliyetin minimum yapılması şeklinde bir amacı gerçekleştirecek bir matematiksel model oluşturulmuştur. Orta vadeli olarak düşünülebilecek bu toplu planlama

modelinin gerçekleşmesi halinde plan dönemi sonunda elde edilen çıktı ile planlanan karşılaştırılarak planlamanın performansı tespit edilebilecektir. Analiz sonucu elde edilen sonuçların işletmenin üretim yönetiminde karar vermesine yardımcı olacağı ortaya konmuştur.

Çalışmada yer alan ana bölümler aşağıda kısaca özetlenmiştir.

3. BÖLÜM : Bu bölümde üretim ve üretim sistemi kavramları ele alınarak yapılacak çalışmaya açıkça ışık tutması amaçlanmıştır. Bu bölümde kısaca lineer programlama tekniklerine değinilmiş, üretim planlamasının yapısından bahsedilmiştir.

4. BÖLÜM : Bu bölümde tekstil sektörü ve iplik üretim sistemleri tanıtılmıştır. Burada ring ve Open-End iplik üretim sistemleri ayrı ayrı eğirme prensipleri, üretim parametreleri ve maliyette önemli yer teşkil eden enerji kullanımı açılarından incelenmiştir. Bölüm aynı zamanda her iki sistemin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarının karşılaştırıldığı bir kısmı da kapsamaktadır.

5. BÖLÜM : Bu bölümde ise iplik üretim sistemlerinde üretim planlaması modeli için değerlendirilecek parametreler, hesaplamalarda kullanılacak eşitlikler verilmiştir. İplik üretim öncesi işlemler, üretim aşamaları, kapasiteler, iplik talep durumu, kullanılacak hammadde durumu ve üretim planlamasının matematiksel olarak modellenmesi bu bölümde verilmiştir.

6. BÖLÜM : 5. Bölümde verilen üretim planlamasının modelinin bir karde pamuk işletmesine uygulandığı bu bölümde modelin çözümünde gerekli olan sayısal veriler yer almaktadır. Model bu sayısal veriler değerlendirilerek detaylı olarak ifade edilmiştir.

7. BÖLÜM : Bu bölümde 5. Bölümde kurulan ve 6. Bölümde dataları verilerek çözülen üretim planlaması modelinin çözümünden elde edilen sonuçlar

değerlendirilmiştir. İşletme açısından bu sonuçların önemi tek tek ele alınmıştır. Özellikle duyarlılık analizinin önemi üzerinde durulmuştur.

8. BÖLÜM : Sonuçların toplu olarak değerlendirildiği ve bu çalışmanın devamında yapılabilecek çalışmalara önerilerin sunulduğu bölümdür.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tekstil sektörü hakkında yapılan bilimsel çalışmalar daha çok teknolojik düzeyin yükseltilmesi yönündedir. Çalışma konusu ile ilgili olarak yapılan literatür çalışması tekstil sektörü ile ilgili yapılan optimizasyon çalışmaları, üretim planlama ile ilgili yapılan optimizasyon çalışmaları ve diğer çalışmalar şeklinde üç başlık altında incelenmiştir.

2.1. Tekstil Sektörü ile İlgili Olarak Yapılan Optimizasyon Çalışmaları

Bu konuda geniş bir literatür çalışması yapılmış ancak sınırlı sayıda kaynağa erişilebilmiştir. Burada araştırmacılara yardımcı olması da düşünülerek temin edilebilen yöneylem araştırması çalışmalarından oluşan literatüre yer verilmiştir.

Erol ve Koyuncu (1999), iplik işletmelerinin vater bölümünde oluşan darboğazları önlemek amacıyla darboğaz kaynak çizelgeleme modeline yeni bir yaklaşımda bulunmuşlardır. Araştırmacılar bu çalışmada, çizelgeleme probleminin temel karakteristiği olan iş sırasına bağımlı hazırlık sürelerini, sipariş teslim zamanlarını ve işlem sürelerini dikkate alması olduğuna dikkat çekmişler ve önceliği teslim süresine vererek mevcut kapasitenin karşılayamayacağı işlerin elenmesi, işlerin vater gruplarına atanması ve son olarak da vater makinelerine işlerin atanması şeklinde bir yaklaşım yapmışlardır.

Bartolacci ve Stuart (1998), Bir tekstil üretim prosesini modellemişlerdir. Burada modelleme ticari data toplamaya dayanmış ve üretim prosesinin optimizasyonu için simülasyon yazılımından yararlanılmıştır.

Gopal ve Sudhir (1998), Hindistan pamuklu tekstil endüstrisinin ekonometrik modellenmesi üzerine çalışmalar yapmışlardır. Bu model, endüstrinin yapısını, önemli tahmin değişkenlerini ve değişik politik senaryoların benzerliğini anlamaya yardımcı olacak şekilde geliştirilmiştir. 24 eşitlikli model, kısa ve uzun dönem süreçte oluşan tahminler için yeterliliğini göstermektedir.

Cherkassky ve Kit (1997a, 1997b), bir ring iplik üretim sisteminde iplik kopmasının iki bölüm halinde bilgisayarla simülasyonunu yapmıştır. Bölümlerden birinde modelin yapısı tanıtılmış ikinci bölümde ise simülasyon sonuçları incelenmiştir. İlk bölümde eğirme parametreleri olarak iğ hızı, çekim silindirlerinin hızı, lif özellikleri, klima şartları, iplik numarası ve fitil düzgünsüzlüğü alınmış, bu parametrelerin kopuşa etkileri incelenmiştir. Kopuşların giderilmesi için bir uygulama modeli geliştirilmiştir.

Settle ve diğerleri (1997), elyaftan ipliğe üretim prosesinde en önemli konunun elde edilen ipliğin kalitesi olduğunu ve ipliğin minimum hata ile optimum üretim özelliklerine sahip olması gerektiği görüşünü sunmuşlardır. Araştırmacılar sundukları çalışmada bu amacın optimizasyon algoritmalarının kullanılması ile gerçekleştirilebileceğini göstermişlerdir. Çalışmada iplik üretim prosesi oldukça karmaşık olduğunu ve bununla birlikte, bu prosese cevap verebilecek bir matematiksel fonksiyon olmadığını belirtmişlerdir. Çalışmada, genetik algoritma kullanılarak bir sinirsel ağ kullanımıyla elyaftan ipliğe üretim prosesi için optimizasyon ve simülasyon metotları sunulmuştur. Modelin girdileri, elyaf karakteristikleri (A) ve makine parametreleri (B) olarak alınmış ve iplik karakterleri (C) çıktı olarak elde edilmek istenmiştir. Üretim prosesini böylece $f(A,B)=C$ şeklinde bir fonksiyonla ifade edilebileceği gösterilmiştir.

Tag (1995), Amerikan tekstil endüstrisi için dinamik bir sistem modeli oluşturmuştur. Bu model, sipariş, materyal ve bilgi akışını, üretim proseslerini kompleks bir ağ şeklinde cevaplayabilecek yüksek seviyeli bir modeldir. Modelde; sistem gecikmeleri, yönetici stratejileri ve bilgi paylaşımının üretim sisteminin performansı üzerine etkileri araştırılmıştır.

Nuttle ve King (1992), dokuma üretiminde stok zincirinin farklı yerlere ulaşımı problemlerine yükleme ve çizelgeleme yaklaşımını ele almışlardır. Araştırmacılar bu çalışmalarında yükleme/çizelgeleme stratejilerinin tahmin edilmesi halinde simülasyon sonuçlarını sunmuşlardır.

Polo ve Pepio, (1991), Tekstil prosesinin küresel modellenmesi üzerine çalışmalar yapmışlardır. Araştırmacıların bu çalışmasında, gürültünün fazlalığı, hedefe

kapalılık ve minimum değişkenlik ve bunun gibi durumlarda, prosesin en iyisini (optimum) yapacak kesin koşulları verecek bir küresel model elde edilmiştir.

Tanyaş ve Erdoğan (1991), hedef programlama yöntemini bir tekstil işletmesinde üretim planlanmasında kullanmışlardır. Bu çalışmada, tekstil üretimin planlanmasında ortaya çıkan maliyet minimizasyonu, işçilik zamanı kullanımının minimizasyonu ve kâr maksimizasyonu amaçları önce doğrusal planlama yöntemi ile tek amaçlı olarak sırayla çözülmüş, daha sonra söz konusu planlama problemi Hedef programlama (HP) ile çözülebilecek şekilde modellenmiştir. Her iki durumda kurulan modellerin elde edilen çözümleri karşılaştırılmıştır.

Aksöz (1990), Tekstil endüstrisinde kalite maliyet ilişkilerini incelemiş- kalite kontrol maliyeti ve kalite kontrol organizasyonu üzerinde durmuştur. Bu çalışmada araştırmacı, ülkemiz tekstil sektörünün genel durumunu dünya ülkeleriyle karşılaştırmalı olarak ortaya koymuş daha sonra kalite maliyet ilişkisini incelemiştir. Türkiye’de entegre kalite kontrolü gerekliliğine dikkat çekilmiş ve işletmelerde kalite kontrol etkinliği araştırılmıştır.

Canoğlu ve Erkan (1990), pamuk ipliği üretiminde doğrusal programlama tekniğini kullanmışlardır. Araştırmacılar, iplik üretim tesisinde kârın maksimizasyonu problemini ele almışlardır. Modelde 2 ayrı tipte dört değişik iplik numarası kullanılmıştır. Fortran programlama dilinde yazılan problemde onüç değişken ve yirmiüç kısıtlayıcı bulunmaktadır. Çözümde Simpleks metodu kullanılmıştır. Problemde makine üretim kapasiteleri ve üretilmek istenen ipliklerin kâra katkı payları ile yıllık satılabilecek miktarları veri olarak girilmiş sonuçta maksimum kârı sağlayacak iplik üretim miktarları tespit edilmiştir. Modelde işletmenin bir yıllık üretim verileri kullanılmıştır.

Grady ve diğerleri (1989), tekstil işletmelerinde enerji tüketimi modeline genel bir yaklaşımda bulunmuşlardır. Bu çalışmada, kişisel bilgisayarlarda kullanılabilecek, değişik tekstil prosesleri için bilgisayar modelleri geliştirilmiştir. Modellerde regrasyon teknikleri kullanılmıştır. Tekstil prosesleri üçe ayrılmıştır: yaş prosesler, kuru prosesler ve uç prosesler şeklinde. Her üçü için de ayrı model geliştirilmiştir.

Camm, Dearing ve Tadisina (1987), doğrusal programlama model formülasyonunun önemi üzerine örnek olarak bir tekstil işletmesini seçmişlerdir. Problem, bir tekstil işletmesinde, işletmeye sipariş edilmiş olan birbirinden değişik kumaşların dokunacağı tezgahların en uygun yerleşimi problemidir. Kurulan lineer programlama modelinde 15 çeşit kumaş alınmış ve her kumaş için talep, satış fiyatı, işletme maliyeti ve dış maliyetler belirlenmiştir. Bu verilere göre, kârın maksimizasyonu, maliyetin minimizasyonu modelleri geliştirilip bilgisayarla çözülmüş ve sonuçları incelenmiştir.

2.2. Üretim Planlaması İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Özlü (1999), orta vadeli üretim planlamada dinamik programlama tekniğini kullanmıştır. Çalışmasına Özlü Tekniği ismini veren araştırmacı burada taleplerin olduğunu varsaymış ve buna göre dinamik programlama metodunu üretim planlamada kullanmıştır. Bu çalışmada, üretim değiştirme maliyetleri, değişen talep miktarlarında kapasitelerin optimum kullanımı, stokta en az malzeme bekletilmesi ve üretim dağıtımı konularına yer verilmiştir.

Stecke ve Heungsoon (1998), bir esnek akışlı üretim sisteminde kısıtlanmış makine esnekliğinde yükleme ve gruplandırma gibi iki üretim planlaması problemi için çözümler sunmuşlardır. Çözümlerin kalitesi ve çözüm tekniklerinin her ikisinin de makine esnekliği kısıtını etkilediğinin gösterildiği çalışmada problemin kompleks oluşu nedeniyle bir sezgisel yaklaşımda bulunulmuş ve problem üç alt probleme ayrılmıştır. Araştırmacılar çalışmanın amacının bir yakın optimum çözüm olduğunu belirtmişler ve esnek imalat sistemleri (FMS) üretim planlama literatüründe oluşturulan en iyi yaklaşım olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ele alınan problemler; sınır iş yükleme problemi (workload bound problem, WBP), işyükleme, yerleşim ve gruplandırma problemi (workload allocation ve grouping problem, WAGP) ve operasyon yükleme problemi (operation loading problem, OLP) şeklindedir. Bir örnek üzerinde bahsedilen problemler tek tek ele alınmış ve çözüm algoritması beş adımda gösterilmiş ve uygulama sonuçları tablo halinde sunulmuştur.

Skokastik mevsim talepleri altında bir üretim/envanter problemi ise Metters (1997) tarafından ele alınmıştır. Sınırlı bir kaynak zaman periyodu içerisinde üretimi sınırlar. Bu çalışmada doğrusal ve sabit maliyetler, üretim, envanter ve stok çıktıları için değerlendirilmiştir. Sezgisel yöntemler kullanıldığında optimal çözümlerin bulunması güçtür. Üst düzey bir sezgisel yaklaşım optimal kararlar için bir analitik yaklaşım faydası sağlamaktadır. Araştırmacı çalışmasında çalışma koşullarının çeşitliliği altında optimal kararlarla sezgisel olanlar karşılaştırmıştır. Burada sezgisel kararların optimalden büyük oranda sapmasının beklendiği vurgulanmakla birlikte analitik bir yaklaşım için bir üst sezgisel yaklaşımdan esinlenilmiştir. Çalışmada 12 periyotlu bir sistem için başlangıç envanterin üretim sonundaki envanterden $\leq$ olacağı düşünülmüş ve yükleme zamanı sıfır alınmıştır. Taleplerin skokastik olduğu ve zamana bağlı olduğu ancak periyotlardan bağımsız olduğu düşünülmüştür.

Birçok ürünün üretilmiş olduğu bir iş merkezinde, duruşlar toplam izin verilen üretim zamanının büyük bir bölümünü kapsamaktadır. Tielemans ve Kuik (1997), üretim planlama ve kontrolde bir performans göstergesi olarak duruşlardan faydalanma üzerinde araştırma yapmışlardır. Üretimdeki zamanın bir bölümü makine meşgulken (toplam fayda), aktif üretimde geçen zamanın toplamı (verimli fayda) ve duruşlarda geçen zaman (duruş faydası) şeklindedir. Üretimde yığın haline gelen parçaların duruşları kaydedilip, kapasiteler sabitlendiğinde duruşlardan faydalanma tamamen (batching decision) karar dolayısıyla belirlenebilmektedir. Bu durumlarda yönetim, maksimum duruş zamanını belirler. Çalışmada, bir gecikmeli kuyruk batching model oluşturulmuş ve prosedürün doğruluğu ispatlanmaya çalışılmıştır. Sonuç olarak, duruş faydası eğer %1.75'den daha yüksek olursa, yığın büyüklüğü kuyruktaki bekleme sürelerinin daha da azaltmayı gerektirecektir.

Sox ve Muckstadt (1996), belirlenmemiş (rassal) talep altında çok ürünli çok periyotlu kapasitelerin bilindiği üretim planlama problemine bir çözüm algoritmasının formülasyonunu vermişlerdir. Lagrange çarpanları kullanılarak bir optimizasyon algoritması geliştirilmiş ve bu formülasyon ile çözülmüştür. Lagrange çarpanları ile formülize edilen ve maliyetin minimizasyonu şeklinde ifade edilen modele hammadde bir kısıt olarak, üretimdeki duruşlar ile kapasite değişkenleri ise bir alt problem olarak

probleme dahil edilmiştir. edilmiştir. Model bir işletmeye uygulanmış ve uygulama sonuçları, her periyoda standart maliyet dağılımı, ana maliyet dağılımı ve her parça için talep dağılımı şeklinde tablolar halinde sunulmuştur.

Kırca ve Köksalan (1996), entegre bir sistem üzerinde üretim ve finansal planlama modelini incelemişlerdir. Problemler lineer programlama metodu kullanılarak modellenmiştir. Ödemeler ile işletmedeki diğer faaliyetler arasındaki ilişkiye dayanarak talep, işgücü ve işgücü maliyetleri, malzemeler, vergiler, krediler ve ücret akışı tek tek ele alınmıştır. Planlama döneminde toplam ödemeleri minimum yapacak bir model ortaya konulmuştur. Modelde üretim miktarı, stok ve işgücüne bağlı değişkenler karar değişkenleri olarak kabul edilmiş ve sürece ait bir çok parametre modele kısıt olarak girmiştir. Model, sipariş tipi üretim yapan bir işletmeye uygulanmış ve sonuçları gösterilmiştir.

Wu, Fang ve Nuttle, (1995), tekstil üretim ve yönetimini için karar modellerinin yapısına sinirsel ağ teknolojilerini uygulamışlardır. Bir bulanık (fuzzy) kontrol mekanizması, kaliteden ödün vermeksizin öğrenme hız oranı ile birleştirilmiştir.

Hegedus ve diğ. (1995), bir zorlanmış çevrede optimizasyon ile ana çizelgeleme modeli üzerine çalışma yapmışlardır. Çalışmada, IBM in elektronik kartlarını kullanan, Charlotte firması üzerinde uygulama yapılmıştır. Model, Materyal ve kapasite sabitleriyle bir çevre içinde makul ve etkili bir ana çizelge oluşumunu sağlayabilecek optimizasyona sahiptir. Bu ilgi merkezinin (focus) uygulamada algoritmik detaylardan daha çok tercih edilmekte olduğunu gösterilmiştir.

Joseph (1995), Son gelişmeler ışığında, genelleştirilmiş kapasite ihtiyaçları altında üretim planlamasına bir lineer yaklaşımda bulunmuştur. Üretim bir öğrenme eğrisi altında devam ediyorsa veya kavramanın ekonomisi sunulduğunda, birçok genel modellere ihtiyaç duyulacağı belirtilmiştir.

Fuller, ve Lan, (1994), bir ana problem olmadan (alt problemler, primal ve dual planlı bilgi ile direkt olarak bir diğerine geçer) lineer programlama ile lineer olmayan programlama ayrışımı için yeni bir algoritma geliştirmişlerdir. Ancak, alt problemler birbiriyle ayrı ayrı bağlandığında LP üzerinde sınırlanmış testler, bir kararlı,

önemli hızlılıkta olan simplex metodu önerilmektedir. Belirsizlik altında, üretim ve kapasite planlamasının optimizasyonu ise Ierapetriou ve Pistikopoulos (1994), tarafından incelenmiştir. Seçilen ve aynı zamanda optimal kapasitenin elverişliliği ile aynı tutulan bir optimal plan problemi, genişleme politikaları ile skokastik proses üretim planlaması modeli gösterilmiştir. İki durumlu herhangi bir olasılık dağılımı ile tanımlanmış kesin olmayan bir skokastik programlama formülasyonuna ile algoritmik ayrışım sunulmuştur.

Stecke, E. K. (1994), esnek imalat sistemlerinde (FMS) iş akış zamanını minimize etmeyi amaçlayacak şekilde optimal makine yüklemeyi (iş tahsis etme) belirleyen FMS planlama problemi tanıtılmıştır. Çalışma alt problemlere ayrılmıştır. Bu ayrılma makine gruplarına ve bu gruplara yüklenecek operasyonlara göre yapılmıştır. Belirlenen üç grup konfigürasyonu, “*gruplandırma olmadan*”, “*kısmi gruplandırma*” ve “*toplu gruplandırma*” şeklinde düşünülmüştür. *Grupsuz ve kısmi gruplandırma*’da her makine birbirinden farklıdır. Her operasyonda, gruplandırma olmadığı durumda yalnızca bir makine yüklenmektedir. Kısmi gruplandırmada ise bir makineye birden fazla operasyon yüklenmektedir. Diğer yandan, toplu gruplandırmada, benzer işleri yapan makineler grup olarak ayrılmıştır. Bir gruptaki makinelerin hepsi aynı operasyonu karşılayabilecek kapasitededir. Gruptan optimal fayda düzeylerinden toplam sapmanın minimizasyonu, parça iletim zamanının minimizasyonu ve rota esnekliğinin maksimizasyonu modelleri oluşturulmuştur. Bu çalışmada sonuç olarak, FMS için bir kuyruk modeli, optimal konfigürasyonların ve makine iş yükünü her gruba atanmasının belirlenmesinde kullanılan bir model sunulmuştur.

Xiao (1993), n aşamalı bir üretim sisteminde m *yeniden kullanılabilirliğe* sahip dereceli üretim planlama problemlerini incelemiştir. Araştırmacı, sabitlenmiş terminal noktalı problem ile serbest terminal noktalı problem için genel çözümler elde etmiştir. Çözümlerle bu problemler arasındaki ilişkiler tartışılmıştır. Serbest terminal noktalı problemler için beş, sabitlenmiş terminal noktası için ile altı teorem ortaya konmuştur. Örnekler üzerinde verilen modeller test edilmiş ve test sonuçları karşılaştırmalı olarak tablolarla sunulmuştur. *Yeniden kullanılabilirlik oranı* parametresinin makinelere ait olabileceği gibi hammadde olarak da düşünülebileceği vurgulanmıştır.

Bowers ve Agarwal (1993), dokuma endüstrisinde üretimin planlanması ve çizelgelemesi üzerine çalışmalar yapmışlardır. Burada, dokuma üretim prosesinin, özelliğinden dolayı çizelgelemesinde sayısız zorluklar olduğu belirtilmiştir. Bu endüstri kolunda detaylı bir planlama sistemi, kısa dönemli çizelgeleme problemleri olarak gösterilmiş ve tasarlanmıştır. Belirlenmiş bir dokuma prosesinde modelin uygulaması, zamanında teslimlerde, proses envanteri içerisinde önemli gelişmelerle sonuçlanmıştır.

Bahl (1991), ana üretim çizelgelemesinde birkaç model üzerinde durmuştur. Araştırmacı çalışmasında aynı zamanda yeni modeller de geliştirmiştir. Model, iş yükleme, envanter çalışması ve yükleme zamanı gibi konuları kapsamaktadır. Bu modellerin bir doğrusal programlama paketi şeklinde kullanılmasının; MRP yazılımının da bünyesine katılmasıyla işletmeler için çok avantajlı olabileceği sonucu ortaya konmuştur.

Üretim planlamasında bir optimizasyon modeli ise Wang (1991) tarafından ortaya konulmuştur. Bu çalışmada, çok amaçlı programlama metodu kullanılmıştır. Bu, genel bir planlama modelidir ve mümkün çözümü vermektedir. Prosesten geçerek ve çok amaçlı programlama ile taranarak tek kriterli bir optimizasyon modeli ve çok kriterli modelle uyumsuzluğu elde edilmiştir. Modelin programı Fortran 77 ile yazılmış ve geçerliliği de test edilmiştir.

Başlangıç stoğunun olmadığı, kapasite zorlamaları altında üretim çizelgelemeye bir lineer programlama modeli McClain ve diğ. (1989) tarafından ele alınmıştır. Üretim çizelgeleme için büyük aralıklı lineer programlama modellerinin çözümüne bir ayrışım yaklaşımı sunulmuştur. Bu formülasyon, başlangıç envanterinin olmadığını kabul etmektedir. Bu nedenle, bir planlama çevriminde çok kullanışlı bir model görünümündedir. Herhangi bir ayrışım yaklaşımı için problem karakteristikleri tanımlanabildiği için Lineer Programlamadan daha hızlı olduğu böylece çok büyük problemlerin çözümüne elverişli olduğu öne sürülmektedir. Problemdeki zorluğun kapasite zorlamalarının büyüklük ve yoğunluğunun tespit edilmesi olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada verilen modeller MRP-LP tipinde olup dört örnek üzerinde LINDO paket programı vasıtasıyla çözüm gerçekleştirilmiştir.

Akıncı ve Roodman (1986), Bütünleşik üretim planlamasına yeni bir yaklaşımda bulunmuşlardır. Bu yaklaşımda kullanıcılara esneklikler sunulmakta, üretim seçenekleri uygulanmış ve bunlarla ilişkili olarak maliyet yer almaktadır. Sayısal bir uygulama ile model incelenmiş ve elde edilen optimum çözüm verilmiştir.

Bütünleşik üretim planlama modellerine dayalı Lineer Karar Kuralı (Linear Decision Rule, LDR) çözümüne hedef programı yaklaşımı Deckro ve Hebert (1984) tarafından ele alınmıştır. Modeller için iyi bilinen problemler seçilmiş, çeşitli model formülasyonlarının çözümü için ticari matematiksel programlama yazılımları kullanılmıştır. Çalışmada ilk olarak bütünleşik üretim planlaması için geliştirilen klasik LDR modelinin Holt, Modigliani, Munt ve Simon (HMMS) tarafından açıklanan modeli tanıtılmıştır. Çalışmada hedef programlama için geniş literatür verilmiş ve yukarıdakinden başka Goodman'ın LDR quadratik amaca lineer yaklaşım modeli ile ileri derecede LDR modelleri formülasyonları ile birlikte incelenmiştir.

Klein (1983), sonlu sayıda üretim periyodunda için bilinen talepler altında bir ürünün üretim planlaması problemine transport modeli yaklaşımı incelenmiştir. Periyodik üretimde maliyet fonksiyonları lineer ve konveks olarak ele alınmıştır. Bu tür problemlerde maliyet akış modelleri ile lineer programlama modellerinin kullanıldığı vurgulanmıştır. Çalışmada örnek uygulama olarak, üç periyotlu tek ürünli üretim problemi, lineer maliyetlerin minimizasyonun amaç olarak kabul edildiği transport modeli formatında formülize edilmiştir.

2.3. Diğer Çalışmalar

Kılıçoğulları (1999), performans değerlendirme sisteminde performans kriterlerinin model üzerinde tartışılmasını göstermiştir. Bu çalışmada araştırmacı çalışanların performansının planlanması, değerlendirilmesi ve geliştirilmesini amaçlayan Performans Yönetim Sistemini bazı örnekler üzerinde incelenerek tanıtmaya çalışmıştır.

Tekstil endüstrisinde verimliliğe emek verimliliğe açısından yaklaşım, Kim ve diğ. (1991), tarafında yapılmış olup, burada CES üretim fonksiyonunun kullanımıyla

ülkelere göre emek verimliliğine değerler biçilmiştir. Burada, 1973-1982 arasında 30 ülke için datalar değerlendirilmiştir. Ele alınan iki faktör bulunmaktadır: etkinlik ve faktör özellikleri. Sonuçlar etkinliğin faktör özelliklerinden daha önemli olduğunu göstermiştir.

Küçükkiremitçi (1989), tekstil sektöründe kapasite kullanım oranı hesaplaması ile ilgili çalışmalarda bulunmuştur. Çalışmasında bir kumaş üretim prosesinde vardiya sistemi de dikkate alınarak, kumaş üretim prosesinde her işlem basamağına toplam üretimde bir yüzde pay verilmiş, buna göre ağırlıklı randımanlar bulunmuş ve buna göre her prosesin toplam kapasitesi tespit edilmiştir. Teorik kapasite hesaplanmış ve bu değerin her kumaş cinsine göre değişkenlik göstereceği ortaya konmuştur.

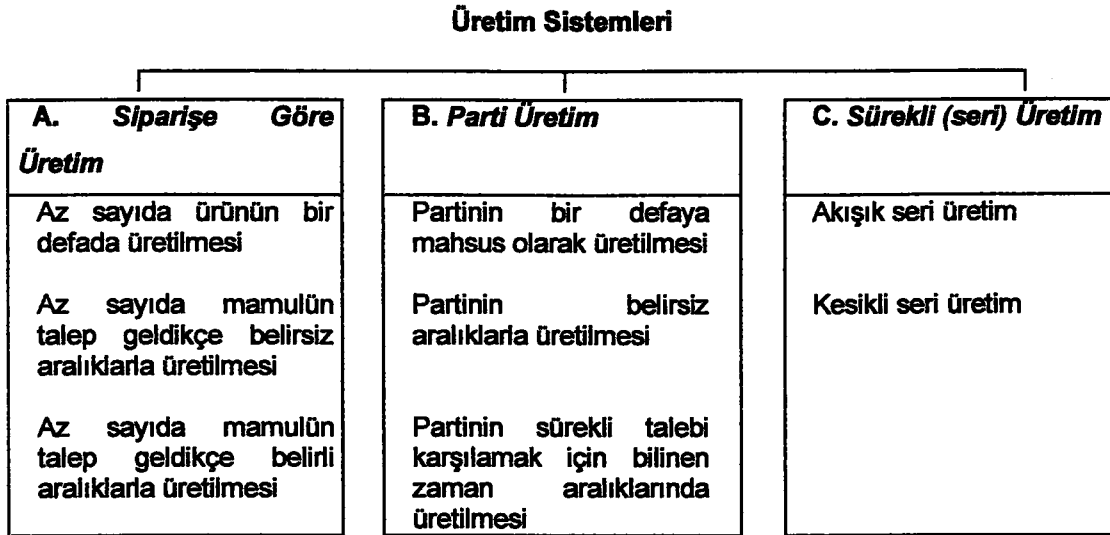
3. ÜRETİM VE ÜRETİM SİSTEMLERİ

İşletmeler için bir varolma nedeni olan üretim, ekonomik bir anlamı olan herhangi bir ürünü ortaya çıkarmak için yapılan faaliyetlere denmektedir. Üretim olgusu 1990'lardan sonra globalleşme, ileri teknoloji, kalite anlayışı, çevrenin korunması, bilgi toplumu ve yönetim metotlarında yeniliklerle yeni boyutlar kazanmıştır. İnsan, makine, malzeme, metot ve sermaye gibi üretim faktörlerini bir araya getirip yararlı bir çıktı elde etme ise üretim sistemi olarak bilinmektedir. Üretim sistemlerinde sistemin başarısı etkin üretim yönetimi ile sağlanır.

Üretim sisteminin başarısını ölçmede kullanılan teknikler etkinlik (basitlik, esneklik, güvenilirlik, ekonomiklik), üretkenlik (girdi/çıkıtı) ve verimlilik (gerçek çıktı/beklenen çıktı). Bir işletmede, üretim planlaması üretim yönetiminde önemli bir fonksiyondur. Çalışmanın bu bölümünde üretim yönetimi, üretim sistemleri, üretim planlama ve kontrolü ile üretim planlamasında kullanılan teknikler daha ayrıntılı olarak aşağıda açıklanmıştır.

3.1. Üretim Sistemleri

Üretim sistemleri genel olarak siparişe göre üretim, parti üretimi ve sürekli üretim (seri üretim) şeklinde sınıflandırılabilir. Üretim planlaması ve kontrolü (ÜPK), üretim sistemlerine göre değişkenlik göstermekte olup ÜPK faaliyetleri, ürün miktarı ve ürün çeşidi sayısı azaldıkça basit faaliyetler haline gelmektedir. Üretim sistemleri talep durumuna göre Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Üretim Sistemleri [Acar, 1996]

Burada şekil 3.1’ de verilen üretim sistemlerinin genel özellikleri kısaca açıklanmıştır.

A. Siparişe Göre Üretim : Küçük miktarlarda fazla ürün çeşitliliği olan sistemlerdir. Bu tip sistemlerde birçok değişik işlemi yapabilen çok işlemli tezgahlar kullanılır. Bunun sonucu olarak da her tezgahta bir operatör yerine değişik tezgahlarda çalışabilen esnek işçi kullanımı kaçınılmaz olmaktadır. Talebin yapısı değişken olduğundan üretimin yöneticileri üretim faaliyetlerinin bütün aşamalarında, yüksek düzeyde imalat ara stokları, düşük tezgah ve işçi kullanımı, yüksek iş akışı, denetimdeki güçlük şeklinde sorunlarla karşılaşır.

B. Parti Üretimi : Bir siparişi karşılamak için benzer veya aynı cinsten ürünler partiler halinde üretilir. Bu sistemlerin en belirgin özelliği bir parti bitmeden diğerine geçilememesidir. Ayrıca talep sürekli ve fazla değişken değildir. Bu sistemlerde iki ana sorun parti büyüklüğü ve parti adetlerinin tespiti ve partilerin çizelgelenmesidir. Bu tipte üretimin planlaması ve kontrol çalışmaları sipariş türü üretime göre daha kolaydır. ÜPK'nın en kolay olduğu tip partilerin belirli aralıklarla üretildiği tiptir.

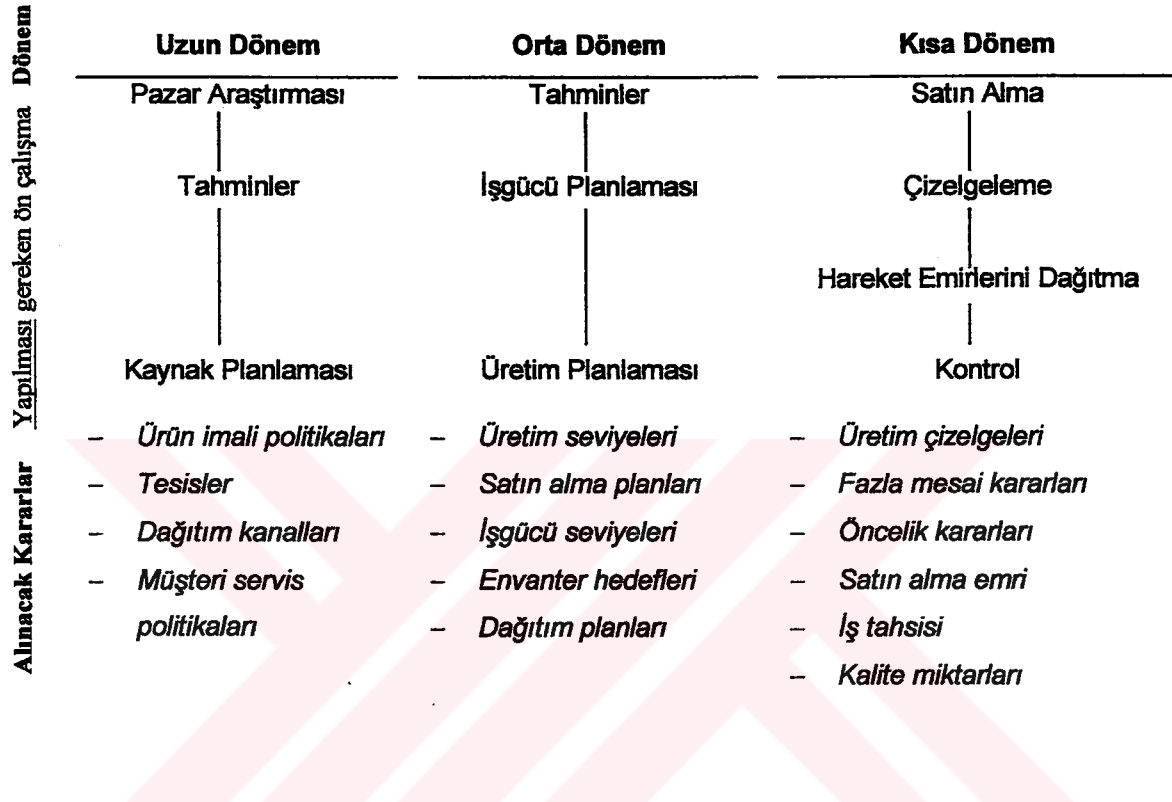
C. Sürekli (seri) Üretim : Yüksek miktarlarda fakat düşük seviyede çeşitlilik gösteren birimler için uygulanan üretim şeklidir. Bu üretim sisteminin kurulabilmesi için talebin üretim hızından daha fazla olması şartı vardır. Bu tip sistemlerde üretim esnekliği olmadığından üretimin tümünün pazar bulması gerekmektedir. Genelde pahalı makineler olduğundan talep düşüşü maliyeti yükseltir. Bu tip üretimdeki ana sorunlar; iyi dengelenmiş bir üretim hattı tasarımının yapılması, hattaki tezgah güvenilirliği ve bakım-onarımın iyi yapılması, hammadde ve yarı-mamul ihtiyacının zamanında karşılanması, ürün tasarımı çalışmalarının etkin sürdürülmesi ve üretim hattı işleyişini sağlayacak ara stok düzeylerinin tespit edilmesi şeklinde özetlenebilir.

3.2. Üretim Planlaması ve Kontrolü (ÜPK)

Üretim yapan bir malzeme akış sisteminde karar verme süreci oldukça karmaşık olup, bu sistemde planlama, planlanan dönemin uzunluğuna göre uzun, orta, kısa dönem şeklinde üç ana kısımda incelenebilir. Şekil 3.2., bu dönemlerdeki planlama aşamalarını göstermektedir. Uzun dönemli planlama bir ile beş yıllık dönemini kapsamakta olup bu planda bir işyerinin genel politikası ve kaynak kısıtları belirlenir. Uzun dönemli planlama kapsamında bulunan orta dönemli planlama, üç ay ile bir yıllık bir planlama dönemini kapsar. Orta dönemli planlama genellikle *ana planlama* olarak tanımlanmaktadır. Bu dönemde kararların verilebilmesi için tahminler, işgücü planlaması ve üretim planlaması gibi ön çalışmalar yapılmalıdır. Kısa dönemli planlama ise *detaylı planlama* olup, üretim çizelgeleri ve iş programların hazırlanması ve üretim kontrolü gibi faaliyetleri içerir. Genellikle bir ile iki haftalık planlama dönemi kısa dönemli planlama süreci;

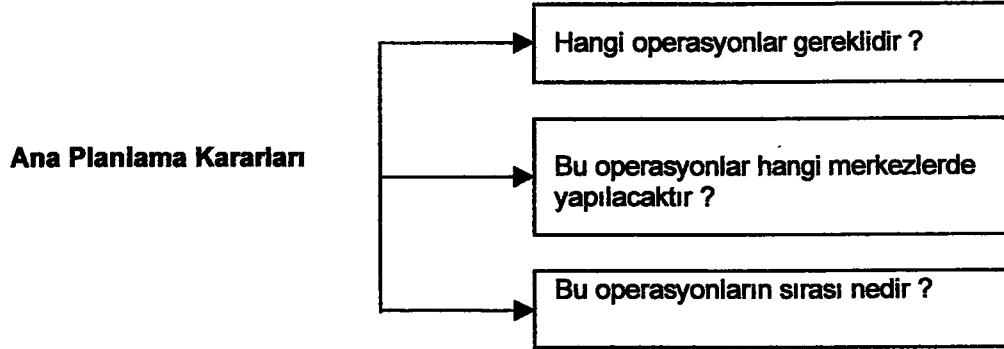
- *Üretim miktarlarının sürekli kontrolü ve ayarı*
- *Malzeme eksikliği aksaklığının giderilmesi*
- *Makine bozulmaları aksaklığının giderilmesi*
- *İşçilerin dağıtımında önceliklerin belirlenmesi*
- *Fazla mesai kararlarının alınması*
- *Üretim ara-stok düzeyinin tespiti*

gibi kararları içerir.



Şekil 3.2. Üretim Planlamasının Aşamaları [Acar, 1996]

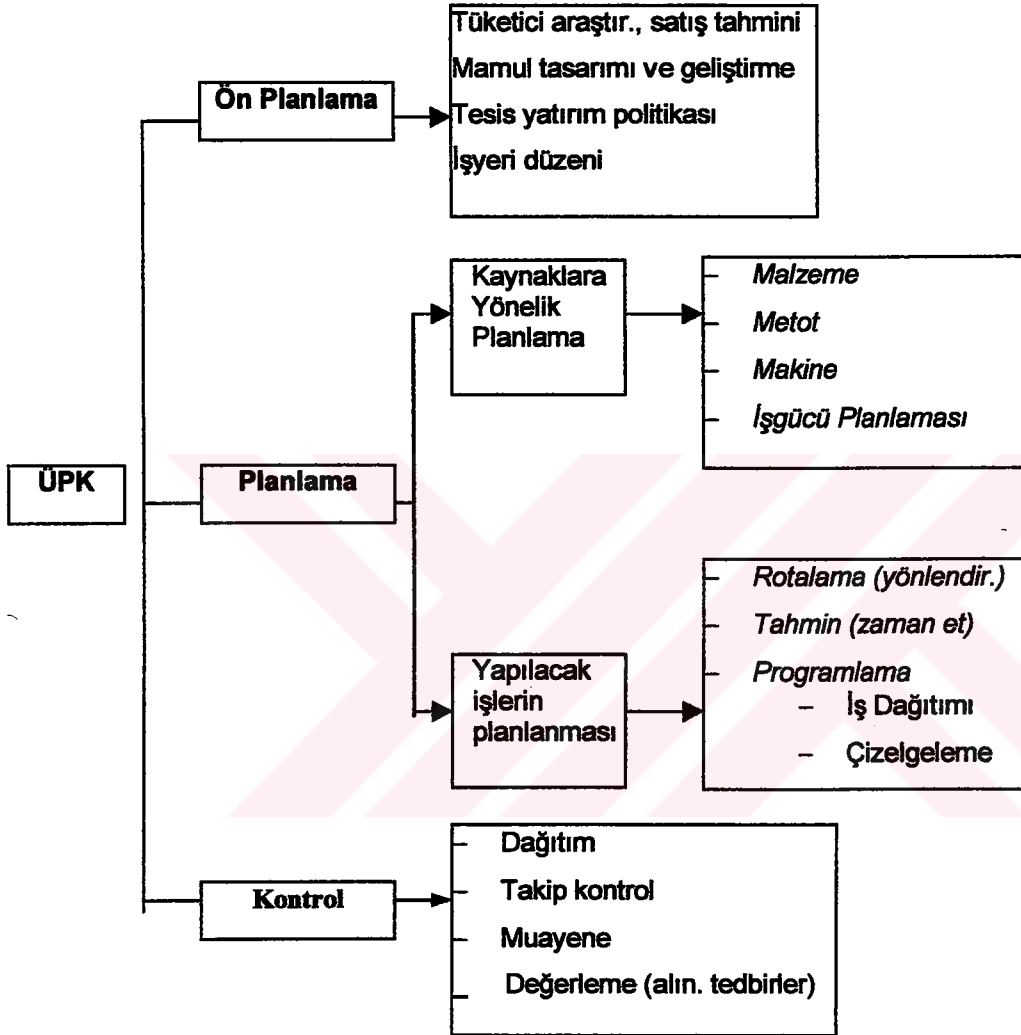
Planlama, imal edilecek olan ürün ve üretim kaynakları hakkında verilerin analizi ile başlamaktadır. Bu veriler sayesinde hedefe en verimli şekilde ulaşmak için firmanın kaynak kullanımı bir program hazırlanarak ana hatlarıyla verilir. Herhangi bir üretim faaliyeti için ön şart talep raporudur. Bundan sonra önemli olan orta dönem planlama yani ana planlamadır. Bu dönemde alınacak kararlar şekil.3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Ana Planlamada Alınması Gereken Kararlar

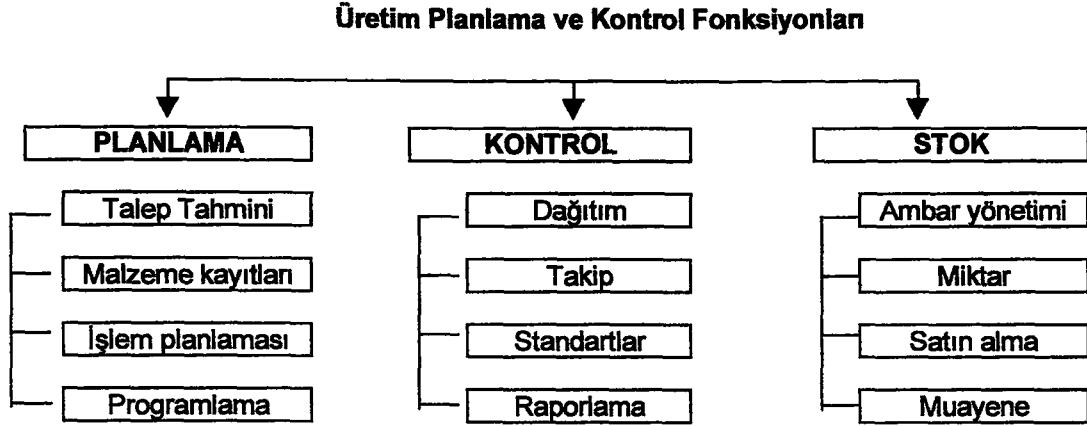
Ana üretim planı aynı zamanda “ana üretim çizelgesi” olarak da adlandırılmaktadır. Bu plan önceden tespit edilmiş zaman devrelerinde gerçekleştirilmesi gereken işlerin yapılabilmesi için imalat kısımlarına ait tüm hedeflerin ortaya konması için hazırlanır. Bu hedeflere yaklaşmak, genel amaç veya üretim hedefinin gerçekleşmesine yardımcı olur. Bunu yaparken talep ihtiyacı harekete geçirici role sahip olup, talebi zamanında karşılamak için ana planlamada insan gücü, makine, madde ve metotların incelenmesini içerir. Ana plan, yüklenen tezgahları ve üzerinde çalışılan parçaları ayrı ayrı belirtmeden kısımlara ait iş yükünün bir zaman devresi içinde dağıtılmasında yardımcı olan bir araçtır. Operasyon sıralarının belirlenmesi, zamanlama tahminleri ve çizelgeleme faaliyetleri ana planda belirlenen ana hatlar çerçevesinde sürdürülür. Bu nedenle ana planın gerçekçi olması bunu takip eden planlama çalışmalarının başarılı olması için ön şarttır.

ÜPK'nın elemanları genel olarak üç ana başlık altında incelenebilir. Bunlar Ön planlama, planlama ve kontrol çalışmalarıdır. Ön planlamada tüketici (Pazar) araştırması, satış tahminleri, işyeri düzeni ve tesis yatırım politikaları belirlenir. Planlamada ise kaynak planlaması ve yapılacak işlerin planlaması şeklinde bir seçim söz konusudur. Kontrol bölümü, yapılan planlamaların işleyip işlemediğinin kontrolüdür. ÜPK'nın bu elemanları şekil 3.4.'de verilemiştir.



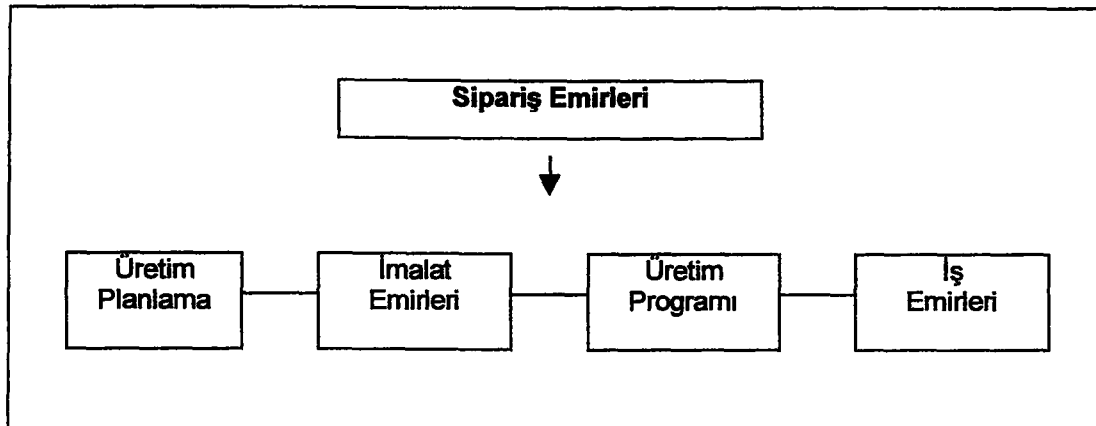
Şekil 3.4. Üretim Planlama ve Kontrol Elemanları [Acar,1996]

Üretim planlama ve kontrol fonksiyonları ise şekil 3.5.'den görülebilir. Burada ÜPK fonksiyonları planlama, kontrol ve stok şeklinde üçe ayrılmıştır.



Şekil 3.5. Üretim Planlama ve Kontrol Fonksiyonları [Acar,1996]

Üretim planlamasının temel verileri iş yeri düzeni, makine ve insangücü kapasitesi, satış tahminleri, stok denetim yöntemleri ve zaman standartlarıdır. Üretim planlamasında evreler şekil 3.6.'da şematik olarak gösterilmiştir. Sipariş emirlerinden sonra işlem üretim planlaması ile başlar ve iş emirleri ile son bulur.



Şekil 3.6. Üretim Planlamasının Evreleri (Yamak, 1994)

3.2.1. Üretim Planlama ve Programlama

Üretim planlama (ÜP), gelecekteki imalat faaliyetlerinin düzeylerini ve sınırlarını belirleyen işlemdir. Üretim planlamada takip edilecek sıra aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. *Planın kapsayacağı zaman aralığı (aylık, yıllık, vb. gibi)*
2. *Belirlenen dönemdeki talep tahmini (seçilmiş dönemlerdeki verilerden faydalanılır)*
3. *Belirlenen dönemde üretilecek miktar bulunur ve dönem dilimlerine dağıtılır.*
4. *Plan dönemi başındaki ve sonundaki stok düzeyleri belirlenir.*
5. *Stok düzeyleri, üretim hızı ve kapasite durumunu kontrole yarayan bu plan haftalık üretim planlarına dönüştürülür.*

Üretim planı genel olarak yapılmakta ve ayrıntıya girilmemektedir. Bu plan bağlayıcı olmayıp üzerinde gerektiğinde değişiklik yapılabilir. Ancak sık değişmesi ile plandan beklenen yarar sağlanamaz. Sürekli üretim yapılan işletmelerde benzer ürün gruplarının her biri için ayrı ayrı ÜP yapılır. Burada ürün benzerliğinden kasıt, ürünlere uygulanan işlemler ve ürünün yapımında kullanılan makinelerin benzer ve uyumlu olmasıdır.

Siparişe göre üretimde ise, ilk olarak aynı makinelerde benzer işlemler gören ürün gruplarının saptanması gerekmektedir. Haftalık üretim yükü, üretim saati ortak bir ölçü cinsinden ifade edilir. Boş zamanlarda periyodik üretilen ürünlerden stoklama amacıyla üretim yapılır. ÜP’da bir diğer önemli konu stoktur. İşletmede olası bir hammadde, işçi veya makine darboğazı ancak yeterli stoklanmış ürün varsa aşılabılır. O nedenle üretim programında planlanan rakamlarda gerçekleşen rakamlar sürekli karşılaştırılmalı, sapmalara göre önlem alınmalıdır.

Üretim programlama genel üretim planından yola çıkılarak haftalık, günlük veya saat bazında planın ayrıntıya indirgenmesi işlemidir. Üretim programlama üretim sistemine zaman boyutunun eklenmesidir. Doğru işlemlerin, doğru zamanda ve doğru malzeme üzerinde yapılmasıdır. Bu işlem, işlerin sıralanması ve makine

yüklenmesi aşamalarından oluşur. Bir üretim programının işlevi aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

1. *İşleri, makineleri ve insan gücünü iş merkezlerine göre dağıtmak (bu karar mevcut kapasite ile gereken kapasitenin karşılaştırılması ile verilir)*
2. *İşlerin önceliğini saptamak*
3. *Programlanan işlerin yapılmasını sağlamak*
4. *İşlerin son durumunu kontrol etmek*
5. *Kritik ve gecikmiş işleri takip etmek*
6. *Değişikliklere göre programı yeniden düzenlemek*

ÜPK müdürlüğü, organizasyon içerisinde önemli bir birim olup, ÜPK fonksiyonlarını anında yürütebilecek ve diğer birimlerle sürekli iletişimde olacak bir yapıya sahip olmalıdır. İşletmelerin kârlılık ve optimumluk ihtiyacı nedeniyle bilinmesi gereken konular aşağıda maddeler halinde verilir.

1. *Üretimin en kârlı veya en düşük maliyetli tutacak ürün bileşimi nedir ?*
2. *Gelen talepleri karşılamak için bu ürünün üretiminden vazgeçildiğinde kârlılık ve toplam üretim maliyeti ne şekilde etkilenir?*
3. *Maksimum kârlılığı sağlayan, ürün bileşiminde yer alan ürünlere pazar bulmak için satış politikası ne olacaktır?*
4. *Optimum ürün bileşiminde yer almayan ancak piyasa talebi yüksek olan bir mamulün satış fiyatında ne ölçüde değişiklik yapılmalıdır?*
5. *Rekabet gücünü artırmak için satış fiyatlarında yapılacak değişiklik (aşağı veya yukarı çekmek) optimum ürün bileşimi planını bozmada, satış fiyatının maksimum veya minimum sınırları ne olmalıdır?*
6. *Makine kapasiteleri en etkin nasıl kullanılmalıdır?*

3.2.2. Üretim Planlamasında Kullanılan Teknikler

Üretim planlamasının amacı, üretim için gerekli olan hammadde, makine, işgücü gibi kaynakların doğru zamanda, doğru yerde ve yeterli miktarda kullanılmasını sağlamak ve böylece verimliliği en yüksek seviyeye çıkarmaktır.

Üretimde en yüksek verimlilik ise ürünün zamanında ve istenen kalitede en ucuz şekilde üretimi ile mümkündür. İşletme tekniklerinin en önemlilerinden olan üretim planlamasında optimizasyon tekniklerinden faydalanılır.

3.2.2.1. Doğrusal Programlama Tekniği

Birçok işletme problemlerinin çözümünde yöneylem araştırması tekniklerinden biri olan Doğrusal (lineer) programlama tekniği kullanılmaktadır. Doğrusal programlama, belirli bir amacın gerçekleşme derecesini etkileyen bazı sınırlayıcı koşulların bulunması, bunların doğrusal eşitlik veya eşitsizlik halinde verilmesiyle, amaca en iyi şekilde ulaşmak için, kısıtlı kaynakların en verimli şekilde kullanılmasını sağlayan bir matematik yöntemidir.

Ulaşılmak istenen amaç, kârın maksimizasyonu (enbüyüklenmesi), maliyetin minimizasyonu (enküçüklenmesi) olabilir. Böyle bir programlamada veri toplama, model kurma, modelin çözümü işlemleri yapılır. Çözüm olabileceği gibi olmaması da mümkündür. Aynı şekilde amaç denklemine aynı değeri kazandıran farklı alternatif çözümlere de rastlanmaktadır. Karar verme sürecinde yöneticinin bu farklı seçenekler arasında işletmeye en uygun olanını uygulamaya koymas beklenmektedir. Doğrusal programlama tekniğinde bir takım kabuller yapılır. Burada bu kabuller kısaca özetlenmiştir.

1. **Doğrusallık varsayımı** : İşletmenin girdileri ile çıktıları arasında doğrusal bir ilişki bulunur. Örneğin, üretim düzeyinin artması için üretim girdilerinin artırılması gerekir. Ayrıca amaç fonksiyonu matematik olarak ifade edilebilmektedir. Amaç fonksiyonunun karar değişkenleri (X_j) 1. Dereceden ve katsayıların (C_j) da sabit olması gerekmektedir.
2. **Toplanabilirlik varsayımı** : Bu varsayım, değişik üretim faaliyetlerine kaynak olan üretim girdileri toplamının her bir işlem için ayrı kullanılan girdilerin toplamına eşit olduğunu gösterir.
3. **Sınırlılık varsayımı** : Üretimde kullanılan kaynaklar sonludur. Bu nedenle üretime giren girdilerle üretim miktarı sınırlıdır.

4. **Pozitiflik varsayımı** : Doğrusal programlamada temel ve artık değişkenlerin değerleri sıfır veya sıfırdan büyük olmalıdır.
5. **Bölünebilirlik** : Modele giren değişkenlerin sürekliliği söz konusudur.
6. **Belirlilik varsayımı** : Doğrusal programlamada kullanılan değişkenlerin bilindiğini gösterir.

Doğrusal programlama çalışması, model kurma ve modelin çözülmesi şeklinde ikiye ayrılabilir. Bu iki çalışma aşağıda verilmiştir.

A. Model kurma : Programlamada önemli bir bölümdür. Model kurulurken aşağıda verilen hususlar belirlenmelidir.

1. *Faaliyet takımı tanımlanır. Bunlar, sistemde geçen fonksiyonlardır.*
2. *Parça takımı ve ölçü birimi tanımlanmalıdır. Örneğin üretilcek ürün tipi.*
3. *Her bir faaliyette kullanılan her parçaya ait girdi-çıkış katsayıları belirlenmelidir.*

B. Modelin çözümlenmesi : Modelin çözümünde yaygın olarak kullanılan iki çözüm tekniği vardır. Bunlar grafik ve Simpleks çözüm tekniğidir. Grafik çözüm tekniği, genellikle iki temel değişkenli problemlerin çözümünde pratik bir yöntemdir. Simpleks çözüm tekniği ise daha çok ikiden fazla değişkenli problem çözümünde kullanılan, iterasyonla çözüm yapan bir metottur. Ardışık işlemler sonunda optimum veya optimum başlangıç çözüm bulunur. Simpleks metotla doğrusal problemin çözümünde yapılan işlemler aşağıda verilmiştir.

1. *Üretimi sınırlayan üretim faktörlerinin belirlenmesi*
2. *Üretilcek ürünlerin üretim faaliyetlerinin saptanması,*
3. *Üretilebilecek her ürün için gerekli input/output katsayılarının tespiti*
4. *Her ürün için gerekli değişir masrafların ve değişir masraflar üzerinde kârın hesaplanması*
5. *Simpleks tablonun düzenlenmesi*
 - *Değişken tanımlama*
 - *Matematik yöntemlerle sunulması*
 - *Başlangıç Simpleks Tablosunun oluşturulması*
6. *Problemin çözülerek optimum tabloya ulaşılması*

3.2.2.2. Dinamik Programlama

Dinamik programlama çok kademeli karar süreçlerinin optimizasyonu için kullanılan bir matematik tekniktir. Herhangi bir problemin çözümü için modelin kurulması sırasında amaç denklemi ve sınırlayıcı koşulların seçilmesi, değişkenlerin sayısı ve özellikleri yapılacak varsayımlar büyük ölçüde modeli kuranların bilgi ve deneyimlerine dayalı olmaktadır. Çözüme geçmeden önce birçok durumda problemin yeniden düzenlenmesine ve kullanılacak çözüm yöntemine uygulanmasına ya da bazı değişken dönüşümü işlemlerinin yapılmasına gerek duyulmaktadır. Dinamik programlamada böyle bir dönüşümle ilgilidir. Burada ele alınan problemler bütün olarak değil daha az sayıda değişkenler içeren küçük problemlere dönüştürülür. Bu amaçla çok kademeli bir karar süreci tek kademeli problemler dizisine çevrilebilir. Yani, optimize edilmesi istenen bir problem adım adım optimize edilecek daha küçük ve tek değişkenli problemlere ayrılabilir. Bu dönüşüm sırasında, “Bir optimum kararlara setinin özelliği verilen karar ne olursa olsun geri kalan kararların ilk verilen kararın sonucuna göre optimum olması gereğidir.”. n değişkenli herhangi bir fonksiyon ayrılabilir bir fonksiyon ise bu fonksiyon,

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_n)$$

şeklinde tek değişkenli n fonksiyonun toplamı olarak yazılabilmektedir. Kaba bir yaklaşımla problemin çözümü için gerekli işlem sayısının değişken sayısı üstsel, alt problem sayısı ile de doğrusal olarak arttığı söylenir. Bu sebepten n değişkenli ayrılabilir bir fonksiyonun n tek değişkenli fonksiyon olarak ele alınması ile işlem sayısında önemli ölçüde azalma sağlanabilir. Yani böyle bir problemin dinamik yaklaşımı ile ele alınması büyük ölçüde hesap kolaylığı getirmektedir (Tulunay, 1991).

Dinamik programlama özellikle üretim planlaması, envanter kontrolü, yenileme, yatırım planlaması, kaynakların dağıtımı, süreç tasarımlar ve kontrolleri gibi benzeri yerlerde çok geniş ve yaygın bir uygulama alanı bulmuştur.

3.2.2.3. Doğrusal Olmayan Programlama

Pratikte karşılaşılan modellerin bir çoğunda gerek amaç denklemi ve gerekse sınırlayıcı koşullar doğrusal değildir. Bazı durumlarda doğrusal olmayan bu ifadeler yerine yaklaşık doğrusal ifadeler kullanılabilir ya da bir eğriyi yaklaşık olarak karakterize eden doğrulardan yararlanılabilir (Tulunay, 1991).

3.2.2.4. Çok Amaçlı Programlama

Çok amaçlı karar verme (ÇAKV) ile ilgili literatürde çok sık geçen kavramlar, bileşenler (attributes), amaçlar (objective), hedefler (goals) ve kriterler (criteria) şeklindedir. En genel halde karar bileşenleri alternatif temel özellikleri, kaliteleri veya verimlilik özellikleri olarak tanımlanabilir. Bir karar verme probleminde karar değişkenleri ($X_1, X_2, \dots, X_n$) arasındaki ilişkiyi yukarıdaki tanım çerçevesinde sağlarlar. Bu nedenle bazı problemlerde amaç fonksiyonları, bazılarında kısıt denklemleri olarak bazılarında da her iki şekilde kabul edilirler. Bu programlama metodu bir örnekle açıklanabilir. Burada aşağıdaki şekilde formüle edilmiş iki kriteri esas alan lineer kısıtlara sahip bir problem ele alınmıştır.

$$1. \text{ kriter : } \text{Maliyet } f_1(x) = C^1_1 x_1 + C^1_2 x_2$$

$$2. \text{ kriter : } \text{Kalite } f_2(x) = C^2_1 x_1 + C^2_2 x_2$$

$$\text{Kısıtlar : } g_{11}x_1 + g_{12}x_2 \leq b_1$$

$$g_{21}x_1 + g_{22}x_2 \leq b_2$$

$$g_{31}x_1 \leq b_3$$

$$g_{42}x_2 \leq b_4$$

İlk tanıma göre buradaki tüm eşitlik, eşitsizlik ve fonksiyonlar birer karar bileşeni olarak göz önünde tutulmalıdır. Kriterlerle ilgili fonksiyonlar amaç fonksiyonlar olmaktadır. Buna göre amaç fonksiyonları yukarıdaki problem için

$$\min f_1(x)$$

$$\max f_2(x)$$

şeklinde olacaktır. Amaçların daha somutlaşarak belirli değerlere dönüşmüş şekilleri hedefler olarak tanımlanır.

3.2.2.5. Duyarlılık Analizi

İşletme sorunlarına uygulanan doğrusal programlama modellerindeki kazanç ve maliyet, teknoloji katsayıları, kaynakların düzeyi gibi parametreler, öngörülmemiş değerler olduğundan, hatalı olabileceği gibi zaman içinde de değişebilirler. Bu parametrelerin değişmesi durumunda optimal çözümün nasıl etkileneceğinin gözlenmesi gerekir. Bu gözlemler duyarlılık analizleri aracılığı ile gerçekleştirilir (Tütek ve Gümüşoğlu, 1994).

Girdi katsayılarındaki her değer değişmesi doğrusal programlama problemini değiştirir. Bu nedenle bir doğrusal programlama probleminin en iyi çözümü duyarlılık analizi yorumları ile anlam kazanır. Yeni bir kaynak kısıtının ya da yeni bir değişkenin çözümü nasıl etkileyebileceği de yine duyarlılık analizi ile anlaşılabilir. Ayrıca yönetici, bulunan en iyi çözümün katsayılar ve sınırlamaların hangi aralık içerisinde değişmesinden ötürü etkilenmeyeceğini de bilmek ister ki duyarlılık analizinin amaçlarından biri de budur. Doğrusal programlama probleminde duyarlılık analizi beş ana başlıkla incelenmektedir (Esin, 1988);

- amaç fonksiyon (kâr veya maliyet) katsayılarının değişimi
- kısıtların sağ taraflarının değişimi
- probleme yeni bir değişkenin eklenmesi
- karar değişkenlerinin teknolojik matris katsayılarının değişmesi
- probleme yeni bir kısıtın eklenmesi

Dualite : Maksimizasyon veya minimizasyon olarak verilmiş herhangi bir problem “primal problem” olarak adlandırılır. Çünkü böyle bir problemin optimum çözümü, amaç denklemindeki karar değişkenlerinin başlangıç ilişkilerini gösterecektir. Herhangi bir doğrusal programlama probleminin primali dışındaki başka görünümü “dual problem” olarak bilinir. Primal problemdeki n değişken ve m sınırlayıcı koşula

karşılık dual problemde m değişken ve n sınırlayıcı koşul bulunmaktadır. Ayrıca primal problem bir maksimizasyon dual problem ise bir minimizasyon göstermektedir. Primal problemdeki sağ taraf sabitlerinin dual problemde amaç denklemin katsayılarını gösterir. Dual problemin sağ taraf sabitleri ise primal problemin amaç denklemin katsayılarını gösterir. Primal problemde ($\leq$) olarak verilmiş bulunan sınırlayıcı koşulların dual problemde ($\geq$) şeklindeki eşitsizliklere dönüşmüş olması da primal-dual ilişkisinin bir başka özelliğidir (Tulunay, 1991).

Gölge Fiyatlar : Dual model değişkenlerinin optimal değerleri gölge fiyatlar olarak isimlendirilir. Modelde bulunan sağ taraftaki sabit değerler sınırlı kaynakların miktarını belirtirken gölge fiyatlar da primal modelin optimum çözümünden de anlaşılacağı gibi her kaynağın biriminin değerini gösterir. Eniyi çözümde fazla kapasitesi bulunan herhangi bir kaynak için sıfır gölge fiyat söz konusudur.

3.2.2.6. Simülasyon ile Planlama

Doğrusal olmayan ilişkiler ve karmaşık karşılıklı etkilemeler içinde bulunan değişkenlerin matematiksel yöntemler ve modellerle çözümü güçtür. Simülasyon ile belirli bir politika güdülünce ne olacağı kestirilebilir. Simülasyon, model kurma işlemini küçük parçalara ayırmak bunların karşılıklı etkilemelerini gösterecek biçimde ve doğal sıraları içinde kombine etmektir. İşletme hayatında simülasyon tekniği çeşitli amaçlarla kullanılır ve çeşitli işletme durumlarına uygulanır. Dolayısı ile simülasyon modellerinin genel yapısı amaca göre değişir. İşletmelerde simülasyon modelleri üç amaç için kullanılır. Bunlar; kısa dönem planlaması, uzun dönem planlaması, bilgi-işlem sistemlerini bilgisayarlaştırılmış toplam sistem içinde birleştirme şeklindedir. Simülasyon modellerini belli başlı iki grupta toplamak mümkündür : *Belirlilik altında simülasyon* ve *Risk altında simülasyon* şeklindedir (Aslan, 1985).

3.3. Üretim Yönetimi

Bir kuruluşun temel mal ve/veya hizmetlerini üreten sistemin tasarlanması, işletimi ve zaman içinde iyileştirilmesine yönelik faaliyetlerin tümüne üretim yönetimi denir (Yağız, 1998). Üretim yönetimi, insan-makine-malzeme sistemlerinin incelenmesini konu edinir ve üretim sistemlerinin işletmesinde karşılaşılan tüm sorunları ele alır.

Üretim yönetimi kapsam bakımından oldukça geniş, faaliyet hacmi çok yüklü bir işletmecilik fonksiyonudur. Üretim yönetiminin tanımı kapsamında bulunan miktar, kalite, zaman, fiyat unsurlarının hepsinin aynı zamanda en iyi şekilde gerçekleştirilmesi mümkün değildir (Kobu, 1996). Karmaşık üretim sistemlerinde çelişen unsurlar arasında uzlaştırıcı çözümler bulunması için çeşitli yöntemlerin ve bilgisayarların kullanılması gerekmektedir. Üretim yönetimi disiplininin amacı, bu yöntemler yardımı ile gerekli karar verme yeteneğinin geliştirilmesi olarak tanımlanabilir. Üretim yönetiminde karşılaşılan problemler karar problemleri şeklindedir. Malzeme akış sisteminde üretim ve satış faaliyetlerinin kontrol edilmesi için verilmesi gereken kararlar şekil 3.7’de verilmiştir.

Problem Alanı	Gereken kararlar
Satın alma	Ne, ne zaman, ne kadar, kimden
Üretim	Ne, nasıl, ne zaman, ne kadar
Envanterler	Ne, nerede, ne zaman, hangi büyüklükte
Satış (dağıtım)	Ne, nereye, ne zaman, ne kadar
İşgücü	Hangi yetenekler, nerede, ne kadar, ne zaman
Tesisler	Ne tip, nerede, hangi kapasitede, ne zaman

Şekil 3.7 Üretim Yönetimi Problemleri (Acar, 1996)

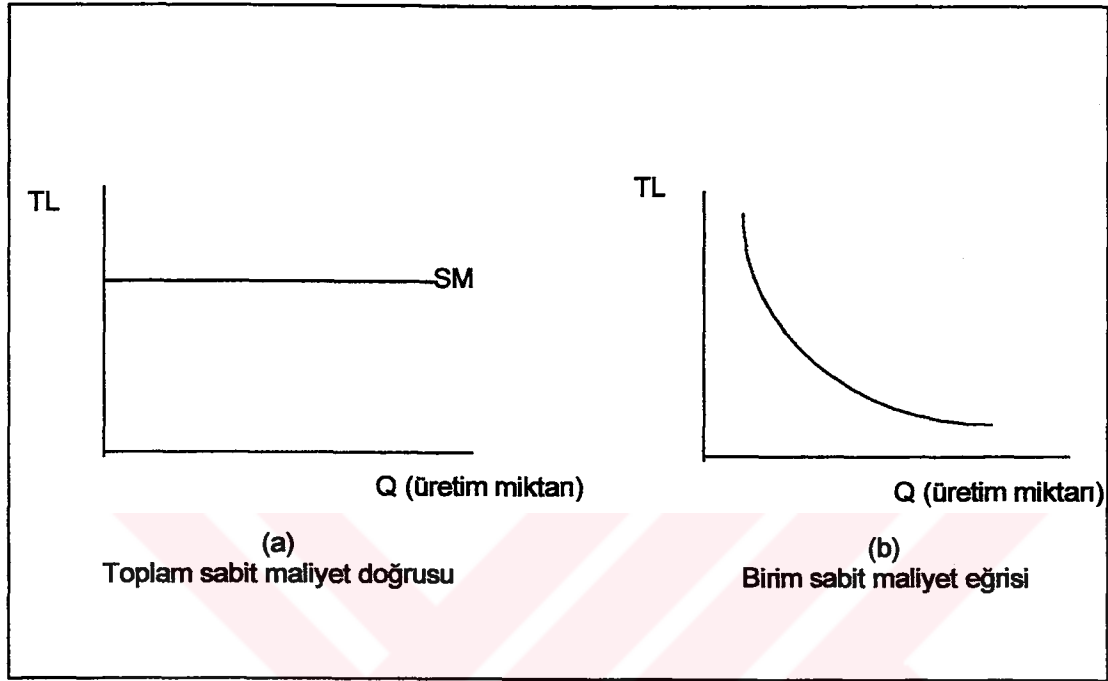
Üretim yönetimi kendi sorumluluğuna düşen görevleri yerine getirirken işletmenini diğer departmanlarının da görevlerini tam olarak yapmalarını sağlamaya çalışır. Üretim yönetiminde görev alacak kişilerin, konu hakkında yeterli bilgi ve tecrübeye, yüksek sorumluluk duygusuna ve verimli insani ilişkiler kurabilme yeteneğine sahip olması gerekmektedir. Üretim yönetimi ile diğer departmanlar arasındaki ilişkiler organizasyon yapısı, üretim tipi ve büyüklüğü gibi faktörlere bağlı olarak değişir (Kobu, 1996).

3.4. Üretim-Maliyet İlişkisi

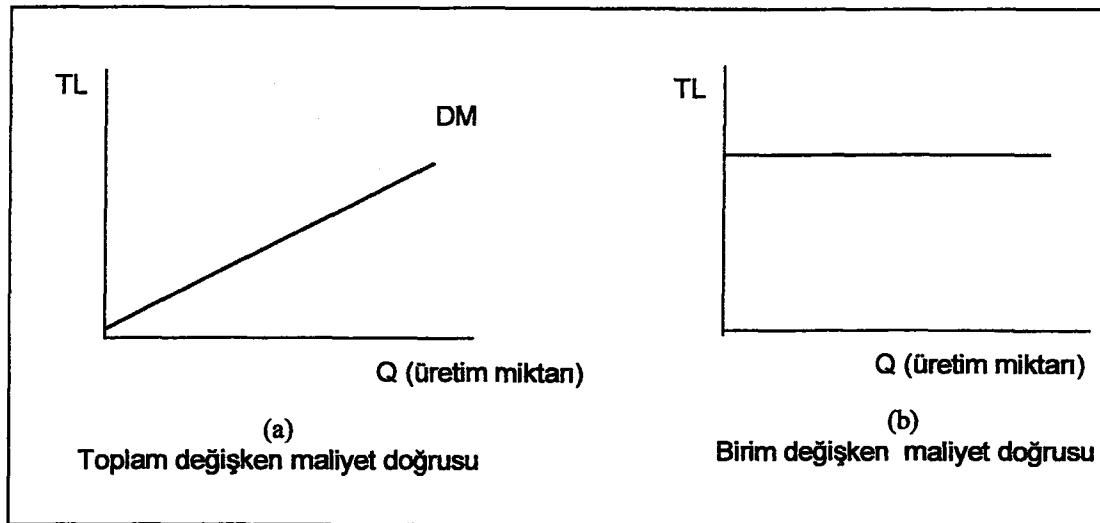
Üretimde kullanılan kaynakların sınırlı oluşu ve her kaynağın belirli bir maliyetinin bulunması, buna karşın belli bir miktarın altında olmamak koşulu ile ne kadar ürün üretilirse o kadar kâr elde edileceği gerçeği bir ikilem oluşturmaktadır. Bir işletmede kaynaklar sınırlıdır ve üretim olmadan kâr oluşmayacaktır. Üretim miktarının artması ve azalması maliyetleri doğrudan etkilemektedir. Üretim miktarının maksimum artışı kapasite ile sınırlıdır. Kapasitenin tam kullanıldığı durum mutlak anlamda en fazla kâr getiren düzey olmakla beraber en ekonomik koşulları getirmeyebilir. Belli bir üretimin altında ve üstünde kaynaklar verimli kullanımdan uzaklaşır. Üretimde maliyet analizi üretim faaliyetini optimum (en iyi) kılacak birim maliyetlere ulaşmayı amaçlar. Yani, kârın mutlak anlamda büyük olmasından çok ürün başına kârın maksimize edilmesi önem kazanmaktadır.

Üretim planlamasında kullanılan maliyet analizi tekniklerinden başında *BaşBaş Noktası Modeli* gelir. Aynı zamanda “Sıfır Kâr Noktası” veya “Kâra Geçiş Noktası” olarak da adlandırılan B.B.N. modelinde iki tür maliyetten bahsedilmektedir. Bunlar sabit maliyetler ve değişken maliyetlerdir. Sabit maliyetler, ürüne bağlı olmayan harcanması gereken maliyetlerdir (yatırım, kira, demirbaş, sigorta, vergi, makine vb.). Sabit maliyet üretim miktarından etkilenmez (şekil 3.7a). Birim maliyetler açısından bakıldığında ise birim başına düşen maliyet üretim miktarı arttıkça azalır (şekil 3.7b) (Yamak, 1994). Üretim hacmine bağlı olarak artan veya azalan maliyetler ise değişken maliyetleri oluşturmaktadır. Malzeme ve işçilik harcamaları ile genel masrafların büyük bölümü bu kapsama girmektedir. Toplam

değişken maliyet yükselen üretim miktarı ile artarken birim başına düşen değişken maliyet miktarı sabit kalmaktadır (şekil 3.8) (Yamak, 1994).



Şekil 3.7. Sabit Maliyet



Şekil 3.8. Değişken Maliyet

4. TEKSTİL SEKTÖRÜ VE İPLİK ÜRETİM SİSTEMLERİ

4.1. Tekstil Sektörü

Tekstil ve konfeksiyon sektörü, ülkemizde olduğu gibi dünya ticaretinde de önemli bir yere sahiptir. Tekstil sektörü, konfeksiyondan ayrı olarak ifade edilmektedir. Bu anlamda sektör, hammadde, iplik, dokuma, boya, terbiye ve teknik tekstil gibi birçok bölümü kapsamaktadır.

Türk tekstil ve konfeksiyon ihracatının 1997 yılı sonu itibariyle Türkiye genel ihracatı içerisindeki payı %37.8 olarak gerçekleşmiştir. Sektörün toplam ihracatı 9.8 milyar dolardır. Bu değerler 1996 yılına göre miktar bazında %24.6 değer bazında %12.6'lık bir artışı temsil etmektedir. Tekstil ve hammaddelerinin 1997 yılına göre ihracatı 2.7 milyar dolardır. Tekstil ve konfeksiyon sektörünün aynı yıl için toplam ithalatı ise 3.6 milyar dolar olup genel ithalat içerisindeki payı %7.7'dir. Tekstil sektörünün genel ithalat içerisindeki payı %7.2, konfeksiyon sektörünün payı ise %0.5 şeklindedir (Koç ve Sabır,1999). Görülmektedir ki, tekstil ve konfeksiyon sektörü dış ticarete ihracat oranı yüksek ithalat oranı düşük bir sektördür. Tekstil ihracatında en önemli paya sahip ürünler; pamuk, pamuk ipliği ve pamuklu dokuma, suni ve sentetik devamsız lifler ve bunlardan mamul iplik ve dokuma ve suni ve sentetik filamentler ve bunlardan mamul iplik ve dokumalardır.

İplik sektörü, tekstil materyalinin değişik metotlar kullanılarak iplik haline getirilmesi için gerekli prosesleri kapsayan pahalı bir sektördür. Bugün dünyada yaygın olarak kullanılan eğirme sistemleri; ring (bilezik) eğirme ve Open - End Rotor eğirme sistemleri olup, bunlar liflerin uzun veya kısa olmasına göre seçilmektedirler.

Dünyada, bölgeler ve ülkeler bazında iplik eğirme makineleri kapasite ve sevkiyatları çizelge 4.1'de verilmiştir. Burada yer alan iplik eğirme makineleri üç kategoride incelenmiş olup bunlar; *Kısa elyaf iği*, pamuk ve pamuk sisteminde bilezikli iplik makineleri (ring), *Uzun elyaf iği*, yün ve yün sisteminde bilezikli iplik makineleri (ring), *Açık-uç* (open-end) ise 1960'larda üretime geçmiş olan yeni teknoloji eğirme sistemi şeklinde sınıflandırılmıştır.

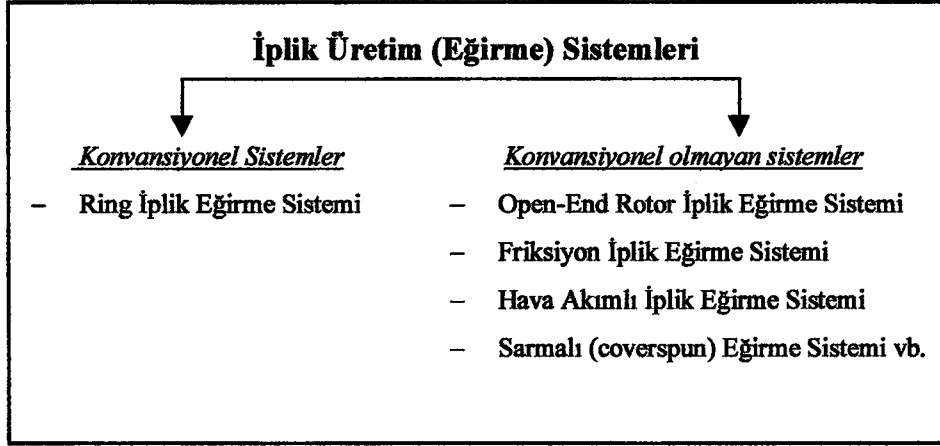
Çizelge 4.1. Dünya İplik Eğirme Makineleri Kapasiteleri ve Sevkiyatı
(1988-1997,1000 olarak)(Tekstil İşveren Dergisi, 1999)

Bölge Ülke	1996 Kurulu Kapasite			1988-1997 Kümülatif Kapasite			1997 Sevkiyatı		
	Kısa elyaf iği	Uzun elyaf iği	Açık-uç rotorları	Kısa elyaf iği	Uzun elyaf iği	Açık-uç rotorları	Kısa elyaf iği	Uzun elyaf iği	Açık-uç rotorları
DÜNYA	163 553	16 736	7 567	36 131	4 349	4 342	2 812	242	246
<i>Afrika</i>	7 761	227	191	1 086	133	81	25	17	3
<i>Mısır</i>	2 988	85	41	478	80	1	0	15	0
K.Amerika	9 803	913	1 125	1 663	150	922	243	19	52
<i>ABD</i>	4 914	660	968	988	80	780	106	9	34
G.Amerika	11 280	696	366	1 586	117	208	66	5	47
<i>Brezilya</i>	7 300	200	258	1 186	26	125	32	0	39
Asya Topl.	112 686	7 579	2 108	23 949	1 989	899	1 655	71	60
<i>Çin</i>	41 710	3 990	604	994	581	151	20	22	2
<i>Hindistan</i>	31 835	930	230	11 032	355	221	992	9	17
Avrupa	22 023	7 321	3 776	7 321	1 947	2 206	822	130	82
<i>Batı Avrupa</i>	6 418	5 045	575	3 002	1 070	444	149	60	34
<i>AB (15)</i>	6 148	4 994	570	2 828	1 040	435	146	59	33
<i>Doğu Avrupa</i>	11 061	1 533	2 853	1 906	582	1 404	5	5	8
<i>Rusya</i>	3 553	500	1 766	308	55	27	0	0	0
TÜRKİYE	4 544	743	350	2 414	295	358	668	65	40
<i>Avr..Pay (%)</i>	20.6	10.1	9.2	33.0	15.1	16.2	81.2	50	48.9
<i>Dün.Pay (%)</i>	2.7	4.4	0.5	6.7	6.8	8.2	23.8	26.9	16.3
<i>Diğer</i>	0	0	0	525	13	25	0	0	0

Çizelgedan dünyada ağırlıklı olarak kısa elyaf iği yani ring sistem kullanıldığı görülmektedir. Burada, Türkiye'nin 1997 yılında dünya toplam kısa iğ sevkiyatının %23.8'ini, uzun elyaf iği sevkiyatının %26.9'unu ve rotor sevkiyatının %16.3'ünü gerçekleştirdiği görülmektedir. Bu, Türkiye'nin 1997'de dünyanın en önemli iplik makinesi alıcısı olduğu anlamında olmasına karşın bu rakamlarda 1996 yılı sevkiyatına göre azalma olduğu bilinmektedir.

4.2. İplik Üretim Sistemleri

İplik, dünyada doğal olarak bulunan veya yapay olarak elde edilen liflerin bir araya getirilip bükülerek eğrilmesi ile elde edilir. İplik bükümü, metredeki ipliğin yaptığı tur olarak tanımlanır. Liflerin eğrilmesinde birçok sistem kullanılır. Bu sistemler konvansiyonel olan ve olmayan sistemler olarak sınıflandırılır (Şekil 4.1). Lifler, konvansiyonel sistemle (pamuk, yün ve kamgarn iplikçiliği) ve bunların dışında konvansiyonel olmayan sistemler tarafından bükümlü veya bükümsüz olarak eğrilerek iplik haline getirilirler.



Şekil 4.1. İplik Üretim Sistemleri

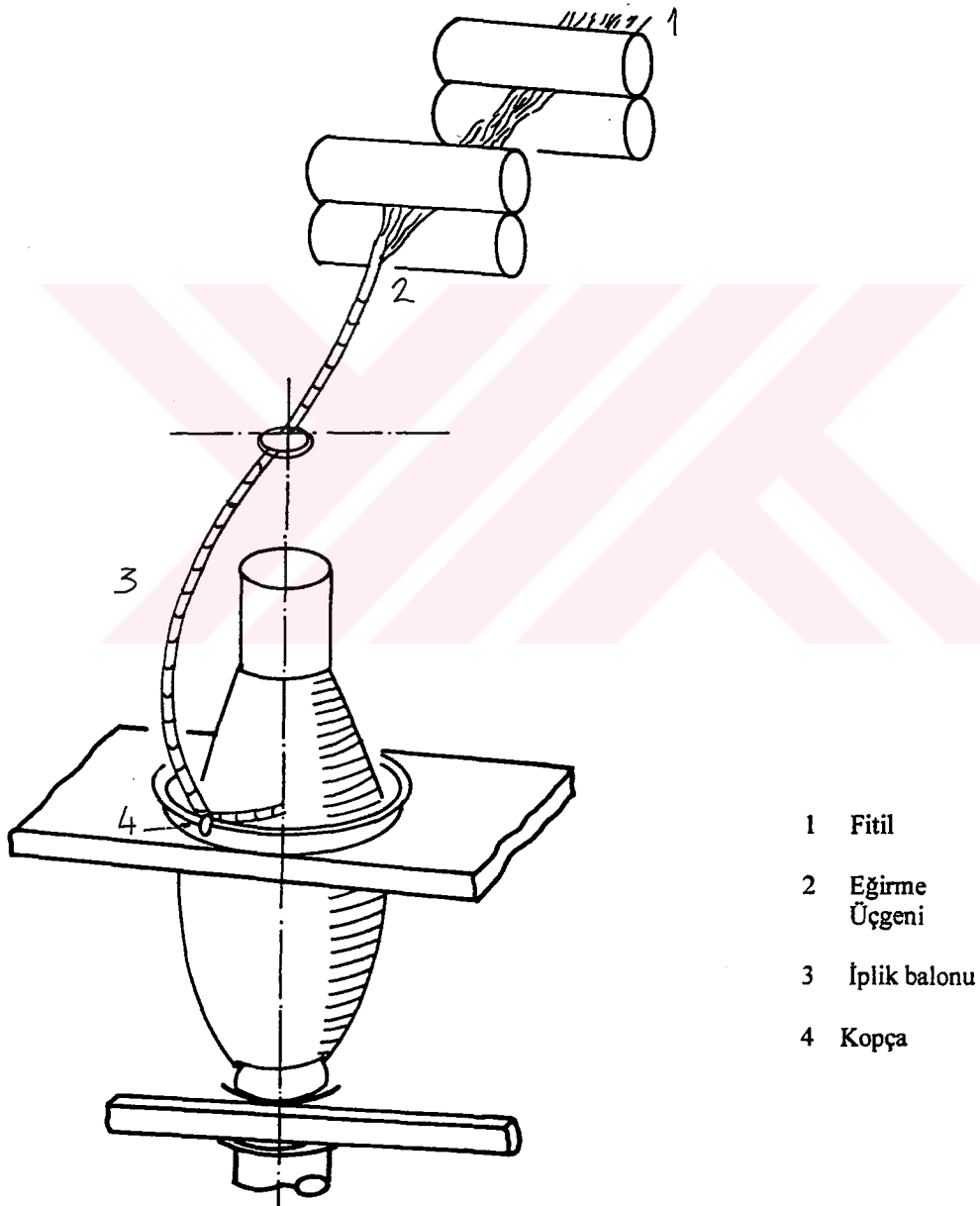
İplik üretim sistemleri içerisinde bütün dünyada yaygın olarak ring iplik eğirme sistemi kullanılmaktadır. Bu sisteme alternatif olarak 1960'lı yıllarda ortaya çıkan Open-End (OE) iplikçiliği de giderek dünyada kullanımı artan bir sistemdir. OE iplikçiliği, bugün kabul görmüş birkaç metodu kapsar. Bunların içerisinde en çok kullanılan sistem rotor iplikçiliğidir. O nedenle Open-End denince rotor iplikçiliği akla gelmektedir. Burada bu iki sistem, çalışma prensibi, üretim parametreleri ve enerji tüketimi açılarından ele alınmıştır.

4.2.1. Ring İplik Üretim Sistemi

Bilinen en eski eğirme sistemi olan ring iplikçiliği dünyada en yaygın olarak kullanılan sistemdir. Ring iplikçiliğinde iplik üretim aşamaları aşağıda sıralanmıştır.

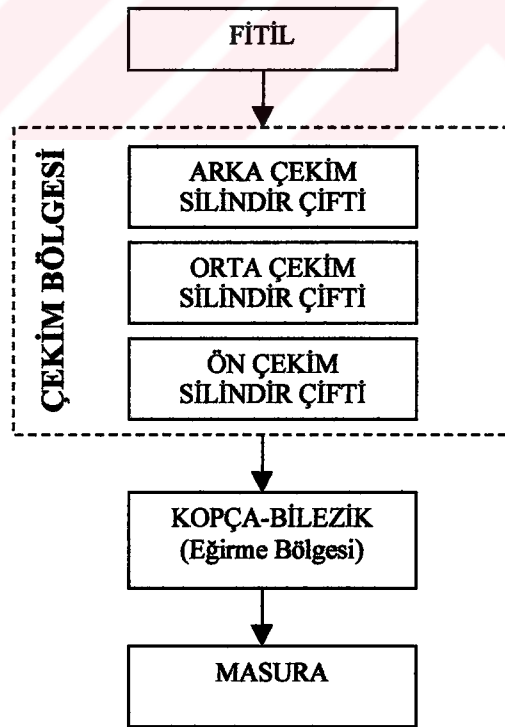
- *liflerin açılması,*
- *harmanlanması,*
- *taranması,*
- *çekilerek liflerin paralelleştirilmesi ve şerit haline getirilmesi*
- *şeritin eğrilerek fitil haline getirilmesi,*
- *Fitilin çekilerek açılması ve kopça bilezik vasıtasıyla bükülerek bir masuraya sarılması*
- *masuraların bobinlemesi*

şeklindedir. Bilezikli iplik eğirme metodunun en belirgin karakteristiği eğirmede beslenen hammadde (fitil) ile çıkan iplik arasında devamlı bir elyaf kavuşmasının bulunmasıdır. Şekil 4.2. bir ring iplik üretim sisteminde eğirme prosesini göstermektedir. Burada yukarıda bahsedilen aşamalardan son iki aşama görülmektedir. Ele alınabilecek bölgeler, fitil, çekim bölgesi, eğirme bölümü ve sarma bölümüdür.

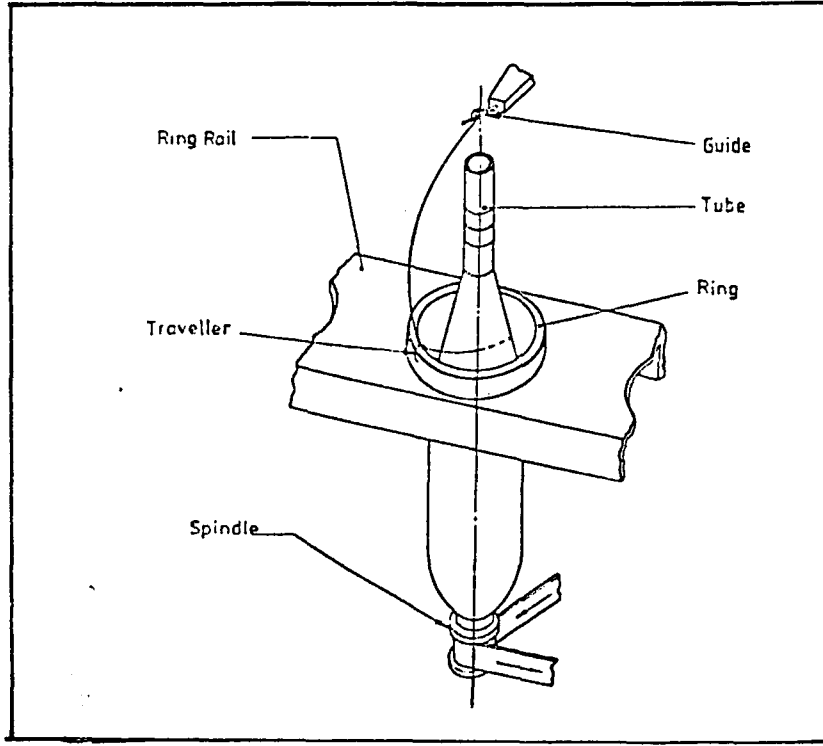


Şekil 4.2. Ring (Biletikli) İplik Eğirme Sistemi

Ring iplikçilik sisteminde ipliğin eğrildiği makinelerin bulunduğu bölüme vater denilmektedir. Vater aşamasında, yani ipliğin büküm verildiği aşamadaki elemanlar ve yapılan işlemler Şekil 4.3'de şematik olarak verilmiştir. Fitol, eğirme prosesine getirilir ve çekim bölgesine girer. Çekim ünitesinde, bir çift arka, bir çift orta bir çift ön silindir bulunur. Bu silindirlerin her biri yüksek bir yüzey hızıyla hareket eder. Genellikle ön ve orta silindirler arasında bir çift apron bulunur. Buradan çekim ünitesi ile inceltilecek fitil ipliği bir iplik kılavuzunun arasından geçerek masuraya gönderilir. İplik, masura ile çekim silindiri arasında dönüşün de etkisiyle bir balon görünümünde, masura etrafında bulunan bilezik-kopça vasıtasıyla eğrilir (Şekil 4.4). İplik masuraya bileziğin üzerinde bulunan kopça arasından geçer. Kopçanın her dönüşünde liflere bir büküm verilir. Bükülen ipliğin sarıldığı bir bobin veya tüp mekanik olarak kayış tahrikli bir iğ tarafından döndürülmektedir. İğ genellikle yüksek üretim oranının sağlanacağı minimum optimum büküm faktöründe ve mümkün olabilecek en yüksek hızda döner. Dönüşlerle birçok büküm almış olarak şekillenmiş olan iplik (belirlenmiş sabit bir oranda büküm alan iplik) bobine sarılır.



Şekil 4.3. İplik Üretim Bölümü (Vater)



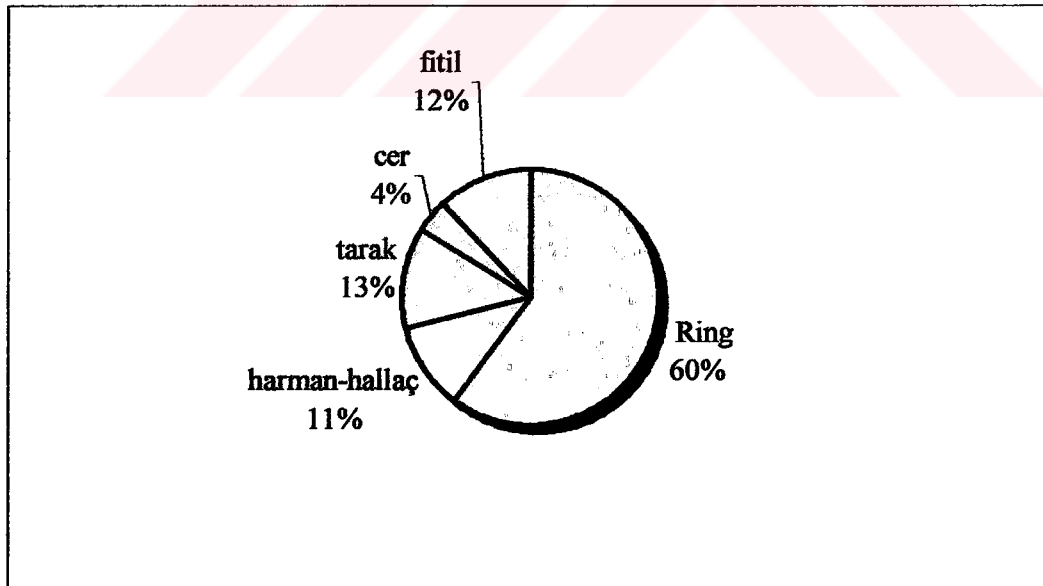
Şekil 4.4. İplik, Bilezik, Kopça ve İğ İlişkisi

Ring eğirme sistemi, çok geniş bir kullanıma sahip olan bir sistemdir. Diğer sistemlere göre avantajlara ve bazı dezavantajlara sahiptir. Çizelge 4.2. sistemin avantaj ve dezavantajlarını toplu olarak göstermektedir.

Çizelge 4.2. Ring İplik Üretim Sisteminin Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
a) Çok geniş numara aralıklarında çalışılabilmesi b) Çok geniş lif çeşitliliği nedeniyle dokuma ve örme için gerekli olan iplikler üretilebilmesi c) Karışım halindeki liflerden homojen karışım ve yüksek kaliteli iplikler üretilebilmesi d) İyi kalitede iplik üretimi (özellikle mukavemet rotor ipliğinden daha yüksektir)	a) Üretim hızının düşük (10 000 - 16 000 d/dk) olması b) Liflerin iplik haline getirilmeden önce füt il haline getirilmesi c) İplik oluşumu aşamasında iplik küçük bobinlere sarılır. Örme ve dokuma için bunların büyük bobinlere sarılması gerekmektedir Bu durumun işlem fazlalığına neden olması d) Kopçanın yanma ve değiştirilmesi problemi e) Kopuk uçları bağlamada problemler olması f) İplik kopsu kapasitesi sınırlı olduğundan sık sık bakım yapılması g) İğ, kops kısmında çok fazla enerji tüketilmesi

İplik üretiminde geniş bir numara aralığına sahip bir sistemdir. Ring eğirme işleminin üstünlüğünün ön şartı mekanik ve teknolojik açıdan hassas bir iplik makinesi olmasıdır. Bütün dünyada en yaygın sistem olarak kullanılmasının ana nedenleri geniş materyal çeşidi kullanımına ve numara aralığına sahip olmasının yanı sıra diğer sistemlere nazaran mukavemetli iplik üretilmesidir. Sistemde hammadde olarak doğal ve yapay liflerden pamuk, yün, viskon, polyester karışım iplikler ve diğer sentetik liflerle çalışılabilmektedir. Ring eğirme sisteminde hammaddeye göre iş akışı değişkenlik göstermekte hammadde prosesleri pamuk, penye, polyester/Viskon, viskon, polyester/penye ve polyester/pamuk şeklindedir. İplikçilikte araştırmalar daha ekonomik sistemlerin üretilmesi yönündedir. Ring iplikçiliğinde proseslere göre maliyet dağılımı Şekil 4.5'de verilmiştir. Burada en yüksek maliyetin ipliğin üretildiği kısım olan ring (bilezik) eğirme bölümü olduğu görülmektedir. Burada maliyeti artıran unsur yüksek iğ devirlerinden dolayı tüketilen enerjidir. Maliyetin azaltılması duruş sürelerinin azaltılması ve iğ devirlerinin yükseltilmesine bağlıdır.



Şekil 4.5 . Ring İplik Üretim Sisteminde Maliyet Dağılımı

4.2.1.1. Ring İplikçilik Sisteminde Üretim Parametreleri

Diğer iplik eğirme sistemlerinde olduğu gibi ring eğirme sisteminde de üretim parametrelerinin bilinmesi gerekmektedir. Üretim parametreleri, kapasite belirlenmesi ve üretim planlamasında önemli büyüklüklerdir. Bu parametreler iğ hızı, büküm, üretim hızı, teorik ve fiili üretim ile verim şeklinde belirlenmiş olup eşitlikler halinde verilmiştir.

Ring iplik eğirme sisteminde iğ hızı $n_{iğ}$;

$$n_{iğ} = n_{motor} \frac{d_{ktm}}{d_{iğ}} \eta_{Ring} \quad (4.1)$$

şeklinde verilen ifadeden hesaplanabilir. Burada, n_{motor} , iği tahrik eden motorun hızı (d/dk), d_{ktm} , kayış tahrik makarasının çapı (cm), $d_{iğ}$, iğin çapı (cm) ve η_{Ring} ise sistemin verimidir. Büküm, iğ hızıyla doğru orantılı bir parametre olup,

$$Büküm = \frac{İğ Hızı [d / dk]}{İplik üretim hızı [m / dk]} \quad (4.2)$$

olarak verilebilir. Burada büküm, (T_m) tur/m cinsinden metrik sisteme göre iplikteki büküm miktarını ifade etmekte olup

$$T_m = \alpha_m \sqrt{Nm} \quad (4.3)$$

şeklinde hesaplanabilmektedir. α_m , metrik sistemde büküm katsayısı olup işletmede bilinen bir değişkendir. Nm ise metrik iplik numarasıdır.

Bir ring iplik makinesinde iplik üretim hızı m/saat cinsinden

$$L = \frac{n_{iğ}}{\alpha_m \sqrt{Nm}} 60 \quad (4.4)$$

ifadesinden bulunabilir. Ring makinesinde (vater) kg/saat cinsinden teorik üretim ise,

$$T\dot{U}_{Ring} = \frac{(0.03543) (n_{ig}) (\dot{U}S) (\dot{I}S)}{(Ne) (T'')} \quad (4.5)$$

eşitliğinden bulunabilir (BERDAN,1999). Burada $T\dot{U}_{Ring}$ kg/saat cinsinden ring makinesinin teorik üretimi, $\dot{U}S$, iplik üretim süresi, $\dot{I}S$, iğ sayısı, Ne , İngiliz iplik numarası ve T'' , tur/inç cinsinden büküm sayısıdır. Teorik üretim eşitliğinden de görüldüğü üzere üretim miktarı üretilen ipliğin numarasına göre değişmektedir. Vaterde verimin hesaplanabilmesi için fiili üretimin de bilinmesi gerekmektedir. Fiili üretim, üretim sonunda tartım yoluyla elde edilen değerdir. Buna göre vater'in verimi % olarak,

$$\eta_{Ring} = \frac{F\dot{U}_{Ring} Ne_{fiili}}{T\dot{U}_{Ring} Ne_{teo}} 100 \quad (4.6)$$

eşitliğinden elde edilebilir (BERDAN,1999). Burada $F\dot{U}_{Ring}$, kg cinsinden fiili üretim miktarı, Ne_{fiili} , iplik üretildikten sonra kalite-kontrol laboratuvarında büküm testi ile tespit edilen iplik numarası, Ne_{teo} ise teorik olarak üretilmek istenen iplik numarasıdır. η_{Ring} ring makinesinin performansının bir ölçüsü olarak kabul edilebilmekte olup günümüzde bu oran makinenin teknolojisine göre değişmekte olup genel olarak %90..99 arasında değişmektedir.

4.2.1.2. Ring İplik Makinesinde Enerji Kullanımı

Ring iplikçiliğinde enerji önemli bir maliyet faktörü olarak ortaya çıkmaktadır. Şekil 4.5'de gösterildiği gibi maliyetlerin %60'ı eğirmenin vater bölümüne aittir. Maliyetin bu kısımda yoğunlaşmasının ana nedeni enerji faktörüdür. O nedenle burada bu önemli faktörün ayrıca ele alınması gerektiği düşünülmüştür. Vater bölümündeki

enerji tüketiminin azaltılması her zaman araştırma konusu olmuştur. Bunun için iğlerin merkezi bir motor tarafından tahrik edilen bir teğetsel kayış mekanizması ile tahriki günümüzde kabul edilen bir çözümdür.

Ring iplik makinesinde tüketilen enerji miktarını, iplik numarası, iplik numarasına bağlı olarak değişen iğ hızı ve bilezik çapı ile kullanılan masura uzunluğu belirler. Genel olarak tüketilen enerji P_{Ring} ,

$$P_{Ring} = 23 n_{iğ}^2 D_b^2 L_m \left(1 + \frac{20}{Nm}\right) 10^{-5} \quad (4.7)$$

formülü ile hesaplanabilmektedir (SAGEM,1985). Burada P_{Ring} , 100 iğ başına tüketilen enerji (kW/100 iğ) $n_{iğ}$, iğ hızı (1000 d/d), D_b , bilezik çapı (mm), L_m , masura uzunluğu (mm), Nm metrik iplik numarasıdır. Bu formülün doğrudan uygulanması amacıyla seçilmiş bazı parametreler dikkate alınarak örnek verilebilir: Bilezik çapı 50 mm ve masura uzunluğu 240 mm olan 100 iğlik bir ring iplik makinesinde iğın 11000 d/dk hızla dönmesi durumunda Nm50 numara iplik üretimi için 2.32 kW/100 iğ 'lik enerji tüketiminin gerçekleştiği görülebilir.

4.2.2. Open-End Rotor İplik Üretim Sistemleri

Open-End (OE) iplikçiliği, liflerin açık uçlarının döndürülerek birbirine sarılması (büküm alması) prensibi ile iplik eğirme esasına dayandığından dolayı açık-uç iplikçiliği genel adını almaktadır. Bahsedilen prensiple olarak ortaya çıkmış bazı iplik eğirme metotları,

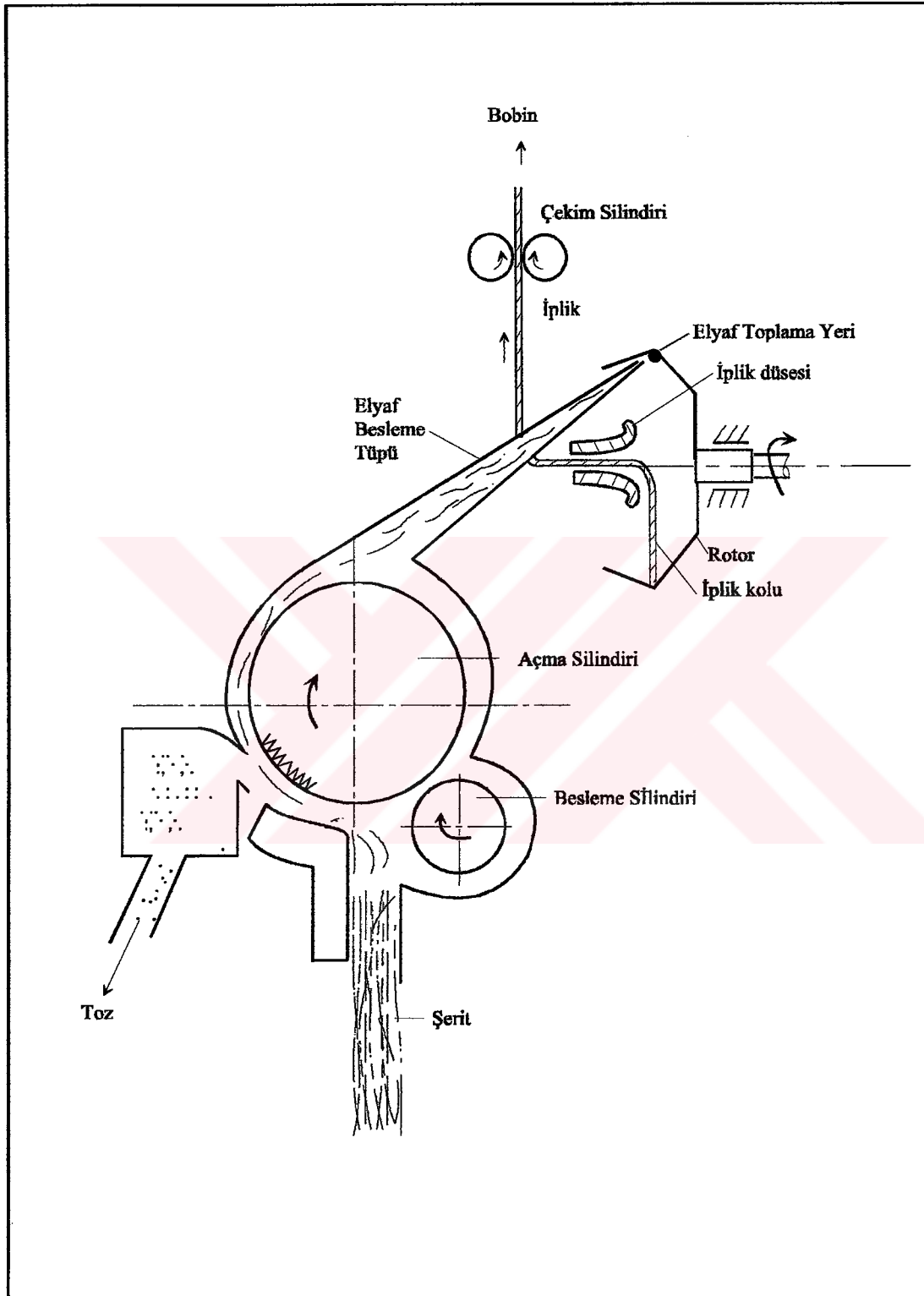
- Elektrostatik OE İplik Eğirme Sistemi
- Sıvı Akımlı OE Rotor Eğirme Sistemi (Wet spinning)
- Friksiyon (Sürtünme) OE - İplik Eğirme Sistemi
- Aero - Mekaniksel OE İplik Eğirme Sistemi (Air-vortex spinning, Rotor spinning)

şeklindedir. Elektrostatik eğirme ilginç bir teknik olmasına rağmen birçok problemlere sahiptir. Air-vorteks eğirme de enerji maliyetlerinin çok yüksek olması ve iplik düzgünsüzlüğü gibi bir seri problemleri vardır. Sıvı akımlı eğirme, Keeler-Strang tarafından ortaya konulan bir sistem olup, lifler bir akışkan içerisinde çalkalanır, karıştırılarak düzgünce dağıtılır. Bir konteynerin eğimli kanalından laminar akışla liflere bir paralellik verilir. Dönen bir eğirme kutusunda sürekli enjekte edilen bir akışkan içinde lifler şekil alır. Bu sistem laboratuvar aşamasında kalmıştır (Schlese, 1987). OE eğirme sistemleri içinde dünyada bugün kabul görmüş sistem mekaniksel eğirme sistemi denilen rotor eğirmedir.

4.2.2.1.Rotor İplik Eğirme Prensibi

Open-end iplik eğirme sistemlerinden günümüzde kabul görmüş bir sistem olan rotor iplikçiliği, ring iplikçiliğine alternatif olarak 1960'lı yıllarda ticari olarak kullanılmaya başlamıştır. Ring iplikçiliğine göre avantajları olduğu gibi dezavantajları da mevcuttur.

Rotor eğirme sistemi şematik olarak Şekil 4.6.'da verilmiştir. Burada eğirme elemanlarının, besleme silindiri, açma silindiri, elyaf besleme tüpü, rotor, iplik düşesi ve çekim silindiri şeklinde sıralandığı görülmektedir. Lifler sisteme şerit halinde girmekte ve besleme silindiri ile açma silindirine gönderilmektedir. Burada açılan lifler hava ile çekilerek konik lif besleme tüpünden rotora iletilmektedirler. İplik üretiminin başlangıcında düşeden rotor içerisine bir kılavuz iplik gönderilmekte ve yüksek bir hızla dönen rotorun yivinde biriken lifler santrifüj kuvvetinin de etkisi ile savrulan kılavuz ipliğe tutunmaktadırlar. Bu şekilde büküm alan iplik kılavuz iplikle birlikte çekilerek üretim başlatılmış olur. Üretilen iplik çekim silindirleri vasıtasıyla bobine aktarılır.

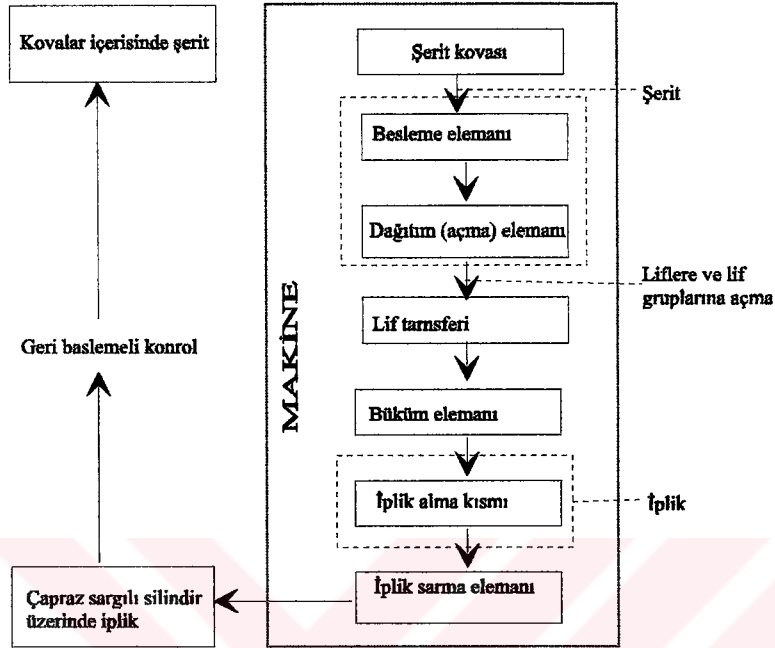


Şekil 4.6. Tipik Bir Rotor İplik Eğirme Sistemi (Koç, Lawrence,2000)

Rotor eğirme sisteminin performansının incelenebilmesi için eğirme prensibinin iyi anlaşılması gerekmektedir. Sistemin genel çalışma prensibi biraz daha detaylı olarak aşağıda verilmiştir.

- Lifler harman-hallaç dairesinde temizlenip taranarak şerit haline getirilir.
- Şeritler, tekrar bir çekim uygulanarak (yani lifleri paralelleştiren penyeleme işlemi) veya uygulanmadan (yani karde olarak) şerit kovalarına uygun şekilde yerleştirilirler.
- Rotor eğirme ünitesinde her rotora bir şerit kovanı karşılık gelecek şekilde kovalar yerleştirilir.
- Makinede üretilecek ipliğe uygun rotor seçimi, devir sayısı, açma silindiri hızı gibi ayarlar yapılır.
- Şeritler eğirme kutusunun lif besleme bölümüne sıkıştırılır.
- Makine çalışınca şerit, besleme silindiri vasıtasıyla çekilir ve açma silindirinin garnitürleri arasına beslenir.
- Lifler burada tıpkı bir tarama işlemi gibi taranarak tek tek liflere ayrılırlar.
- Dönen açma silindirinin garnitürleri arasından lifler konik bir transfer kanalından hava vakumuyla rotora doğru çekilirler.
- Burada serbest haldeki lifler transfer kanalından rotor kayma duvarına ve buradan kayarak rotor yivine doğru hareket ederler.
- Çok yüksek hızla dönmekte olan rotorun yivindeki lifler dönüşün etkisiyle birbirleri üzerinde döner ve büküm alırlar.
- Burulan lifler, rotorun üst kısmına yerleştirilmiş düse (navel) içerisinden gönderilen iplik koluna merkezkaç kuvvetinin etkisiyle savrularak tutunurlar.
- Bu sırada iplik kolu çekilmeye başlanır. Düse girişi ve rotor yivi arasında iplik oluşumu gerçekleşir. Rotorun her devrinde ipliğe bir büküm verilir.
- Düsenin içerisinden çekilen iplik direkt olarak bobinlere sarılır.

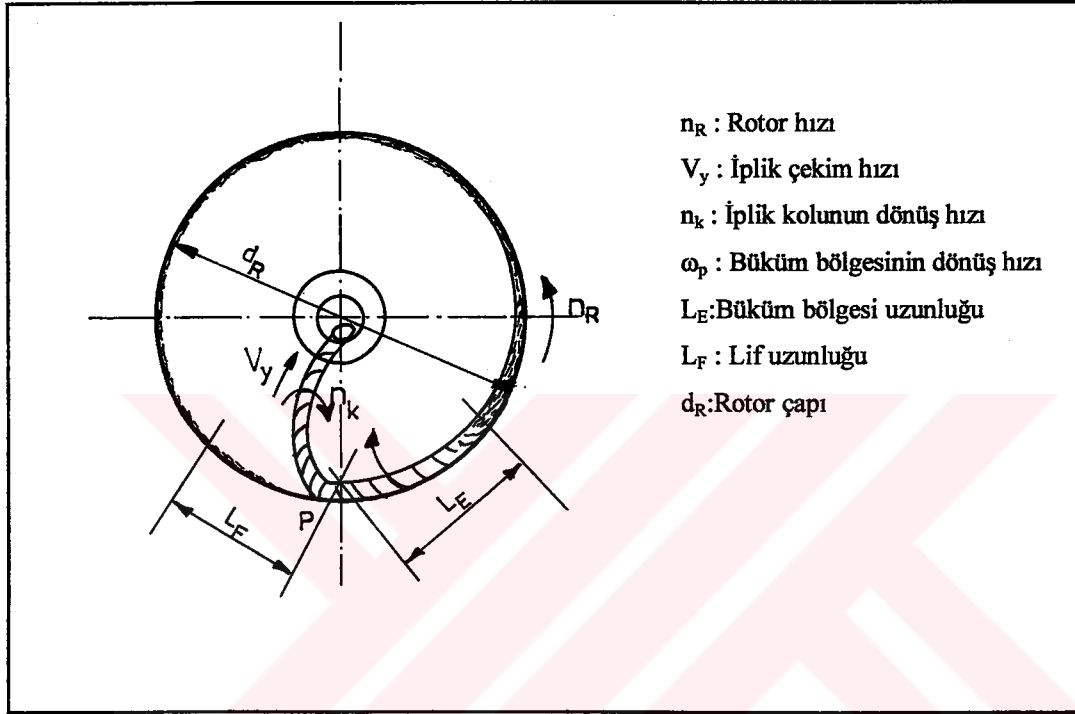
Rotor iplikçiliğinde ipliğin olduğu bölgedeki üretim çevrimi şematik olarak Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Rotor İplikçiliğinde İplik Materyalinin Eğrilme Aşamaları

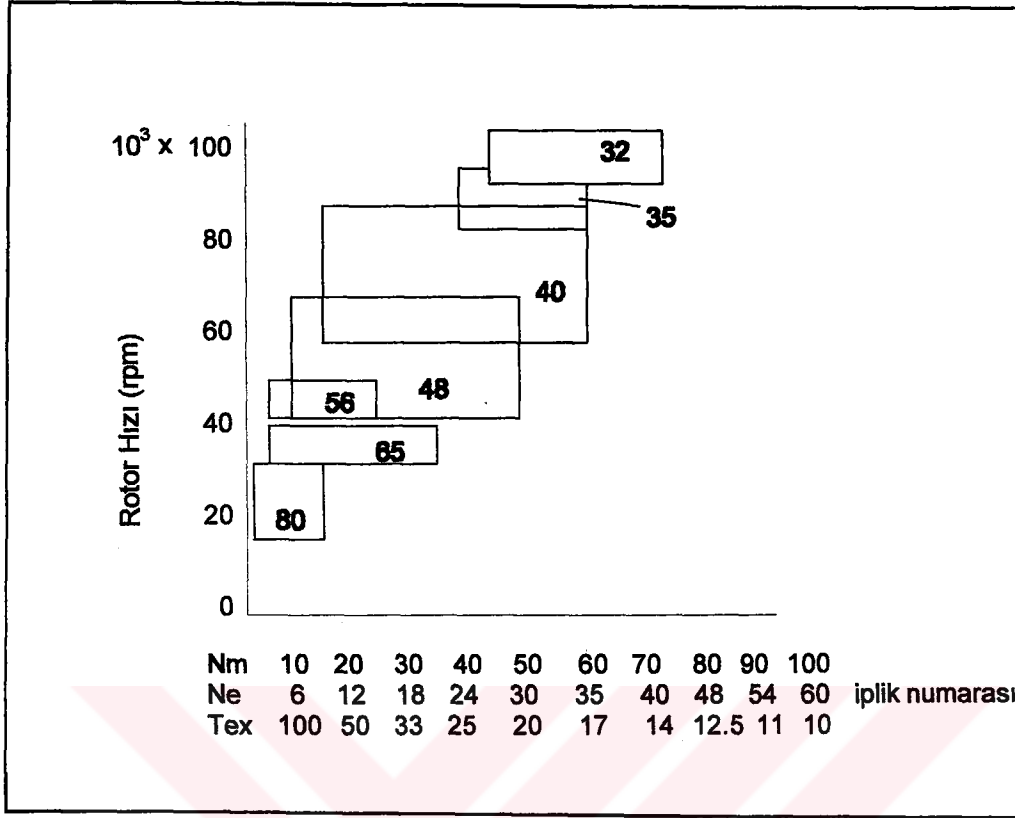
Rotor iplik eğirmede liflerin rotor içerisinde büküm aldığı bölgeler eğirme performansında büyük önem taşımaktadır. Şekil 4.8, rotorda genel olarak iplik oluşumunu (liflerin büküm alışı ve pozisyonlarını) göstermektedir. Rotor n_R hızıyla dönerken eğrilmiş iplik de yiv içerisindeki havanın etkisiyle n_K hızıyla kendi ekseninde etrafında döner ve V_y hızıyla düşeden çekilir. İplik dönerek ilerlediği için düşede sonradan kaybolacak bir büküm oluşur. Bu büküm kaybolurken iplik üzerinden rotor yivine doğru büküm akışı olur. Bu akış, rotor yivi içerisindeki liflerin de bir miktar bükülmesine neden olur. Rotor yivindeki bu bükülmüş bölge, çevresel bükülmüş bölge (PTE) olarak bilinmekte olup uzunluğu L_E ile gösterilmiştir. Şekilde ayrıca tek lif uzunluğu L_F şeklinde değerlendirilmektedir. Bu uzunluğa bağlı olarak, eğilmemiş liflerin eğrilme ve iplik haline gelen lifler üzerine istenmeyen bir şekilde büküm alarak, iplik bölgelerini etkileyen, kemer lifi denilen sarımlar oluşur. Bu liflere sahip iplik görünümü, ring ve rotor ipliklerinin yapılarının birbirlerinden belirli

şekilde farklılık göstermesinde belirleyici bir parametre olarak dikkati çeker. Rotor yivinde lif dağılımında önemli görülen diğer bölge ve büyüklükler şekil üzerinde tanımlanmıştır.



Şekil 4.8. Rotor Yivine Lif Dağılımı ve İplik Oluşumu (Koç, Lawrence, 2000)

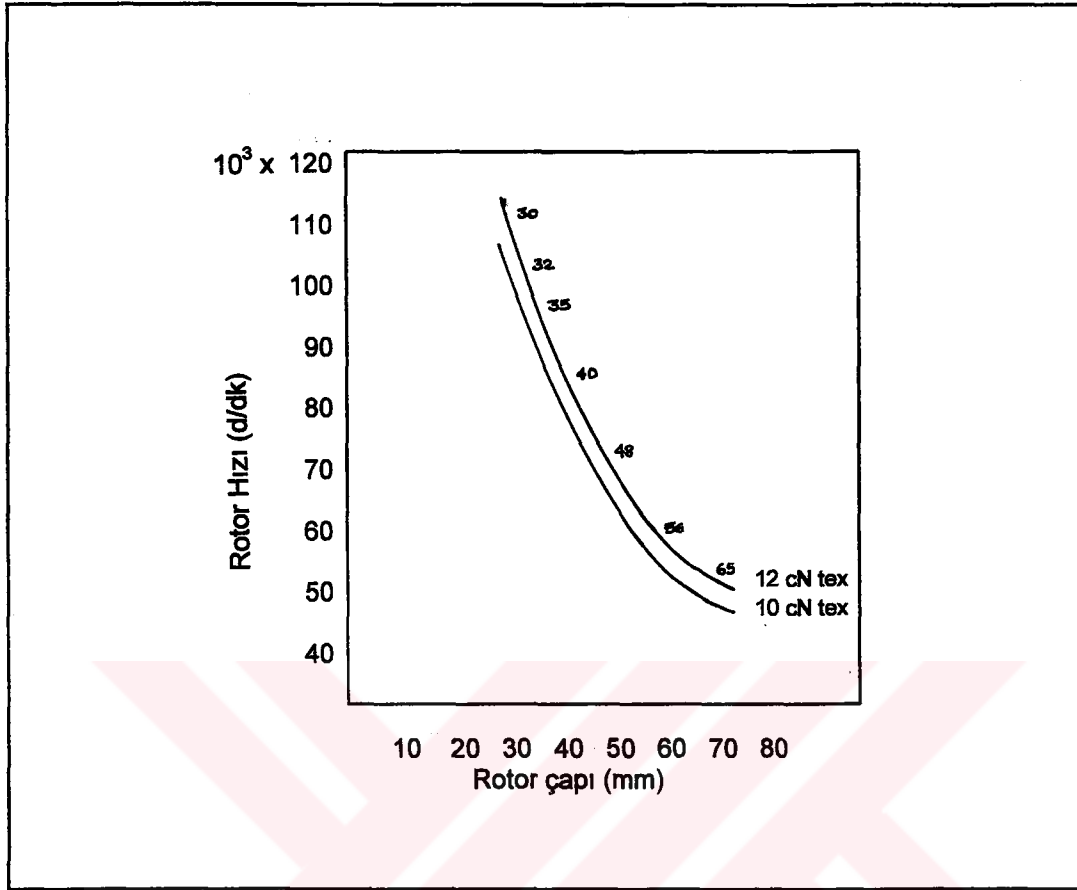
Üretilen ipliğin kalitesi ile sistemin performansı üzerinde rotor hızı ve çapının büyük etkisi vardır. Rotor hızı ve çapı üretilen iplik numarasına göre seçilir. Rotor hızının iplik numarası ile değişimi değişik rotor çaplarına göre Şekil 4.9'dan görülebilir. Burada verilen 80 mm'lik rotor günümüzde kullanılmamaktadır. En yaygın kullanılan küçük boyutlu rotor 32 mm'lik rotor olup, numara aralığı 14-25 tex'dir. Rotor hız aralığı da her rotor çapı için değişkenlik göstermektedir. Şekilde 48 mm'lik bir rotor kullanıldığında rotor hızının 45000-65000 d/dk arasında olduğu ve bu çapta bir rotor ile 20-100 tex arasında iplik üretilbildiği görülmektedir.



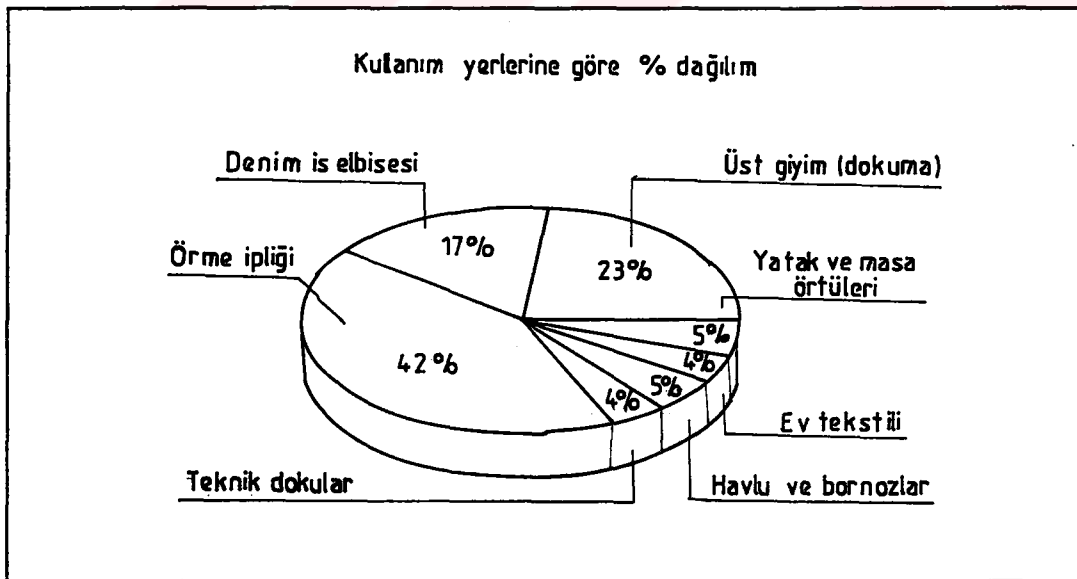
Şekil 4.9. Rotor Hızı ve Çapının İplik Numarasına göre Seçimi (Klein, 1993)

Rotor çapı, rotor hızını kısıtlayıcı bir parametre durumundadır. Rotor hızı ile rotor çapı arasındaki değişim Şekil 4.10'da verilmiştir. Şekilde verilen iki eğri, değişik mukavemet (cN/tex) değerlerini göstermektedir. Rotor çapları eğriler üzerine taşınmıştır. Şekilden rotor büyüdükçe rotor hızının azaldığı görülmektedir. İplik mukavemeti azaldıkça rotor hızında da bir miktar azalma olmaktadır. 32 mm çaplı bir rotor ile mukavemeti 10 cN/tex olan ipliğin üretiminde rotor hızı 102000 d/dk olmakta, aynı rotor ile 12 cN/tex mukavemetinde bir iplik üretiminde ise rotor hızı 110000 d/dk 'ya çıkmaktadır.

Rotor iplikçiliği ile üretilen ipliklerin kullanım alanları ise Şekil 4.11'den incelenebilir. Şekilden, bu tip ipliklerin en fazla kullanıldığı alanların %42 oranında örme, %23 oranında dokuma ve %17 oranında denim olduğu, daha az oranda teknik dokular ve ev tekstili (%4 oranında) ile havlu ve yatak-masa örtüsü (%5 oranında) alanlarında kullanıldığı görülmektedir. Rotor ipliklerinin tercih edildiği bazı eşyalar, spor giysiler, gömlek ve iç giyim ürünleri ile döşemelik ve iş elbisesi vb. şeklindedir.



Şekil 4.10. Rotor Hızı ve Rotor Çapı İlişkisi (Klein,1993)



Şekil 4.11. Rotor İpliklerinin Kullanım Alanları (Steffes, 1996)

4.2.2.1. Rotor İplikçiliğinde Üretim Parametreleri

Rotor iplik eğirme sisteminin performansının belirlenebilmesi için sisteme ait üretim parametrelerinin bilinmesi gerekmektedir. Burada rotor eğirme için büküm, iplik üretim hızı, teorik ve fiili üretim ile sistemin verimi tanımlanmıştır.

Büküm, rotor hızıyla doğru orantılı bir parametre olup,

$$\text{Büküm} = \frac{\text{Rotor Hızı [d/dk]}}{\text{İplik Üretim Hızı [m/dk]}} \quad (4.8)$$

olarak verilebilir. Bu ifade,

$$T_m = \frac{n_R}{L} \quad (4.9)$$

şeklinde yazılabilir. Bu ifade rotor iplik üretiminde verilecek büküm ve seçilecek hız için önem taşımaktadır. Burada T_m , metrik sistemde büküm sayısı (tur/m), n_R , rotor hızı (d/dk) ve L , iplik üretim hızı (m/dk) dır. Büküm ile iplik numarası arasında,

$$T_m = \alpha_m \sqrt{Nm} \quad (4.10)$$

şeklinde bir bağıntı bulunmaktadır. Burada α_m , büküm katsayısı ve Nm , metrik iplik numarasıdır.

Bir rotor iplik makinesinde iplik üretim hızı m/saat cinsinden, yukarıda verilen ifadenin düzenlenmesiyle

$$L = \frac{n_R}{\alpha_m \sqrt{Nm}} 60 \quad (4.11)$$

eşitliğinden hesaplanabilmektedir. İplik üretim miktarı rotor makinesinin kapasitesinin belirlenmesinde önemli bir büyüklüktür. Sistemde bir rotora düşen teorik üretim kg/saat cinsinden

$$T\ddot{U}_R = \frac{(n_R) (\ddot{U}S) (RS)}{\alpha_m \sqrt{Nm}} \quad (4.12)$$

eşitliği ile verilmiştir. Burada $T\dot{U}_R$ rotor makinesinin teorik üretimi (kg/saat), $\dot{U}_S$, üretim süresi (saat), RS , rotor sayısıdır. Teorik üretim eşitliğinden de görüldüğü üzere üretim miktarı üretilen ipliğin numarasına göre değişim göstermektedir. Rotor makinesinin teorik üretimi için bir başka eşitlik,

$$T\dot{U}_R = \frac{0.0006 n_R T_t^{3/2}}{\alpha_{tex}} \quad (4.13)$$

şeklinde verilebilir (Nield, 1975). Burada, T_t , tex sistemde iplik numarası, α_{tex} , tex sistemde büküm katsayısıdır. Birim zamandaki üretim miktarı bir makinenin kapasitesinin belirlenmesinde önem taşımaktadır. Ancak işletmelerde hesaplanan üretim ile gerçekleşen üretim (fiili üretim) arasında farklar görülebilmektedir. Bir rotor makinesinde verimin hesaplanabilmesi için fiili üretimin de bilinmesi gerekmektedir. Fiili üretim (kg) ise üretim sonunda işletmede tartım ile belirlenmektedir. Rotor iplik makinesinde % verim,

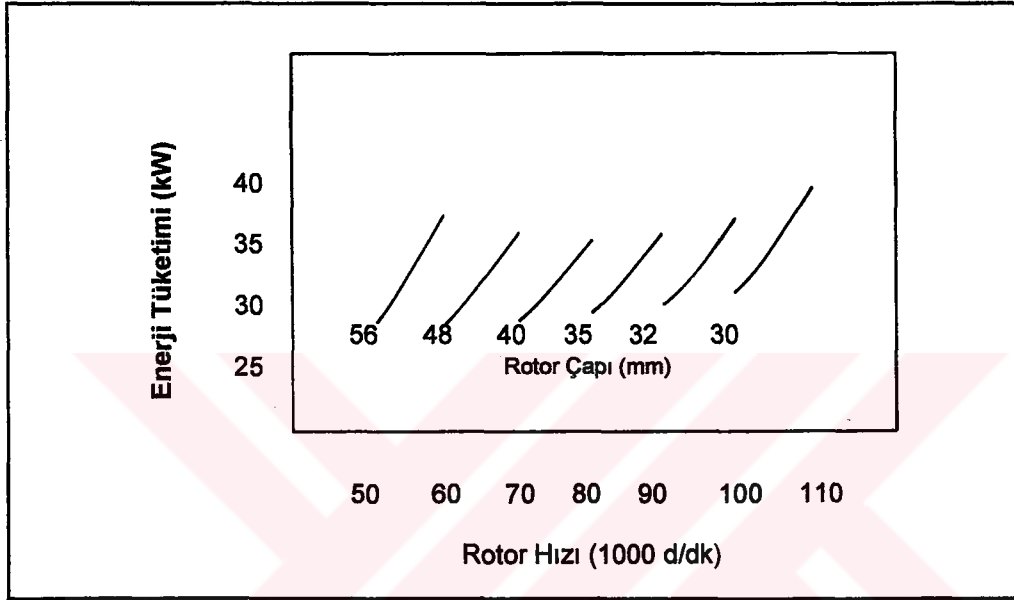
$$\eta_{Rot} = \frac{F\dot{U}_{Rot} Ne_{fiili}}{T\dot{U}_{Rot} Ne_{teo}} 100 \quad (4.14)$$

olarak değerlendirilebilir. Burada geçen Ne_{fiili} , iplik üretildikten sonra kalite-kontrol laboratuvarında büküm testi ile tespit edilen iplik numarası, Ne_{teo} ise teorik olarak üretilmek istenen iplik numarasıdır. η_{Rot} rotor makinesinin verimi olup genel olarak %90..99 arasında değişmektedir.

4.2.3. Rotor İplik Makinesinde Enerji Kullanımı

Rotor iplikçiliğinde de enerji önemli bir maliyet faktörüdür. Rotor hızı (d/dk) ile tüketilen enerji (kW) arasındaki değişim, değişik rotor çapları için incelendiğinde rotor hızı arttıkça tüketilen enerjinin de arttığı görülmektedir (şekil 4.12). Sabit rotor hızında rotor çapı artırıldığında yine rotorun daha fazla enerji harcadığı

söylenebilmektedir. Şekilde, 80000 d/dk'lık sabit rotor hızında, 40 mm'lik rotorun tükettiği enerjinin, 35 mm'lik rotorun tükettiği enerjiden daha fazla olduğu, 30 mm çaplı bir rotor, 100000 d/dk'lık hızda 30 kW'lık enerji tüketirken, rotor hızının 110000 d/dk'ya çıkartılması halinde ise enerji tüketiminin 40 kW'a ulaştığı görülmektedir.



Şekil 4.12. Rotor Hızı ile Tüketilen Enerji Değişimi (Klein,1993)

Rotor iplik makinesinde tüketilen enerji miktarını, rotor hızı ve rotor çapı belirler. Kullanılan rotor tipi ve seçilen rotor hızı iplik numarası ile ilişkilidir. Bu nedenle tüketilen enerjinin miktarının iplik numarasına da bağlı olduğunun bilinmesi gerekmektedir. Rotor makinesinde tüketilen enerji P_{Rot} ,

$$P_{Rot} = 7.4 n_R^{2.5} D_R^{3.8} 10^{-6} \quad (4.15)$$

formülü ile hesaplanabilmektedir (SAGEM,1985). Burada, P_{Rot} , bir rotorda tüketilen enerji (W/rotor) n_R , rotor hızı (1000 d/dk), D_R , rotor çapı (mm) şeklindedir. Enerji tüketimi bir örnekle açıklanabilir: 65 mm çapında bir rotor 30 000 d/dk hızla döndüğünde 45 W'lık enerji tüketmektedir. Bir ünite 100 rotor olduğu düşünüldüğünde enerji tüketimi 4.5 kW olarak gerçekleşmektedir.

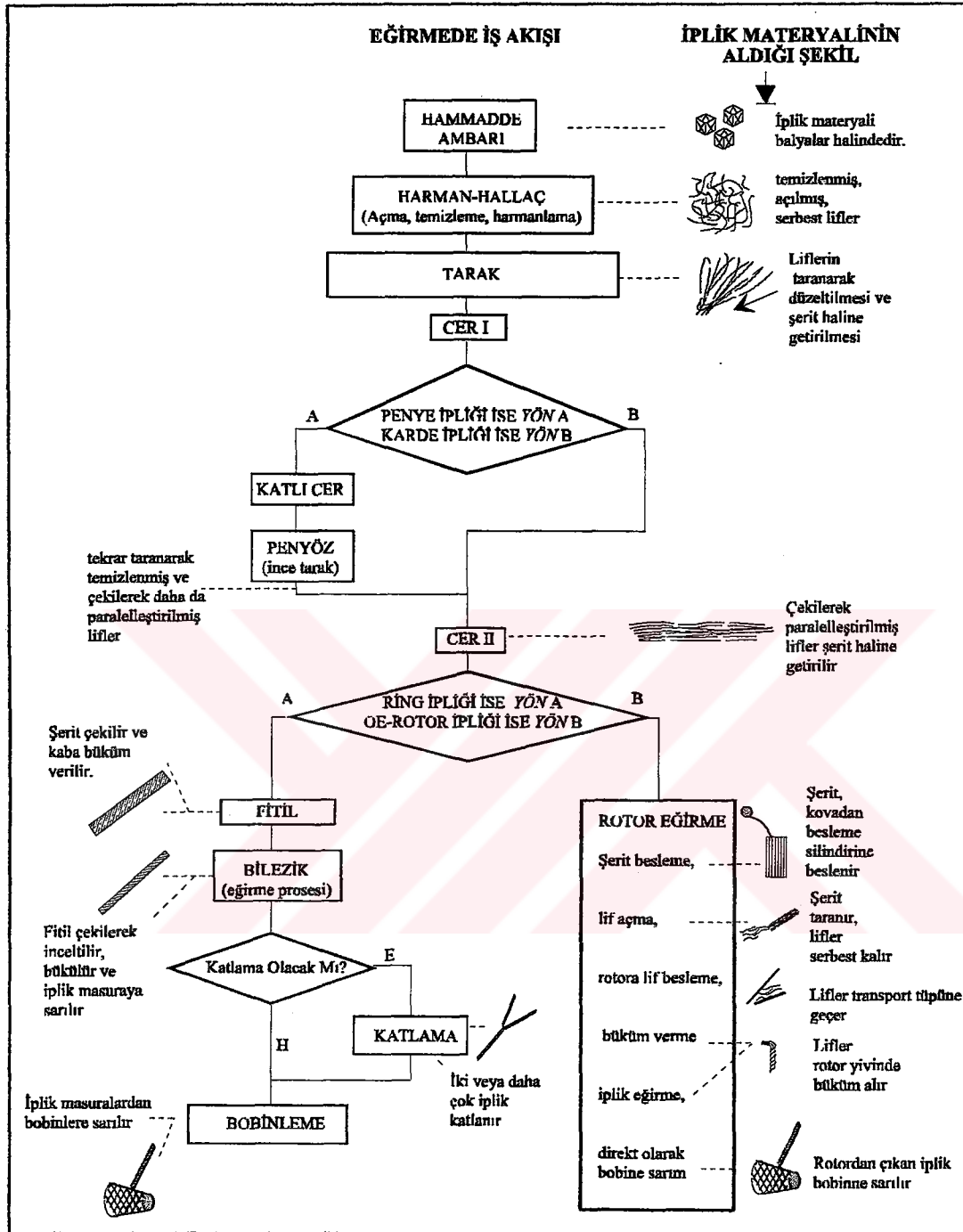
4.2.3. Ring ve Rotor İplik Eğirme Sistemlerinin Karşılaştırılması

Son yıllarda Open-End eğirme teknolojisine yapılan yatırım bütün dünya ülkeleri sıralamasında ülkemizin ilk sıraya yerleşmesine neden olmuştur. Ring eğirme iplikleri çok geniş numara aralığına ve diğer sistemlerden daha büyük mukavemet değerine sahip olduklarından her zaman tercih edilen ipliklerdir. OE rotor ipliklerinin iplik numara aralığı ring kadar geniş olmayıp, iplik mukavemeti ring ipliğinden daha azdır. Bu iki kısıt kullanıcıyı ring ile OE rotor sistemi arasında tercih konusunda yönlendirmektedir.

Ring sistemin OE sisteme göre üstünlüklerinin yanı sıra dezavantajları da vardır. Bunlar, ring sistemde OE sisteme göre iki işlem kademesinin fazla oluşu (işletmede maliyet ve fiziki alan kaybı, gürültünün artması, problem kademesinde artış vb. olumsuzluklara neden olmaktadır), eğirme hızının düşük olması (dolayısıyla birim zamandaki iplik üretim miktarının az oluşu), iplik yüzey düzgünlüğünün OE ipliğinden daha kötü oluşu vb. şeklinde sayılabilir. Ayrıca ring sistemde gereken fiziki alanın OE sistemdekinden daha fazla olması, enerji ve maliyet açısından önemli olan olumsuzluklardır. Burada öncelikle sistemler eğirme bölümündeki ana prosesler açısından sonra performansları açısından ve en son olarak da iplik özellikleri açısından karşılaştırılacaktır. Bu karşılaştırmalar çalışmanın temelini oluşturmadıklarından özet halinde verilmektedir.

4.2.3.1. Eğirme Proseslerinin Karşılaştırılması

Şekil 4.13, eğirmede iş akışını ring ve open-end rotor eğirme sistemleri için karşılaştırmalı olarak göstermektedir. Bu proses akışı pamuk ipliği için verilmiş olup diğer iplik materyalleri için değişkenlik gösterebilmektedir. Her iki eğirme sisteminde eğirme öncesi hazırlık aşamaları aynıdır. Ancak OE-rotor iplikçiliğinde ring sistemdeki gibi fitil ve ayrıca bir bobinleme prosesi bulunmamaktadır.



Şekil 4.13. İplik Eğirmede İş Akışı

Eğirmede karşılaşılan üç ana proses liflerin şerit halinde beslenmesi, büküm verme ve iplik oluşumu ile bobinleme şeklindedir. Bu bölümde ring ve OE-rotor eğirme sistemlerinin karşılaştırması bu üç ana prosese yapılacaktır. Bu işlemler Çizelge 4.3, Çizelge 4.4. ve Çizelge 4.5'de arka arkaya verilmiştir. Çizelgeler sırası ile şerit çekimi, büküm alma ve ipliğin şekillenmesi ile bobinleme proseslerine ait prensibi ve sistemlerin o açıdan avantaj ve dezavantajlarını göstermektedir. Böylece hem sistemler bu işlemler açısından incelenebilmekte hem de karşılaştırılabilmektedir. Çizelgelerin içeriği geniş tutulduğu için ayrıca bir açıklamaya gerek duyulmamıştır.

Çizelge 4.3. Şerit Çekimi Açısından Karşılaştırma (Rohlana, 1975)

<i>Eğirme Sistemi</i>	<i>Ring Eğirme</i>	<i>Open-end Eğirme</i>
<i>Çekim</i>	Silindirlerle çekim	Liflerin taramayla açılması
<i>Avantajları</i>	– Liflerin yüksek paralellliği	– Kusursuz lif açma – Yüksek çekim – Lif akışında iyi düzenlilik – Temizleme ve bakımda kolaylık – Makine parça sayısının az olması – Büyük şerit ambalajı, kaba şerit – Hız tertibatları olmadan daha kolay şerit hazırlama
<i>Dezavantajları</i>	– Düşük çekim – Kısa zaman düzgünlüğü, düzgün olamayan görünüm – Zor bakım ve temizlik – Karmaşık makine parça sayısının fazlalığı – Zor montaj – Fitol bobinlemede düşük ağırlık, İnce fitil numarası – Zahmetli fitil hazırlama – Fitol kalitesinin çekimi etkilemesi – Performans potansiyel olarak artırılmaz – Apronlar veya silindirler üzerine ara sıra lif yalamaları – Çekim tertibatının periyodik temizliğinde zaman kayıpları	– Lif türlerinde metalik kaplama izlenmelidir – Tarama silindirleri üzerinde ara sıra elyaf yalamaları olması – Taramayla kötüleşen elyaf düzlüğü ve paralellliği

Çizelge 4.4. Büküm Alma ve İpliğin Şekillenmesi (Rohlena, 1975)

<i>Eğirme Sistemi</i>	<i>Ring Eğirme</i>	<i>Open-end Eğirme</i>
Büküm verme iplik oluşumu	Fitilin inceltilecek çekilmesi ve dönen iğ etrafındaki bilezik-kopça ikilisi ile bükülerek masuraya sarılması	Dönen rotor içerisine liflerin gönderilmesi ve çekim tüpünden geçirilerek sarılması
Avantajları	– Lif paralelliğine bağlı olarak yüksek iplik mukavemeti – İplikteki lif mukavemetinin çok yüksek olması – Bükümle değişen iplik karakteristikleri	– Yüksek iplik aşınma direnci – İpliğin yüksek hacimliliği – İpliğin yüksek uzayabilirliği – Aynı bükümlü ipliğin örgü, çözgü ve atkı amaçlı kullanılabilir olması – Performansın potansiyelinin artırılabilir olması – Rotorda yüksek lif toplanması – İplikte üniform lif gerilimi – Dokumada yüksek üniformite – Küçük dönüş ağırlığında az güç tüketimi
Dezavantajları	– Performansın artırılmaması – Bobin ağırlığı sınırlıdır – Yüksek ve değişken bobin ağırlığı – Yüksek güç tüketimi – Dokumada düzgün olmayan iplik – Düşük iplik esnekliği	– Daha yüksek büküm – Azalan iplik mukavemeti – İplikteki lif mukavemetindeki artışın daha düşük olması

Çizelge 4.5. Bobinleme Prosesi (Rohlena, 1975)

<i>Eğirme Sistemi</i>	<i>Ring Eğirme</i>	<i>Open-end Eğirme</i>
Bobinleme	İplik küçük masuralara sarılır, masuralar bobinleme dairesinde büyük bobinlere sarılır	Üretilen iplik makinede direkt olarak bobine sarılır
Avantajları	İplik masuraları çözgüde yeniden sarılmaksızın kullanılabilir	– Silindir şeklindeki bobin ileride yeniden sarılmadan işlenebilir – Büyük bobin ağırlığı – Makine çalışırken bobin çıkarma – Bobin ağırlığında potansiyel artış
Dezavantajları	– Küçük bobin ağırlığı – İlerideki prosesler için yeniden sarım gerekli	-

4.2.3.2. İplik Özelliklerinin Karşılaştırılması

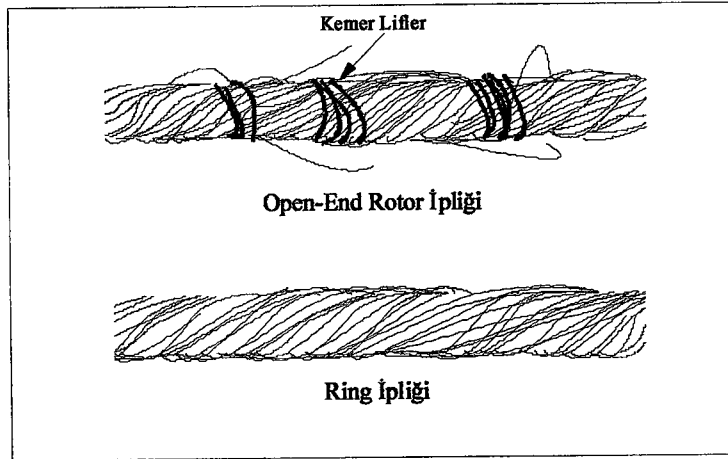
Ring ve OE-rotor iplik üretim sistemleri iplik özellikleri açısından da farklılıklar göstermektedir. Bu konuda da her iki sistem için avantaj ve dezavantajlar bulunmaktadır. Burada bilinen iplik özellikleri açısından söz konusu sistemler kısaca karşılaştırılacaktır. İplik parametreleri, kesitteki lif sayısı, iplik yapısı ve iplik özellikleri şeklinde aşağıda verilmiştir.

- a. **Kesitteki lif sayısı** : Kesitteki lif sayısı ipliğin yapısını eğirebilirliğini etkileyen önemli bir faktördür. Değişik sistemler için bu özellik Çizelge 4.6.'da verilmiştir. Burada bir değerlendirme yapılabilmesi açısından dünyada yaygın olarak kullanılan diğer eğirme sistemlerine ait verilere de yer verilmiştir.

Çizelge 4.6. Eğirme Sistemleri ve İplik Kesitindeki Lif Sayısı (Klein,1993)

Eğirme Sistemi	Kesitteki Lif Sayısı (adet)	
	En az	En fazla
Ring ipliği : penye	35	60
karde	80	100
Open-end rotor	90	120
Open-end friction	100	120
Filament-sarma	40	50
Murata hava jetli	80	100

- b. **İplik yapısı** : Ring ve rotor sistemle eğrilen iplikler yapı olarak farklılıklar göstermektedir. Bu yapısal farklılık Şekil 4.14'den görülebilmektedir. Ring ipliği düzgün helisel bir bükümlülük gösterirken rotor ipliği, bükülmüş liflerin üzerine sarılmış, kemer görünümünde bir yapıya sahiptir.



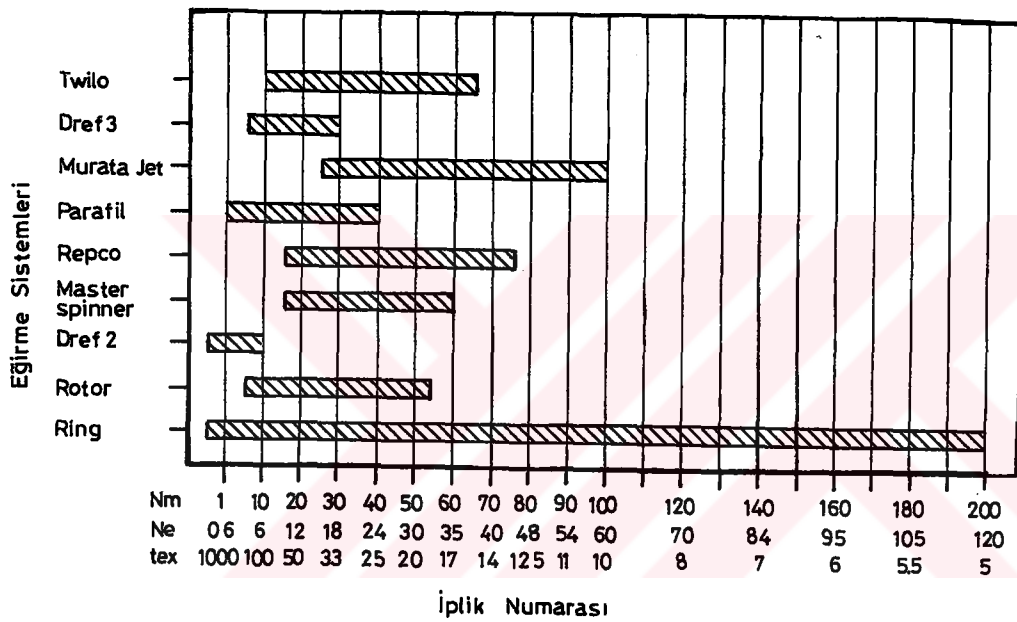
Şekil 4.14. Ring ve Rotor İplik Yüzey Formları (Koç ve Lawrence,2000)

- c. **İplik Özellikleri** : İplik özellikleri her sistem için değişiklik göstermektedir. Çizelge 4.7, OE-rotor sistemiyle üretilen ipliklerin özelliklerini ring ipliği ile karşılaştırmalı olarak vermektedir.

Çizelge 4.7. Rotor sistemiyle üretilen ipliklerin özellikleri (Koç ve Oğulata, 1999)

İplik Özellikleri	Ring ipliğine Göre
Üretim oranı -	3-3.5 kat fazla
İplik numarası aralığı (tex) -	20-60 (5-600 ring)
Büküm -	%10-15 daha fazla
Ortalama Mukavemet -	%15-20 daha düşük
Kopma mukavemeti (cN/tex) -	%20-30 daha düşük
Mukavemetteki değişim -	Az (daha az zayıf bölgeler)
Kopma uzaması (%) -	Suni liflerde %10 daha az, pamukluda benzer E değeri
Elastikiyet (uzanabilirlik) -	%10 daha fazla
Eğirmede kopuş -	%75 daha az
Düzgünlük -	%10-20 daha iyi
Numara değişimi -	Daha iyi
Görünüm -	Daha düzgün
Hacimlilik -	Özgül hacimde %10 artış
Yüzey formu -	Daha düzgün va daha kaygan
Tüyülülük -	%20-40 daha az
Temizlik -	Daha iyi
İplik düzensizliği (1/1000 m) -	%100 suni (sentetik) elyaf hariç dikkate değer ölçüde daha az
• Neps	
• İnce yer	
• Kalın yer	
İplik hataları -	%80 daha az
Aşınmaya karşı direnç -	%20-30 daha iyi
Boncuklanmaya yatkınlık -	Daha az hassas
Boya alabilme -	Daha iyi
Elyaf karışımı -	Çok daha iyi
İplik numara düzensizliği -	Pamukluda %1 CV daha iyi, suni elyafta %1 CV daha
CVm(%) (kütle değişimi)	Kötü
İplik çapı -	%10-15 daha büyük

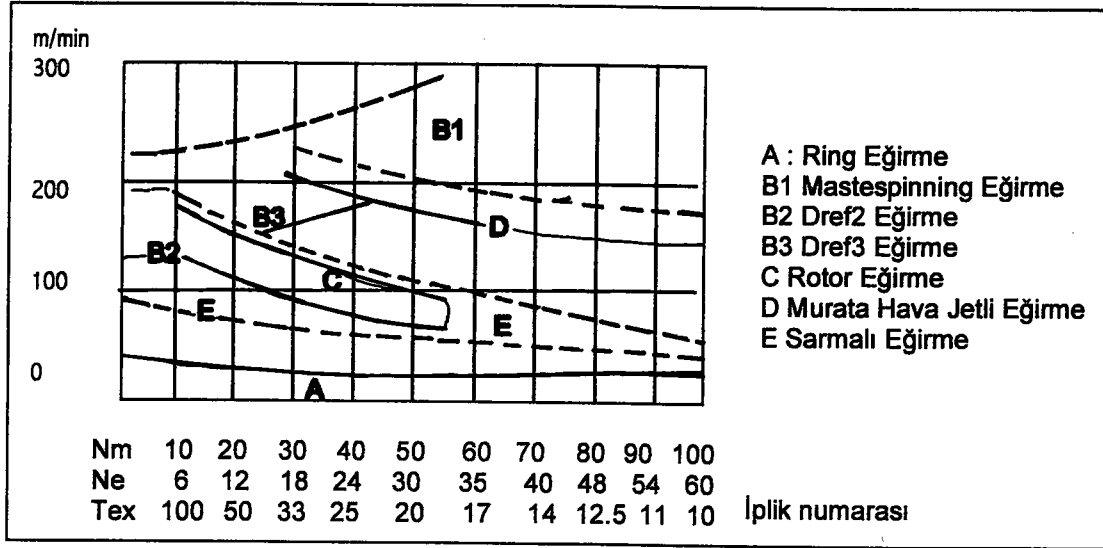
Şekil 4.15, ring ve OE-rotor eğirmede ve bilinen diğer iplik üretim sistemlerinde iplik numara aralığının dağılımı verilmiştir. Şekilde karşılaştırma olabilmesi açısından bugün kullanılan diğer iplik üretim sistemleri de verilmiştir. Şekil üzerindeki bölgeler bu iplik eğirme sistemlerine ait olup bu sistemler şekilde belirtilmiştir. Şeklin yatay eksenini oluşturan iplik numarası, ipliğin inceliğinin bir ölçüsü olup Nm, Ne ve tex gibi değişik numaralama sistemleri burada bir arada gösterilmiştir. Burada Ring sistemin geniş bir numara aralığına sahip olduğu rotor eğirmede ise aralığın Ne(5-33) şeklinde kısıtlı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.15. Ring ve Rotor İplikçiliğine İplik Numara Aralığı (Klein,1993)

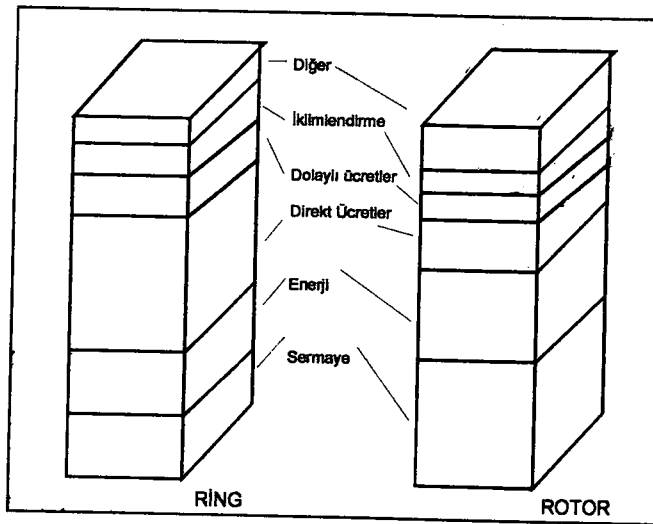
4.2.3.3. Ekonomik Olarak Karşılaştırılması

Ring ve OE-rotor iplik üretim sistemlerinde, iplik üretim hızı ve iplik numarası değişimi Şekil 4.16'de karşılaştırılmıştır. Şekilde diğer iplik üretim sistemleri de gösterilmiştir. A bölgesi ring iplikçiliğini, C bölgesi ise rotor iplikçiliğini göstermektedir. Ring sistemde iplik üretim hızının rotor sisteme göre düşük olduğu ve iplik numarasına göre pek değişkenlik göstermediği görülmektedir. Rotor iplikçiliğinde iplik üretim hızının yüksek olduğu Ne numara sistemine göre numara büyüdükçe bu hızın azaldığı gözlenmektedir.



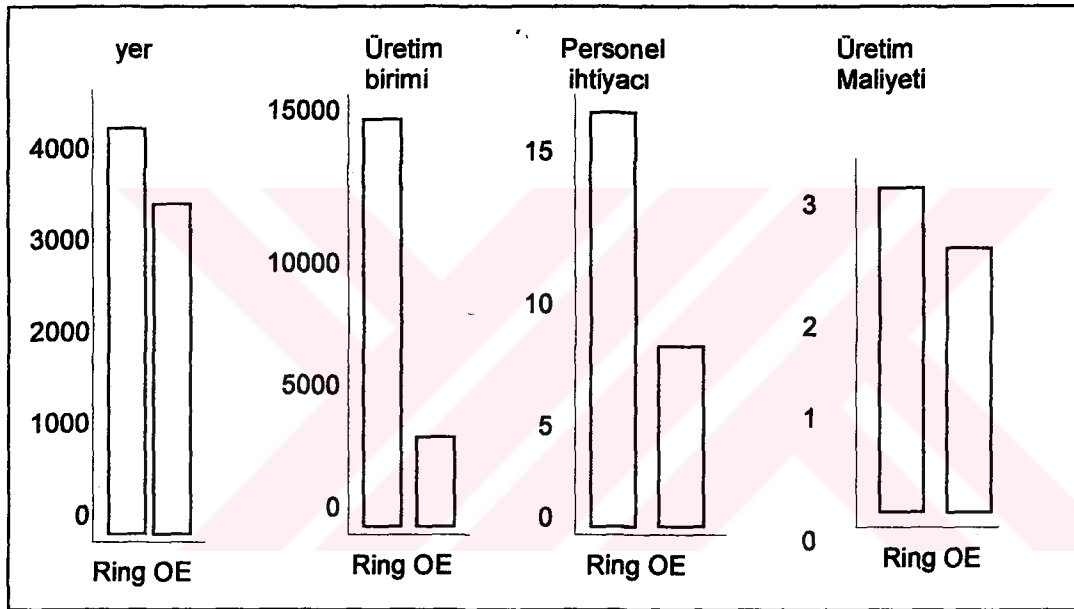
Şekil 4.16. Eğirme Sistemlerinin Performans Karşılaştırması (Klein,1993)

İplik üretiminde, maliyet unsurlarının oransal dağılımı ring ve OE-rotor eğirme için Şekil 4.17'de verilmiştir. Burada ring sistemde maliyet dağılımında işçiliğinin önemli yer kapladığı görülmektedir. Ring sistemde diğer önemli maliyet faktörleri enerji ve yatırım maliyetidir. Rotor iplikçiliğinde ise en fazla maliyet yatırım ve enerji faktörüne aittir. Rotor sistem otomasyona daha yakın bir sistem olduğundan işçilik maliyeti ilk sırada yer almamaktadır.



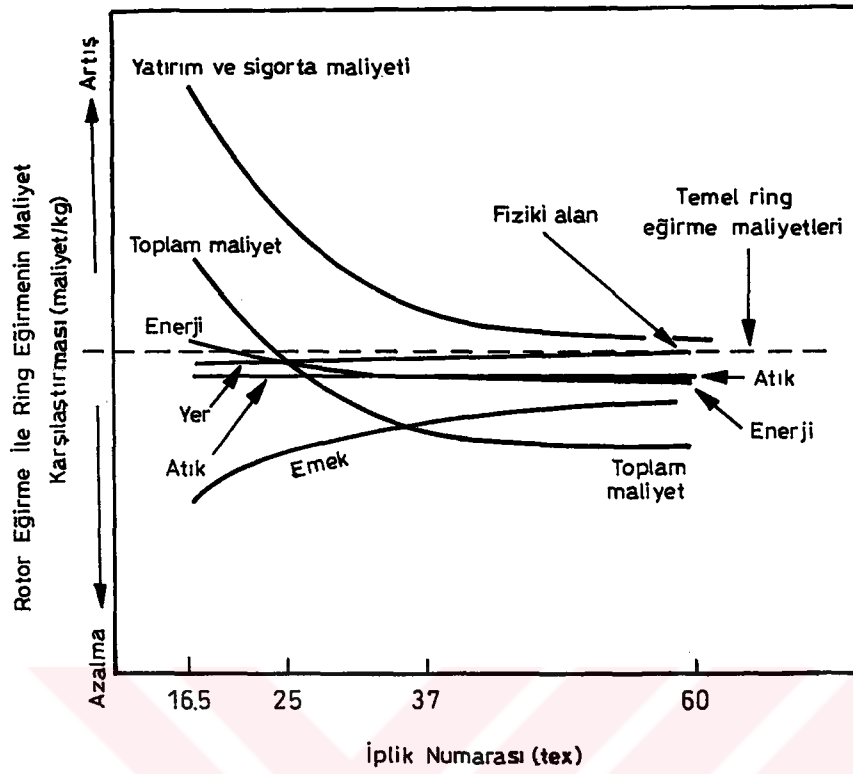
Şekil 4.17. İplik Üretiminde Maliyetler (Klein,1993)

Şekil 4.18, Ring ve rotor eğirmede önemli olan dört faktör üzerinde yapılan karşılaştırmayı şekil üzerinde göstermektedir. Bunlar, yer ihtiyacı (m^2), üretim birimleri (toplam), personel ihtiyacı ve üretim maliyetleri şeklindedir. Bir değerlendirme yapılırsa, ring sistemin yer, üretim birimi ve personel ihtiyacı rotor sisteminkinden daha fazladır. Üretim maliyeti açısından çok büyük bir fark olmamasına karşın ring sistemde üretim maliyetinin daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4.18. Ring ve Rotor Sistemlerinin Karşılaştırılması (Klein,1993)

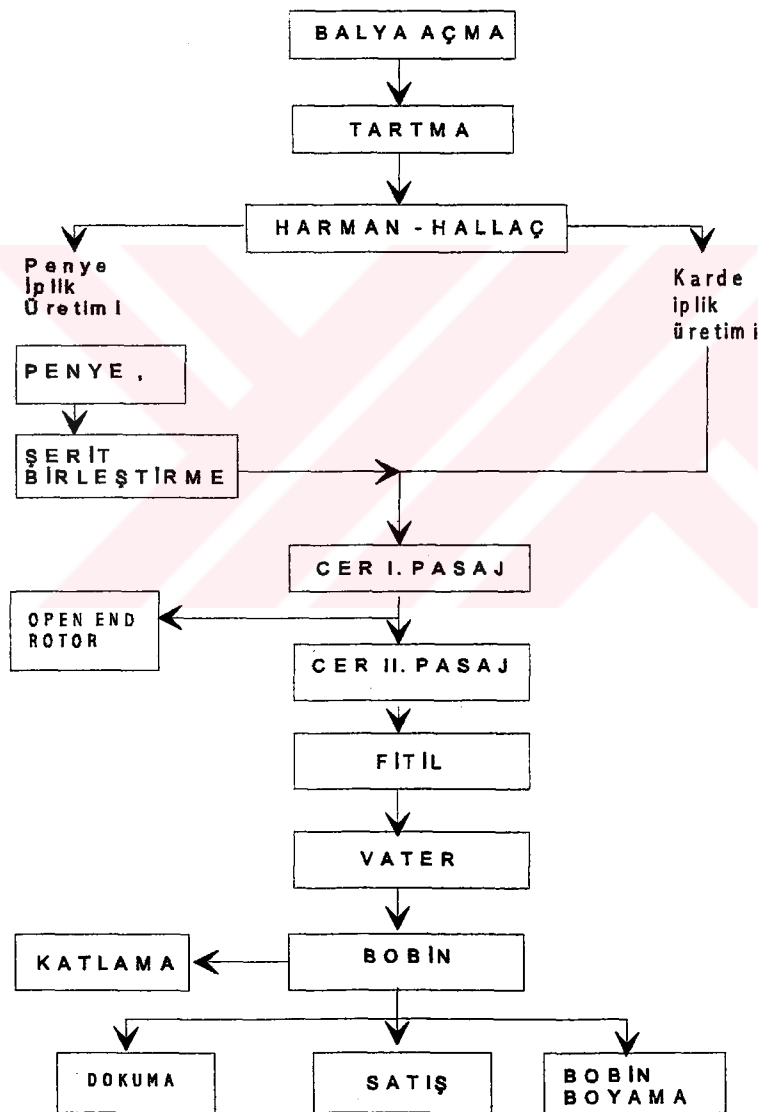
Her iki sistem için genel maliyet karşılaştırmaları için Şekil 4.19 incelenebilmektedir. Burada referans olarak ring iplikçiliği alınmıştır (yatay kesikli çizgi). Maliyet unsurları olarak yatırım ve sigorta, enerji, fiziki alan, atık ve işçilik ve bunların toplamı verilmiştir. Şekil incelendiğinde iplik inceldikçe rotor sistemde, yatırım ve sigorta maliyetinin, arttığı, işçilik, yer ve güç gibi maliyetlerin ise azaldığı söylenebilmektedir. Toplam maliyet incelendiğinde 25 tex 'den küçük iplik üretiminde rotor sistemin ring sisteme göre maliyetinin arttığı gözlenmektedir.



Şekil 4.19. Ring ve Rotor Eğirmede Genel Maliyet Karşılaştırması (Oxtoby, 1987)

5. İPLİK ÜRETİM SİSTEMİNLERİNDE ÜRETİM PLANLAMASI

Bir iplik işletmesinde bulunabilecek üretim aşamaları şekil 5.1 de görülmektedir. Burada balya-açma-tartma bölümünden sonra materyal harman hallaca gelmekte oradan sırasıyla tarak (varsa penye) cer (I. ve II. pasaj), fitil, ve vater aşamalarından geçmektedir. Eğer open end ipliği üretilecekse cerden sonra materyal open-end makinesine gönderilmektedir.



Şekil 5.1. Bir Konvansiyonel Pamuk İplik Üretim Sisteminde İş Akışı

5.1. İplik Üretim Öncesi İşlemler

Bu işlemler genel olarak, Harman-Hallaç, Tarak, Cer, Penye (istenirse), Fitol işlemleridir. Burada bu üretim aşamalarındaki makinelerin fonksiyonlarına kısaca değinilmiştir.

Harman -Hallaç Prosesi

Harman hallaç ünitesi açıcı ve temizleyici adı verilen bölümlerden oluşmaktadır. Açıcıların bulunduğu bölümde balyalardan yumak halinde kopartılan (elle veya yeni teknoloji otomatik toplayıcı ile) hammadde materyali (pamuk) tek tek liflere ayrılarak başka balyalardan gelen liflerle karıştırılır. Böylece iyi bir harmanlama (karışım) sağlanır. Temizleyicilerin bulunduğu bölümde materyalin içerisinde bulunan yabancı maddeler temizlenir. Makinenin çıkışında açılmış ve temizlenmiş pamuk “vatka” olarak elde edilir. Makine çıkışında materyal direk olarak da havayla taşınarak tarak makinesine beslenebilmektedir.

Tarak Prosesi

Harman-hallaçtan çıkan temizlenmiş ve karıştırılmış iplik materyali ya direkt beslemeli olarak (bu durumda havayla sıkıştırılarak vatka haline getirilir) vatka halinde tarak makinesine beslenir. Burada amaç, materyalin taranarak daha iyi temizlenmesini sağlamaktır. İplik hazırlık makineleri içerisinde tarak en önemli üretim aşamasıdır. İyi taranmamış pamuktan düzgün ve kaliteli iplik yapmak çok zordur. Vatka halinde veya direkt olarak temizlenmiş pamuk halinde tarağa beslenen materyal tarak makinesinden şerit halinde çıkar ve kovalara beslenir.

Penye Prosesi

Karde ipliğinden daha ince ve daha düzgün iplik yapılması istendiğinde materyal (pamuk) “penyöz (ince tarak)” adı verilen makineye beslenir. Penye hattında şerit birleştirme, vatkalı cer, ince tarak aşamaları bulunur. Burada materyal taranarak kısa boylu liflerden temizlenmiş olur.

Cer (Çekim) Ünitesi

Tarak veya penye makinesinden çıkan şeritler normal olarak düzgün olmadıkları gibi lifler de tam paralel olarak sıralanmamışlardır. Eğirme sırasında ipliğin kalite özelliklerinin iyi olabilmesi için liflerin paralelliği önemlidir. Cer makinelerinde birden fazla şerit katlanarak düzgünlüğü ve çekilerek liflerin paralelliği sağlanır. Makineden cer şeridi bir kovada toplanır. Liflerin paralelliğinde optimumu elde etmek için işletmelerde genellikle bu işlem iki aşamada yapılır. Bunlara I. Pasaj ve II. pasaj cer denilmektedir. Çekim işlemi daha kaliteli iplikler için IV. pasaja kadar yapılabilmektedir.

Fitil

Fitil makinesine giren cer şeridine çekim uygulanır ve bir sonraki işlemde (vater ünitesi) kopmayacak şekilde hafif büküm verilerek istenen inceliğe (numaraya) getirilerek fitil elde edilir. Bu, iplik üretimi öncesi son aşamadır.

5.2. Bir İplik İşletmesinde Üretim Planlaması

5.2.1. Proses Aşamaları (İş İstasyonları)

İş istasyonları şekil 5.1'de verilen istasyonlar olup burada sadece çizelge 5.1.'de verilen prosesler dikkate alınmıştır. Çizelgede proseslerin aylık çalışma süresi, verimi ve telef oranları verilmiştir. Burada telef oranı, prosese giren materyal miktarı ile procesten çıkıştaki miktarının farkının yüzde olarak ifadesi olup procesteki birim materyal kaybının bir ölçüsüdür. Verim, ise proseslerdeki çalışma süresi dikkate alınarak verilmiş bir parametredir. Son sütunda verilen maksimum çalışma süresi, bu verim ifadesinin değerlendirilmesi ile hesaplanmaktadır. Makinelerin verimi ve telef oranları her proses için belirlenmiştir. Telef oranları kullanılan hammaddeye göre değişkenlik de gösterebilmektedir.

Çizelge 5.1. İplik İşletmesinde Prosesler ve Çalışma Süreleri (λ_j)

Proses No, j	Proses Adı	Telef Oranı (%)	Verim (%)	Plan döneminde Maksimum Çalışma Süresi (saat/plan-dönem)
1	Harman - Hallaç	$\emptyset_1$	η_1	λ_1
2	Tarak	$\emptyset_2$	η_2	λ_2
3	Penye	$\emptyset_3$	η_3	λ_3
4	Şerit Birleştirme	$\emptyset_4$	η_4	λ_4
5	Cer I. Pasaj	$\emptyset_5$	η_5	λ_5
6	Cer II. Pasaj	$\emptyset_6$	η_6	λ_6
7	Fitil	$\emptyset_7$	η_7	λ_7
8	Vater	$\emptyset_8$	η_8	λ_8
9	Open-End	$\emptyset_9$	η_9	λ_9

5.2.2. İş İstasyonlarının Üretim Kapasiteleri

Üretim sisteminin kapasitesi işletmenin rekabet sınırlarını belirtmektedir. Kapasite yetersiz olduğunda işletme tüketici isteklerini zamanında karşılayamayacağı için pazardaki payını ve gücünü zamanla kaybedecektir. Kapasite için kısaca belirli bir zaman dilimi içindeki üretilebilecek üretim miktarı kavramı kullanılır.

İşletmeler kapasite belirlerken kapasiteyi etkileyen bazı dış ve iç faktörler bulunur. Dış faktörler olarak işgücü, güvenlik ve çevre kirlenmesiyle ilgili hükümet kararları sayılabilir. İç faktörler ise ürün tasarımı, personel eğitimi, motivasyon, öğrenme, iş yöntemleri, tesis yerleşimi, iş akışı, bakım, malzeme yönetimi, kalite kontrol sistemleri ve yönetim politikalarıdır.

İplik işletmesinde bulunan makinelerin her birinin üretim kapasitesi belirlidir. Tekstil sektöründe iplik prosesinde kullanılan makinelerin üretim kapasitesi üretilecek ipliğin numarasına göre değişkenlik göstermektedir. Çizelge 5.2. proseslerin bir üretim periyodundaki (gün, hafta, ay, dönem, yıl vb.) üretim kapasitelerini miktar bazında vermektedir. Çizelgede ürün çeşidinden kastedilen (N_{ei} , $i=1...n$), farklı numaraya sahip ipliklerdir. Ancak, değişik üretim sisteminde üretilen veya değişik hammadde kullanılan aynı numaraya sahip iplikler de ayrı birer çeşit olarak düşünülmektedir. Burada bir iplik işletmesinin üretim planında n adet iplik çeşidinin üretiminin istendiği düşünülmüştür.

Proseslerle ilgili olarak üretim hesapları iplik çeşidine göre farklılık göstereceği gibi işletmelerde bulunan değişik firmalar tarafından üretilen makinelere göre de değişkenlik göstermektedir. Genelde makinelerin üretim hesaplarında ele alınan kriterler belirli olup işletmeye göre bu kriterler değerlendirilir her işletme için makine üretim kapasitesi formülleri geliştirilebilmektedir. Çizelgede her iplik çeşidi için prosesin üretim kapasitesi K_{ji} (kg/saat, $j=1...m$, $i=1...n$, m :proses sayısı; n :ürün çeşidi sayısı) olarak belirtilmiştir. Herhangi bir t üretim periyodu için bu ifade K_{tij} olacaktır.

Çizelge 5.2. İplik İşletmesinde Prosesler ve Çalışma Kapasiteleri

Proses No j	Proses Adı	Ürün Çeşidine Göre Herhangi bir t Periyodunda Çalışma Kapasitesi (kg/saat-periyot)				
		Ne_1	Ne_2	Ne_3	.....	Ne_n
1	Harman-Hallaç	K_{t11}	K_{t12}	K_{t13}	.....	K_{t1n}
2	Penye	K_{t21}	K_{t22}	K_{t23}	.....	K_{t2n}
3	Şerit Birleştirme	K_{t31}	K_{t32}	K_{t33}	.....	K_{t3n}
4	Tarak	K_{t41}	K_{t42}	K_{t43}	.....	K_{t4n}
5	Cer I. Pasaj	K_{t51}	K_{t52}	K_{t53}	.....	K_{t5n}
6	Cer II. Pasaj	K_{t61}	K_{t62}	K_{t63}	.....	K_{t6n}
7	FİTİL	K_{t71}	K_{t72}	K_{t73}	.....	K_{t7n}
8	Vater	K_{t81}	K_{t82}	K_{t83}	.....	K_{t8n}
9	Open-End	K_{t91}	K_{t92}	K_{t93}	.....	K_{t9n}

Proseste birim iplik üretimi için geçen süre için çizelge 5.3'de gösterilmiştir. Çizelgede herhangi bir t üretim periyodunda, proseste birim iplik üretiminde geçen sürenin her iplik çeşidi için farklı olabileceği düşünülmüştür. Birim üretim süresi, çizelgede Z_{ji} (kg/saat, $j=1....m$, $i=1.....n$, m:proses sayısı; n:ürün çeşidi sayısı) olarak gösterilmiştir. Herhangi bir t periyodunda bu süre bakım vs gibi işlemlerden dolayı değişebileceğinden zaman faktörü de değerlendirilebilir. Bu durumda Z_{tji} olacaktır.

Çizelge 5.3. İplik İşletmesinde Birim Üretim için Proseste Geçen Süre (saat/kg)

Proses No j	Proses Adı	Birim Üretimde Proseste Geçen Süre (Z_{ji}) (saat/kg)				
		Ne_1	Ne_2	..	Ne_i	Ne_n
1	Harman-Hallaç	Z_{t11}	Z_{t12}	..	Z_{t1i}	Z_{t1n}
2	Penye	Z_{t21}	Z_{t22}	..	Z_{t2i}	Z_{t2n}
3	Şerit Birleştirme	Z_{t31}	Z_{t32}	..	Z_{t3i}	Z_{t3n}
4	Tarak	Z_{t41}	Z_{t42}	..	Z_{t4i}	Z_{t4n}
5	Cer I. Pasaj	Z_{t51}	Z_{t52}	..	Z_{t5i}	Z_{t5n}
6	Cer II. Pasaj	Z_{t61}	Z_{t62}	..	Z_{t6i}	Z_{t6n}
7	FİTİL	Z_{t71}	Z_{t72}	..	Z_{t7i}	Z_{t7n}
8	Vater	Z_{t81}	Z_{t82}	..	Z_{t8i}	Z_{t8n}
9	Open End	Z_{t91}	Z_{t92}	..	Z_{t9i}	Z_{t9n}

Burada verilen birim üretim süresi prodesteki telef oranı dikkate alınarak hesaplanabilmektedir. Son proses olarak vaterden veya rotordan üretilmiş 1 kg iplik elde etmek için 1. prosese girmesi gereken hammadde miktarı bulunmalıdır. Bu miktar oransal olarak elde edilip proseslerin üretim kapasiteleriyle birlikte değerlendirildiğinde hesaplanabilmektedir. Bu işlemler karde ring iplik üretimi için düşünüldüğünde (penye ve şerit birleştirme atlanarak) burada 8. prodesten başlayarak adım adım yapılmıştır. Prodeste geçen süre (Z_{tji}),

$$Z_{tji} = \frac{Q_j}{K_{tji}} \left[\frac{\text{saat}}{\text{kg}} \right] \quad j = 1 \dots m, \quad (5.1)$$

olarak ifade edilebilir. Burada Q_j ,

$$Q_j = \frac{Q_{j+1} * 100}{100 - \phi_j} \quad j = 1 \dots m, \quad Q_{m+1} = 1 \quad (5.2)$$

şeklinde telef oranının birim üretime eklenmesi ile elde edilen oransal değerdir. Burada m proses sayısı olduğuna göre Q_{m+1} proses çıkışı üretilmesi gereken 1 kg ipliği göstermektedir.

Z_{tji} hesabında işleme 8. (veya 9.) prodesten başlanılacaktır. Çünkü 8. proses sonunda bir kg iplik elde edilmiş olmalıdır. Buna göre geriye doğru gidilerek 1 kg iplik elde etmek için harman-hallaç prosesine girmesi gereken malzeme miktarı ve birim üretim için geçen süre hesaplanacaktır. Vater makinesindeki telef oranının hesaba dahil edilmesini sağlayan bir katsayı olan Q_8 ifadesi,

$$Q_8 = \frac{Q_9 * 100}{100 - \phi_8} \quad (5.3)$$

şeklinde bulunur. (5.2) eşitliğine göre $Q_9=1$ alınmalıdır. Buna göre

$$Q_8 = \frac{1 * 100}{100 - \phi_8} \quad (5.4)$$

yazılır. (5.1) ve (5.2) eşitliği birleştirilip, herhangi bir t periyodu için Z_{t8i} yeniden yazılırsa,

$$Z_{t8i} = \frac{Q_9 * 100}{100 - \phi_8} * \frac{1}{K_{t8i}} \quad (5.5)$$

düzenlenirse,

$$Z_{t8i} = \frac{1 * 100}{100 - \phi_8} * \frac{1}{K_{t8i}} \quad (5.6)$$

olarak bulunur. Bu ifadedeki ϕ_8 ve K_{t8i} önceki çizelgelerde gösterilmiştir. İşlem geriye doğru yapıldığında her prosese girmesi gereken malzeme miktarı ve proseslerde geçen süre hesaplanabilmektedir. Her proses için bu hesaplamalar çizelge 5.4'de verilmiştir. Bu şekilde prosese giren malzeme miktarı ve herhangi bir i ipliğinin bir makinede birim üretim süresi tespit edilebilmektedir.

Çalışmada herhangi bir t periyodunda herhangi bir j prosesine giren malzeme miktarı A_{tj} ,

$$A_{tj} = \sum_{i=1}^n Q_j X_{ti} \quad \begin{matrix} \forall_j & j = 1....m \\ \forall_t & t = 1....T \end{matrix} \quad (5.7)$$

eşitliği ile belirlenebilmektedir.

Herhangi bir t periyodu için bir j prosesinde geçen süre o prosesin t periyodundaki maksimum çalışma süresini geçmemelidir. Bu kabul,

$$\sum \sum Z_{tj} X_{ti} \leq \lambda_j \quad \forall_j \quad j = 1....m \quad (5.8)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Çizelge 5.4. Proseslere girmesi gereken malzeme miktarı ve standart üretim zamanı

Proses	Birim üretim için prosese girmesi gereken materyal miktarı (kg)	Birim iplik üretimi için proseste gereken üretim süresi (saat/kg-periyot)
VATER Prosesi	$Q_8 = \frac{1 * 100}{100 - \phi_8}$	$Z_{t8i} = \frac{1 * 100}{100 - t_8} * \frac{1}{K_{t8i}}$
FİTİL Prosesi	$Q_7 = \frac{Q_8 * 100}{100 - \phi_7}$	$Z_{t7i} = \frac{Q_8 * 100}{100 - \phi_7} * \frac{1}{K_{t7i}}$
CER II. PASAJ Prosesi	$Q_6 = \frac{Q_7 * 100}{100 - \phi_6}$	$Z_{t6i} = \frac{Q_7 * 100}{100 - \phi_6} * \frac{1}{K_{t6i}}$
CER I. PASAJ Prosesi	$Q_5 = \frac{Q_6 * 100}{100 - \phi_5}$	$Z_{t5i} = \frac{Q_6 * 100}{100 - \phi_5} * \frac{1}{K_{t5i}}$
Şerit Birleştirme Bölümü	$Q_4 = \frac{Q_5 * 100}{100 - \phi_4}$	$Z_{t4i} = \frac{Q_5 * 100}{100 - \phi_4} * \frac{1}{K_{t4i}}$
PENYE Prosesi	$Q_3 = \frac{Q_4 * 100}{100 - \phi_3}$	$Z_{t3i} = \frac{Q_4 * 100}{100 - \phi_3} * \frac{1}{K_{t3i}}$
TARAK Prosesi	$Q_2 = \frac{Q_3 * 100}{100 - \phi_2}$	$Z_{t2i} = \frac{Q_3 * 100}{100 - \phi_2} * \frac{1}{K_{t2i}}$
HARMAN-HALLAÇ Prosesi	$Q_1 = \frac{Q_2 * 100}{100 - \phi_1}$	$Z_{t1i} = \frac{Q_2 * 100}{100 - \phi_1} * \frac{1}{K_{t1i}}$

5.2.3. Talep Durumu

Talep, herhangi bir üretim sisteminde bir ürünün istenen üretim miktarıdır. Üretim planlaması yapılırken önceki dönemlere ait veriler kullanılarak talep tahmini yapılır. Her ürün her periyotta talep edilmeyebilir. İşletmenin çalıştığı ürün tipi genellikle belirlidir. Tekstil sektörü mevsimsel ve modadan kaynaklanan değişikliklerden etkilenmektedir. Bunun yanı sıra bir genelleme yapılacak olursa iklim koşullarına bağlı olarak mevsimsel iplik üretimi yapılmaktadır. Örneğin yaz mevsimi gelmeden bahar döneminde yazlık kumaşların dokumasında kullanılacak ipliklerin üretimi başlamaktadır. İşletmenin hammadde stoklarının da bu yönde değiştiği kabul edilmektedir. İşletmenin ürettiği ürün tipleri çeşitlerine göre tüm bir yıl sürekli talep edilebileceği gibi aylık dönemler için değişen talepler olabilmektedir.

Herhangi bir t periyodunda herhangi bir i ürününe yapılan talep, D_{ti} olacaktır. Bir periyotta üretilecek tüm ürünlere yapılacak talepler miktar olarak toplandığında toplam talep ifadesi,

$$D_t = \sum_{i=1}^n D_{ti} \quad (5.9)$$

olarak gösterilebilir. Burada n , t periyodundaki ürün çeşidi sayısıdır. Tüm plan dönemindeki her periyottaki taleplerin toplamı ise D_{topl}

$$D_{topl} = \sum_{t=1}^T D_t \quad (5.10)$$

olacaktır. Bu ifade açılırsa,

$$D_{topl} = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n D_{ti} \quad (5.11)$$

şeklinde yazılabilir. Burada T plan dönemindeki periyot sayısıdır.

Tekstil işletmeleri genelde sipariş usulü çalışmaktadırlar. Bu nedenle satılacak miktarın genel olarak belirli olduğu söylenebilmektedir. Herhangi bir t periyodunda herhangi bir i ürününün stoksuz üretim miktarı X_{it} ve sipariş miktarı D_{it} ise bu ikisi arasındaki ilişki,

$$X_{it} \leq D_{it} \quad (5.12)$$

şeklindedir. $X_{it} = D_{it}$ durumunda stoksuz üretim, $X_{it} > D_{it}$ stoklu üretim söz konusudur. Stoklu üretimde üretim planlamasında stokun dikkate alınması gerekmektedir. Herhangi bir i ipliğinin üretim miktarı ile stok arasındaki ilişki herhangi bir t periyodu için ifade edilirse,

$$I_{it} = I_{t-1,i} + X_{it} + OP_{it} + P_{it} - D_{it} \quad (5.13)$$

şeklindedir. Burada I_{it} , bir t periyodundaki i ipliğinin stok miktarı, $I_{t-1,i}$, bir t periyodundaki i ipliğinin başlangıç stoku ($t=1$ için I_0 dır), X_{it} , herhangi bir t periyodundaki herhangi bir i ipliğinin üretim miktarı ve OP_{it} , i ipliği için fazla mesai üretim miktarı, P_{it} , i ipliğinin fason üretim miktarı ve D_{it} , herhangi bir t periyodundaki i ipliğine yapılan taleptir. İyi bir talep tahmini gerçekçi bir üretim planlaması modeli için son derece önemlidir. Çizelge 5.5, 4 aylık bir plan dönemindeki periyotlara göre iplik talep dağılımını göstermektedir.

Çizelge 5.5. Üretilen İplik Çeşidinin Plan Dönemine Ait Periyotlardaki Talep Durumu

Periyot No t	Üretim periyodu	Ürün Çeşidine Göre Aylık Talep (kg/periyot)					Toplam Talep (kg/periyot)
		Ne_1	Ne_2	Ne_3	N_i	Ne_n	
1	Ocak	D_{11}	D_{12}	D_{13}	.....	D_{1n}	D_1
2	Şubat	D_{21}	D_{22}	D_{23}	.....	D_{2n}	D_2
3	Mart	D_{31}	D_{32}	D_{33}	.....	D_{3n}	D_3
4	Nisan	D_{41}	D_{42}	D_{43}	.....	D_{4n}	D_4

5.2.4. Pazar Durumu

Üretilen ipliklerin çeşidine göre tespit edilen maliyetler ürünün satış fiyatından çıkarıldığında, bir ürün için birim kâr elde edilir. Başka bir ifadeyle kâr gelirler ve giderler arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Ancak her ürün tipine göre maliyetler değişkenlik gösterebilmektedir. Bu da kârın sabit olarak belirlenmesini önlemektedir. Her ürünün birim satış fiyatı ve her ürünün sipariş miktarı plan dönemi içerisinde herhangi bir t periyodu için çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. İplik İşletmesinde Üretilen İplikle İlgili Pazar Durumu

İplik Tipi i	Ürün Kodu (İplik çeşit kodu)	Birim Satış Fiyatı (\$/kg)	Tahmini Talep Miktarı (kg/ay)
1	Ne_1	S_{t1}	D_{t1}
2	Ne_2	S_{t2}	D_{t2}
3	Ne_3	S_{t3}	D_{t3}
⋮	⋮	⋮	⋮
i	Ne_i	S_{ti}	D_{ti}
⋮	⋮	⋮	⋮
n	Ne_n	S_{tn}	D_{tn}

5.2.5. Hammadde Durumu

Tekstil işletmelerinin iplik bölümünde genel olarak birkaç çeşit hammadde ile çalışılır. İşletmede iplik üretimi için gerekli olan hammadde sürekli talepler göz önüne alınarak stok edilir. İşletmeler pamuk, polyester gibi sürekli çalıştıkları ve kalitesinden memnun oldukları hammaddeleri uygun koşullar altında depolarlar. Hammaddeyi depolamada hava koşullandırması gibi enerji maliyetleri, elde bulundurma süresince ortaya çıkan maliyet unsurları nedeniyle talepler veya talep tahminleri doğrultusunda değişik kaynaklardan temin etmektedirler.

İşletmede birden fazla hammadde kullanılıyor ise ve stoklar talepler doğrultusunda tutuluyor ise o zaman hammadde üretim planlamada dikkate alınması gereken bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır. İplikler sadece bir çeşit hammaddeden

üretilebildikleri gibi karışım halinde de üretilebilmektedirler. Karışım oranı birim iplik üretiminde kullanılan materyal oranına göre ifade edilir. Örneğin 33/67 PES/VIS olarak gösterilen ipliğin 1 kg'ında 0.33 kg polyester, 0.67 kg viskon bulunmaktadır.

Çizelge 5.7 iplik işletmesinde birim iplik üretiminde kullanılan hammadde karışım oranını göstermektedir. Ayrıca hammaddelerin işletmedeki mevcut stoğu (RI) de çizelgenin son sütununda verilmiştir. K işletmedeki hammadde çeşit sayısı olup $k=1....K$ şeklindedir. R_1 kodlu hammaddenin stok miktarı RI_1 'dir. Örneğin, Ne_1 kodlu ipliğin birim üretiminde R_1 ve R_2 tip hammaddeleri kullanılmış ise Ne_1 ipliğinin 1 kg'ı ($r_{11}+r_{21}$) olacaktır. Birim üretimdeki oranlar verildiğinden herhangi bir i ipliğinin birim üretiminde r_{ki} katsayılarının toplamı 1'den büyük olmamalıdır.

Stoklarda kısıtlı miktarda hammadde var ise veya yönetim hammadde kullanımını kontrol altında bulundurmak istiyorsa üretim planlamada hammadde bir kısıt olarak dikkate alınmalıdır.

Çizelge 5.7 Birim İplik Üretiminde Hammadde Karışım Miktarı

Sıra No	Hammadde Çeşit Kodu	İplik Çeşidi $Ne_i (i=1....n)$						Ham. Stoğu
		Ne_1	Ne_2	.....	Ne_i	.....	Ne_n	
1	R_1	r_{11}	r_{12}	.....	r_{1i}	.....	r_{1n}	RI_1
2	R_2	r_{21}	r_{22}	.....	r_{2i}	.....	r_{2n}	RI_2
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
k	R_k	r_{k1}	r_{k2}	.	r_{ki}	.	r_{kn}	RI_k
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
K	R_K	r_{K1}	r_{K2}	.....	r_{Ki}	.....	r_{Kn}	RI_K

Bir hammadde birçok iplik çeşidinin üretiminde kullanılmış olabilir. Bu durumda tüm iplik tiplerinin herhangi bir t periyodundaki üretimlerinde kullanılan bir k hammaddesinin toplam miktarı stoktaki miktardan fazla olmaması gerekir. Bir plan dönemi için bu ifade yazılırsa,

$$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T X_{it} r_{tki} \leq RI_k \quad \forall_k \quad (k=1....K) \quad (5.14)$$

elde edilir. Burada X_{it} herhangi bir i ipliğinin herhangi bir t periyodundaki planlanan (optimum) üretim miktarıdır.

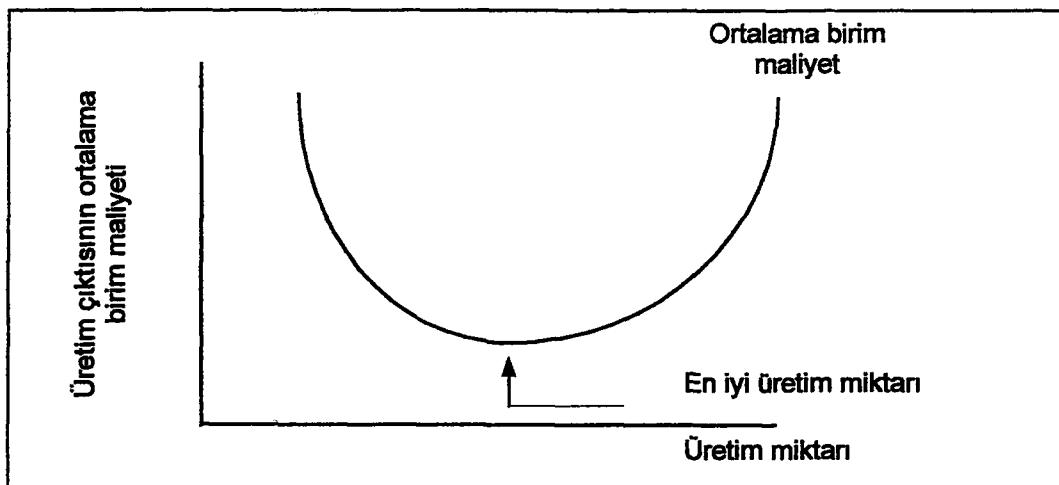
Bu ifade herhangi bir t periyodu için açık olarak yazılırsa;

$$\begin{aligned}
 r_{i1}X_{i1} + r_{i2}X_{i2} + \dots + r_{in}X_{in} &\leq RI_1 \\
 r_{i2}X_{i1} + r_{i22}X_{i2} + \dots + r_{i2n}X_{in} &\leq RI_2 \\
 &\vdots \\
 r_{ik1}X_{i1} + r_{ik2}X_{i2} + \dots + r_{ikn}X_{in} &\leq RI_k \\
 &\vdots \\
 r_{iK1}X_{i1} + r_{iK2}X_{i2} + \dots + r_{iKn}X_{in} &\leq RI_K
 \end{aligned} \tag{5.15}$$

şeklinde elde edilir.

5.2.6. İplik İşletmesinde Maliyetlerin Yapısı

İplik işletmesinde maliyetler büyük önem taşımaktadır. Ortalama birim maliyetlerin minimum olduğu nokta işletme için en uygun üretim miktarıdır. Bu durum şekil 5.2’de görülmektedir.



Şekil 5.2. Üretim Ve Maliyet İlişkisi

Stoklara bağlanan işletme sermayesinin toplam sermayeye oranının %40-60 dolaylarına kadar yükselebileceği düşünüldüğünde stokların işletmelerin maliyet ve kârlılık açısından performansı etkilemede taşıdığı önem dikkat çekicidir. Konuya üretim ve maliyet açısından yaklaşıldığında stokların ve stoklama etkinliklerinin zaman ve maliyet öğeleri olarak önemi ortaya çıkar. Stoklar direkt işçilik ve direkt hammadde ve malzeme maliyetlerini oluşturan bir öğe olmanın yanı sıra malzeme sipariş maliyetleri dışında, depolama, kayıt, bozulma, eskime gibi indirekt maliyet öğesinin de oluşmasına yol açar. Üretim sürecini kısaltmak, parti büyüklüğünü azaltmak stok maliyetlerini düşüren önlemlerdir. Bütün olumsuz etkilerine karşın işletmeler yine de belli düzeyde stok tutma zorunda kalabilirler. Bu amaçla işletmeler üretim programlarında, satış planlarına göre gerekli ayarlamaları güvenlik stokları oluştururlar. Güvenlik stokları hammadde, yarı mamul ve son ürünün her biri için söz konusudur (Akai, 1999). Birçok işletmede olduğu gibi iplik işletmelerinde de stoklu üretim söz konusudur. Belirli bir plan dönemi içerisinde üretilen iplik bir başlangıç stokuna ve bir de bitiş stokuna sahip olabilir. Stokların bir üretim periyodundan diğer üretim periyoduna taşınması maliyet teşkil etmektedir. Aynı zamanda üretilmiş ürünü elde tutma da yine bir başka maliyet unsudur. Stokların maliyet ve üretim kapasitesi açısından önemi bir örnekle açıklanabilir. Bir t periyodunda üretimin başladığı andan itibaren herhangi bir i ürünün maliyeti C_i

$$C_i = X_i C_{1t} \quad (5.16)$$

olarak ifade edilir. Burada C_{1t} ürünün t periyodundaki standart maliyeti (TL/periyot), X_i üretim miktarı (birim/periyot), Aynı ürün üretim sonunda stoklu olarak bekletilecek ise stok maliyeti CI_t ,

$$CI_t = C_i + C_{2t}(b_{1t} + b_{2t})X_i \quad (5.17)$$

olur. Burada b_{1t} (gün/periyot) üretim süresi, C_{2t} stok tutma maliyeti (TL/birim-gün), b_{2t} ürünün minimum stok süresi (gün) şeklindedir.

Maliyetlerin önemli bir oranını hammadde maliyetleri oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra işgücü de maliyette önemli bir yere sahiptir. Aynı zamanda işletmede fazla mesai çalışma, geçici olarak işçi çıkartma ve ücretli işçiler de işletmeye ek maliyet getirmektedirler. İplik üretiminde karşılaşılan maliyetler; hammadde maliyeti, genel iplik maliyeti ve işçilik maliyeti şeklinde dağılım göstermektedir. Hammadde maliyetinin tespiti için çizelge 5.8'de güncel sayılabilecek verilerle bir örnek verilmiştir.

Çizelge 5.8. İplik Hammadde Birim Maliyetleri İçin Örnek Çalışma

Üretim Birimi	Türü	Tutarı (kg)	Ortalama Fiyatı (TL / kg)	Değeri (TL)
Harman	Harman toplamı	1000	500	500.000
Harman Hallaç	Kullanılabilir döküntü	-20	500	10 000
	Kullanılamaz Döküntü	-25	60	1 500
	Kayıp	-10	0	0
	Kalan vatka	945	516.93	488.500
Vatka				
Cer	Kullanılabilir döküntü	-20	500	10 000
	Kullanılamaz döküntü	-20	60	1 200
	Kayıp	-5	0	0
	Kalan Cer Şeridi	900	530.33	477.300
Fıtil	Kullanılabilir döküntü	-5	500	2 500
	Kullanılamaz döküntü	-10	60	600
	Kayıp	-2	0	0
	Kalan fıtil	883	537.03	474.200
Vater	Kullanılabilir döküntü	-25	500	12 500
	Kullanılamaz döküntü	-20	60	1 200
	Kayıp	-3	0	0
	Kalan İplik	810	551.50	460 500

Vatkanın hammadde maliyeti	: 516.93 TL/kg
Cer şeridinin hammadde maliyeti	: 530.33 TL/kg
Fitilin hammadde maliyeti	: 537.03 TL/kg
Vater ipliğinin hammadde maliyeti	: 551.50 TL/kg

Her iplik tipinde kullanılan hammadde oranı farklı olacaktır. Genel iplik maliyeti kullanılarak herhangi bir üretim periyodunda birim iplik maliyeti aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir.

$$C_x = B - X$$

$$C_y = C_R X_y$$

$$C = C_y C_x$$

Burada; C_R , Hammadde birim maliyeti (TL/kg), B, Dönem hammadde miktarı (kg), X_y , Dönem sonu yarı mamul miktarı (kg), X, Dönem iplik üretimi (kg), C_x , 1 kg iplik için hammadde maliyeti (TL), C_y , Yarı mamul dönem maliyeti şeklindedir.

İplik Maliyetlerinden diğer bir maliyet de genel üretim maliyeti olup aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir.

$$Y = N A B$$

$$Z = M / \sum Y$$

$$C = Z / X$$

Burada ;

- M : i ipliğinin aylık genel iplik maliyeti (TL/ay)
N : i tipi iplik için üretiminde kullanılan iş adedi (iş)
A : i tipi iplik için günlük üretim süresi (saat/gün)
B : i tipi iplik için aylık üretim günü (gün/ay)
X : i tipi iplik için aylık üretim miktarı (kg/ay)
C : i tipi iplik için birim üretim maliyeti (TL/kg.iş-saat)

şeklindedir.

İplik işletmeleri için maliyet hesabı iplik numarasına ve üretilen ipliğin tipine göre değişmektedir. İplik işletmelerinde telef oranları hesaplamaaya dahil edilmektedir. Bazı iplik işletmeleri için belirlenmiş olan telef oranları çizelge 5.9'da verilmiştir. Tablodan penye ipliğinin ek proseslerden dolayı telefonun arttığı görülmekte olup bunun da maliyeti artırdığı söylenebilmektedir.

Çizelge 5.9. İplik Sistemlerine Göre Telef Oranları

Üretim Sistemi	Toplam Telef (%)
Open - End	10-12
Karde İplik	10
Penye iplik	30

5.3. Üretim Planlamasının Matematiksel Modellenmesi

Bir iplik işletmesinde üretim planlaması, özellikle optimizasyon tekniklerinin gösterdiği gelişmeler ve uygulama alanlarındaki alınan başarılı sonuçlar nedeniyle matematiksel olarak ele alınmalı ve çözümde elde edilen sonuçlar teknik olarak değerlendirilmelidir.

Üretim planlamasında optimizasyon tekniklerinden yararlanılır. Bu teknikler içerisinde ÜP problemine en uygun olan yaklaşım lineer programlama (LP) yaklaşımıdır. Burada bir iplik işletmesinin yapısına uygun olarak maliyetleri minimum yapacak optimum üretimin ve stok seviyelerinin belirlenmesini sağlayacak matematik model oluşturulmuştur. Burada verilen modelin özelliği, proses sayısı, üretilen iplik çeşidi ve kullanılan hammadde, stok düzeyleri, işgücü ve dışarıya iş yaptırma (fason üretim) gibi parametrelerin değişken olarak ele alınabilmesidir. Böylece herhangi bir iplik işletmesi bünyesine uygun olarak modeli daraltabilmekte veya genişletebilmektedir.

5.3.1. Kârın Maksimizasyonu Probleminin Matematiksel Modeli

Kârın maksimizasyonu problemi iplik işletmelerinde üretimin optimizasyonu için çözülmesi gereken bir problemdir. Bu modelde kârı enbüyükleyecek optimum

üretimin belirli bir periyotta tespit edilmesi amaçlanmıştır. Maliyet unsurları; ipliğin birim üretim maliyeti, stok taşıma maliyeti, yerine getirilmeyen sipariş maliyeti, normal ve fazla mesai ve işten çıkarılan şeklinde işgücü maliyeti şeklindedir. Modelin formülasyonu aşağıda verilmiştir.

Amaç Fonksiyonu

$$MaxZ = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T S_{it} X_{it} - \left[\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T (\theta_{it} X_{it} + \delta_{it} I_{it}^+ + \gamma_{it} I_{it}^-) + \sum_{t=1}^T (\varepsilon_t W_t + \psi_t O_t + \beta_t H_t + \alpha_t F_t) + \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T E_{it} Y_{it} - \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T FF_{it} P_{it} \right] \quad (5.18)$$

Kısıtlar

$$P_{it} + X_{it} + I_{i,t-1}^+ - I_{i,t-1}^- - I_{it}^+ + I_{it}^- = D_{it} \quad \begin{cases} i=1...n \\ t=1...T \end{cases} \quad (5.19)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T r_{kit} X_{it} \leq RI_k \quad \forall_k \quad (k=1...K) \quad (5.20)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T Z_{jit} X_{it} \leq \lambda_j \quad \forall_j \quad (j=1...m) \quad (5.21)$$

$$\sum_{i=1}^n Q_j X_{it} - A_{jt} = 0 \quad \begin{matrix} j = 1 \dots m \\ t = 1 \dots T \end{matrix} \quad (5.22)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i X_{it} - W_t - O_t = 0 \quad (5.23)$$

$$W_t - W_{t-1} - H_t + F_t = 0 \quad (5.24)$$

$$-uW_t + O_t \leq 0 \quad (5.25)$$

$$W_0 = a \quad (5.26)$$

$$I_{i0}^- = b \quad (5.27)$$

$$I_{i0}^+ = c \quad (5.28)$$

$$I_{i,T+1}^+ = d \quad (5.29)$$

$$\frac{X_{it}}{M} - Y_{it} \leq 0 \quad \begin{cases} i = 1 \dots n \\ t = 1 \dots T \end{cases} \quad (5.30)$$

M : çok büyük birsayı

$$Y_{it} = \begin{cases} 1 & X_{it} > 0 \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (5.31)$$

$$X_{it}, I_{it}^+, I_{it}^-, W_t, O_t, H_t, F_t, Y_{it}, P_{it} \geq 0 \quad (5.32)$$

5.3.2. Modelde Yer Alan Terimler

Modelin takibini kolaylaştırılması açısından modelin amaç fonksiyonunda bulunan terimler ve kısıt denklemleri burada kısaca açıklanmıştır.

Amaç Fonksiyonunda bulunan terimler (5.18 denklemi)

$$1. \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T S_{it} X_{it} \text{ terimi}$$

Herhangi bir i ürününün herhangi bir t periyodundaki optimum üretim miktarı (X_{it}) ile satış fiyatının (S_{it}) çarpımıyla elde edilecek geliri göstermektedir.

$$2. \left[\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T (\theta_{it} X_{it} + \delta_{it} I_{it}^+ + \gamma_{it} I_{it}^-) + \sum_{t=1}^T (\varepsilon_t W_t + \psi_t O_t + \beta_t H_t + \alpha_t F_t) + \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T E_{it} Y_{it} - \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T FF_{it} P_{it} \right] \text{ terimi}$$

Bu terim, toplam olarak üretim planına etki edecek maliyetleri göstermektedir. Bu terim içerisindeki alt terimler burada sırasıyla tanımlanmıştır.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T (\theta_{it} X_{it} + \delta_{it} I_{it}^+ + \gamma_{it} I_{it}^-) \text{ terimi}$$

Bu ifade, herhangi bir i ürününün herhangi bir t periyodunda ortaya çıkan; optimum üretimindeki hazırlık maliyeti ($\theta_{it} X_{it}$), stok maliyeti ($\delta_{it} I_{it}^+$) ve karşılanamayan talepten dolayı ortaya çıkan maliyet ($\gamma_{it} I_{it}^-$) şeklindeki maliyetleri göstermektedir.

$$\sum_{t=1}^T (\varepsilon_t W_t + \psi_t O_t + \beta_t H_t + \alpha_t F_t) \text{ terimi}$$

Bu terim, plan dönemindeki işgücü maliyetlerini göstermektedir. İplik tipine göre işgücü giderlerinin değişmeyeceği düşünülerek sadece periyotlara göre değişebilen işgücü maliyetleri dikkate alınmıştır. Normal mesaide adam-periyot maliyeti (ε_t , TL/adam-periyot) ile normal mesai işçi sayısı (W_t) çarpılarak bir işçinin bir periyottaki maliyeti hesaplanabilmektedir ($\varepsilon_t W_t$). Benzer şekilde, işgücünden kaynaklanabilecek diğer maliyetler olarak fazla mesai maliyeti ($\psi_t O_t$), işten çıkarma maliyeti ($\beta_t H_t$) ve işe alma maliyeti ($\alpha_t F_t$) de bu terim içerisinde değerlendirilmiştir.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T E_{it} Y_{it} \text{ terimi}$$

Burada Y_{it} değeri (0,1) şeklinde olan binary bir büyüklüktür. Plan döneminde herhangi bir iplik için üretim varsa 1 değerini alarak hazırlık maliyetinin (E_{it}) dikkate alınmasını sağlayan ve üretim yoksa sıfır değerini alarak hazırlık maliyetini ortadan kaldıran bir parametredir.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T FF_{it} P_{it} \text{ terimi}$$

Bu terim fason üretim maliyetini göstermektedir. Herhangi bir i ürününün t periyodundaki üretimi P_{it} ise birim fason üretim maliyeti (FF_{it}) ile çarpımından o ürünün o periyottaki toplam maliyeti ortaya çıkmaktadır.

Kısıt denklemlerinde yer alan terimler***Üretim Miktarı Kısıtı (Denklem 5.19.)***

Denklem 5.19 'da üretim dengesi kısıtı verilmiştir. Buradaki ifadeler, fason üretim miktarı (P_{it}), optimum iplik üretim miktarı (X_{it}), bir önceki periyottan devreden stok miktarı ($\Gamma_{i,t-1}^+$), karşılanamayan talep (Γ_{it}) bir önceki periyotta karşılanamayan talep ($\Gamma_{i,t-1}$), bir sonraki periyoda devredilen stok (Γ_{it}^+) ve D_{it} ise iplik talep miktarıdır.

Hammadde Kısıtı (Denklem 5.20)

Denklem 5.20, üretim için gerekli birim hammadde miktarı (r_{kit}) ile optimum iplik üretim miktarının (X_{it}) çarpımı sonucu ortaya çıkan gerekli hammadde miktarı, stoklardaki hammadde miktarı (RI_k) ile kısıtlı olduğunu ifade etmektedir.

Makinelerin Çalışma Kapasitesi Kısıtı (Denklem 5.21)

Denklem 5.21, herhangi bir i ipliğinin birim üretim için gerekli makine çalışma süresi ile (Z_{it}) optimum üretim miktarının (X_{it}) çarpımı sonucu ortaya çıkan üretim süresi, makinelerin t periyodundaki maksimum çalışma süresinden (λ_j) daha büyük olmaması kısıtını ifade etmektedir.

Proses Giren Materyal Miktarı Denklemi (Denklem 5.22)

Denklem 5.22, herhangi bir i ürününün herhangi bir t periyodunda herhangi bir j prosesine giriş miktarını, A_{it} şeklinde göstermekte olup, bu değer modelin çözümü sırasında ortaya çıkmaktadır. Bu değer, prosese birim üretim için girmesi gereken materyal miktarı (Q_j) ile optimum üretim miktarının (X_{it}) çarpımı sonucu tespit edilebilmektedir. Gerçek anlamda bir kısıt olmamakla birlikte her proseste çalışılan materyal miktarının tespiti açısından önemli görülmüştür.

İşgücü Kısıtı (Denklem 5.23, 5.24 ve 5.25)

Denklem 5.23, birim iplik üretimin için gerekli (adam/kg) (p_i) ile optimum üretim miktarının çarpımı ile ortaya çıkacak işçi sayısından; normal mesai (W_t) ve fazla mesai işçi sayılarının toplamının çıkarılması ile oluşacak farkın sıfır olması gerektiğini göstermektedir.

Denklem 5.24 ise normal mesai (W_t), bir önceki periyottan devreden işçilik (W_{t-1}), fazla mesai (O_t), işten çıkartılan (H_t) ve işe alınan (F_t) işçi dengesini göstermektedir.

Denklem 5.25, fazla mesaide çalışan işçi sayısının normal mesai işçi sayısının önceden belirlenmiş bir oram (u) kadar olabileceğini göstermektedir. Fazla mesai işçi sayısı (O_t) ancak bu sayı kadar (uW_t) olabilir.

Plan dönemi başlangıç işgücü seviyesi (denklem 5.26)

Plan döneminin başlangıcındaki işgücü seviyesi (W_0) belirli ise bu, bir sabit değer olarak modele eklenmektedir.

Plan öncesi yerine getirilmemiş sipariş seviyesi (Denklem 5.27)

Planlanan dönem öncesi (üretime geçmeden önce), herhangi bir i ipliğinin yerine getirilmemiş sipariş miktarının bilindiği varsayıldığında, denklem 5.27' de olduğu gibi bu miktar bir sabit değer olarak modele eklenir.

Plan öncesi stok seviyesi (Denklem 5.28)

Planlanan dönem öncesi (üretime geçmeden önce), herhangi bir i ipliğinin başlangıç stoku bir sabit olarak ortaya çıkmaktadır. Bu şekilde mevcut başlangıç stokları modele eklenmelidir.

Plan sonu stok seviyesi (denklem 5.29)

Planlanan üretimde dönem sonuna devretmesi istenen iplik miktarları dönem sonu stokunu (I_{t+1}^+) belirlemektedir. Bu daha önceden belirlenen bir değer olduğunda burada sabit olarak gösterilmiştir.

Üretimin kontrolü (Denklem 5.30 ve 5.31)

Üretilcek iplik miktarını kontrol etmek amacıyla modele eklene bu ifadede, M çok büyük bir sayı, Y_{it} ise hazırlık maliyetinin olup olmadığını gösteren binary (0,1) formda bir karar değişkenidir. Hazırlık maliyetinin sadece üretim olduğunda oluşmasını sağlamaktadır. Bu ifadede, üretim varsa Y_{it} 'nin değerinin 1 olacağı, üretim yoksa bu değerinin sıfır olacağı şartı gösterilmektedir.

Seçilmiş bir tekstil işletmesine ait güncel veriler değerlendirilerek burada verilen matematiksel üretim planlaması modelinin endüstriyel uygulaması incelenmiştir.

6. BİR İPLİK İŞLETMESİNDE ÜRETİM PLANLAMASI UYGULAMASI

İplik işletmelerinde üretim planlaması çalışması işletme performansının ve optimum iplik üretim koşullarının belirlenmesi için önemli bir tekniktir. Bu bölümde seçilen bir iplik işletmesi için lineer programlama metodu kullanılarak üretim planlaması yapılmıştır. Öncelikle işletmeye ait bilgiler verilmiştir. Üretim planlaması matematiksel modelinin çözümü için gerekli veriler çizelgeler halinde sunulmuştur. Problemin çözümünde bilgisayar programından faydalanılmıştır.

6.1. İşletmenin Yapısı

Seçilen iplik işletmesi 1972 yılından beri faaliyet göstermekte olan bir iplik fabrikasıdır. İşletme içerisinde çırçır fabrikası da bulunmaktadır. İşletmeye ait makine parkı çizelge 6.1 de verilmiştir. İşletmede ağırlıklı olarak penye ve karde pamuk ipliği üretimi gerçekleştirilmektedir. 1996 yılında kurulan küçük bir birimle polyester iplik üretimi de yapılmaya başlanmıştır. İşletmede makine parkının yerleşim şeması EK-1’de, makine parkı EK 2.1, EK 2.2 ve EK 2.3 şeklinde bölümlere ayrılarak verilmiştir. İşletmede 1999 yılı bilgilerine göre işçi sayısı 590 kişidir.

Çizelge 6.1. Seçilen İplik İşletmesinin Makine Parkı

Makine Parkı	Model	Adet
Örme Makinesi (yuvarlak örme)	1988	10
Ring (iğ) Makinesi (444 iğlik)	1974	72
Ring (iğ) Makinesi (1104 iğlik)	1999	20
Open-End Makinesi (280 Rotorluk)	1997	5

İplik işletmesinin 1999 yılı kayıtlarına geçen iplik üretim bilgileri ise çizelge 6.2 de verilmiştir.

Çizelge 6.2. İplik İşletmesinin Üretim Bilgileri

Üretilen Mal Cinsi	Üretim Miktarı (ton/yıl)
Pamuk İpliği	6 054
Diğer İplik	1 037
Örme	726

Çalışmanın bu bölümünde uygulama olarak işletmenin karde pamuk ipliği ürettiği düşünülmüştür. Uygulama ve modele ait veriler işletmenin penye ipliği veya daha değişik türde iplikler üretilbileceği göz önüne alınarak yeniden değerlendirilebilir.

6.2. Karde Pamuk İpliği Üretim Aşamaları

İşletmede karde pamuk ipliği için gerekli üretim prosesleri, proseslerdeki telef oranları, üretimdeki kayıpların dikkate alınmasıyla değerlendirilen verim, işletmenin günlük çalışma süresi ve aylık çalışma süresi çizelge 6.3’de verilmiştir. Burada işletmede ring ve open-end sistemlerinin her ikisi de gösterilmiştir. Ring üretim hattı 1,2,3,4,5 ve 6 nolu aşamaları, Open – End üretim hattı ise 1,2,3,4 ve 6’ aşamalarını kapsamaktadır. İşletme günde üç posta olacak şekilde haftanın altı günü çalışmaktadır. Bu nedenle ayda 26 işgünü olduğu düşünülmüştür. Her üretim aşamasının bir gün içerisinde çalışma süresi de değişkenlik göstermektedir.

Çizelge 6.3. Karde Pamuk İpliği İşletmesinde Üretim Aşamaları

Proses No, j	Üretim Aşaması	Telef Oranı, $\emptyset$ (%)	Verim, η (%)	Günlük Çalışma Süresi (saat/gün)	4 Aylık Net Çalışma Süresi, (saat/plan dönemi)
1	Harman - Hallaç	5.0	90	23.5	2200
2	Tarak	3.5	95	23.5	2322
3	Cer I. Pasaj	0.6	80	22	1830
4	Cer II. Pasaj	0.6	80	24	1997
5	Fıtil	1.0	75	22	1716
6	Vater	2.2	95	24	2371
6'	Open-End	1.0	95	24	2371

6.3. İşletmede Üretilen İplik Tipleri

Karde pamuk ipliği işletmesinde 4 değişik numarada iplik üretildiği düşünülmüştür. Bu ipliklerden bazıları ring sistemde bazıları ise open-end sistemde üretilmektedirler. Çizelge 6.4 de işletmenin tüm yıl boyunca belirlenmiş üretmekte olduğu iplik tiplerinin geçtiği üretim aşamaları gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. İşletmede Üretilen İpliklerin Üretim Aşamaları

No	Üretim Aşamaları	Üretilen İplik Çeşitleri			
		RING (İĞ) SİSTEM		OPEN-END (ROTOR) S.	
		X1	X2	X3	X4
		Ne10	Ne30	Ne16	Ne20
1	Harman- Hallaç	↓	↓	↓	↓
2	Tarak	↓	↓	↓	↓
3	Cer I.Pasaj	↓	↓	↓	↓
4	Cer II.Pasaj	↓	↓	↓	↓
5	Fıtil	↓	↓		
6	Vater	↓	↓		
6'	Open-End			↓	↓

Üretilen ipliklere ait üretim bilgileri çizelge 6.5 de verilmiştir. Üretim aşamalarından geçip de iplik haline gelinceye kadar numara değişiklikleri görülmektedir. Çizelgede bu veriler yer almaktadır. Bu bilgiler üretim aşamalarında makinelerin kapasitelerinin tespitinde önem taşımaktadır.

Çizelge 6.5. İşletmede Üretilen İpliklere Ait Tip Verileri

İplik Kodu	İplik Numara Ne	Şerit Numara Ne	Fıtlı Numara Ne	Üretim Sistemi	İplik Çeşidi
X1	10	0.1	0.6	RİNG	KARDE
X2	30	0.1	1.0	RİNG	KARDE
X3	16	0.1	-	OPEN-END	KARDE
X4	30	0.1	-	OPEN-END	KARDE

6.4. İplik Üretiminde Kullanılan Materyal (Hammadde)

Seçilen iplik işletmesinde genellikle 5 çeşit pamuk tipiyle çalışılmaktadır. İşletmede üretilecek ipliklerde kullanılacak hammadde (pamuk tipleri) oranı çizelge 6.6. da verilmiştir. İşletmenin bir hammadde stok politikası mevcuttur. İşletmenin aylık pamuk stoku çizelgenin son sütununda yer almıştır. Kullanılan hammadde çeşidi ilk sütunda bir kod adıyla almaktadır. Burada telef oranı dikkate alınmamıştır.

Çizelge 6.6. Seçilen İşletmede Birim İplik Üretimi İçin Materyal Oranı (%)

Kod	İplik Materyal	Üretilen İplik Çeşitleri				Hammadde Stoğu (ton/plan dönemi)
		RING (İĞ) SİSTEM		OPEN-END (ROTOR)		
		X1	X2	X3	X4	
		Ne10	Ne30	Ne16	Ne20	
H1	Suriye Pamuğu	100				700
H2	Amerikan Pamuğu				100	900
H3	Ege Pamuğu		100			400
H4	Çukurova Pamuğu			60		600
H5	Telef			40		200

6.5. Makine Kapasiteleri

İşletmenin iplik üretim aşamalarında birçok makine bulunmaktadır. Her iplik tipi için makinelerin üretim kapasiteleri değişkenlik göstermektedir. Çizelge 6.7, üretim aşamalarında makinelerin bir saatteki iplik üretim miktarını göstermektedir. Burada bir örnek vermek gerekirse, tarak prosesine gelmiş bir Ne10 numara bir iplik materyalinin bir makinede bir saatteki üretim miktarı 8.638 kilogramdır. Makinelerin bir periyot olarak alınabilecek aylık üretim miktarı ise çizelge 6.8 de verilmiştir. Bu çizelgelerden faydalanılarak bir birim iplik üretmek için makinelerde geçmesi gereken süre hesaplanabilmektedir. Seçilen işletme için hesaplanan bu süreler çizelge 6.9'da verilmiştir.

Çizelge 6.7. Seçilen İşletmedeki Makinelerin Birim Zamanda
İplik Üretim Kapasitesi

No	Üretim Aşamaları	Makinelerin Birim Zamanda İplik Üretim Kapasitesi (kg/makine.saatt)			
		RING (İĞ) SİSTEM		OPEN-END (ROTOR) SİS.	
		X1	X2	X3	X4
		Ne10	Ne30	Ne16	Ne20
1	Harman- Hallaç	5.453	5.453	5.453	5.453
2	Tarak	8.638	12.956	11.877	11.877
3	Cer I.Pasaj	90.726	90.726	90.726	90.726
4	Cer II.Pasaj	90.726	90.726	90.726	90.726
5	Fıtil (102 iğlik)	82.848	41.004	-	-
6	Vater (444 iğlik)	23.085	9.306	-	-
6'	Open-End (280 rotorluk)			1.820	1.439

Çizelge 6.8. Seçilen İşletmedeki Makinelerin Bir Periyotta İplik Üretim Kapasitesi

No	Üretim Aşamaları	Makinelerin Bir Periyotta İplik Üretim Kapasitesi (kg/makine.periyot)			
		RING (İĞ)		OPEN-END (ROTOR)	
		X1	X2	X3	X4
		Ne10	Ne30	Ne16	Ne20
1	Harman- Hallaç	3000	3000	3000	3000
2	Tarak	5010	7515	6889	6889
3	Cer I.Pasaj	41553	41553	41553	41553
4	Cer II.Pasaj	45363	45363	45363	45363
5	Fitil (102 iğlik)	35542	17590	-	-
6	Vater (444 iğlik)	13689	5518	-	-
6'	Open-End (280 rotorluk)			1080	853

Çizelge 6.9. Seçilen İşletmedeki Proseslerde Birim Üretim İçin Makinelerde Geçen Süre

No	Üretim Aşamaları (İş İstasyonu)	Birim Üretim için prosese girmesi gereken materyal miktarı (kg), Q_i		Birim İplik Üretimi için 1 makinede geçen üretim süresi (sa/kg-periyot-makine) Z_i				Toplam Çalışma Süresi sa/plan_dönemi
		RİNG	OE	X1	X2	X3	X4	
				Ne10	Ne30	Ne16	Ne20	
1	Harman- H.	1.1403	1.1208	0.0003801	0.0003801	0.0003736	0.0003736	2200
2	Tarak	1.0830	1.0648	0.0002162	0.0001441	0.0001545	0.0001545	2322
3	Cer I.Pas	1.0452	1.0275	0.0000252	0.0000252	0.0000247	0.0000247	1830
4	Cer II.Pas	1.0389	1.0213	0.0000229	0.0000229	0.0000225	0.0000225	1997
5	Fıtil	1.0327	-	0.0000291	0.0000587	-	-	1716
6	Vater	1.0224	-	0.0007468	0.0001853	-	-	2371
6'	Open-End	-	1.0152			0.0009400	0.0011902	2371

6.6. Seçilen İşletmede İplik Talep ve Pazar Durumu

İşletmede üretilcek iplikler için satış fiyatları önceden tespit edilmiştir. Ayrıca iplik talep miktarı da belirlidir. Çizelge 6.10 da üretim plan periyodu 4 aylık seçildiği için burada yılın ilk altı ayında üretilcek ipliklere ait talep durumu görülmektedir. Çizelgenin altındaki satırda her ipliğin plan dönemindeki toplam talebi yer almaktadır. Çizelgenin son sütununda ise plan dönemindeki her periyotta üretilcek toplam iplik miktarı görülmektedir. Buradan plan döneminde miktar olarak toplam 2620 ton iplik üretiminin gerçekleşmesi gerektiği ortaya çıkmıştır..

Çizelge 6.10. Seçilmiş İşletmede Plan Döneminde İplik Talep Durumu

Per. No <i>t</i>	Plan Periyotu	Ürün Çeşidine Göre				Toplam Talep (ton/periyot)
		Periyodik Talep (ton/periyot)				
		RING		OPEN-END		
		X1	X2	X3	X4	
		Ne10	Ne30	Ne16	Ne20	
1	Ocak	75	30	250	100	455
2	Şubat	120	50	300	120	590
3	Mart	80	75	150	100	405
4	Nisan	70	80	100	130	380
TOPLAM		345	245	800	400	1 780

Çizelge 6.11 de ise plan döneminde her iplik tipi için pazar koşullarına uygun olarak elde edilecek gelir yani satış fiyatı verilmiştir. Buradan herhangi bir ipliğin satış fiyatının aylık olarak değişkenlik gösterebileceği görülmektedir. Burada verilen satış fiyatlarının güncel olmasına dikkat edilmiştir. Satış fiyatı tespit edilirken genel satış eğilimleri ve pamukların birim satış fiyatları öncelikle dikkate alınmaktadır.

Çizelge 6.11. Seçilmiş İşletmede Plan Döneminde İplik Pazar Durumu

Per. No <i>j</i>	Plan Periyodu	Birim İplik Satış Fiyatı (TL/kg-periyot)			
		RING		OPEN-END	
		X1	X2	X3	X4
		Ne10	Ne30	Ne16	Ne20
1	Ocak	900 000	1 000 000	850 000	930 000
2	Şubat	890 000	1 100 000	810 000	900 000
3	Mart	900 000	1 100 000	800 000	900 000
4	Nisan	870 000	1 050 000	800 000	890 000

6.7. Maliyetler

İşletmede maliyetler hazırlık maliyetleri, standart maliyetler, stok maliyetleri ve işgücü maliyetleri şeklinde düşünülmüştür. Seçilen işletme için hazırlık maliyeti her iplik tipine göre değişkenlik gösterebilmektedir. Üretime Hazırlık Maliyeti, birim iplik üretim maliyeti, stok maliyetleri ve işgücü maliyetleri dikkate alınan maliyetlerdir. İplik hammadde maliyeti her ayın sonunda işletmeye girenler ve işletmeden çıkanların tespit edilmesi ile bulunabilmektedir. Üretimin her safhasından diğer aya aktarılan mamul ve yarı mamuller maliyetleri ile birlikte aktarılır. Çizelge 6.12. bu maliyetleri iplik çeşitlerine göre göstermektedir.

Çizelge 6.12. İplik Hazırlık Maliyetleri

No <i>j</i>	Plan Periyodu	Birim İplik Hazırlık Maliyeti (TL/periyot)			
		RING		OPEN-END	
		X1	X2	X3	X4
		Ne10	Ne30	Ne16	Ne20
1	Ocak	10 000	20 000	8 000	15 000
2	Şubat	10 000	20 000	8 000	15 000
3	Mart	10 000	20 000	8 000	15 000
4	Nisan	10 000	20 000	8 000	15 000

İplik üretim maliyetleri hammadde, işgücü ve hazırlık maliyetleri dışında kalan maliyetlerdir. Birim iplik üretimi için plan periyotlarına göre değişen birim üretim maliyet tablosu çizelge 6.13 de verilmiştir.

Çizelge 6.13. İplik Birim Üretim Maliyetleri

No <i>j</i>	Plan Periyodu	Birim İplik Üretim Maliyeti (TL/kg-periyot)			
		RING		OPEN-END	
		X1	X2	X3	X4
		Ne10	Ne30	Ne16	Ne20
1	Ocak	50 000	60 000	45 000	55 000
2	Şubat	50 000	60 000	45 000	55 000
3	Mart	50 000	60 000	45 000	55 000
4	Nisan	55 000	70 000	50 000	60 000

Çizelge 6.14. İşçilik maliyetlerini göstermektedir. Burada plan periyotlarında normal mesai, fazla mesai, işten çıkartılan ve işe geçici olarak alınan işçi maliyetleri görülmektedir. İşgücü maliyetlerinin periyotlara göre değişkenlik göstermediği düşünülmüştür.

Çizelge 6.14. Plan Döneminde İşgücü Maliyetleri (1000 TL/ adam)

İşgücü Maliyeti		Plan Periyodu			
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan
Normal Mesai	(1000 TL/adam)	180	180	180	180
Fazla Mesai	(1000 TL/adam)	52	52	52	52
İşten Çıkarma	(1000 TL/adam)	150	155	150	150
İşe Alma	(1000 TL/adam)	180	180	180	180

Çizelge 6.15 ise stok maliyetlerini ve karşılanmayan sipariş maliyetini göstermektedir. Burada maliyetler bir ürünün bir periyottan diğerine taşınma maliyeti ve karşılanamayan sipariş maliyetini içermektedir. Her iki maliyet türü çizelgede plan periyotlarına göre verilmektedir.

Çizelge 6.15. Stok ve Karşılanamayan Sipariş Maliyetleri (TL/kg-periyot)

Per. No	Plan Per.	Stok Taşıma Maliyeti (TL/kg-periyot)				Karşılanamayan Sipariş Maliyeti (TL/kg-periyot)			
		RING		OPEN-END		RING		OPEN-END	
		X1	X2	X3	X4	X1	X2	X3	X4
		Ne10	Ne30	Ne16	Ne20	Ne10	Ne30	Ne16	Ne20
1	Ocak	80 000	200 000	80 000	150 000	500 000	800 000	500 000	600 000
2	Şubat	100 000	220 000	90 000	160 000	500 000	800 000	500 000	600 000
3	Mart	110 000	230 000	100 000	170 000	500 000	800 000	500 000	600 000
4	Nisan	115 000	230 000	110 000	175 000	500 000	800 000	500 000	600 000

İşletmeler karşılayamadıkları talepler karşısında üretimlerinin bir kısmını dışarıya yaptırırlar. Buna fason üretim denilmektedir. Çizelge 6.16 iplik işletmesinde plan periyodunda her ipliğin fason üretim maliyetini göstermektedir. Burada, bu maliyet değerinin karşılanamayan talep maliyeti ile aynı olabileceği düşünülmüştür.

Çizelge 6.16. Dışarıya İş Yaptırma (Fason Üretim) Maliyetleri (TL/kg-periyot)

Per. No <i>j</i>	Plan Per.	Fason Üretim Maliyeti (TL/kg-periyot)			
		RİNG	OPEN-END		
		X1	X2	X3	X4
		Ne10	Ne30	Ne16	Ne20
1	Ocak	500 000	800 000	500 000	600 000
2	Şubat	500 000	800 000	500 000	600 000
3	Mart	500 000	800 000	500 000	600 000
4	Nisan	500 000	800 000	500 000	600 000

6.8. Seçilen İşletmede Üretim Planlaması Modeli

İşletmede maliyetlerin bilindiği varsayılarak kârın maksimizasyonunu amaçlayan optimum iplik üretimi için elde edilen matematiksel model aşağıda verilmiştir. Amaç fonksiyonu ve kısıtlar işletmeye ait veriler değerlendirilerek açık şekilde burada ifade edilmiştir.

6.8.1. Amaç Fonksiyonu

Amaç fonksiyonu denklem 5.18 ile ifade edilen denklem olup, sayısal veriler için sırasıyla çizelge 6.12, 6.15, 6.14, 6.11 ve 6.16'dan faydalanılmıştır.

$$\begin{aligned}
& \max Z [(900000X_{11} + 890000X_{12} + 900000X_{13} + 870000X_{14}) + \\
& (1000000X_{21} + 1100000X_{22} + 1100000X_{23} + 105000X_{24}) + \\
& (85000X_{31} + 81000X_{32} + 80000X_{33} + 80000X_{34}) + \\
& (93000X_{41} + 90000X_{42} + 90000X_{43} + 89000X_{44})] \\
& - \\
& [[(50000X_{11} + 80000I(+))_{11} + 500000I(-))_{11}) + (50000X_{12} + 100000I(+))_{12} + 500000I(-))_{12}) + \\
& (50000X_{13} + 110000I(+))_{13} + 500000I(-))_{13}) + (55000X_{14} + 115000I(+))_{14} + 500000I(-))_{14}) +] \\
& + \\
& [(60000X_{21} + 200000I(+))_{21} + 800000I(-))_{21}) + (60000X_{22} + 220000I(+))_{22} + 800000I(-))_{22}) + \\
& (60000X_{23} + 230000I(+))_{23} + 800000I(-))_{23}) + (65000X_{24} + 230000I(+))_{24} + 800000I(-))_{24})] \\
& + \\
& [(45000X_{31} + 80000I(+))_{31} + 500000I(-))_{31}) + (45000X_{32} + 90000I(+))_{32} + 500000I(-))_{32}) + \\
& (45000X_{33} + 100000I(+))_{33} + 500000I(-))_{33}) + (50000X_{34} + 110000I(+))_{34} + 500000I(-))_{34})] \\
& + \\
& [(55000X_{41} + 150000I(+))_{41} + 600000I(-))_{41}) + (55000X_{42} + 160000I(+))_{42} + 600000I(-))_{42}) + \\
& (55000X_{43} + 170000I(+))_{43} + 600000I(-))_{43}) + (60000X_{44} + 175000I(+))_{44} + 600000I(-))_{44})] \\
& + \\
& [(180000W_1 + 52000O_1 + 150000H_1 + 180000F_1) + (180000W_2 + 52000O_2 + \\
& 155000H_2 + 180000F_2) + (180000W_3 + 52000O_3 + 150000H_3 + 180000F_3) + \\
& (180000W_4 + 52000O_4 + 170000H_4 + 180000F_4)] \\
& + \\
& [(10000Y_{11} + 10000Y_{12} + 10000Y_{13} + 10000Y_{14}) + \\
& (20000Y_{21} + 20000Y_{22} + 20000Y_{23} + 20000Y_{24}) + \\
& (8000Y_{31} + 8000Y_{32} + 8000Y_{33} + 8000Y_{34}) + \\
& (15000Y_{41} + 15000Y_{42} + 15000Y_{43} + 15000Y_{44})] \\
& +
\end{aligned}$$

$$[500000(P_{11} + P_{12}+P_{13}+P_{14})+800000(P_{21} + P_{22} +P_{23}+P_{24}) \\ +500000(P_{31} + P_{32}+P_{33}+P_{34}) + 600000 (P_{41} + P_{42}+P_{43}+P_{44})]]$$

6.8.2. Kısıtlayıcılar

6.8.2.1. İplik Talep Kısıtı

Bu kısıt, bir önceki bölümde verilen denklem 5.19'a karşılık gelmektedir. Burada fason iplik üretimi (P_{it}), optimum iplik üretimi(X_{it}), dönem başında karşılanmayan talep($\Gamma^+_{i,t-1}$), dönem sonunda karşılanmayan talep ($\Gamma^-_{i,t-1}$), dönem başı stoğu (Γ^+_{it}) ile dönem sonu stoğunun (Γ^-_{it}) dikkate alındığı üretim dengesini gösteren eşitsizlikler her iplik tipi için plan dönemindeki dört periyot için ayrı ayrı verilmiştir. Eşitsizliklerin sağ tarafı i ipliğinin t periyottaki talep miktarını ifade etmektedir. Buradaki talep değerleri çizelge 6.10'da verilen değerlerdir.

Ne 10 Karde Ring İpliği

$$\begin{aligned} P_{11} + X_{11} + \Gamma^+_{10} - \Gamma^-_{10} - \Gamma^+_{11} + \Gamma^-_{11} &\leq 75\ 000 \\ P_{12} + X_{12} + \Gamma^+_{11} - \Gamma^-_{11} - \Gamma^+_{12} + \Gamma^-_{12} &\leq 120\ 000 \\ P_{13} + X_{13} + \Gamma^+_{12} - \Gamma^-_{12} - \Gamma^+_{13} + \Gamma^-_{13} &\leq 80\ 000 \\ P_{14} + X_{14} + \Gamma^+_{13} - \Gamma^-_{13} - \Gamma^+_{14} + \Gamma^-_{14} &\leq 70\ 000 \end{aligned}$$

Ne 30 Karde Ring İpliği

$$\begin{aligned} P_{21} + X_{21} + \Gamma^+_{20} - \Gamma^-_{20} - \Gamma^+_{21} + \Gamma^-_{21} &\leq 30\ 000 \\ P_{22} + X_{22} + \Gamma^+_{21} - \Gamma^-_{21} - \Gamma^+_{22} + \Gamma^-_{22} &\leq 50\ 000 \\ P_{23} + X_{23} + \Gamma^+_{22} - \Gamma^-_{22} - \Gamma^+_{23} + \Gamma^-_{23} &\leq 75\ 000 \\ P_{24} + X_{24} + \Gamma^+_{23} - \Gamma^-_{23} - \Gamma^+_{24} + \Gamma^-_{24} &\leq 80\ 000 \end{aligned}$$

Ne 16 Karde Open End İpliği

$$\begin{aligned} P_{31} + X_{31} + \Gamma^+_{30} - \Gamma^-_{30} - \Gamma^+_{31} + \Gamma^-_{31} &\leq 250\ 000 \\ P_{32} + X_{32} + \Gamma^+_{31} - \Gamma^-_{31} - \Gamma^+_{32} + \Gamma^-_{32} &\leq 300\ 000 \\ P_{33} + X_{33} + \Gamma^+_{32} - \Gamma^-_{32} - \Gamma^+_{33} + \Gamma^-_{33} &\leq 150\ 000 \\ P_{34} + X_{34} + \Gamma^+_{33} - \Gamma^-_{33} - \Gamma^+_{34} + \Gamma^-_{34} &\leq 100\ 000 \end{aligned}$$

Ne 20 Karde Open End İpliği

$$P_{41} + X_{41} + I_{40}^+ - I_{40}^- - I_{41}^+ + I_{41}^- \leq 100\,000$$

$$P_{42} + X_{42} + I_{41}^+ - I_{41}^- - I_{42}^+ + I_{42}^- \leq 120\,000$$

$$P_{43} + X_{43} + I_{42}^+ - I_{42}^- - I_{43}^+ + I_{43}^- \leq 100\,000$$

$$P_{44} + X_{44} + I_{43}^+ - I_{43}^- - I_{44}^+ + I_{44}^- \leq 130\,000$$

6.8.2.2. Hammadde Kullanım Miktarı

Hammadde kullanımı da modelde kısıt olarak değerlendirilmiştir (Denklem 5.20). Burada model çerçevesinde dört tip iplik için beş tip hammadde kullanıldığı ve üretimin hammadde stokuyla sınırlı olduğu düşünülerek kısıt denklemleri elde edilmiştir. Kısıt denklemlerinde, ring iplikleri için %14, Open End iplikleri için %12 telef olacağı düşünülerek optimum üretim miktarına bu oranlar ilave edilmiştir. Plan dönemindeki hammadde stok değeri için çizelge 6.6 kullanılmıştır. Bir hammaddeden her periyotta eşit miktarda bulunduğu düşünülmüş ve ilgili çizelgenin son sütunundaki değer plan periyot sayısına bölünerek bir periyottaki hammadde miktarı tespit edilmiştir (Örneğin sureye pamuğunun plan döneminde toplam stoğu 700 ton olup bir periyottaki stok miktarı $700/4=175$ ton'dur). Bulunan bu değerler, kg cinsinden, aşağıda verilen kısıt denklemlerinin sağ tarafındaki değerlerdir.

Suriye Pamuğu (%14 Telef ilave edilmiştir)

$$1,14 X_{11} \leq 175000$$

$$1,14 X_{12} \leq 175000$$

$$1,14 X_{13} \leq 175000$$

$$1,14 X_{14} \leq 175000$$

Ege Pamuğu (%14 ring için telef ilave edilmiştir)

$$1,14 X_{21} \leq 100000$$

$$1,14 X_{22} \leq 100000$$

$$1,14 X_{23} \leq 100000$$

$$1,14 X_{24} \leq 100000$$

Çukurova Pamuğu (%12 OE için telef ilave edilmiştir)

$$0.672 X_{31} \leq 150000$$

$$0.672 X_{32} \leq 150000$$

$$0.672 X_{33} \leq 150000$$

$$0.672 X_{34} \leq 150000$$

Telef (%12 OE için telef ilave edilmiştir)

$$0.448 X_{31} \leq 50000$$

$$0.448 X_{32} \leq 50000$$

$$0.448 X_{33} \leq 50000$$

$$0.448 X_{34} \leq 50000$$

Amerikan Pamuğu (%12 telef ilave edilmiştir)

$$1,12 X_{41} \leq 225000$$

$$1,12 X_{42} \leq 225000$$

$$1,12 X_{43} \leq 225000$$

$$1,12 X_{44} \leq 225000$$

6.8.2.3. Proseslerin Çalışma Kapasitesi (saat/periyo)

Proseslerdeki makinelerin süre bazındaki çalışma kapasitelerinin kısıt olarak ele alındığı bu bölümde sayısal değerler için çizelge 6.9 kullanılmıştır. Çalışma kapasite kısıtı çalışmanın 5. bölümünde denklem 5.21 ile ifade edilmiştir. Her plan periyodunda aylık çalışma süresinin aynı olduğu düşünülmüştür. Dolayısıyla plan dönemindeki toplam çalışma süresi (çizelge 6.9 da son sütunda gösterilen değerler) periyot sayısına (4) bölünerek eşitsizliğin sağ tarafında verilmiştir. Aşağıda her proses için belirlenen kısıt denklemleri üretim sırasına uygun olarak verilmiştir.

Harman – Hallaç Prosesi

$$0.0003801(X_{11} + X_{21}) + 0.0003736(X_{31} + X_{41}) \leq 550$$

$$0.0003801(X_{12} + X_{22}) + 0.0003736(X_{32} + X_{42}) \leq 550$$

$$0.0003801(X_{13} + X_{23}) + 0.0003736(X_{33} + X_{43}) \leq 550$$

$$0.0003801(X_{14} + X_{24}) + 0.0003736(X_{34} + X_{44}) \leq 550$$

Tarak Prosesi

$$0.0002162 X_{11} + 0.0001441 X_{21} + 0.0001545 X_{31} + 0.0001545 X_{41} \leq 580$$

$$0.0002162 X_{12} + 0.0001441 X_{22} + 0.0001545 X_{32} + 0.0001545 X_{42} \leq 580$$

$$0.0002162 X_{13} + 0.0001441 X_{23} + 0.0001545 X_{33} + 0.0001545 X_{43} \leq 580$$

$$0.0002162 X_{14} + 0.0001441 X_{24} + 0.0001545 X_{34} + 0.0001545 X_{44} \leq 580$$

Cer I Prosesi

$$0.0000252 (X_{11} + X_{21}) + 0.0000247(X_{31} + X_{41}) \leq 458$$

$$0.0000252 (X_{12} + X_{22}) + 0.0000247(X_{32} + X_{42}) \leq 458$$

$$0.0000252 (X_{13} + X_{23}) + 0.0000247(X_{33} + X_{43}) \leq 458$$

$$0.0000252 (X_{14} + X_{24}) + 0.0000247(X_{34} + X_{44}) \leq 458$$

Cer II Prosesi

$$0.0000229(X_{11} + X_{21}) + 0.0000225(X_{31} + X_{41}) \leq 500$$

$$0.0000229(X_{12} + X_{22}) + 0.0000225(X_{32} + X_{42}) \leq 500$$

$$0.0000229(X_{13} + X_{23}) + 0.0000225(X_{33} + X_{43}) \leq 500$$

$$0.0000229(X_{14} + X_{24}) + 0.0000225(X_{34} + X_{44}) \leq 500$$

Fitil Prosesi

$$0.0000291X_{11} + 0.0000587X_{21} \leq 429$$

$$0.0000291X_{12} + 0.0000587X_{22} \leq 429$$

$$0.0000291X_{13} + 0.0000587X_{23} \leq 429$$

$$0.0000291X_{14} + 0.0000587X_{24} \leq 429$$

Vater Prosesi

$$0.0007468 X_{11} + 0.0001853 X_{21} \leq 593$$

$$0.0007468 X_{12} + 0.0001853 X_{22} \leq 593$$

$$0.0007468 X_{13} + 0.0001853 X_{23} \leq 593$$

$$0.0007468 X_{14} + 0.0001853 X_{24} \leq 593$$

Open-End Prosesi

$$X_{31} + 0.0011902 X_{41} \leq 593$$

$$X_{32} + 0.0011902 X_{42} \leq 593$$

$$X_{33} + 0.0011902 X_{43} \leq 593$$

$$X_{34} + 0.0011902 X_{44} \leq 593$$

6.8.2.4. Proseslere Giren Materyal Miktarı

Kısıtlar listesinde gösterilen bu bölüm (denklem 5.22), proseslere tüm plan periyotlarında girecek olan materyal miktarını gözlemlemek için eklenmiştir. A_{jt} , t periyodunda j prosesine giren materyal miktarını göstermekte olup prosese girecek malzeme miktarında bir kısıtlama olmayacağı için eşitliğin sağ tarafı sıfır olarak

alınmıştır. Örneğin A_{11} , üretim hattında birinci aşama olan harman-hallaç prosesine giren birinci periyot olan ocak ayında girecek olan materyal miktarını göstermektedir. Burada eşitliğin sol tarafında bulunan ve X_{it} değişkeni ile çarpım halinde bulunan sayısal değerler için çizelge 6.9 kullanılmıştır.

Harman-Hallaca Giren materyal miktarı

$$1.1403(X_{11} + X_{21}) + 1.1208(X_{31} + X_{41}) - A_{11} = 0$$

$$1.1403(X_{12} + X_{22}) + 1.1208(X_{32} + X_{42}) - A_{12} = 0$$

$$1.1403(X_{13} + X_{23}) + 1.1208(X_{33} + X_{43}) - A_{13} = 0$$

$$1.1403(X_{14} + X_{24}) + 1.1208(X_{34} + X_{44}) - A_{14} = 0$$

Tarağa Giren materyal miktarı

$$1.0830 (X_{11} + X_{21}) + 1.0648 (X_{31} + X_{41}) - A_{21} = 0$$

$$1.0830 (X_{12} + X_{22}) + 1.0648 (X_{32} + X_{42}) - A_{22} = 0$$

$$1.0830 (X_{13} + X_{23}) + 1.0648 (X_{33} + X_{43}) - A_{23} = 0$$

$$1.0830 (X_{14} + X_{24}) + 1.0648 (X_{34} + X_{44}) - A_{24} = 0$$

Cer I'e Giren materyal miktarı

$$1.0452 (X_{11} + X_{21}) + 1.0275 (X_{31} + X_{41}) - A_{31} = 0$$

$$1.0452 (X_{12} + X_{22}) + 1.0275 (X_{32} + X_{42}) - A_{32} = 0$$

$$1.0452 (X_{13} + X_{23}) + 1.0275 (X_{33} + X_{43}) - A_{33} = 0$$

$$1.0452 (X_{14} + X_{24}) + 1.0275 (X_{34} + X_{44}) - A_{34} = 0$$

Cer II'ye Giren materyal miktarı

$$1.0389 (X_{11} + X_{21}) + 1.0213 (X_{31} + X_{41}) - A_{41} = 0$$

$$1.0389 (X_{12} + X_{22}) + 1.0213 (X_{32} + X_{42}) - A_{42} = 0$$

$$1.0389 (X_{13} + X_{23}) + 1.0213 (X_{33} + X_{43}) - A_{43} = 0$$

$$1.0389 (X_{14} + X_{24}) + 1.0213 (X_{34} + X_{44}) - A_{44} = 0$$

Fıtil'e Giren materyal miktarı

$$1.0327(X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41}) - A_{51} = 0$$

$$1.0327(X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42}) - A_{52} = 0$$

$$1.0327(X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43}) - A_{53} = 0$$

$$1.0327(X_{14} + X_{24} + X_{34} + X_{44}) - A_{54} = 0$$

Vater'e Giren materyal miktarı

$$1.0224(X_{11} + X_{21}) - A_{61} = 0$$

$$1.0224(X_{12} + X_{22}) - A_{62} = 0$$

$$1.0224(X_{13} + X_{23}) - A_{63} = 0$$

$$1.0224(X_{14} + X_{24}) - A_{64} = 0$$

OE'e Giren materyal miktarı

$$1.0152(X_{31} + X_{41}) - A_{71} = 0$$

$$1.0152(X_{32} + X_{42}) - A_{72} = 0$$

$$1.0152(X_{33} + X_{43}) - A_{73} = 0$$

$$1.0152(X_{34} + X_{44}) - A_{74} = 0$$

6.8.2.5. Üretim İçin Gerekli İşgücü Kısıtı

İşletmedeki işgücünün kısıt olarak değerlendirildiği bu bölümde işgücü; normal mesai işgücü, fazla mesai işgücü, işten çıkarılanlar ve işe alınanlar şeklinde ele alınmıştır. Çalışmada 5. Bölümde denklem 5.23 ile ifade edilen bu kısıt birim üretim başına üretim başına gerekli işçi miktarı olup, burada 0.0005 işçi/kg şeklinde belirlenmiştir. Optimum üretim için gerekli işçi miktarının normal mesai ve fazla mesai işçilerinin toplamından daha büyük olamayacağını gösteren bu kısıt denklemleri aşağıda her periyot için ayrı ayrı verilmiştir.

$$0.0005(X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41}) - W_1 - O_1 \leq 0$$

$$0.0005(X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42}) - W_2 - O_2 \leq 0$$

$$0.0005(X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43}) - W_3 - O_3 \leq 0$$

$$0.0005(X_{14} + X_{24} + X_{34} + X_{44}) - W_4 - O_4 \leq 0$$

Plan Süresince İşgücü Dengesi

İşgücü dengesi; normal mesai, bir önceki periyottan devreden, işten çıkarılanlar ve işe alınan işçi sayısının toplamının sıfır olacağını gösteren bir ifade olup aşağıda kısıt denklemleri halinde verilmiştir. Bu ifade çalışmanın 5. Bölümünde denklem 5.24 ile ifade edilmiştir.

$$W_1 - W_0 - H_1 + F_1 = 0$$

$$W_2 - W_1 - H_2 + F_2 = 0$$

$$W_3 - W_2 - H_3 + F_3 = 0$$

$$W_4 - W_3 - H_4 + F_4 = 0$$

Fazla Mesaide Kullanılan İşgücü Kısıtı

Burada fazla mesaide çalışan işçilerin normal mesaide çalışan işçilerden seçildiği dikkate alınarak, normal mesaide çalışanların belli bir oranının fazla mesai yapmasına izin verilebileceği gösterilmiştir. Bir önceki bölümde denklem 5.25 ile ifade edilmiştir. Bu çalışmada, normal mesaide çalışanların ancak %20 sinin fazla mesai yapabileceği düşünülmüş ve buna göre bu kısıt aşağıda her periyot için ayrı ayrı verilmiştir.

$$-0.2W_1 + O_1 \leq 0$$

$$-0.2W_2 + O_2 \leq 0$$

$$-0.2W_3 + O_3 \leq 0$$

$$-0.2W_4 + O_4 \leq 0$$

Plan Başındaki İşgücü Seviyesi

Planlamada bir periyottan diğer periyoda belirli bir işgücü taşınır. Bu işgücü seviyesi W_{t-1} ile gösterilmektedir. Burada planın başlangıcında (dönem başı) W_0 şeklinde bir işgücü seviyesinin bulunduğu varsayılmıştır. Bu ifade, 5. bölümde denklem 5.26 ile gösterilen bir sabittir. Çalışmada bu değer ,

$$W_0 = 100$$

şeklinde belirlenmiştir.

6.8.2.6. Plan Başlangıcında Yerine Getirilmemiş Sipariş Seviyesi

Bu çalışmada, her iplik tipi için plan başlangıcında yerine getirilmemiş sipariş seviyesi,

$$\Gamma_{10} = 0$$

$$\Gamma_{20} = 0$$

$$\Gamma_{30} = 0$$

$$\Gamma_{40} = 0$$

sıfır olarak kabul edilmiştir. Modelin tanıtıldığı 5. bölümde denklem 5.27 bu kısıtı ifade etmektedir.

6.8.2.7. Başlangıç ve Bitiş Stokları

Çalışmada başlangıç stoklarının bulunduğu, bitiş stoku için kesin bir belirleme olmadığı kabulü yapılmıştır. Buna göre 5. Bölümde denklem 5.28 ile ifade edilen başlangıç stok denklemleri her iplik tipi için ayrı ayrı,

$$I_{10}^+ = 10000$$

$$I_{20}^+ = 15000$$

$$I_{30}^+ = 20000$$

$$I_{40}^+ = 15000$$

şeklinde belirlenmiştir. Plan bittikten sonraki stok miktarları (denklem 5.29) ise burada bir kısıt olarak ele alınmamıştır.

6.8.2.8. Üretimin Kontrolü

Burada çalışmanın 5. bölümünde denklem 5.30 ile ifade edilen, hazırlık maliyetinin dikkate alındığı, üretimin kabul edilebilir bir değerden çok büyük olamayacağını gösteren kısıt denklemleri verilmiştir. Y_{it} , değeri (0,1) şeklinde, çözüm sırasında ortaya çıkan bir parametre olup, değeri üretim varsa değer 1, yoksa 0 olacaktır. Her iplik tipi ve her periyot için üretim kontrolü kısıt denklemleri aşağıda verilmiştir ($M=200000000$).

$$0.00000000005 X_{11} - Y_{11} \leq 0$$

$$0.00000000005 X_{12} - Y_{12} \leq 0$$

$$0.00000000005 X_{13} - Y_{13} \leq 0$$

$$0.00000000005 X_{14} - Y_{14} \leq 0$$

$$0.00000000005 X_{21} - Y_{21} \leq 0$$

$$0.00000000005 X_{22} - Y_{22} \leq 0$$

$$0.00000000005 X_{23} - Y_{23} \leq 0$$

$$0.00000000005 X_{24} - Y_{24} \leq 0$$

$$0.00000000005 X_{31} - Y_{31} \leq 0$$

$$0.00000000005 X_{32} - Y_{32} \leq 0$$

$$0.00000000005 X_{33} - Y_{33} \leq 0$$

$$0.00000000005 X_{34} - Y_{34} \leq 0$$

$$0.00000000005 X_{41} - Y_{41} \leq 0$$

$$0.00000000005 X_{42} - Y_{42} \leq 0$$

$$0.00000000005 X_{43} - Y_{43} \leq 0$$

$$0.00000000005 X_{44} - Y_{44} \leq 0$$

Hazırlık Maliyeti Kontrolü

Burada Y_{it} parametresinin (0,1) karakterinde bir parametre olduğu gösterilmektedir. Programlama sırasında Y_{it} , INT komutu ile binary formda tanımlamaktadır (çalışmanın 5. bölümündeki 5.31 denklemi).

INT

$$Y_{11}=(0,1), Y_{12}=(0,1), Y_{13}=(0,1), Y_{14}=(0,1),$$

$$Y_{21}=(0,1), Y_{22}=(0,1), Y_{23}=(0,1), Y_{24}=(0,1),$$

$$Y_{31}=(0,1), Y_{32}=(0,1), Y_{33}=(0,1), Y_{34}=(0,1),$$

$$Y_{41}=(0,1), Y_{42}=(0,1), Y_{43}=(0,1), Y_{44}=(0,1),$$

Pozitiflik Koşulu

Modelin programlanmasında son aşama olup, karar değişkenlerinin değerlerinin sıfırdan küçük olamayacağını göstermektedir (Çalışmanın 5. Bölümünde denklem 5.32 ile ifade edilmiştir).

Oluşturulan bu model LINDO 6.1 yazılımında uygun formatta yazılmış ve çözülmüştür. Programın listesi EK-3'de verilmiştir.



7. ARASTIRMA BULGULARI VE TARTISMA

Tekstil sektöründe bir üretim aşaması olan iplik işletmesinde birçok üretim aşaması mevcuttur. Bu çalışmada, Ring ve Open-End iplik sistemlerinin her ikisinin de birlikte değerlendirildiği bir iplik işletmesinde üretim planlaması için doğrusal programlama yaklaşımında bulunulmuştur. Üretim planlamasında dört aylık periyodu kapsayan bir dönem için plan yapılmıştır. Uygulamada dört çeşit iplik ve beş ayrı hammadde kullanılmıştır. İşletmenin bu dört aylık periyodunda her ay 26 gün ve üç vardiya (24 saat) çalıştığı dikkate alınmıştır.

İplik işletmesinin yapısına uygun olarak geliştirilen üretim planlamasının matematiksel model, endüstriyel uygulamaya örnek oluşturması açısından, seçilen bir iplik işletmesine ait güncel veriler kullanılarak çözülmüş ve sonuçlar elde edilebilmiştir. İşletmede maksimum kâr elde etmeyi amaçlayan problemin çözümünde; optimum iplik üretim miktarları belirlenebildiği gibi makine kapasiteleri, hammadde yönetimi, işgücü planlaması gibi işletme için çok önemli olan sonuçlar da elde edilebilmiştir. Çalışmanın sonuçlarının değerlendirildiği bu bölümde değerlendirmeler başlıklar halinde incelenmektedir.

7.1. Problemin Çözümü

Çalışmanın bu kısmında verilecek ve incelenecek olan çözümde amaç fonksiyonunda hazırlık maliyeti olarak yer alan ve Y_{it} parametrelerinin bulunduğu satırlar bulunmayacaktır. Hazırlık maliyetlerinin dikkate alındığı durumda model EK-4'deki şekilde ele alınmaktadır. Burada modelin sonunu gösteren END deyiminden sonraki INT ifadeleri çözüm sırasında duyarlılık analizine izin vermemektedir. Bu çalışmada duyarlılık analizi önemli yer tutacağından bunu gerçekleştirmek için hazırlık maliyetleri ihmal edilmiştir. Ancak yine de hazırlık maliyetinin maksimum kâra etkisi ilerde incelenecektir.

Matematiksel optimizasyon tekniklerinden doğrusal programlama metodu kullanılarak geliştirilen matematiksel üretim planlaması modelinin çözümünde

LINDO 6.1 paket programı kullanılmıştır. Program Windows işletim sistemi altında çalışabilmektedir. Modelin Lindo 6.1 programında yazılmış hali EK-4'de (hazırlık maliyetinin ihmal edildiği model) verilmiştir. EK-4'de verilen modelin çözümü 4 adımda gerçekleşmiş ve sonuçlar (report file, orijinal çözüm çıktısı) EK-5'de verilmiştir. Çözüm sonucunda optimum iplik üretiminde elde edilecek maksimum kâr tespit edilebilmiştir.

7.2. Optimum Çözüm

Kârın maksimizasyonunu amaçlayan üretim planlaması modelinin bilgisayarla çözümünden elde edilen maksimum kâr değeri çizelge 7.1. de verilmiştir. Burada işletmenin plan döneminde yaklaşık olarak toplam 601.6 milyar TL kâr elde edeceği görülmektedir.

Çizelge 7.1. Karde İplik İşletmesi Üretim Planlaması Modelinde Optimum Çözüm

Amaç Fonksiyonu	Değer (Milyar TL/plan dönemi)
Maksimum Kâr	601

7.3. Optimum İplik Üretim Miktarı

Modelin çözümü sonucu işletmede plan döneminde her periyot için talep edilen iplik tiplerinin maksimum kârı verecek optimum üretim miktarları çizelge 7.2'de verilmiştir. Buna göre Ne10/ring ipliğinin dört periyotta da üretim miktarının 153508.76 kg olduğu görülmektedir. Çözüm sonuçları incelendiğinde çizelge 6.10'a göre Ne10 tipi ipliğin Ocak ayı talebi 75000 kg 'dır. Bu üretim değerine 10000 kg şeklinde dönem başı stok eklenip talepten çıkarılırsa 88508.7 kg'lık bir fark elde edilir. Bu Ne10 ring tip ipliğin Ocak ayından Şubat ayna devreden stoku olacaktır. Çözüm listesinde (EK-5) I_{11}^+ şeklinde geçen sonuca bakıldığında bu değere karşılık geldiği görülmektedir. Maksimum kâr için, Ne30/ring ipliğinin Mart ayındaki bu

ipliğin o ay üretilmemesinin gerektiği ortaya çıkmaktadır (optimum üretim değerinin sıfır çıkması).

Çizelge 7.2. Plan Döneminde Optimum İplik Üretimi (kg/periyot)

Periyot / İplik Tipi	X1 Ne10/Ring	X2 Ne30/Ring	X3 Ne16/OE	X4 Ne30/OE
OCAK	153508.76	87719.29	111607.14	85000
ŞUBAT	153508.76	87719.29	111607.14	120000
MART	153508.76	0	111607.14	100000
NİSAN	153508.76	44561.40	100000	130000

7.4. Stok Seviyeleri

Plan döneminin kapsadığı dört periyotta başlangıç stok seviyeleri çizelge 7.3'den görülebilir. Bu çizelgede her periyoda bir önceki devredilen stoklar görülmektedir (Modelde $(I_{it}^+, lart_{it})$ olarak görülen ifade). Ne16/OE ve Ne30/OE iplik tiplerinin periyotlar arası taşınan stok seviyelerinin sıfır olduğu görülmektedir. Ne10/Ring iplik tipinden Ocak ayının başlangıcında stokun 10000 kg olduğu, Şubat ayı başında ise 122017.54 kg iplik stok edildiği (taşındığı) görülmektedir.

Çizelge 7.3. Plan Döneminde Periyot Başındaki Stok Seviyeleri (kg/periyot)

Periyot / İplik Tipi	X1 Ne10/Ring	X2 Ne30/Ring	X3 Ne16/OE	X4 Ne30/OE
Başlangıç stoku	10 000	15 000	20 000	15 000
OCAK	88508.77	72719.29	0	0
ŞUBAT	122017.54	110438.59	0	0
MART	195526.31	35438.59	0	0
NİSAN	279035.09	0	0	0

7.5.Yerine Getirilmeyen Sipariş Miktarı

Çözüm sonunda yerine getirilmeyen sipariş miktarları sıfır bulunmuştur. Bu ifadeler modelde (EK-4) İeksi_{it} şeklinde görülmektedir. (çizelge 7.4).

Çizelge 7.4. Plan Döneminde Yerine Getirilmeyen İplik Sipariş Miktarı (kg/periyot)

Periyot / İplik Tipi	X1 Ne10/Ring	X2 Ne30/Ring	X3 Ne16/OE	X4 Ne30/OE
Başlangıçta yerine getirilmeyen sipariş M	0	0	0	0
OCAK	0	0	0	0
ŞUBAT	0	0	0	0
MART	0	0	0	0
NİSAN	0	0	0	0

7.6. Optimum İşgücü Seviyeleri

Çizelge 7.5, plan dönemindeki işgücü dağılımını göstermektedir. Burada Ocak ayında normal mesai işgücü seviyesinin 182 kişi, Bunlardan 36 sının fazla mesai yaptığını, 82 işçinin işten çıkarılması gerektiği ve işe alınan işçi olmadığı görülmektedir. Şubat periyodunda 33, Mart periyodundan da 18 işçi alımının gerçekleşmesi gerektiği yine elde edilen diğer sonuçlardır. Plan boyunca Ocak ve Şubat aylarında çıkartılan işçi sayısının çok fazla olduğu diğer dönemlerde işçi çıkarımının gerçekleşmediği görülmektedir. Plan boyunca Ocak, Şubat ve Nisan aylarında fazla mesaide oldukça fazla işçi çalıştırılması gerektiği görülmektedir.

Çizelge .7.5. Plan Döneminde İşgücü Dağılımı (işçi/periyot)

Periyot / İşgücü	W_t Normal Mesai	O_t Fazla Mesai	H_t İşten Çıkartılan	F_t İşe Alınan
Plan başlangıç işgücü seviyesi	100	-	-	-
OCAK	182	36	82	0
ŞUBAT	197	39	14	33
MART	178	4	0	18
NİSAN	178	35	0	0

7.7. Optimum Fason Üretim Miktarı

Çözüm sonuçları incelendiğinde (P_{it}), değerlerin sıfır olarak çıkması nedeniyle bu plan döneminde fason üretime gerek olmadığı sonucu çıkmaktadır.

7.8. Proseslere Giren Materyal Miktarı

Çizelge 7.6, proseslere plan boyunca giren materyal miktarını göstermektedir. Çizelge incelenecek olursa örneğin, Şubat periyodunda, tüm proseslere giren materyal miktarının diğer periyotlardan fazla olmasından dolayı çok çalışıldığı anlaşılmaktadır.

Çizelge 7.6. Proseslere Girmesi Planlanan Materyal Miktarı (kg/periyot)

Plan Periyodu Proses No-Adı	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Harman-Hallaç	495429.65	534657.68	412215.34	483643.43
Tarak	470597.28	507865.28	391569.28	459414.00
Cer I	454145.40	490107.90	377873.71	443347.93
Cer II	451406.71	487152.21	375594.62	440674.09
Fitil	452152.40	488296.90	377055.18	440674.09
Vater	246631.57	246631.57	156947.37	202506.95
Open-End	199595.57	235127.57	214823.57	233496.00

7.9. Azaltılmış Fiyatlar (*Reduced Cost*)

Problemin çözüm çıktısı incelendiğinde (EK-5) karar değişkenlerinin karşısında bulunan değerler azaltılmış fiyatları göstermektedir. Bu değerler bazı karar değişkenleri için sıfır olurken bazıları içinde sıfırdan farklıdır. Azaltılmış fiyatın (*reduced cost*) sıfır olması, karar değişkenlerinin amaç fonksiyonundaki

katsayılarının artırılmasının, amaç fonksiyonunun değerinde bir değişiklik yaratmayacağı anlamına gelmektedir.

7.10. Gölge Fiyatlar

Çözüm incelendiğinde temel olmayan değişkenlerin karşısında gölge fiyatların bulunduğu sütun yer almaktadır. Modelin çözümünde, kısıt satırlarının eşitsizlik durumunda olmasından dolayı kısıtların sağ taraflarındaki değerlerin kullanılmayan miktarları ve bu kısıtların gölge fiyatları tespit edilmiştir. Gölge fiyatlar kaynakların bir birim artırılmasının amaç fonksiyonunun değerinde ne kadar bir değişim meydana getireceğini göstermesi bakımından önemlidir.

7.10.1. Talep Kısıtı ve Gölge Fiyatlar

Çizelge 7.7. Üretilmesi istenen ipliklere ait talep kısıtı eşitsizliklerinin (denklem 5.19) çözümünde ortaya çıkan karşılanmayan talep ve bu kısıtlara ait gölge fiyatları göstermektedir. Bu kısım, EK-5 de verilen çözüm listesinde 2-17 nolu satırlara karşılık gelmektedir. Burada, plan döneminde Ne16 numaralı Open-End (OE) pamuk ipliğinin (X3) Ocak, Şubat ve Mart periyotlarındaki talebi dışındaki tüm iplik taleplerinin karşılanabildiği görülmektedir. Talepleri tamamen karşılanan diğer ipliklerin gölge fiyatlarının sıfırdan farklı olması, ancak talebi tam olarak karşılanamayan Ne16/OE ipliğinin gölge fiyatının sıfır olması dikkati çekmektedir. Ne16 numaralı OE pamuk ipliğinin Ocak ayı talebi 250 ton iken bunun 118.392 ton'unun karşılanamayacağı çizelgeden görülmektedir. Bunun anlamı şudur; eğer Ne16/OE ipliğe bir birim fazla talep yapılırsa bunun kâra katkısı sıfır olacaktır ki bu önemli bir sonuçtur. Benzer şekilde; örneğin Ne10/Ring iplikten Ocak periyodunda (periyot no:1) 1 birim (1 kg) fazla talep edildiğinde bu miktar kârda 405000 TL artış sağlayacaktır.

Çizelge 7.7. Karşılanmayan Talep ve Gölge Fiyatları

İplik Tipi		Plan Periyodu			
		OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
X1 Ne10/Ring	Karşılanmayan Talep (kg/periyot)	0	0	0	0
	Gölge Fiyatı (TL/periyot)	405000	225000	325000	115000
X2 Ne30/Ring	Karşılanmayan Talep (kg/periyot)	0	0	0	0
	Gölge Fiyatı (TL/periyot)	689943	489942	269942	39942
X3 Ne16/OE	Karşılanmayan Talep (kg/periyot)	118393	188393	38393	0
	Gölge Fiyatı (TL/periyot)	0	0	0	29942
X4 Ne30/OE	Karşılanmayan Talep (kg/periyot)	0	0	0	0
	Gölge Fiyatı (TL/periyot)	37922	34781	34974	28942

7.10.2. Hammadde Kısıtı ve Gölge Fiyatlar

Plan döneminde optimum üretim miktarları belirlenen iplikler için kullanılan hammaddelerin kullanılmayan miktarları ve gölge fiyatları çizelge 7.8.'de verilmiştir. Bu kısıt çözüm listesinde 18-37. satırlar arasındaki değerlerdir. Burada kaynakların büyük oranda kullanıldığı görülmektedir. Ege pamuğundan Mart ve Nisan periyotlarında, teleften Nisan periyodunda, Çukurova ve Amerikan pamuğundan ise tüm periyotlarda kullanılmayan miktarlar olduğu çizelgeden görülmektedir. Burada en fazla tüketimin Suriye pamuğunda olduğu dikkati çekmektedir. Burada bazı pamuk tiplerinde gölge fiyatların sıfırdan farklı bir değerde olduğu görülmektedir. Bu, pamuk tiplerinde kullanılmayan miktar olduğu anlamına gelmektedir. Başka bir ifade ile, gölge fiyatı sıfır olan bir hammaddenin stoktaki miktarını bir birim

artırmanın kâr üzerindeki etkisi sıfır olmaktadır. Aksi durumda ise, gölge fiyatı sıfırdan farklı bir hammadde stoktaki miktarının bir birim artırılması ile maksimum kârda gölge fiyattaki kadar bir artış olmaktadır. Örneğin; Ocak periyodunda Suriye pamuğunun tamamının kullanıldığı görülmektedir. Bu pamuğun o periyottaki miktarı 1 kg artırıldığında maksimum kârda 390283 TL (gölge fiyat) şeklinde bir artış olacaktır.

Çizelge 7.8. Optimum İplik Üretiminde Kullanılmayan Hammadde Kısıtı ve Gölge Fiyatlar

Hammadde Tipi		Plan Periyodu			
		OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Suriye Pamuğu	Kullanılmayan miktar (kg/periyot)	0	0	0	0
	Gölge Fiyatı (TL/periyot)	390283	451562	548223	613985
Ege Pamuğu	Kullanılmayan miktar (kg/periyot)	0	0	100000	49200
	Gölge Fiyatı (TL/periyot)	219281	442841	0	0
Çukurova Pamuğu	Kullanılmayan miktar (kg/periyot)	75000	75000	75000	82800
	Gölge Fiyatı (TL/periyot)	0	0	0	0
Telef Pamuğu	Kullanılmayan miktar (kg/periyot)	0	0	0	5199.9
	Gölge Fiyatı (TL/periyot)	89113	180315	78067	0
Amerikan Pamuğu	Kullanılmayan miktar (kg/periyot)	129800	90600	113000	79400
	Gölge Fiyatı (TL/periyot)	0	0	0	0

7.10.3. Makinelerin Kullanılmayan Kapasiteleri ve Gölge Fiyatlar

İşletmede plan döneminde üretilmesi düşünülen ipliklerin üretiminde kullanılacak olan makinelerin, süre bazında, kullanılmayan kapasiteleri ve gölge fiyatları çizelge 7.9'da verilmiştir. Burada tüm proseslerde kullanılmayan kapasite olduğu görülmektedir. Bu proseslerin gölge fiyatlarının sıfır olması dikkati çekmektedir. Kapasitede değişiklik yapılmasının maksimum kâr miktarını etkilemeyeceği sonucu elde edilmiştir. Kapasitelerdeki bu fazlalık, iplik tiplerine yapılan talebin eksikliğinin bir göstergesidir.

Çizelge 7.9. Makinelerin Kullanılmayan Kapasiteleri ve Gölge Fiyatlar

Hammadde Tipi		Plan Periyodu			
		OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Harman-H. Prosesi	Kullanılmayan süre (sa/periyot)	384	371	412	388
	Gölge Fiyatı (TL/periyot)	0	0	0	0
Tarak Prosesi	Karşılanmayan Talep (sa/periyot)	503	498	514	504
	Gölge Fiyatı (TL/periyot)	0	0	0	0
Cer I Prosesi	Karşılanmayan Talep (sa/periyot)	447	446	448	447
	Gölge Fiyatı (TL/periyot)	0	0	0	0
Cer II Prosesi	Karşılanmayan Talep (sa/periyot)	490	489	491	490
	Gölge Fiyatı (TL/periyot)	0	0	0	0
Fıtil Prosesi	Karşılanmayan Talep (sa/periyot)	419	419	424	421
	Gölge Fiyatı (TL/periyot)	0	0	0	0
Vater Prosesi	Karşılanmayan Talep (sa/periyot)	462	462	478	470
	Gölge Fiyatı (TL/periyot)	0	0	0	0
Open-End Prosesi	Karşılanmayan Talep (sa/periyot)	386	345	369	344
	Gölge Fiyatı (TL/periyot)	0	0	0	0

7.10.4. Proseslere Giren Materyal Miktarı ve Gölge Fiyatlar

İşletmede plan periyodunda, üretilmesi düşünülen iplikler için kullanılan hammaddelerin proseslere giren materyal miktarına ait bu değerler) ve gölge fiyatları (Çözüm çıktısında kısıt numarası olarak 66-93 numaralı satırlar sıfır olarak görülmektedir. Bunu nedeni, girmesi gereken miktarı için kısıtlama olmamasıdır (eşitliğin sağ tarafı sıfır).

7.10.5. Gerekli İşgücü ve Gölge Fiyatlar

İşletmede plan periyodunda, üretilmesi düşünülen iplikler için gereken işçi sayısında kullanılmayan işçi olmadığı çizelge 7.10'da görülmektedir. Bu değerler EK-5 de 94-97. satırlarda görülmektedir. Burada gölge fiyat değerlerine bakıldığında, örneğin, Ocak ayında işgücü 1 işçi olarak artırıldığında 154500 TL' lik bir artış meydana gelecektir.

Çizelge 7.10. Plan Döneminde Gerekli İşgücü ve Gölge Fiyat

Periyot	Kullanılmayan işgücü (işçi/periyot)	Gölge Fiyat (TL/periyot)
OCAK	0	154500
ŞUBAT	0	437833
MART	0	52000
NİSAN	0	115333

7.10.6. İşgücü Dengesi ve Gölge Fiyatlar

Çizelge 7.11'de görüldüğü gibi plan döneminde kullanılmayan işgücü olmamakla birlikte gölge fiyatlarda Mart ve Nisan periyotlarında negatif değerler olduğu görülmektedir. Mart ayında işgücünde yapılacak bir birimlik artış (1 işçi) maksimum kâr değerini 180 000 TL azaltacaktır. Benzer şekilde Ocak periyodunda yapılacak 1 birimlik işgücü artışı maksimum kârda 150 000 TL 'lık artış sağlayacaktır. Bu değerler EK-5'de 98-101. satırlarda görülebilmektedir.

Çizelge 7.11. Plan Döneminde İşgücü Dengesi ve Gölge Fiyat

Periyot	Kullanılmayan işgücü (işçi/periyot)	Gölge Fiyat (TL/periyot)
OCAK	0	150000
ŞUBAT	0	155000
MART	0	-180000
NİSAN	0	-52000

7.10.7. Fazla Mesai İşgücü Kısıtı ve Gölge Fiyatlar

Fazla mesai işgücü normal mesaide çalışan işgücünden faydalanılarak sağlanmaktadır. Çizelge 7.12'de plan döneminde kullanılmayan fazla mesai işgücü ve gölge fiyatlar gösterilmiştir (EK-5'de 102-105. satırlar). Burada Mart ayında normal mesaide çalışanlardan (optimum çözümle 178 adet işçi olarak belirlenmiştir) fazla mesai yapabilecek 31 işçinin bulunduğu görülmektedir. Ancak bu işçilere fazla mesai yaptırmanın maksimum kâr değerinde bir artış sağlamayacağı gölge fiyatının sıfır olmasından anlaşılmaktadır.

Çizelge 7.12. Plan Döneminde Fazla Mesai İşgücü Kısıtı ve Gölge Fiyat

Periyot	Kullanılmayan işgücü (işçi/periyot)	Gölge Fiyat (TL/periyot)
OCAK	0	102500
ŞUBAT	0	385833
MART	31	0
NİSAN	0	63333

7.10.8. Plan Başlangıcında İşgücü Kısıtı ve Gölge Fiyat

Plan dönemi başlangıcındaki işgücü seviyesi 100 işçi olarak modele verilmiştir. Burada, EK-5'deki sonuçta (106. satır) bu işgücünün tamamen kullanıldığını, bu işgücü seviyesinde 1 birim (1 işçi) artırıldığında maksimum kâr değerinde 150000 TL fark olacağı görülmektedir.

7.10.9. Plan Başlangıcında Yerine Getirilmeyen Sipariş Kısıtı ve Gölge Fiyat

Bu çalışmada, plan dönemi başlangıcındaki her iplik tipi için de yerine getirilmeyen sipariş olmadığı düşünülmüş ve modele bu değerler her iplik tip için sıfır olarak girilmiştir. Bu nedenle burada sonuçlar sıfır çıkmıştır. Bu sonuçlar, çizelge 7.13'den görüleceği gibi EK-5'den 107-110 numaralı satırlardan da izlenebilir. Burada X3 ile gösterilen Ne16/OE ipliğinin plan başlangıcında yerine getirilmemiş sipariş miktarında bir birimlik artış yapılmasının kâr üzerinde herhangi bir etkisinin olmayacağı görülmektedir (gölge fiyatı sıfır).

Çizelge 7.13. Plan Başlangıcında Yerine Getirilmeyen Sipariş Kısıtı ve Gölge Fiyat

İplik Tipi	Yerine Getirilmeyen Sipariş (kg/periyot)	Gölge Fiyat (TL/periyot)
Ne10/Ring	0	405000
Ne30/Ring	0	689942
Ne16/OE	0	0
Ne30/OE	0	37922

7.10.10. Plan Başlangıç Stokları Kısıtı ve Gölge Fiyat

Plan dönemine girilirken her iplik tipinden mevcut stokların var olduğu düşünülmüştür. Modele her iplik tipi için belirlenmiş bir sabit değer olarak girilen bu miktarların hepsinin, Ek-5 de 111-114. satırlarda görüldüğü gibi, talebi gerçekleştirmek için kullanıldığı görülmüştür. Burada Ne16/OE tipi iplik için yine kâra katkısının olmadığı görülmektedir. Bu nedenle bu ipliğin başlangıç stokunun artırılmasının gereksiz olacağı sonucu ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 7.14. Plan Başlangıç Stoku Kısıtı ve Gölge Fiyat

İplik Tipi	Kullanılmayan Başlangıç Stoku (kg/periyot)	Gölge Fiyat (TL/periyot)
Ne10/Ring	0	-405000
Ne30/Ring	0	-689942
Ne16/OE	0	0
Ne30/OE	0	-37922

7.11.Duyarlilik Analizi

Doğrusal programlama modelinde katsayılar veya sabit değerlerin birinin veya birkaçının değişmesinin veya aralarındaki oranların değiştirilmesi halinde ortaya çıkabilecek değişikliklerin araştırılması işlemine duyarlılık analizi denilmektedir. İşletmenin ekonomik politikalarına uygun olarak amaç fonksiyonundaki temel değişkenlere ait katsayıların değişmesi mümkündür. Yönetici katsayılardaki bu değişikliklerin optimum çözüm üzerindeki etkilerini görmek istemektedir.

Duyarlilik analizi ile kısıtların sağ tarafında yer alan kaynak veya kapasite kısıt değerlerinin de değişim aralığı bilgisi elde edilebilmektedir. Doğrusal programlama metodunun çözümünde kullanılan paket programın yaptığı duyarlılık analizi bu değişiklikleri gösterebilmesi açısından son derece büyük önem taşımaktadır. İplik işletmesinde yönetici aynı zamanda bu katsayılarda meydana gelebilecek değişikliklerin alt ve üst sınırlarını da bilmek istemektedir.

Çoğu zaman duyarlılık analizinin verdiği sonuçlar optimum sonucun vermiş olduğu sonuçlardan çok daha fazla bilgi vermektedir. Bu anlamda duyarlılık analizi değişen şartlar altında optimum çözümdeki değişikliklerin takibinde kullanılabilecek önemli bir teknik araç görevini üstlenmektedir. Seçilen iplik işletmesinin üretim planlama probleminin çözümünden elde edilen sonuçlar doğrultusunda incelenen duyarlılık analizi bu bölümde yer almaktadır.

7.11.1. Amaç Fonksiyonunun Katsayılarının Duyarlilik Analizi

Burada amaç fonksiyonundaki değişkenlerin (karar değişkenlerinin) duyarlılık analizi sonuçları incelenmiştir.

Çizelge 7.15. bu katsayılardan iplik satış fiyatlarının duyarlılık sınırlarını göstermektedir. Burada ilk sütunda, iplik tipi, ikinci sütunda plan periyotları, üçüncü sütunda amaç fonksiyondaki optimum üretim miktarını gösteren X_{it} gösteren değişkenlerin katsayıları (iplik satış fiyatı), dördüncü sütunda bu katsayının izin verilebilecek maksimum artırımını ve son sütunda bu katsayının izin verilebilecek minimum azaltılma sınırı görülmektedir. Örneğin ilk periyot olan Ocak ayı için, Ne10/Ring tipi ipliğin satış fiyatını gösteren, amaç fonksiyonunda yer alan katsayı 850000 TL olup, bu değer istenildiği kadar artırılabilir (sonsuz) ancak, bu katsayı 444922 TL'den daha az olmamalıdır.

Burada görülen satış miktarındaki minimum değer işletmenin zarar etmemesi açısından önemli bir sonuçtur. Bazı iplik tiplerinin bazı periyotlarda satış fiyatında maksimum artışına da sınırlama getirilmiştir. Bu iplik tiplerinin satış fiyatını artırmak gereksiz olacağından müşteri faktörü açısından önemli bir sonuçtur. Örnek olarak, Ne30/Ring ipliğinin Nisan ayında satış fiyatı 40000 TL olarak düşünülmüştür. Çözüm sonucunda bu ipliğin satış fiyatı maksimum 190057 TL kadar artırılması uygun iken, fiyatta minimum azalmanın izin verilebilir sınırı 39942 TL olarak ortaya çıkmıştır.

Burada, Ne30/Ring ipliğinin Mart ayı satış fiyatı duyarlılık sınırları incelendiğinde, 50000 TL olan satış fiyatının en fazla 219968 TL olarak artırılacağı ancak minimum satış fiyatının istenildiği kadar azaltılabileceği görülmektedir.

Çizelgede X4 olarak gösterilen Ne30/OE ipliğinin tüm periyotlarda satış fiyatına üst ve alt sınırlar getirilmiştir. Satış fiyatının süt sınırı sonsuz olarak çıkan ipliklerin o periyotlardaki kârlılığı yüksektir değerlendirilmesi yapılabilir. Yönetici bu değerlendirme sonucunda müşteri faktörünü de dikkate alarak satış fiyatında bir artışa gidebilmektedir.

Çizelge 7.15. Amaç Fonksiyonun Katsayılarının Duyarlılık Analizi-İplik Satış Fiyatı

İplik Tip Adı	Plan Periyodu	Değişkeninin Amaç Fonksiyonundaki katsayısı (TL/periyot)	Katsayının İzin Verilebilecek Maksimum Artışı (TL/periyot)	Katsayıda İzin Verilebilecek Maksimum Azalma (TL/periyot)
X1 Ne10 ring ipliği	OCAK	850000	Sonsuz	444922
	ŞUBAT	840000	Sonsuz	514781
	MART	850000	Sonsuz	624974
	NİSAN	815000	Sonsuz	699942
X2 Ne30 ring ipliği	OCAK	940000	Sonsuz	249980
	ŞUBAT	995000	Sonsuz	504838
	MART	50000	219968	Sonsuz
	NİSAN	40000	190057	39942
X3 Ne16 OE ipliği	OCAK	40000	Sonsuz	39922
	ŞUBAT	81000	Sonsuz	80781
	MART	35000	Sonsuz	34974
	NİSAN	30000	80057	29942
X4 Ne30 OE ipliği	OCAK	38000	146858	37922
	ŞUBAT	35000	160192	34781
	MART	35000	163968	34974
	NİSAN	29000	146057	28942

Çizelge 7.16, stok maliyetinin duyarlılık analizini göstermektedir. Burada her iplik tipinin her plan periyodundaki kârın maksimum olmasını sağlayabilecek aralıkları gösterilmiştir. Çizelgeden Ne10/ring ipliğinin Ocak ayındaki stok maliyetinin 80000 TL olduğu, ancak duyarlılık üst ve alt sınırının (405000,444922) olması nedeniyle bu değerin değişikliklere karşı duyarsız olduğu anlaşılmaktadır. Ne10/ring ipliğinin diğer plan periyotlarında ve Ne30/ring ipliğinin da tüm periyotlarda benzer davranış sergilediği görülmektedir. Ne16/OE ve Ne30/OE ipliklerinde ise duyarlılık ring ipliklerine göre daha farklı olduğu maliyet alt sınırlarının sonsuz olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Bu durumda maliyet üst sınırını amaç fonksiyonundaki katsayıya yakın olması alt sınırının ise sonsuz olması bu tip ipliklerin stok maliyetlerinin artırılıp azaltılmasının amaç fonksiyonunun değerinde önemli bir değişiklik yapmayacağı söylenebilmektedir. Örneğin, Ne16/OE ipliğinin Mart ayında 1 kg'ının stoklama maliyeti (elde bulundurma maliyeti) 100000 TL iken en fazla 129942 TL olabileceği görülmektedir.

Çizelge 7.17 ise yerine getirilmemiş sipariş maliyetinin duyarlılık analizini vermektedir. Burada, tüm iplik tipleri için maliyetin azaltılmasına bir sınırlama getirilmemesi (sonsuz), amaç fonksiyonu değeri üzerinde herhangi bir olumlu katkı yapmadığı için, bu tip maliyetin mümkün olduğunca azaltılması gerektiği sonucunu ortaya koymaktadır. Yerine getirilmeyen sipariş maliyetinin artış sınırlarının ise çok az olması gerektiği yine burada ortaya çıkan bir başka sonuçtur. Genel olarak, yerine getirilmeyen sipariş maliyetinin modelde verilmiş olan değerden daha fazla artırılmaması gerektiği söylenebilmektedir.

Çizelge 7.16. Amaç Fonksiyonun Katsayılarının Duyarlılık Analizi-
Stok Maliyeti

İplik Tip Adı	Plan Periyodu	Değişkenin Amaç Fonksiyonundaki katsayısı (TL/periyot)	Katsayının İzin Verilebilecek Maksimum Artışı (TL/periyot)	Katsayıda İzin Verilebilecek Maksimum Azalma (TL/periyot)
X1 Ne10 ring ipliği	OCAK	-80000	405000	444922
	ŞUBAT	-100000	325000	444922
	MART	-110000	225000	444922
	NİSAN	-115000	115000	444922
X2 Ne30 ring ipliği	OCAK	-200000	689942	249980
	ŞUBAT	-220000	489942	249980
	MART	-230000	219968	249980
	NİSAN	-230000	190057	Sonsuz
X3 Ne16 OE ipliği	OCAK	-80000	80000	Sonsuz
	ŞUBAT	-90000	90000	Sonsuz
	MART	-100000	129942	Sonsuz
	NİSAN	-110000	80057	Sonsuz
X4 Ne30 OE ipliği	OCAK	-150000	146858	Sonsuz
	ŞUBAT	-160000	160192	Sonsuz
	MART	-170000	163968	Sonsuz
	NİSAN	-175000	146057	Sonsuz

Çizelge 7.17. Amaç Fonksiyonun Katsayılarının Duyarlılık Analizi-
Yerine Getirilmeyen Sipariş Maliyeti

İplik Tip Adı	Plan Periyodu	Değişkenin Amaç Fonksiyonundaki katsayısı (TL/periyot)	Değişken Katsayısının İzin Verilebilecek Maksimum Artışı (TL/periyot)	Değişken Katsayıda İzin Verilebilecek Maksimum Azalma (TL/periyot)
X1 Ne10 ring ipliği	OCAK	-500000	580000	Sonsuz
	ŞUBAT	-500000	600000	Sonsuz
	MART	-500000	610000	Sonsuz
	NİSAN	-500000	615000	Sonsuz
X2 Ne30 ring ipliği	OCAK	-800000	1000000	Sonsuz
	ŞUBAT	-800000	1020000	Sonsuz
	MART	-800000	1030000	Sonsuz
	NİSAN	-800000	839942	Sonsuz
X3 Ne16 OE ipliği	OCAK	-500000	500000	Sonsuz
	ŞUBAT	-500000	500000	Sonsuz
	MART	-500000	470057	Sonsuz
	NİSAN	-500000	529942	Sonsuz
X4 Ne30 OE ipliği	OCAK	-600000	603141	Sonsuz
	ŞUBAT	-600000	599807	Sonsuz
	MART	-600000	606031	Sonsuz
	NİSAN	-600000	628942	Sonsuz

Plan periyoduna yayılmış işgücü maliyetinin duyarlılık analizi çizelge 7.18'de verilmiştir. Burada alt ve üst sınırlar arasındaki geniş aralıklar o işgücü maliyetinin değişikliklere karşı duyarsız olduğunu göstermektedir. Maliyetlerin azaltılması genel olarak maksimum kârda olumlu bir artışa neden olabilmektedir. Ocak ayında duyarlı sayılabilecek işgücü tipi plan periyotlarına göre incelenirse; normal mesai, fazla mesai ve işten çıkarma maliyeti duyarsız, işe alma maliyeti ise en fazla 330000 TL/periyot olmalıdır. Şubat ayında; normal ve fazla mesai için duyarsız maliyet yapısından bahsedilebilirken, işe alma ve işten çıkarmada maksimum 335000 TL maliyet artışına izin verilmektedir.

Çizelge 7.19 ise fason üretim maliyetinin duyarlılık analizini göstermektedir. Karar değişkenlerinin optimum değerleri incelendiğinde fason üretim miktarının tüm periyotlarda tüm iplik tipleri için sıfır olduğu (fason üretim yapılmadığı) görülmektedir. Burada fason üretim maliyetinin duyarlılık aralığı incelendiğinde; aralıklardan üst sınırın, maliyetin amaç fonksiyonundaki katsayı civarında olduğu, alt sınırının ise sonsuz olması nedeniyle, fason üretim maliyetindeki artış ve azalmalardan maksimum kâr miktarının etkilenmediği (duyarsız) görülmektedir.

Çizelge 7.18. Amaç Fonksiyonun Katsayılarının Duyarlılık Analizi-
İşgücü Maliyeti

Plan Periyodu	İşgücü	Değişkenin Amaç Fonksiyonundaki katsayısı (TL/periyot)	Değişken Katsayısının İzin Verilebilecek Maksimum Artışı (TL/periyot)	Değişken Katsayıda İzin Verilebilecek Maksimum Azalma (TL/periyot)
OCAK	W - Normal Mesai	-180000	123000	91014600
	O - Fazla Mesai	-52000	927000	123000
	H - İşten çıkarılma	-150000	123000	91014600
	F - işe alma	-180000	330000	Sonsuz
ŞUBAT	W - Normal Mesai	-180000	463000	83474592
	O - Fazla Mesai	-52000	2627000	463000
	H - İşten çıkarılma	-155000	335000	123000
	F - işe alma	-180000	335000	Sonsuz
MART	W - Normal Mesai	-180000	76000	202000
	O - Fazla Mesai	-52000	52000	76000
	H - İşten çıkarılma	-150000	330000	Sonsuz
	F - işe alma	-180000	202000	76000
NİSAN	W - Normal Mesai	-180000	76000	69461600
	O - Fazla Mesai	-52000	692000	76000
	H - İşten çıkarılma	-150000	202000	Sonsuz
	F - işe alma	-180000	128000	Sonsuz

Çizelge 7.19. Amaç Fonksiyonun Katsayılarının Duyarlılık Analizi-
Fason Üretim Maliyeti

İplik Tip Adı	Plan Periyodu	Değişkenin Amaç Fonksiyonundaki katsayısı (TL/periyot)	Değişken Katsayısının İzin Verilebilecek Maksimum Artışı (TL/periyot)	Değişken Katsayıda İzin Verilebilecek Maksimum Azalma (TL/periyot)
X1 Ne10 ring ipliği	OCAK	-500000	905000	Sonsuz
	ŞUBAT	-500000	825000	Sonsuz
	MART	-500000	725000	Sonsuz
	NİSAN	-500000	61500 0	Sonsuz
X2 Ne30 ring ipliği	OCAK	-800000	1489942	Sonsuz
	ŞUBAT	-800000	1289942	Sonsuz
	MART	-800000	1069942	Sonsuz
	NİSAN	-800000.	839942	Sonsuz
X3 Ne16 OE ipliği	OCAK	-500000	500000	Sonsuz
	ŞUBAT	-500000	500000	Sonsuz
	MART	-500000	500000	Sonsuz
	NİSAN	-500000	529942	Sonsuz
X4 Ne30 OE ipliği	OCAK	-600000	637922	Sonsuz
	ŞUBAT	-600000	634781	Sonsuz
	MART	-600000	634974	Sonsuz
	NİSAN	-600000	628942	Sonsuz

7.11.2. Kısıt Denklemlerin Sağ Taraflarının Duyarlılık Analizi

Kısıt denklemlerinin eldeki kaynakların kullanılabilirlik sınırını göstermesi nedeniyle bu denklemlerin sağ taraflarının duyarlılık analizi de optimum sonuçların tespitinde önemli olduğu düşünülmüştür. Bu analiz ile eldeki kaynaklar azaltıldığında veya artırıldığında maksimum kârdaki değişiklikler gözlenebilecektir. Burada sistemde bulunan her kaynak için duyarlılık analizi ayrı ayrı incelenmiştir.

7.11.2.1. Talepte Duyarlılık Analizi

Çizelge 7.20., optimum çözüm sonucu eldeki kaynakların en etkili şekilde değerlendirilebilmesi açısından talep değerlendirmesini göstermektedir. Burada ilk sütun iplik tipini, ikinci sütun plan periyodunu, üçüncü sütun iplik tiplerine yapılan mevcut talebi (kısıtın sağ tarafı), dördüncü sütunda karşılanabilecek maksimum talebi ve son sütun da karşılanabilecek minimum talebi göstermektedir. Burada Ne10/ring iplik tipinin duyarlılık sınırlarından alt sınır sonsuz olarak görülmektedir. Ne10 tipi ipliğin Ocak periyodunda 75 ton olan talebi en fazla 88.5 ton olmalıdır. Talep bu miktardan daha az olduğunda maksimum kâr üzerinde pek etkisi olmamaktadır. Diğer iplik tiplerinde ise değişim aralıklarının farklılıklar gösterdiği dikkati çekmektedir. Değişim aralığının çok büyük olması o ürünün talep değerindeki artışlara karşı maksimum kârın duyarsız olduğu anlamına gelmektedir.

Çizelge 7.20. Kısıtların Sağ Tarafının Duyarlılık Analizi-Talep Kısıtı

İplik Tip Adı	Plan Periyodu	Talep (kg/periyot)	İzin Verilebilecek Maksimum Talep (kg/periyot)	İzin Verilebilecek Minimum Talep (kg/periyot)
X1 Ne10 ring ipliği	OCAK	75000	88508	Sonsuz
	ŞUBAT	120000	122017	Sonsuz
	MART	80000	195526	Sonsuz
	NİSAN	70000	279035	Sonsuz
X2 Ne30 ring ipliği	OCAK	30000	10068	44561
	ŞUBAT	50000	10068	44561
	MART	75000	10068	44561
	NİSAN	80000	10068	44561
X3 Ne16 OE ipliği	OCAK	250000	Sonsuz	118392
	ŞUBAT	300000	Sonsuz	188392
	MART	150000	Sonsuz	38392
	NİSAN	100000	10068	62954
X4 Ne30 OE ipliği	OCAK	100000	35000	85000
	ŞUBAT	120000	80892	35000
	MART	100000	62954	8390
	NİSAN	130000	10068	62954

7.11.2.2. Hammadde Kısıtı ve Duyarlilik Analizi

Optimum iplik üretiminde kullanılan hammadde miktarının duyarlilik analizi çizelge 7.21’de verilmiştir. Burada stoktaki hammaddenin çok fazla olduğu bilindiğinden hammaddedeki izin verilir artışın sonsuz olduğu ancak izin verilebilecek azalmanın ancak kullanılmayan hammadde miktarı kadar olabileceği görülmektedir. Burada yine değişim aralığı (maksimum miktarla minimum miktar sınırlarını gösteren aralık) çok büyük olduğunda, bu parametrenin duyarsız olduğu (maksimum kâr üzerinde çok büyük değişiklik yapmadığı) söylenebilmektedir. Burada duyarlilik sınır sonsuz olan hammaddenin miktarını mevcut seviyeden daha fazla veya az olmanın sonucu etkilemediği ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 7.21. Kısıtların Sağ Tarafının Duyarlilik Analizi-Hammadde Kısıtı

Hammadde	Plan periyodu	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Suriye Pamuğu (kg/periyot)	Değeri	175000	175000	175000	175000
	Maksimum miktar	39900	705409	71767	11478
	Minimum miktar	100900	39900	9565	71767
Ege Pamuğu (kg/periyot)	Değeri	100000	100000	100000	100000
	Maksimum miktar	39900	50800	Sonsuz	Sonsuz
	Minimum miktar	11478	11478	100000	49200
Çukurova Pamuğu (kg/periyot)	Değeri	150000	150000	150000	150000
	Maksimum miktar	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz
	Minimum miktar	75000	75000	75000	82800
Telef Pamuğu (kg/periyot)	Değeri	50000	50000	50000	50000
	Maksimum miktar	15680	50000	17200	Sonsuz
	Minimum miktar	50000	15680	3759	5199
Amerikan Pamuğu (kg/periyot)	Değeri	225000	225000	225000	225000
	Maksimum miktar	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz
	Minimum miktar	129800	90600	113000	79400

7.11.2.3. Proseslerdeki Makine Kapasitesi Kısıtı ve Duyarlılık Analizi

Çizelge 7.22., optimum çözüm sonucu eldeki kapasitenin en etkili şekilde kullanımında duyarlılık analizi sonuçlarını göstermektedir. Burada tüm proseslerde üst sınırın sonsuz olması, proseslerin mevcut kapasitelerinden daha fazlasının artırılmasının maksimum kâr değerinde bir artış sağlamayacağını göstermektedir. Proseslerin minimum çalışma kapasiteleri ise kullanılmayan kapasiteleridir.

Çizelge 7.22. Kısıtların Sağ Tarafının Duyarlılık Analizi- Makine Kapasitesi Kısıtı

Proses	Plan periyodu	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Harman-H. Prosesi (sa/periyot)	Değeri	550	550	550	550
	Maks. miktar	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz
	Minimum miktar	384	371	412	388
Tarak Prosesi (sa/periyot)	Değeri	580	580	580	580
	Maks. miktar	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz
	Minimum miktar	503	498	514	504
Cer I Prosesi (sa/periyot)	Değeri	458	458	458	458
	Maks. miktar	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz
	Minimum miktar	447	446	448	447
Cer II Prosesi (sa/periyot)	Değeri	500	500	500	500
	Maks. miktar	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz
	Minimum miktar	490	489	491	490
Fıtil Prosesi (sa/periyot)	Değeri	429	429	429	429
	Maks. miktar	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz
	Minimum miktar	419	419	424	421
Vater Prosesi (sa/periyot)	Değeri	593	593	593	593
	Maks. miktar	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz
	Minimum miktar	462	462	478	470
Open-End Prosesi (sa/periyot)	Değeri	593	593	593	593
	Maks. miktar	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz
	Minimum miktar	386	345	369	344

7.11.2.4. Proseslere Giren Materyal Miktarı ve Duyarlılık Analizi

Proseslere giren materyal miktarı bu problemin çözümünde elde edilmiş olan bir bilgidir. Proseslere giren materyal bir kısıtlayıcı faktör olarak ele alınmamakta olup, miktarı kontrol edilmesi gereken bir parametre olmadığından burada ayrıntılı olarak ele alınmamıştır.

7.11.2.5. İşgücü Kısıtı ve Duyarlılık Analizi

İşgücü kısıtı bir denge eşitsizliği olarak modelde yer almıştır. Dolayısıyla burada işgücü dengesinden bahsedilmektedir. Bu denge denkleminin sağ taraf değeri sıfırdır. Çizelge 7.23, işgücü dengesinin duyarlılık analizi sonuçlarını göstermektedir. Burada bu denklemin sıfırdan büyük değerleri görülmektedir. Buradaki değerler, normal mesai, işe alınan işçi toplamı ile işten çıkartılanlar ve bir önceki periyottan gelen işçilerin toplamı arasındaki farkın göstergesidir. Burada bu farkın üst sınırının, Ocak periyodunda 82, Şubat'ta 14, Nisan'da 26 olabileceği, Mart'ta ise artışın maksimum kâr üzerinde etkisi olmayacağı görülmektedir. Benzer şekilde yine bu farkın Mart ayında 18 işçi, Nisan ayında da 4 işçi olması gerektiği görülmektedir.

Çizelge 7.23. İşgücü Kısıt ve Duyarlılık Analizi

İşgücü \ Plan periyodu	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Değeri	0	0	0	0
İşgücü Miktarı	82	14	Sonsuz	26
(İşçi/periyot)	Sonsuz	Sonsuz	18	4

7.11.2.6. Fazla Mesai Kısıtı ve Duyarlılık Analizi

Bu çalışmada, fazla mesai işgücü de değerlendirilmiştir. Bu işgücünün normal mesai çalışanlarından karşılanması düşünülmüştür. Bu çerçevede fazla mesai işçi seviyeleri üretim planı modelinin çözümünde tespit edilebilmiştir. Bu işgücü seviyesinin normal mesai işgücü ile sınırlandırıldığı dikkate alınarak, maksimum kâra etkisi duyarlılık analizi ile ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu çerçevede fazla mesai işgücü seviyesinin duyarlılık sınırları çizelge 7.24 'de verilmiştir. Burada fazla mesai olarak Ocak ayında 98 ile 17 arasında işgücü seviyesinin değişebileceği görülmektedir. Diğer periyotlarda da benzer durumlar görülmektedir.

Çizelge 7.24. Fazla Mesai İşgücü Kısıtı ve Duyarlılık Analizi

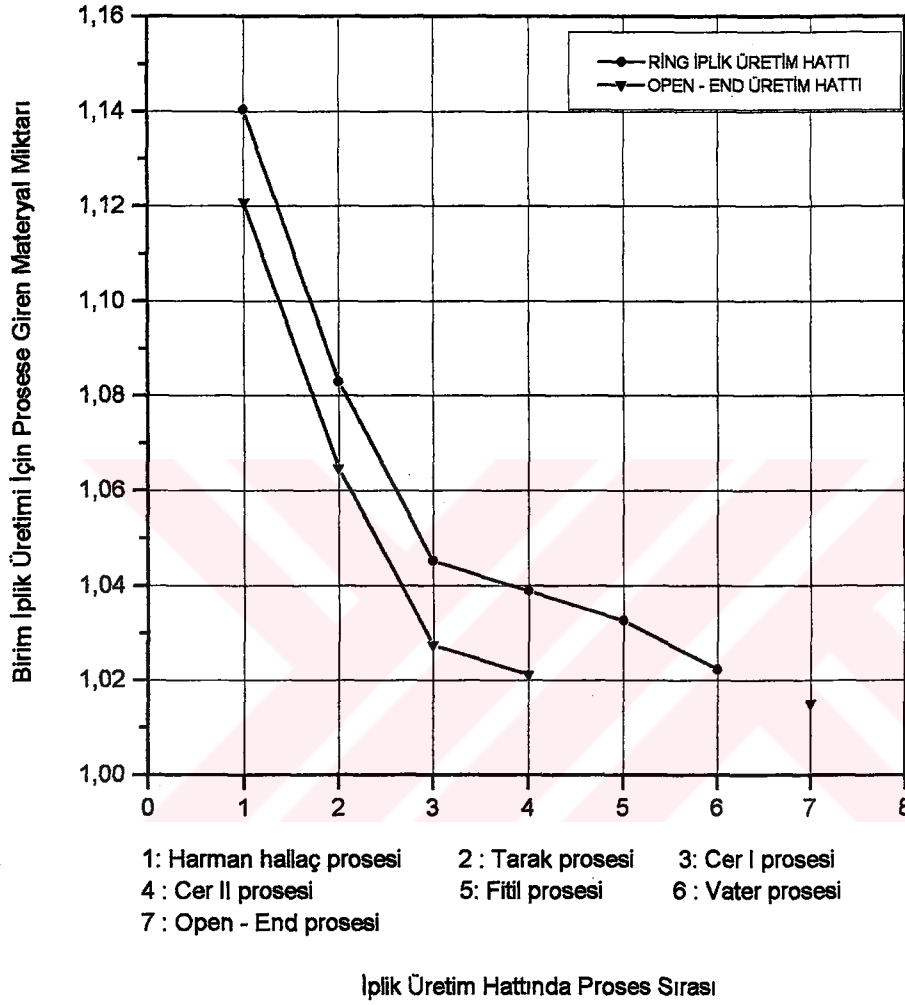
İşgücü	Plan periyodu	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
İşgücü Miktarı (işçi/periyot)	Değeri	0	0	0	0
	Maks. miktar	98	17	Sonsuz	31
	Minimum miktar	17	47	31	5

7.12. Modelin Çözümünün Grafiksel Analizi

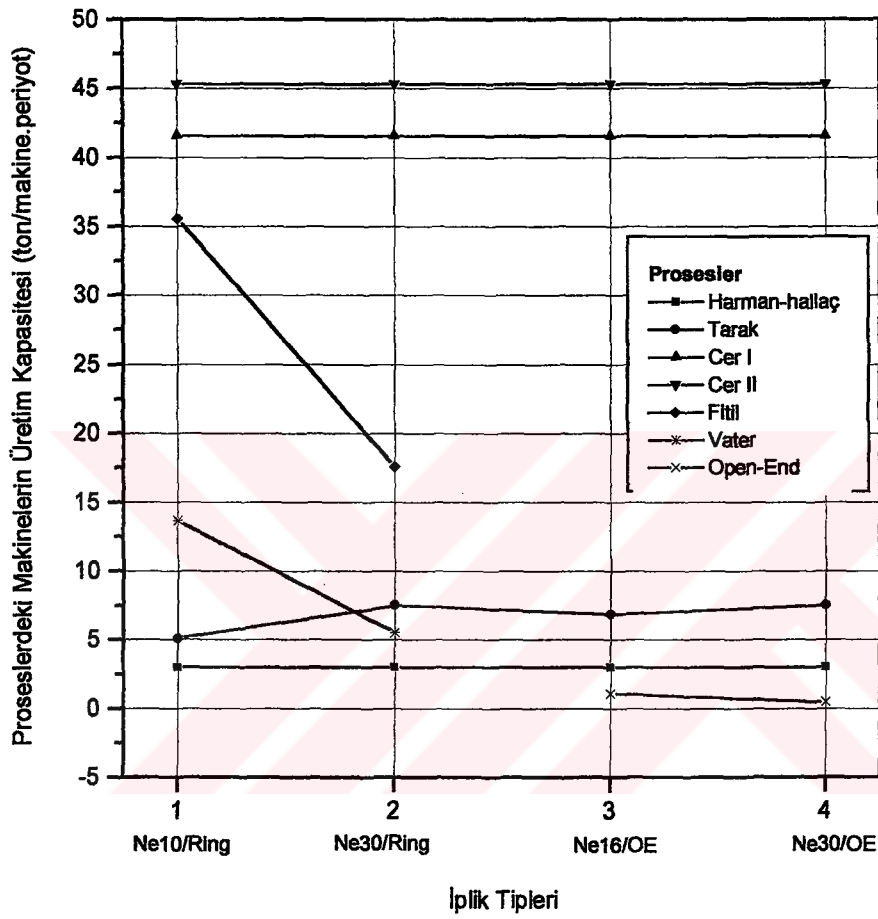
Kurulan modelin çözümünden elde edilen sonuçların grafiksel olarak analizinin, sonuçların değerlendirilmesinde kolaylık sağlayacağı düşünülmüştür. Burada öncelikle iplik işletmesinde ring ve open-end iplik üretim hattına giren materyal miktarı, iplik numarası ile herhangi bir proseste iplik üretim kapasitesi ilişkisi incelenmiştir. Daha sonra stok maliyetinin (stok tutma maliyeti), iplik talep miktarı değişimi gibi seçilmiş parametrelerin plan döneminin periyotları ve iplik tiplerine göre maksimum kâra etkisi araştırılmıştır. Grafik incelemenin son kısmında ise plan periyotlarına göre normal mesai, fazla mesai, işten çıkartılan ve işe alınan işgücünün periyotlara göre değişimi gösterilmiştir. Bahsedilen incelemeler şekiller halinde burada sırası ile incelenecektir.

Şekil 7.1, iplik üretim hattında prosese giren materyal miktarının proseslere göre değişimini göstermektedir. Burada ring ve open-end üretim hattı prosesler yönünden değişkenlik gösterdiğinden bu üretim sistemleri için ayrı ayrı değerlendirme yapılmıştır. Şekilde x ekseni prosesleri ifade etmektedir. Burada hem ring iplik üretim hattı hem de open-end iplik üretim hattında bulunan 1,2,3 ve 4 nolu proseslerdeki giren materyal miktarları karşılaştırıldığında, ring sistemdeki tüketimin daha fazla olduğu gözlenmektedir. Open-end hattında 5 ve 6 nolu prosesler bulunmadığından bu hatta ait 7 nolu prosesteki materyal miktarı tek nokta olarak görülmektedir.

Şekil 7.2 ise proseslerin üretim kapasitelerinin iplik numarasına göre değişimini göstermektedir. Şekilde x ekseninde plan döneminde üretilecek dört tip iplik, y ekseninde ise proseslerin bu iplikleri üretim kapasitesi görülmektedir. 3 ve 4 numaralı iplikler open-end (OE) iplikleri olduğundan fitil ve vater proseslerinde üretimi görülmemektedir. Benzer şekilde 1 ve 2 numaralı ipliklerin de open-end prosesinde üretimi gözükmemektedir. Burada harman-hallaç ve tarak proseslerine giren materyal miktarının iplik numarasında etkilenmediği, fitil ve vater prosesinde iplik numarası büyüdükçe (iplik inceldikçe) prosese giren materyalde düşüş olduğu dikkati çekmektedir. Open-end safhasında da iplik numarası büyüdükçe materyal miktarında bir miktar düşme olduğu görülmektedir.

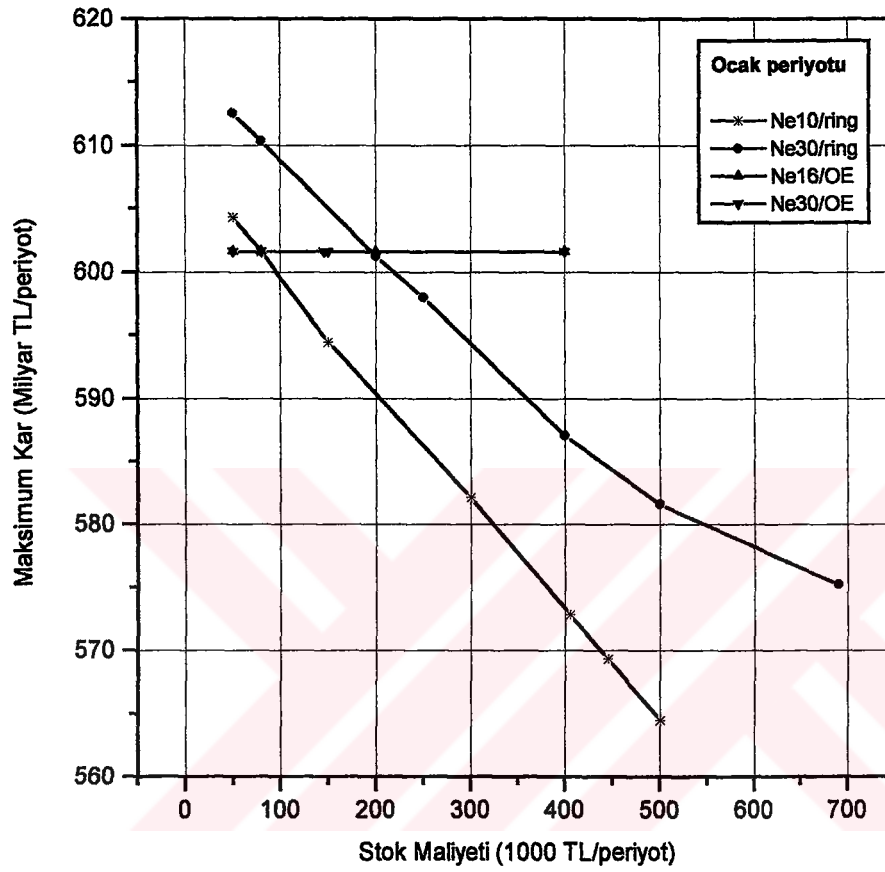


Şekil 7.1. İplik Üretim Prosesi-Birim İplik Üretimi İçin Prosese Giren Materyal Miktarı İlişkisi



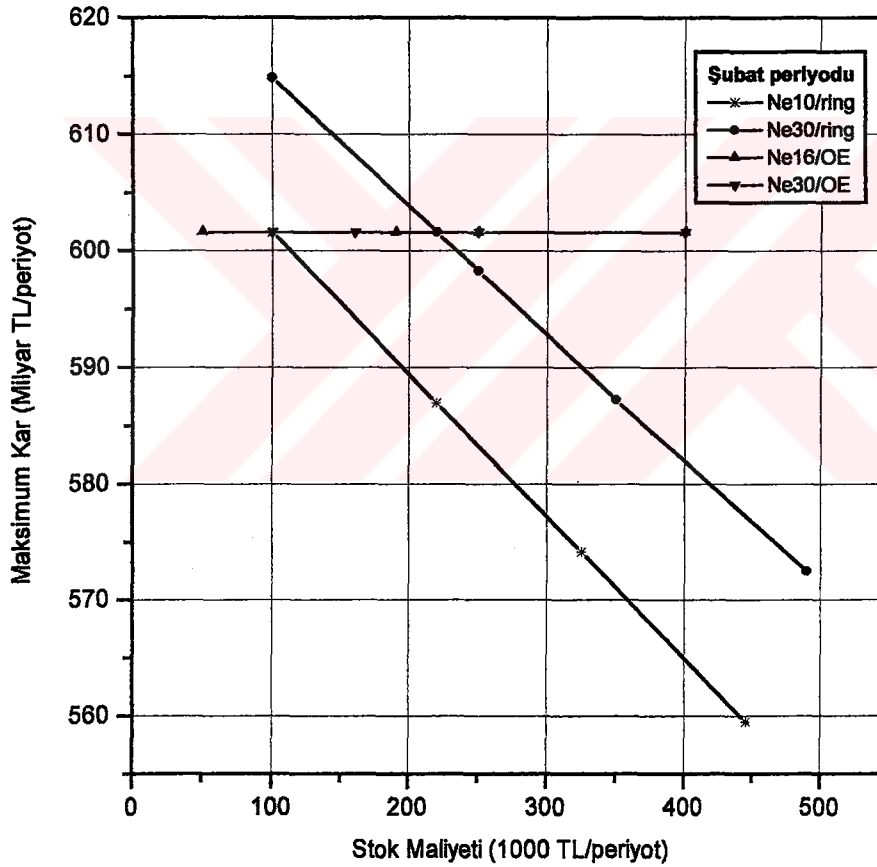
Şekil 7.2. İplik Numarası ile Proseslerin Üretim Kapasitesi İlişkisi

Problemin çözümünde her iplik tipinden her periyottaki stok miktarları tespit edilebilmiştir. Burada, kârın maksimizasyonunu amaçlayan fonksiyonda stok maliyet katsayılarındaki değişikliklerin maksimum kârı nasıl etkilediği grafiksel olarak incelenmiştir. Şekil 7.3, Ocak periyodunda stok maliyeti ile maksimum kâr ilişkisini değişik iplik numaralarına göre göstermektedir. Şekilde ring iplik tipleri olan Ne10 ve Ne30 numaralı ipliklerinin stok maliyetlerindeki artışların maksimum kâr miktarında belirgin bir azalmaya neden olduğu, open-end tipi iplikleri olan Ne16 ve Ne30 da ise stok maliyet değişikliğinin maksimum kâr değerini etkilemediği görülmektedir. Bunun nedeni bu iki tip ipliği Ocak periyodundaki stok miktarlarının çözüm sonucu sıfır çıkmış olmasıdır. Örnek olarak, Ne10 ring ipliğinin stokmaliyeti 50000 Tl iken elde edilen maksimum kâr 604 milyar TL civarında iken stok maliyeti 300000TL olarak artırıldığında maksimum kâr değeri 582 milyar TL'ye düşmektedir. Stok maliyetindeki 350000 TL'lik artış maksimum kâr değerinde 22 milyar TL'lik kayba neden olmaktadır. Bu durumda ring tipi ipliklerdeki stoklar fazla elde tutulmadan pazarlanmalıdır.



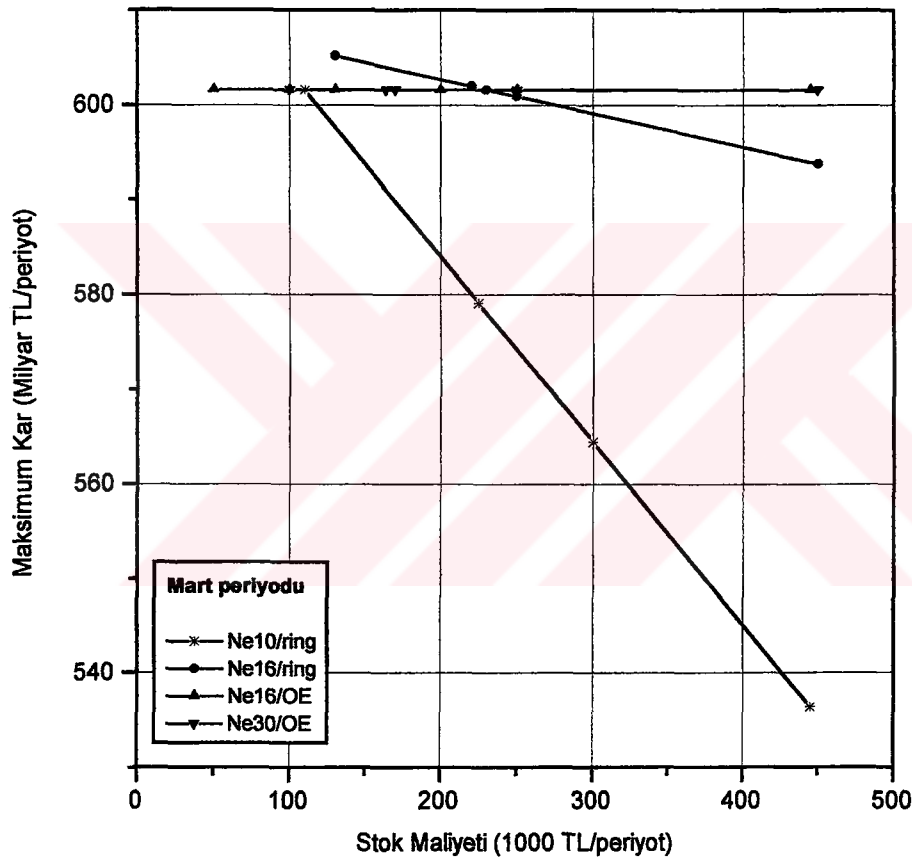
Şekil 7.3. İplik Stok Maliyeti ile Maksimum Kâr İlişkisi-Üretim Planı Ocak Periyodu

Şekil 7.4, Şubat periyodunda stok maliyeti ile maksimum kâr ilişkisini göstermektedir. Burada yine ring tipi ipliklerde stok maliyetinin artırılmasının elde edilecek maksimum kâr üzerinde olumsuz etkisi olduğu görülmektedir. Open-end ipliklerinde ise durum Ocak periyodundakine benzerdir. Ne16/OE ve Ne30/OE tip ipliğin Şubat periyodundaki stok miktarlarının çözüm sonucu sıfır çıkmış olması nedeniyle, stok maliyetindeki artıştan kâr değeri etkilenmeyecektir.



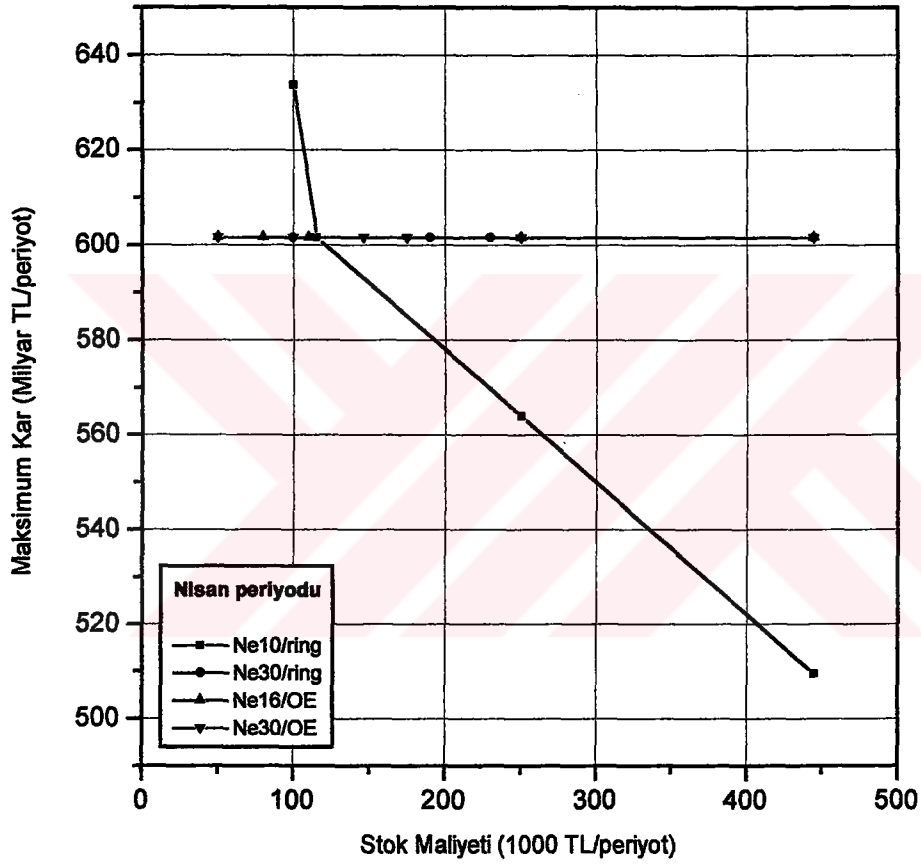
Şekil 7.4. İplik Stok Maliyeti -Maksimum Kâr İlişkisi-Üretim Planı Şubat Periyodu

Şekil 7.5'de üretim planının Mart periyodunda stok maliyeti ile maksimum kâr ilişkisini göstermektedir. Şekilde, Ne16/OE ve Ne30/OE ipliklerinin stok miktarları sıfır olduğundan, stok maliyetlerinin kâra etkileri de sabit olacaktır. Ne10/ring ipliğinin stok maliyetinin artırılmasının kârı hızla düşürdüğü, Ne30/ring ipliğinin stok maliyetinin ise daha az bir etki yaptığı görülmektedir. Bunun nedeni Ne10/ring ipliğinin Mart ayı stok miktarının Ne30/ring ipliğinkinden daha fazla olmasıdır.



Şekil 7.5. İplik Stok Maliyeti ile Maksimum Kâr İlişkisi-Üretim Planı Mart Periyodu

Şekil 7.6 ise üretim planının Nisan periyodunda stok maliyeti ile maksimum kâr ilişkisini göstermektedir. Şekil 7.6 da diğer periyotlardan farklı olarak, sadece Ne10 ring tipi ipliğin stok maliyetinin maksimum kâr üzerinde etkili olduğu, diğer iplik tipleri stok maliyetlerinin ise kârı etkilemediği gözlenmektedir. Bunun nedeni, Nisan periyodunda Ne10/ring ipliği dışındaki ipliklerde stok yapılmamış olmasıdır.



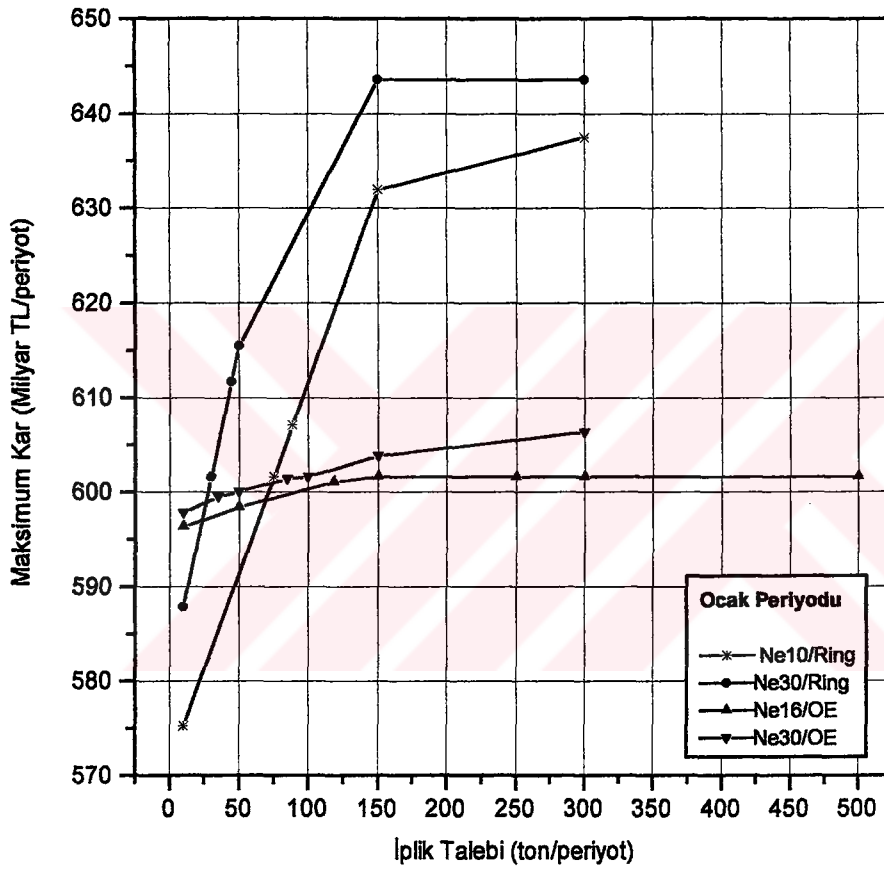
Şekil 7.6. İplik Stok Maliyeti-Maksimum Kâr İlişkisi-Üretim Planı Nisan Periyodu

İplik talebi üretim planında önemli bir parametredir. Bu parametrenin büyüklüğünün, her iplik tipi için, maksimum kârı nasıl etkilediğinin incelenmesinin karar aşamasında etkili olacağı düşünülmüş ve burada iplik talebi ile maksimum kâr ilişkisi grafiksel olarak incelenmiştir.

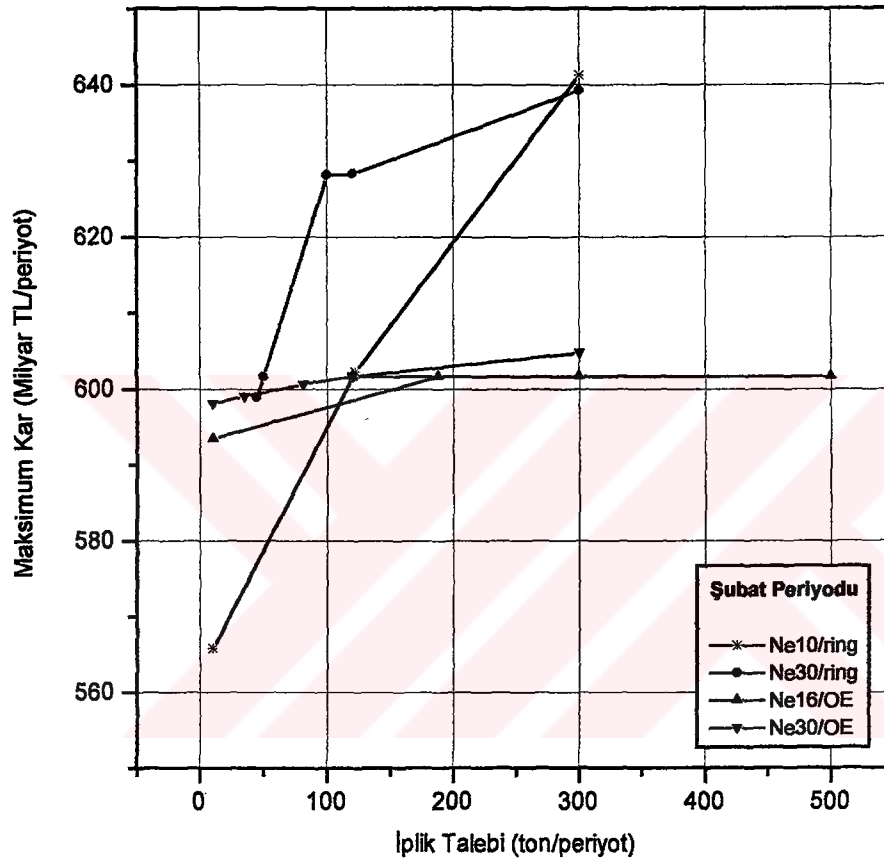
Şekil 7.7, plan döneminin Ocak ayı periyodunda iplik talebi ile maksimum kâr ilişkisini göstermektedir. Burada iplik tiplerine göre farklı davranışlar görülmektedir. Ne10 ring ve Ne30 ring iplik tiplerindeki talep artışının maksimum kâr değerini hızla artırdığı, Ne16 OE ve Ne30 OE ipliklerinde ise bu etkileşimin daha düşük düzeyde olduğu görülmektedir. Burada Ne16 OE ipliğinin talebi çok fazla artsa dahi maksimum kâr pek fazla değişmemektedir. Örneğin, Ne16/OE ipliğine talep 50 ton iken maksimum kâr 598 milyar TL civarındadır. Bu ipliğin talebi artırılarak 500 tona çıkarıldığında kâr miktarı 3 milyar TL'lik artış göstererek 601 milyar TL olmaktadır. Burada talepteki 10 kat şeklindeki artışa karşın maksimum kârdaki artış %0,5 civarındadır. Bu durumda Ne30 OE ipliği için daha fazla talep kabul etmenin işletme için çok kârlı olmayacağı sonucu ortaya çıkmaktadır.

Şekil 7.8 ise üretim planının Şubat periyodundaki iplik talebi maksimum kâr ilişkisini değişik tip ipliklere göre göstermektedir. Burada da şekil 7.7 ye benzer durum olduğu görülmektedir.

Periyotlar arası farklılığı açıklama için şekil 7.7 ve şekil 7.8 birlikte değerlendirilebilir. Örnek olarak Ne10/ring ipliği incelendiğinde; bu ipliğin Ocak periyodundaki talebi 300 ton iken elde edilen kâr değeri 637.5 milyar TL olmakta, Şubat ayında ise aynı talepten 641.3 milyarlık kâr elde edilmektedir. Bu değişim, bir ipliğin periyotlara göre talepleri aynı kalsa bile aynı düzeyde kâr sağlamayacağını göstermektedir.

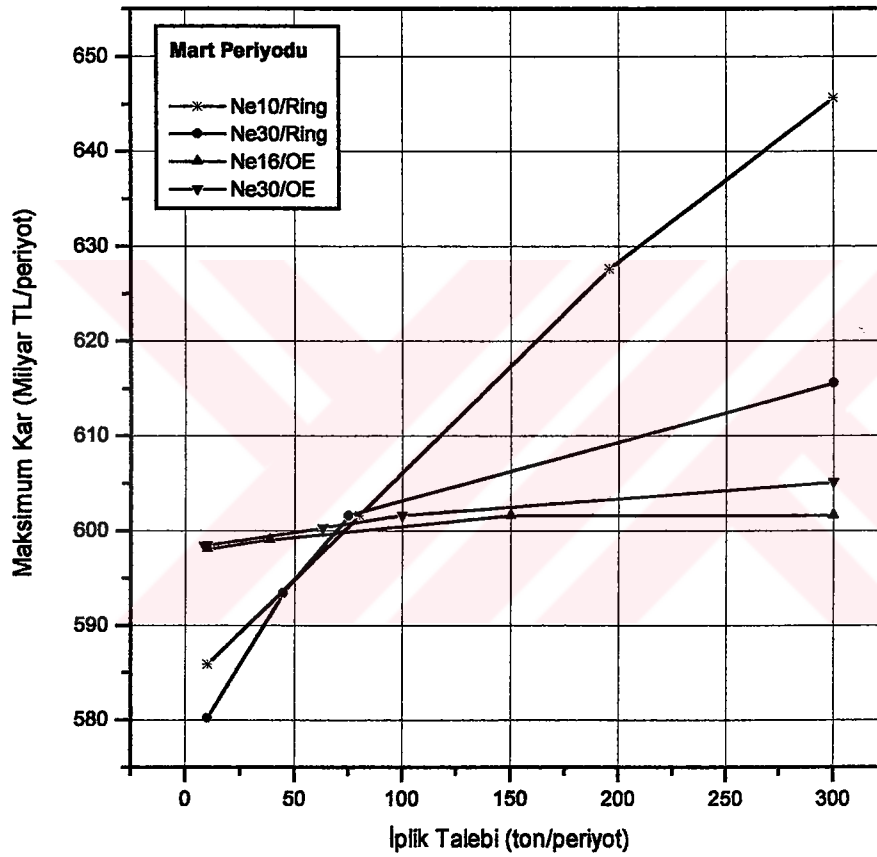


Şekil 7.7. İplik Talep Miktarı ile Maksimum Kâr İlişkisi-Üretim Planı Ocak Periyodu



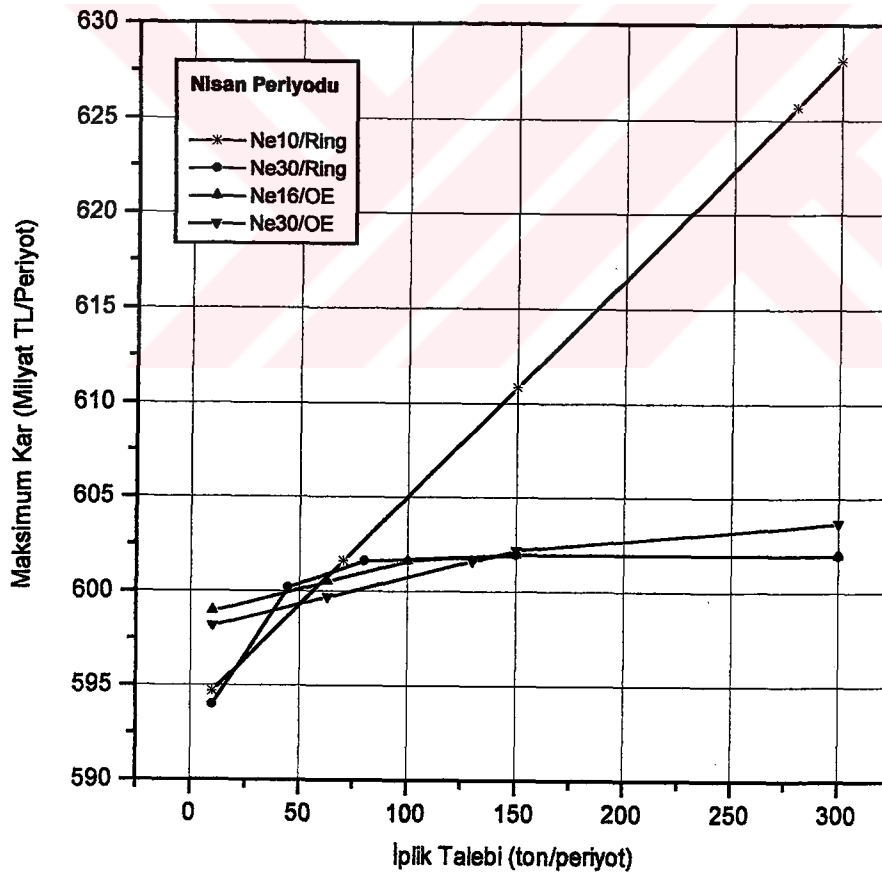
Şekil 7.8. İplik Talep Miktarı-Maksimum Kâr İlişkisi-Üretim Planı Şubat Periyodu

Şekil 7.9, üretim planının Mart ayı periyodunda iplik talebinin maksimum kâr üzerindeki etkisini göstermektedir. Burada Mart ayında Ne10 ring iplik talep değişiminin maksimum kâr üzerinde diğer ipliklere göre daha etkili olduğu, bu ipliği maksimum kâr üzerindeki olumlu etkisi açısından sırasıyla Ne30 Ring ipliği Ne30/OE ve Ne16/OE ipliklerinin izlediği görülmektedir.



Şekil 7.9. İplik Talep Miktarı ile Maksimum Kâr İlişkisi-Üretim Planı Mart Periyodu

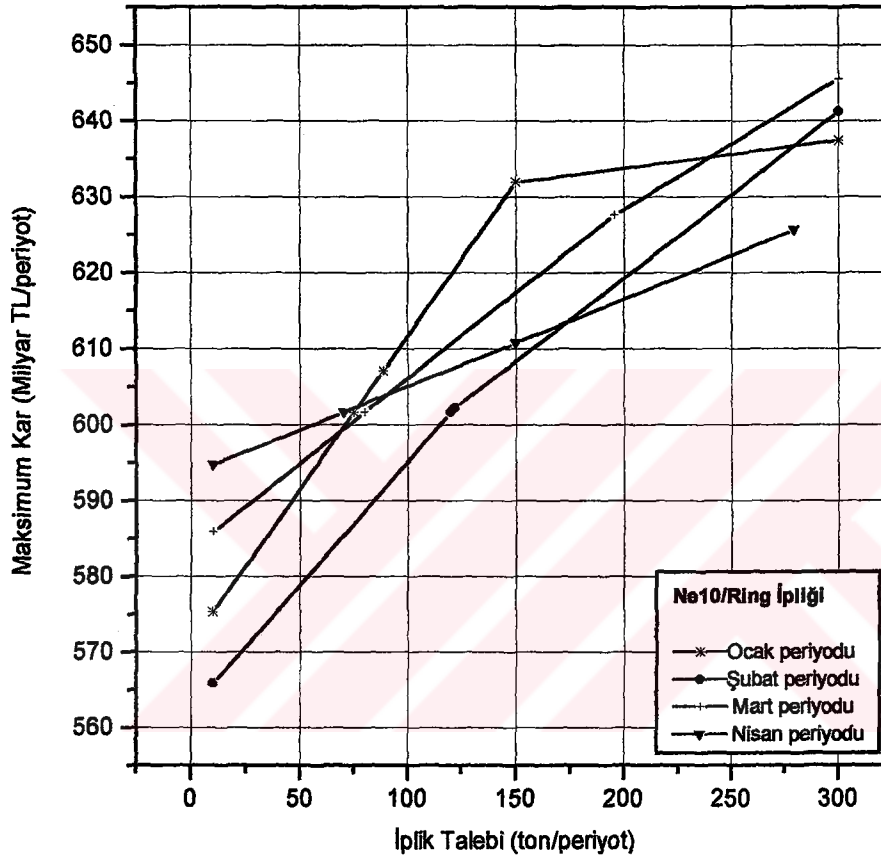
Şekil 7.10, Nisan ayı periyodunda, değişik numaralara sahip iplik talebinin maksimum kâra etkisini göstermektedir. Burada, Mart periyodundan farklı olarak Ne30/ring ipliğindeki talep değişiminin maksimum kâra etkisi Ne16/OE ve Ne30/OE ipliklerine benzemektedir. Ne30/ring ipliğinin Mart periyodunda 300 tonluk talebi karşılığı 615 milyar TL kâr elde edilirken, Nisan periyodunda aynı talepteki kâr değeri 603 milyar TL'ye düşmektedir. Ne10/ring tipi ipliği için talep artırıldıkça maksimum kâr değerinde hızlı bir artış olduğu görülmektedir. Bu durumda, bu tip ipliğe yapılacak talep artışının işletme için kârlı olacağı söylenebilmektedir. Ancak, bu iplik tipinin talep artışı için karar aşamasında, stok maliyeti, hazırlık maliyeti gibi parametrelerle birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.



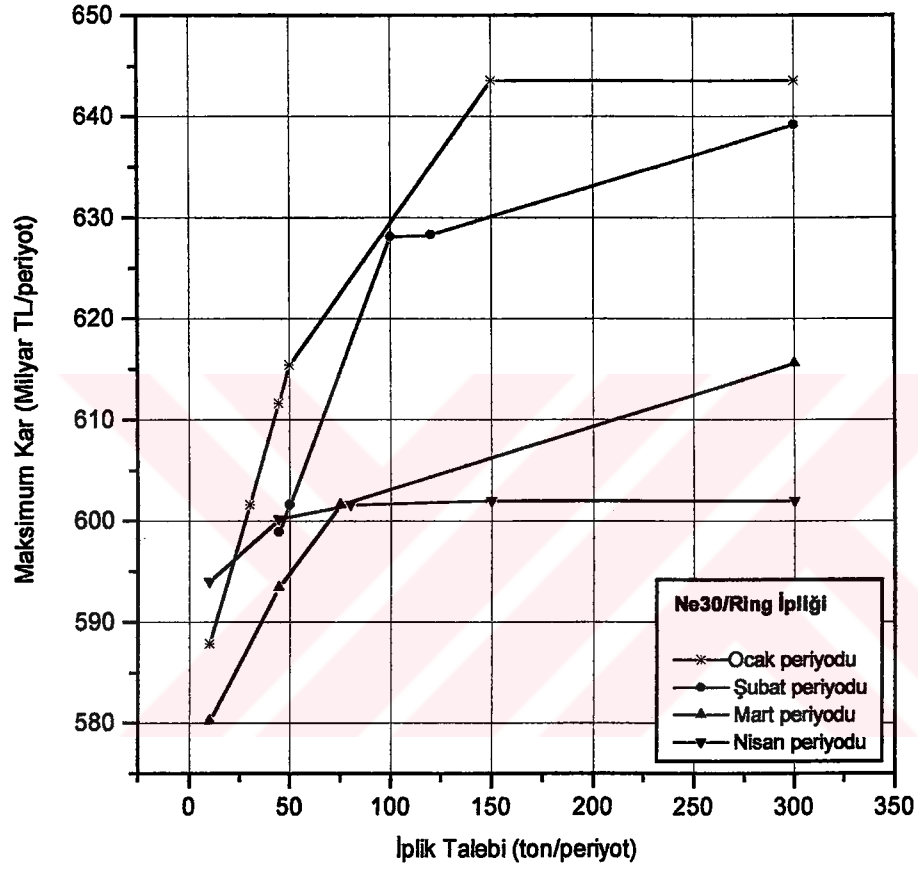
Şekil 7.10. İplik Talep Miktarı-Maksimum Kâr İlişkisi-Üretim Planı Nisan Periyodu

Üretim planının periyotlara göre herhangi bir iplik tipinin talep değişiminin maksimum kâra etkisi için şekil 7.11-14 elde edilmiştir. Böylece, iplik tiplerindeki talep değişiminin maksimum kârı nasıl etkilediği her periyot için ayrı ayrı görülebilmektedir. Ne10 ring iplik için şekil 7.11 incelendiğinde talep artışının tüm periyotlarda kâr üzerinde olumlu etki yaptığı söylenebilmektedir. Bu iplik tipi için periyotlara göre talebi sabit kabul edip bir değerlendirme yapılacak olursa, örneğin 10 tonluk bir talep karşısında maksimum kârın elde edildiği periyotlar sırasıyla Şubat, Ocak, Mart ve Nisan şeklinde değişmektedir. Talep değiştikçe bu sırada da değişiklik olduğu gözlenmektedir.

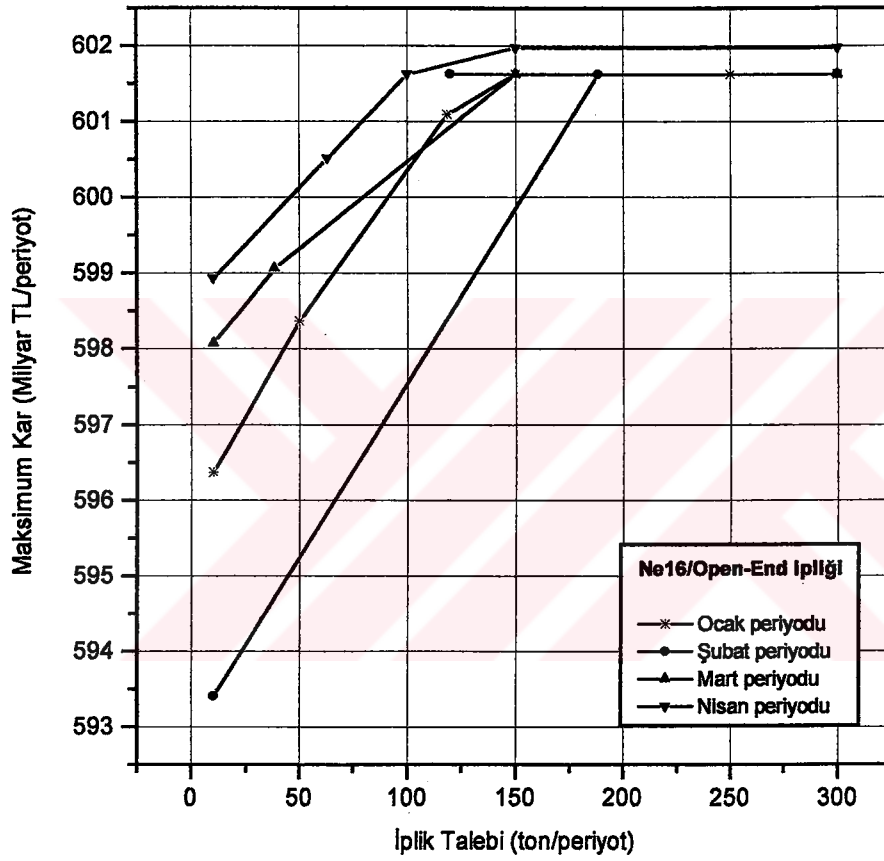
Burada verilen diğer şekillerde de benzer değerlendirmeler yapılabilmektedir. Bu grafiksel ifadelerin işletme yöneticisinin, herhangi bir iplik tipinin herhangi bir plan periyodundaki izin verilebilir talep artışının ne düzeyde olabileceği konusunda karar vermesine yardımcı olabileceği düşünülmüştür. Ayrı ayrı incelendiğinde genel olarak her iplik tipindeki talep artışının maksimum kârda az veya çok olarak bir artışa neden olduğu da gözlenmektedir.



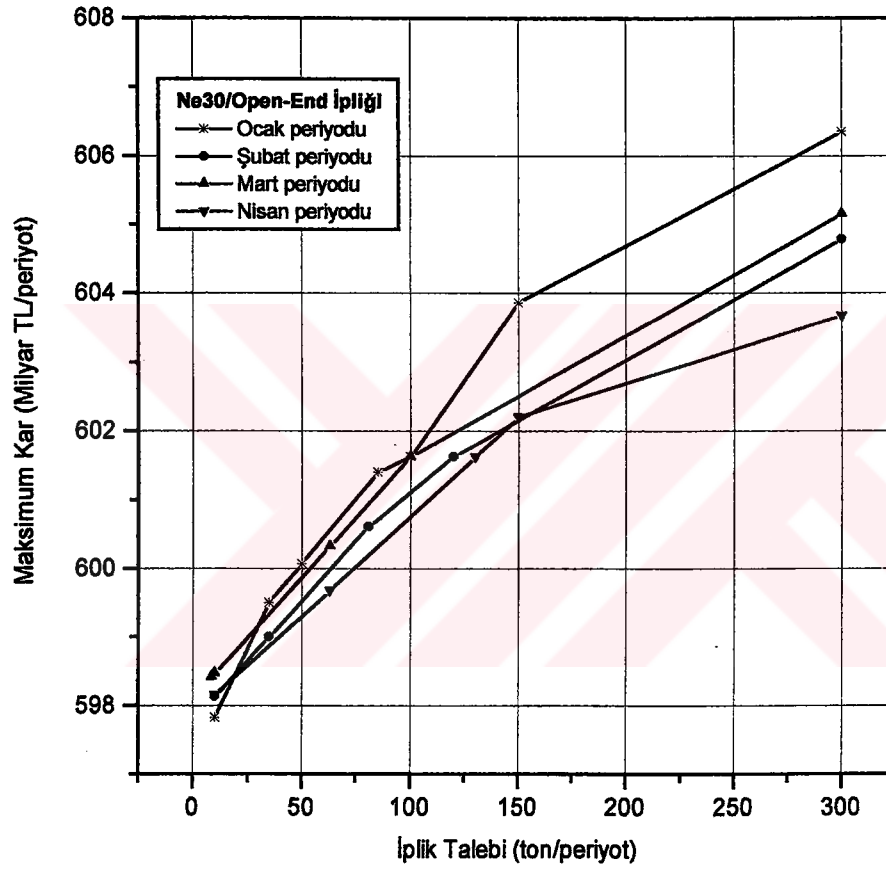
Şekil 7.11. İplik Talep Miktarı ile Maksimum Kâr İlişkisi-Ne10/Ring Tip İplik İçin



Şekil 7.12. İplik Talep Miktarı ile Maksimum Kâr İlişkisi-Ne30/Ring Tip İplik İçin



Şekil 7.13. İplik Talep Miktarı ile Maksimum Kâr İlişkisi-Ne16/OE Tip İplik İçin

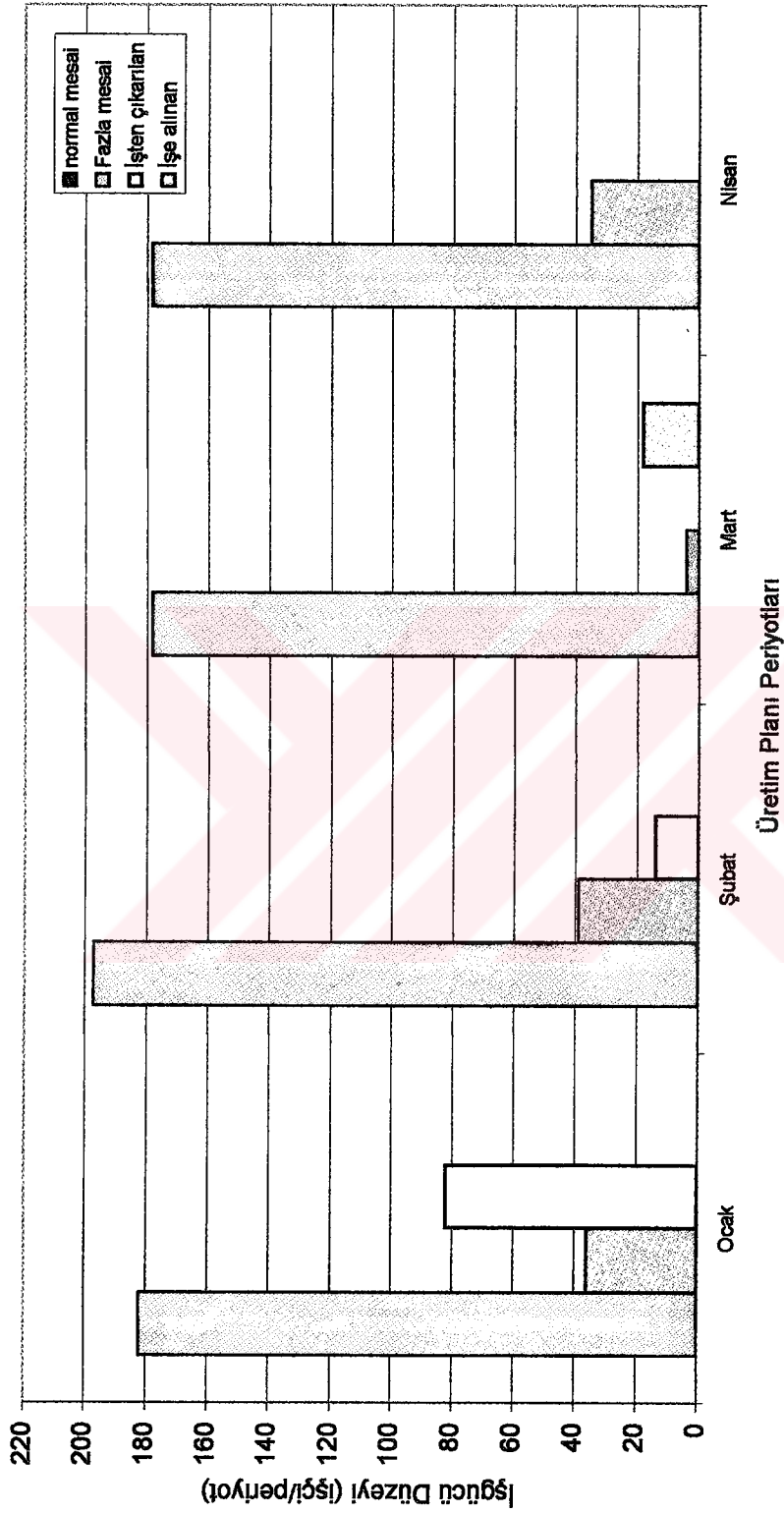


Şekil 7.14. İplik Talep Miktarı ile Maksimum Kâr İlişkisi-Ne30/OE Tip İplik İçin

Şekil 7.15, değişik üretim periyotlarına göre işgücünün dağılımını göstermektedir. Burada işgücü normal mesai, fazla mesai, işten çıkartılan ve işe alınan şeklinde ayrı ayrı gösterilmiştir. Modelin çözümü sonucu elde edilen bu değerler, her plan periyodundaki işgücü ihtiyacını ortaya koymaktadır. Bu değerler, her periyotta, ne kadar fazla mesai ihtiyacı olduğunu, ne kadar işçi alınması veya çıkartılması gerektiğini açıkça göstermektedir.

Şekil incelendiğinde; üretim planının her periyodunda normal mesai işgücü seviyesinin diğer işgücü tiplerine göre en yüksek değerde olduğu, Şubat periyodunda maksimum değere (197 işçi) ulaştığı görülmektedir. Fazla mesai işgücü seviyesi, normal mesai işgücü seviyesi ile sınırlı olup Şubat periyodunda en yüksek düzeyde Mart ayında ise en düşük seviyededir.

İşten çıkartılan işgücü düzeyinin Ocak periyodunda maksimum olduğu, Şubat periyodunda da bir miktar işten çıkartmaya ihtiyaç duyulduğu, Mart ve Nisan periyotlarında ise işten çıkartmaya gerek olmadığı görülmektedir. Ocak, Şubat ve Nisan periyotlarında işe alınan işgücü düzeyinin sıfır olduğu (bu periyotlarda işçi alımının olmadığı), ancak Mart periyodunda bir miktar işçi alımı gerektiği görülmektedir.



Şekil 7.15. İşgücü Seviyesinin Periyotlara Göre Değişimi

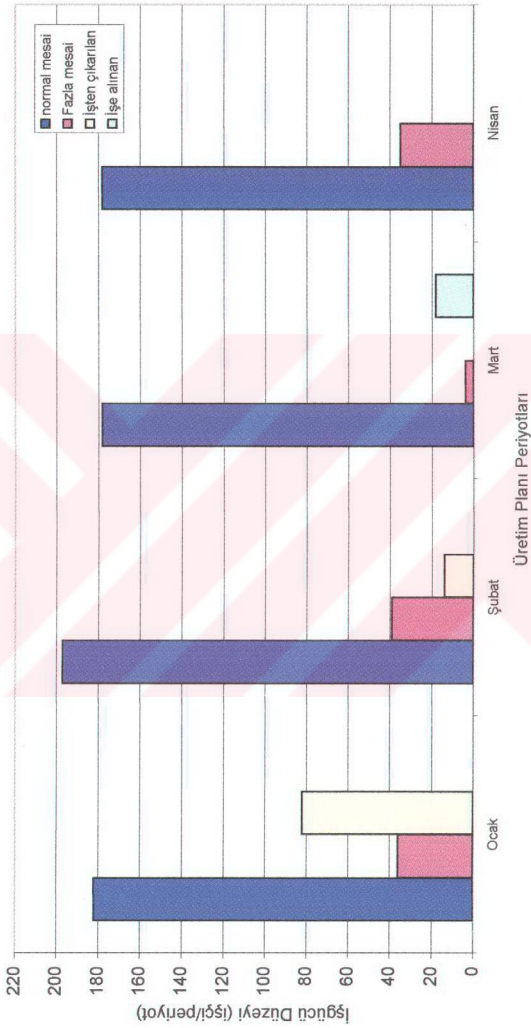
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

8.1. Özet

İplik işletmeleri, moda eğilimlerinden ve ekonomik gelişmelerden kolayca etkilenen, makine, işçi ve hammadde gibi kaynakların bir arada uyumunu gerektiren çok prosesli işletmelerdir. İplik işletmeleri tek başına bir fabrika olabileceği gibi entegre bir tesisin üretim hattının bir ünitesi konumunda da olabilmektedir.

İplik işletmelerinde, birçok iplik tipi üretilmekte ve her tipte birçok değişik iplik materyali tek veya karışım halinde kullanılabilir. İplik tipine göre üretim akışı farklı olabilmektedir. Üretim hattında her proseste birden fazla makine kullanılmaktadır. Konvansiyonel bir iplik işletmesinde iplik üretim hattı, harman-hallaç, tarak, penye, cer I ve cer II, fitil, vater, proseslerinden oluşur. Farklı tiplerde ipliklerin aynı zamanda aynı üretim hattını kullanması halinde değişik problemler ortaya çıkabilecektir. İşletmenin ürettiği iplik tiplerine ait iyi bir üretim planına sahip olması, ortaya çıkabilecek problemlerin en aza indirilebilmesi konusuna yardımcı olacaktır. İşletmede, makine, işgücü ve iplik materyali gibi kaynakların yönetimi de ayrıca üretim verimliliğinin artırılması için önemli olmaktadır.

Bu çalışmada, karde pamuk iplik işletmelerinde üretim planlaması probleminin çözümü için doğrusal programlama tekniği ile matematiksel model oluşturulmuş ve model seçilen bir iplik işletmesinden alınan güncel verilere değerlendirilerek çözülmüştür. Seçilen işletmenin, günümüzde en fazla kullanılan sistemler olan ring ve open-end iplik üretim hattına sahip olması her iki sistem yapısının da bir arada değerlendirilebilmesini sağlamıştır. İşletmenin, ikisi ring ve diğer ikisi de open-end olmak üzere dört tip iplik ürettiği düşünülmüştür. Model, birim üretim maliyeti, işgücü maliyeti, fason üretim maliyeti ve hazırlık maliyetleri gibi maliyet faktörlerinin değerlendirildiği dört aylık bir üretim planı sonucunda, işletmenin elde edeceği karın maksimizasyonunu amaçlamaktadır. Modelin çözümü ile plan döneminin her periyoduna ilişkin optimum iplik üretim miktarı, fason iplik üretim miktarı, stok düzeyleri, karşılanamayan sipariş miktarları, normal mesai, fazla



Şekil 7.15. İşgücü Seviyesinin Periyotlara Göre Değişimi

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

8.1. Özet

İplik işletmeleri, moda eğilimlerinden ve ekonomik gelişmelerden kolayca etkilenen, makine, işçi ve hammadde gibi kaynakların bir arada uyumunu gerektiren çok prosesli işletmelerdir. İplik işletmeleri tek başına bir fabrika olabileceği gibi entegre bir tesisin üretim hattının bir ünitesi konumunda da olabilmektedir.

İplik işletmelerinde, birçok iplik tipi üretilmekte ve her tipte birçok değişik iplik materyali tek veya karışım halinde kullanılabilir. İplik tipine göre üretim akışı farklı olabilmektedir. Üretim hattında her proste birden fazla makine kullanılmaktadır. Konvansiyonel bir iplik işletmesinde iplik üretim hattı, harman-hallaç, tarak, penye, cer I ve cer II, fitil, vater, proseslerinden oluşur. Farklı tiplerde ipliklerin aynı zamanda aynı üretim hattını kullanması halinde değişik problemler ortaya çıkabilecektir. İşletmenin ürettiği iplik tiplerine ait iyi bir üretim planına sahip olması, ortaya çıkabilecek problemlerin en aza indirilebilmesi konusuna yardımcı olacaktır. İşletmede, makine, işgücü ve iplik materyali gibi kaynakların yönetimi de ayrıca üretim verimliliğinin artırılması için önemli olmaktadır.

Bu çalışmada, karde pamuk iplik işletmelerinde üretim planlaması probleminin çözümü için doğrusal programlama tekniği ile matematiksel model oluşturulmuş ve model seçilen bir iplik işletmesinden alınan güncel verilerek değerlendirilerek çözülmüştür. Seçilen işletmenin, günümüzde en fazla kullanılan sistemler olan ring ve open-end iplik üretim hattına sahip olması her iki sistem yapısının da bir arada değerlendirilebilmesini sağlamıştır. İşletmenin, ikisi ring ve diğer ikisi de open-end olmak üzere dört tip iplik ürettiği düşünülmüştür. Model, birim üretim maliyeti, işgücü maliyeti, fason üretim maliyeti ve hazırlık maliyetleri gibi maliyet faktörlerinin değerlendirildiği dört aylık bir üretim planı sonucunda, işletmenin elde edeceği karın maksimizasyonunu amaçlamaktadır. Modelin çözümü ile plan döneminin her periyoduna ilişkin optimum iplik üretim miktarı, fason iplik üretim miktarı, stok düzeyleri, karşılanamayan sipariş miktarları, normal mesai, fazla

mesai, işten çıkarılan ve işe alınan işgücü seviyeleri, proseslerin kullanılamayan kapasiteleri, proseslere giren materyal miktarları ve hammaddelerin kullanılamayan miktarları (kalan hammadde stoku) gibi sonuçlar tespit edilebilmiştir.

8.2. Sonuçlar

Çalışmanın sonuçları genel ve uygulama sonuçları şeklinde iki bölümde incelenmiştir. Genel sonuçlar oluşturulan modelden elde edilen sonuçları göstermekte, uygulama sonuçları ise bu modelin uygulandığı bir işletme örneği sonuçlarını göstermektedir.

Genel Sonuçlar

İplik işletmelerinde üretim planlaması matematiksel modeliyle ilgili genel sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- a. Model, matematiksel optimizasyon tekniklerinden biri olan doğrusal programlama metodu ile oluşturulmuş olup, iplik işletmelerinin üretim planlaması problemine cevap verebilecek performansta olduğu görülmüştür.
- b. İplik işletmelerinde üretim planlaması modeli, herhangi bir plan periyodu sayısı için rahatlıkla kullanılabilir.
- c. Model, her ölçekteki iplik işletmesi için kullanılabilir. İşletmedeki proses sayısı, proseslerdeki makine sayısı, iplik tip sayısı, hammadde tip sayısı, normal ve/veya fazla mesai kullanımındaki değişimler modelde gösterilebilir.

- d. Modelde işletmeye ait, üretim, hazırlık, stok ve işgücü maliyetleri iplik tiplerine göre ayrı ayrı değerlendirilebildiği için model, maliyet faktörlerinin büyük kısmını dikkate alan yapıdadır.
- e. Modelde satış fiyatının, maliyetlerin, hammadde kullanımının, makine kapasite kullanımının tespitinde iplik numarası esas alındığı için geliştirilen model, iplik işletmelerine özel bir model olma özelliği taşımaktadır. Özellikle kapasite ve hammadde kısıtları tespit edilirken iplik numarası dikkate alınmıştır.
- f. Model çözüldüğünde hangi iplik tipinin hangi periyotlarda daha kârlı olacağı, hangi tiplerden üretilmemesi gerektiği, stok sevilerinin nasıl olması gerektiği, hangi tiplerden fason üretime ihtiyaç duyulduğu gibi sonuçlar alınabilmektedir. Plan döneminin herhangi bir periyodunda işletmenin işçi alıp almaması gerektiği, ne düzeyde fazla mesai işgücüne ihtiyaç olacağı gibi önemli bilgiler de elde edilebilmektedir.

Bu sonuçlar; tekstilde moda eğilimlerinden (müşteri talepleri) ve ekonomik ve sosyal gelişmelerden çok çabuk etkilenen iplik işletmesinin karlı çalışabilmesini sağlamaya yardımcı olacaktır.

Uygulama Sonuçları

Burada, seçilen bir iplik işletmesinin dört aylık üretim planını ortaya çıkarmaya çalışan ve karın maksimizasyonunu amaçlayan modelin çözüm sonuçları kısaca özetlenmektedir.

- a. İplik işletmesinin, birim üretim, hazırlık, işgücü ve fason üretim maliyetleri altında dört aylık bir planda maksimum 601 milyar TL kar elde edecektir.

- b. Her iplik tipi için her üretim periyodundaki optimum iplik üretim ve stok miktarları tespit edilmiştir. Örnek verilirse; Ocak periyodunda, Ne10 ring ipliğinden 153.5 ton üretilmesi ve 88.5 ton şeklinde de stok yapılması gerekmektedir. Bir başka örnek verilirse; Mart periyodunda Ne30 ring ipliğinden üretilmemesi gerektiği ortaya çıkmasına karşın bu iplikten 35.4 ton stok yapılması gerektiği sonucu elde edilmiştir. Ne16 Open-End ve Ne30 Open-End ipliklerinin her periyotta üretimi söz konusu iken bu iplikler için stok gerekmediği ortaya çıkmaktadır.
- c. Herhangi bir periyotta herhangi bir iplikten yerine getirilmeyen sipariş olarak adlandırılan karşılanamayan sipariş miktarı bulunmamaktadır.
- d. Çalışmada başlangıç işgücü seviyesi (normal mesai çalışan sayısı) 100 olarak verilmiştir. Fazla mesai için kullanılacak işgücünün normal mesaiden karşılanması düşünülmüş ve fazla mesai için kullanılan işgücü seviyesinin normal mesai için kullanılanın %20 si şeklinde çalışmaya adapte edilmiştir. Buna göre, plan periyotlarının her birindeki normal mesai, fazla mesai, işten çıkarılması gereken ve işe alınması gereken işgücü seviyeleri tespit edilebilmiştir. Elde edilen sonuçlarda her periyotta farklı bir işgücü dağılımı olduğu görülmüştür. Örnek olarak Ocak periyodunda, normal mesaide 182, fazla mesaide 36 işçi çalışırken, 82 kişi o ay için işten çıkarılmış ve işe alınan olmamıştır.
- e. Çalışma sonunda Ne10/ring ipliğinin maksimum kar üzerinde olumlu etkisinin olduğu görülmüştür. Ocak periyodunda bu iplikten 1 kg daha talep edilse bu karda 405 bin TL 'lik artışa neden olacaktır. Buna karşın, Ocak, Şubat ve Mart periyotlarında Ne16/OE ipliğe yapılan talebin bir kısmının karşılanmadığı görülmektedir. Bu periyotlarda bu iplikten talep edilse dahi üretimin kara etkisinin olmadığı görülmüştür.

- f. Seçilen işletmede üretilen ipliklerde kullanılan beş tip hammaddeden periyotlara göre değişen kullanılmayan miktarlar bulunmaktadır. Ocak ve Şubat periyotlarında Çukurova ve Amerikan pamuğunda kullanılmayan bir miktar kaldığı, Mart periyodunda Ege ve Amerikan pamuklarından, Nisan periyodunda ise Ege, Çukurova ve Amerikan pamuklarından bir kısmının kullanılmadığı görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde, Suriye pamuğundan diğer periyotlara göre daha karlı olarak Nisan periyodunda 1 kg 'lık artış maksimum kar değerinde 614 bin TL'lik artış sağlayacaktır.
- g. Çalışma sonunda tüm proseslerde süre bazında kullanılmayan kapasite olduğu görülmüştür.
- h. Şubat periyodunda işgücü seviyesindeki 1 işçi şeklindeki birim artış maksimum karda 437 bin TL'lik artış sağlayacaktır.
- i. Mart periyodu dışında diğer periyotlarda fazla mesaide işgücü kullanıldığı yine şubat periyodunda fazla mesai işgücünün 1 birim artılması halinde 385 bin TL' lik maksimum kar artışı sağlanmaktadır.
- j. Çalışmada yukarıda değerlendirilen tüm sonuçlar için ayrıca duyarlılık analizine de yer verilmiştir. Böylece karar değişkenlerinin katsayılarında meydana gelen bir değişikliğin maksimum karı nasıl etkileyeceği incelenebilmektedir.

8.3. Öneriler

Çalışmada verilen model, iplik işletmelerinin yapısındaki esnekliklere kolaylıkla adapte olabilecek bir yapıya sahiptir. Bununla beraber bu çalışmaya katkıda bulunabileceği düşünülen diğer araştırma önerileri burada maddeler halinde sunulmuştur.

- a. Ring iplik işletmelerinde vater bölümünden çıkan iplikler küçük bobinlere sarılmaktadır. Müşteriye teslimat ise büyük bobinler halinde olacaktır. Bu nedenle ring iplik proseslerinde bobin dairesi de bulunmaktadır. Bobin dairesi enerji tüketimi ve işçi kullanımı açısından ayrıca değerlendirilmesi gereken önemli bir aşamadır. Bu kısımda toz, nem vb. gibi faktörler de iplik kalitesine ve üretim hızına etki etmektedir. İplik işletmelerinde genellikle vater bölümündeki üretim hızı dikkate alındığından çalışmada bobin üretim aşaması değerlendirilmemiştir. Özellikle ipliklerin müşteriye teslim zamanının tespiti amaçlayan çalışmalarda bu ünite de dikkate alınmalıdır.
- b. Çalışmada sunulan model esnek bir modeldir. Uygulama için seçilen işletmeye uygun olarak karde pamuk ipliği üretim hattına ait üretim planlaması modeli çözülmüştür. Model penye hattının da dikkate alındığı değişik tür ipliklerin üretimi için genişletilebilir.
- c. Çalışmada plan periyodu olarak dört ay alınmıştır. İşletmenin altı veya oniki aylık üretim planı gerekli verilerin değerlendirilmesi ile yeniden ele alınabilir. Üretim planı modelinin çözümü ile belirlenen optimum iplik üretimi üretim çizelgelemesi ile makinelere dağıtılabilir. Bir çok iplik aynı üretim aşamasından geçmektedir ve çoğu zaman materyal farklılığından dolayı, ürünlerin birbiri ardı sıra makinelere girişi mümkün olamamaktadır. Bu, önemli ve büyük bir problemdir. Üretim çizelgelemesi, işlerin sıraya konulduğu makine ve işgücü tahsisini ve

ayrıca işlerin önceliklerini belirleyen bir tekniktir. Bu çizelgelemenin her üretim birimi için ayrı ayrı yapıldığı düşünüldüğünde, karde ring pamuk ipliği Ring üretim hattı için 6 ayrı çizelgenin yapılması gerekmektedir. Ancak iplik işletmelerinde genellikle vater bölümünde çizelgeleme yapılmaktadır.



KAYNAKLAR

- ACAR, N.**, 1996. Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları. MPM, Yayın No:280, 208 s. Ankara.
- AKAL, Z.**, 1998. İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi – Çok Yönlü Performans Göstergeleri. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Yayın No:473, (368 s.).
- AKINC, U., ROODMAN, G.M.**, 1986. A New Approach to Aggregate Production Planning. IIE Transactions, Vol.18, issue 1, 88-94, March.
- AKSÖZ, İ.**, 1990. Tekstil Endüstrisinde Kalite Maliyet İlişkileri-Kalite Kontrol Maliyeti ve Kalite Kontrol Organizasyonu, Tekstil&Teknik Dergisi, Nisan, 34-43.
- ASLAN, D.**, 1985. Mühendisler ve İşletmeciler İçin Üretim Planlama. Bilgehan Basımevi, Gökusu Üniversite Kitapevi, 277 s. İzmir.
- AYSAN, M. A.**, 1999. Tekstil ve Konfeksiyon Sektörünün Yapısal Analizi, Bugünkü Sorunları ve Çözüm Önerileri. Türk Tekstil ve Konfeksiyon Sanayii'nde Yeniden Yapılanma ve Endüstri İlişkilerinde Dönüşüm Semineri, 103-118, 22-27 Mayıs 1999, Martı Myra Tatil Köyü, Tekirova-Antalya.
- BAHL, H.C.** 1991. Models for Master Production Scheduling. TIMS/ORSA, Nashville, May.
- BARTOLACCI, M.R., STUART, M.S.**, (1998), The Modelling of a Unique Textile Manufacturing Process, INFORMS Seattle, October.

BOWERS, M.R., AGARWAL, A., 1993. Production Planning and Scheduling in the Apparel Industry. TIMS/ORSA, Chicago, May.

CAMM, J.D., DEARING, P.M. ve TADISINA S.K., 1987. The Calhaun Textile Mill Case: An Exercise on the Significance of Linear Programming Model Formulation. IIE Transactions, Vol 19, issue 1, March, 23-28.

CANOĞLU, S., ERKAN, K., (1990). Pamuk İpliği Üretiminde Doğrusal Programlama Tekniğinin Kullanılması, Tekstil ve Makine Dergisi, Tekstil Sempozyumu Özel Sayısı, Yıl 4, Sayfa 58-63, Kasım.

CHAERKASSKY, A.E., KIT, B.J., (1997a), Computer Simulation of Yarn Breakage in the Ring – spinning process, Part I: Model Structure, Investigation Strategy, and Experimental Design, J. Textile Institute, 88 part 2, no.1, pp. 29-46.

CHAERKASSKY, A.E., KIT, B.J., (1997b), Computer Simulation of Yarn Breakage in the Ring – spinning process, Part II: Description and Analysis of the Simulation Results, J. Textile Institute, 88 part 2, no.1, pp. 47-70.

ÇELİKÇAPA, F. O., 1998. Endüstri İşletmelerinde Üretim Yönetimi ve Teknikleri. Vipaş A.Ş. Yayınları, II.Baskı, Bursa.

DECKRO, R.F. ve HEBERT, J.E., 1984. Goal Programming Approaches to Solving Linear Decision Rule Based Aggregate Production Planning Models. IIE Transactions, Volume 16, No.4, 308-315.

EROL, R. ve KOYUNCU M., 1999. İplik İşletmelerinde Darboğaz Kaynak Çizelgeleme İçin Yeni Bir Yaklaşım, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği XX. Ulusal Kongresi, Kara Harp Okulu, 8-9 Haziran, Ankara.

- FULLER, J.D., LAN, B., 1994.** LP and NLP Decomposition Without a Master Problem. ORSA/TIMS Detroit, Oct.
- GOPAL, N., SUDHIR, J. (1998),** Econometrik Modeling of the Indian Cotton Textile Industry, INFORMS Seattle, October.
- GRAD, P.L., MOCK, G.A., PAI, G.A., THRONEBURG, K.W., 1989.** A General Purpose Textile Plant Energy Consumption Model. Textile Research Institute, Vol. 59, Issue 3, pp.177-182, March.
- HEGEDUS, M., ERYOLINA, T.R., GEISLER, R.D., LUKES, R.J., LOUGEE-H, R., 1995.** Master Scheduling with Optimization in a Constrained Environment. INFORMS, New Orleans, Nov.
- IERAPETRIOTU, M. , PISTIKPOULOS, E., 1994.** Optimization of Production and Capacity Planning Under Uncertainty. TIMS/ORSA Boston, April.
- KILIÇOĞULLARI, P., 1999.** Performans Değerlendirme Sisteminde Performans Kriterlerinin Model Üzerinde Tartışılması. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği XX. Ulusal Kongresi, Kara Harp Okulu, 8-9 Haziran, Ankara.
- KIM, Y.S., VERMA, S., DARDIS, R., 1991.** Labor-productivity Differences in the Textile Industry. Journal of Textile Industry, Vol. 82, issue 2, 261-272.
- KIRCA, O., KOKSALAN, M.M., 1996.** An Integrated Production and Financial Planning Model and An Application, IIE Transactions, 28, 677-686.
- KLEIN, M., 1983.** A Transportation Model for Production Planning with Convex Costs, IIE Transactions, Volume 15, No. 3, 272-274.

KLEIN, W., 1993. New Spinning Systems, The Textile Institute, Manual of Textile Technology, Short-Staple Spinning Series, Vol.5.

KOBU, B., 1996. Üretim Yönetimi. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi, İşletme İktisadi Enstitüsü Araştırma ve Yardım Vakfı, Yayın No:01, 9. Baskı, İstanbul.

KOÇ, E., OĞULATA, R.T., 1999. Open-End (Rotor) ve Ring Eğirme Sistemleri ve İplik Özellikleri, Tekstil&Teknik Dergisi, 88-93, Eylül.

KOÇ, E., SABIR, E.C., 1999. Türkiye’de ve Dünyada Seçilmiş Tekstil Hammaddeleri ve İplik Sektörü, UÇTEK’99, I. Çukurova Tekstil Kongresi, 579-591, 6-8 Ekim.

KOÇ, E. , LAWRENCE, C.A., 2000. Wrapper Fibres in Open-End Rotor Spun Yarns : I Yarn Formation and Structure, J. Of Textile Institute, (in press).

ESİN, A., 1988. Yöneylem Araştırmasında Yararlanılan Karar Yöntemleri. Gazi Üniversitesi, 205 s. Ankara.

KÜÇÜKER, C., 1999. Türkiye’de Tekstil ve Konfeksiyon Sektörünün Gelişimi ve Yeniden Yapılanması. Türkiye Ekonomi Kurumu Altıncı Ulusal İktisat Kongresi, Türkiye’de Hızla Sanayileşen Kentler:Kahramanmaraş Örneği Bildiri Kitabı, sayfa 51-87 , , 5-7 Kasım 1998, Kahramanmaraş, Ankara.

KÜÇÜKKİREMİTÇİ, O., 1989. Tekstil Sektöründe Kapasite Kullanım Oranı Hesaplanması, Tekstil&Teknik Dergisi, Şubat, 30- 31.

JOSEPH, B., M. ,1995. Production Planning with Generalized Capacity Requirements. INFORMS, New Orleans, Nov

- McCLAIN, J. O., THOMAS, L. J. ve WEISS, E. N. , 1989.** Efficient Solution to a Linear Programming Model For Production Scheduling With Capacity Constraints and No Initial Stock. IIE Transactions, Volume 21, Number 2, 144- 152, June.
- METTERS, R., 1997.** Production Planning With Stochastic Seasonal Demand and Capacitated Production. IIE Transactions, 29, 1017-1029.
- NIELD, R., 1975.** Open-end Spinning, Textile Institute Monograph Series, Number 1, The Textile Institute, Manchester.
- NUTTLE, H.L., KING, R.E., 1992.** Loading and Scheduling of Plants in The Textile Industry. ORSA/TIMS, San Francisco, Nov.
- OXTOBY, E., 1987.** Spun Yarn Technology, Butterworths.
- ÖZLÜ, B., 1999.** Orta Vadeli Üretim Planlamada Dinamik Programlama Tekniği (Özlü Tekniği). Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği XX. Ulusal Kongresi, Kara Harp Okulu, 8-9 Haziran, Ankara.
- POLO, C., PEPIO, M., 1991.** Global Modeling of a Textile Process. Textile Research Journal, Vol. 61, issue 2, 114-118. Feb.
- ROHLENA, V., 1975.** Open-End Spinning, Elsevier Sci. Pub. Comp., p. 131-133.
- SCHLESE, G.,1987.** Co-axial, Bi-axial OE Spinning System, Spinbau Division, Krupp Maschinen Fabriken, Germany, 51-57.

- SETTLE, S., BOULLART, L., VAN LANGENHOVE, L., KIEKENS, P., 1997.**
Optimizing the Fiber-to-Yarn Production with a Combined Neural Network/Genetic Algorithm Approach. Tekstil Research Journal, Vol.67, Issue 2, pp. 84-92, Feb.
- SOX, C. R. ve MUCKSTADT, J. A., 1996.** Multi-item, multi-Period Planning With Uncertain Demand. IIE Transactions, 28, 891-900.
- STECKE, K.E., 1994.** Production Planning Decision in Flexible Manufacturing System With Random Material Flows. IIE Transactions, Vol.26, Number 5, 2-17, Sept.
- STECKE, K.E. ve HEUNGSOON F. L., 1998.** Production Planning For Flexible Flow Systems With Limited Machine Flexibility. IIE Transactions, 30, 669-684.
- STEFFES, D., (Ekim 1996),** Rotor İpliği İle Yumuşak Örmeler Autocoro İçin Problem Degildir. Melliand Türkiye Özel Sayısı, İstanbul.
- TAG, H. P., 1995.** Integrated Textile Experimental Models & Simulation: A System Dynamics Enterprise Model. INFORMS New Orleans, November.
- TANYAŞ, M. ve ERDOĞAN, H.K., 1991.** Tekstil üretimin planlamasında Hedef Programlama Yöntemi. Tekstil&Teknik Dergisi, Temmuz, 118-119.
- TEKİNEL, O., 1999.** Dünyada ve Türkiye’de Tekstil-Konfeksiyon Sektörü. Türkiye Ekonomi Kurumu Altıncı Ulusal İktisat Kongresi, Türkiye’de Hızla Sanayileşen Kentler: Kahramanmaraş Örneği Bildiri Kitabı, , , 5-7 Kasım 1998, Kahramanmaraş, Ankara

- TIELEMANS, P.F.J. ve KUIK, R., 1997.** Setup Utilization As A Performance Indicator in Production Planning and Control. Int. J. Production Economics, 49, 175-182.
- TULUNAY, Y., 1991.** Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi, Yayın No:244, 3. Baskı, 743 s. İstanbul.
- TÜTEK, H.H. ve GÜMÜŞOĞLU, Ş., 1994.** Sayısal Yöntemlere Yönetmel Yaklaşım. 2.baskı, Beta Basım Yayım Dağıtım, Ekim. 371 s. İstanbul.
- WU, P., FANG, S.C., NUTTLE, H.L., 1995.** Fuzzy Neural Networks for Textile Manufacturing&Management. INFORMS, Los Angeles, April.
- WANG, Z., 1991.** An Optimization Model in Production Planning. ORSA/TIMS Anaheim, Nov.
- XIAO, C.J., 1993.** On n-Stage, m-Reusableness Rate Production Planning Problems. Journal of Optimization Theory and Applications, Vol. 76, No. 1, 165- 182, Jan.
- YAMAK, O.,1994.** Üretim Yönetimi, Sistemleri İlkeler ve Teknikler. 1. Baskı, Marmara Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Üretim Yönetimi ve Pazarlama Ana Bilim Dalı, 281 s. İstanbul.
- YAĞIZ, Ö., 1998.** Üretim Yönetimine Giriş. KHO Sistem Mühendisliği Sertifika Programı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
-, 1999. Dünya Tekstil Makineleri Kapasiteleri ve Sevkiyatı, Tekstil İşveren Dergisi, Sayı 233, 31-36.
-, 1999. Tekstil El Kitabı, Berdan Tekstil A.Ş. yayını,Tarsus/İçel.

....., 1985.Tekstil İşletmelerinden Enerji Tüketimi ve Tasarrufu Semineri Notları,
Sümerbank Tekstil Eğitim ve Araştırma Müessesesi, Yayın No:77, Bursa.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Emel Ceyhun SABİR

Doğum Yeri ve Tarihi : Adana/Kozan, 1968

Medeni Hali : Evli

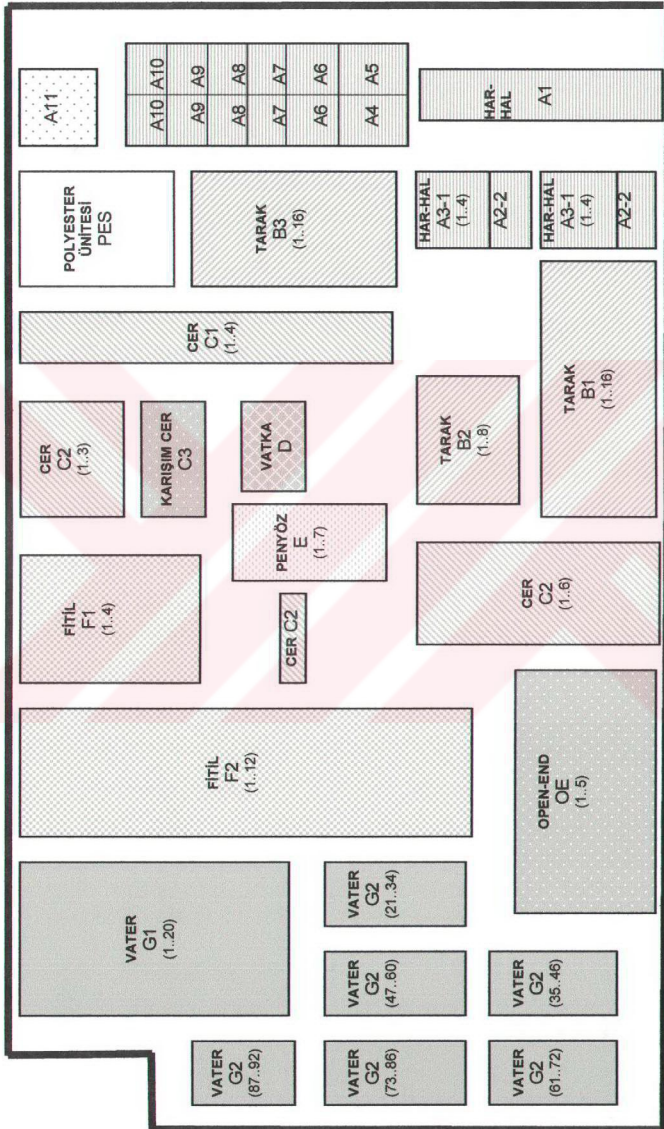
Öğrenim : **Lisans** : Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, (1985-1989).
İngilizce Hazırlık : Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İngilizce Hazırlık Programı (1989-1990)
Yüksek Lisans : Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, (1990-1993)

İş Tecrübeleri : Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Araştırma Görevliliği, (Şubat 1990-Şubat 1993).

Çukurova Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi
Tekstil Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevliliği,
(Eylül 1993-Aralık 1993).

Çukurova Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi
Tekstil Mühendisliği Bölümünde Öğretim Görevliliği,
(Aralık 1993-bu göreve hala devam edilmektedir).

EK 1. Bir İplik İşletmesinin Yerleşim Düzeni (Makine Parkı)



EK 2.1. İşletmede Kullanılan Makineler

PROSES	MAKİNE ADI	GRUP NO	ŞEMA KODU	ADET	MODEL	MARKA
HARMAN HALLAÇ DAİRESİ	Blendomat(BDT 019)	3	A1	1	1996	TRUTZSCHER
	Telef açıcı	1	A2-1	1	1972	PLATT
	Telef açıcı	2	A2-2	1	1972	PLATT
	Balya açıcı	1	A3-1	4	1972	PLATT
	Balya açıcı	2	A3-2	4	1972	PLATT
	OptiScan	3	A4	1	1997	USTER
	Ayırıcı	3	A5	1	1996	TRUTZSCHER
	Balya Açıcı(BOA046)	3	A6	2	1996	TRUTZSCHER
	Ayırıcı (AFC)	3	A7	2	1996	TRUTZSCHER
	Mikser (MPM 10236)	3	A8	2	1996	TRUTZSCHER
	Dövücü (CVT4 097)	3	A9	2	1996	TRUTZSCHER
	Karıştırıcı (DX 385)	3	A10	2	1996	TRUTZSCHER
	Karıştırıcı (PES için)	3	A11	1	1996	TRUTZSCHER
TARAK DAİRESİ	Tarak	1	B1	16	1973	PLATT
	Tarak	2	B2	8	1973	PLATT
	Tarak (DK 803)	3	B3	14	1996	TRUTZSCHER
CER DAİRESİ	Cer	1,2,3	C1	4	1997	VOUK
	Cer	1,2,3	C2	10	1996	VOUK
	Karşım cer	1,2,3	C3	1	1996	VOUK
VATKA DAİRESİ	Vatka (24 şeritlik)	1,2,3	D	1	1996	VOUK
PENYE DAİRESİ	Penyüz (8 vatkalık)	1,2,3	E	7	1998	VOUK
FİTİL DAİRESİ	Fitil (120 iğlik)	1,2,3	F1	4	1996	GROSSENHAINER
	Fitil (108 iğlik)	1,2,3	F2	12	1973-74	PLATT
VATER DAİRESİ	Vater (1104 iğlik) (Fiomax1000)	1,2,3	G1	20	1999	SUESSEN
	Vater (444 iğlik)	1,2,3	G2	72	1974	PLATT
OPEN-END DAİRESİ	Rotor makinesi (R1) (254 Rotorluk)	1,2,3	OE	5	1997	RIETER

EK 2.2. İplik İşletmesinde Makine Parkının Proseslere Göre Dağılımı

PROSES ADI	PROSESİN YERLEŞİM ŞEMASINDAKİ KODU	MAKİNE ADEDİ
HARMAN HALLAÇ	A	24
TARAK	B	38
CER	C	15
VATKA	D	1
PENYE	E	7
FİTİL	F	16
VATER	G	92
OPEN-END (ROTOR)	OE	5

EK 2.3 : İplik İşletmesinde Makinelerin Grup Dağılımı

İplik işletmesinde harman-hallaç ve tarak bölümlerine yeni makineler alındıkça işletme içerisinde makinelerin modellerine ve markalarına göre gruplara ayrılmıştır. EK 2.3’de bu gruplar ve gruba giren makinelerin yerleşim şemasındaki kodu ile bu gruplardaki toplam makine sayısı verilmiştir.

GRUP	ŞEMA KODU	MAKİNE SAYISI
1. Grup makineler (PLATT)	A2-1, A3-1, B1	21
2. Grup Makineler (PLATT)	A2-2, A3-2, B2	13
3. Grup Makineler (TRUT.)	A1, A4, A5,A6,A7,A8, A9, A10, A11, B3	24

EK-3. Seçilen İplik İşletmesi İçin Üretim Planlamasına Ait Lineer Programlama Yaklaşımının LINDO 6.1 Program Yazılımı

max 900000X11 + 890000X12+900000X13+870000X14+
 1000000X21 + 1100000X22 +110000X23+105000X24+85000X31 + 81000X32
 +80000X33 +80000X34 +93000X41 + 90000X42+90000X43+89000X44-
 50000X11 -80000Iarti11-500000Ieksi11-50000X12 - 100000Iarti12 -
 500000Ieksi12-50000X13-110000Iarti13-500000Ieksi13- 55000X14 - 115000Iarti14
 - 500000Ieksi14- 60000X21 - 200000Iarti21 - 800000Ieksi21-60000X22 -
 220000Iarti22 - 800000Ieksi22-60000X23 - 230000Iarti23 - 800000Ieksi23-
 65000X24 - 230000Iarti24 - 800000Ieksi24-45000X31 - 80000Iarti31 -
 500000Ieksi31-45000X22 - 90000Iarti32 - 500000Ieksi32-45000X33 -
 100000Iarti33 - 500000Ieksi33- 50000X34 - 110000Iarti34 - 500000Ieksi34-
 55000X41 - 150000Iarti41 - 600000Ieksi41-55000X42 - 160000Iarti42 -
 600000Ieksi42- 55000X43 - 170000Iarti43 - 600000Ieksi43-60000X44 -
 175000Iarti44 -600000Ieksi44- 180000W1 - 52000O1 - 150000H1 - 180000F1-
 180000W2 - 52000O2 - 155000H2 - 180000F2-180000W3 - 52000O3 - 150000H3 -
 180000F3-180000W4 - 52000O4 - 150000H4 - 180000F4-
 10000Y11 - 10000Y12 - 10000Y13 - 10000Y14 -20000Y21 - 20000Y22 -
 20000Y23 - 20000Y24 -8000Y31 - 8000Y32 - 8000Y33 - 8000Y34 -15000Y41 -
 15000Y42 - 15000Y43 - 15000Y44 -500000P11 - 500000P12 - 500000P13 -
 500000P14 -800000P21 - 800000P22 - 800000P23 - 800000P24 -500000P31 -
 500000P32 - 500000P33 - 500000P34 -600000P41 - 600000P42 - 600000P43 -
 600000P44
 SUBJECT TO
 P11 +X11 + Iarti10 - Ieksi10 - Iarti11 + Ieksi11 <= 75000
 P12 +X12 + Iarti11 - Ieksi11 - Iarti12 + Ieksi12 <= 120000
 P13 +X13 + Iarti12 - Ieksi12 - Iarti13 + Ieksi13 <= 80000
 P14 +X14 + Iarti13 - Ieksi13 - Iarti14 + Ieksi14 <= 70000
 P21 +X21 + Iarti20 - Ieksi20 - Iarti21 + Ieksi21 <= 30000
 P22 +X22 + Iarti21 - Ieksi21 - Iarti22 + Ieksi22 <= 50000
 P23 +X23 + Iarti22 - Ieksi22 - Iarti23 + Ieksi23 <= 75000
 P24 +X24 + Iarti23 - Ieksi23 - Iarti24 + Ieksi24 <= 80000
 P31 +X31 + Iarti30 - Ieksi30 - Iarti31 + Ieksi31 <= 250000
 P32 +X32 + Iarti31 - Ieksi31 - Iarti32 + Ieksi32 <= 300000
 P33 +X33 + Iarti32 - Ieksi32 - Iarti33 + Ieksi33 <= 150000
 P34 +X34 + Iarti33 - Ieksi33 - Iarti34 + Ieksi34 <= 100000
 P41 +X41 + Iarti40 - Ieksi40 - Iarti41 + Ieksi41 <= 100000
 P42 +X42 + Iarti41 - Ieksi41 - Iarti42 + Ieksi42 <= 120000
 P43 +X43 + Iarti42 - Ieksi42 - Iarti43 + Ieksi43 <= 100000
 P44 +X44 + Iarti43 - Ieksi43 - Iarti44 + Ieksi44 <= 130000

1.14X11<= 175000
 1.14X12<= 175000
 1.14X13<= 175000
 1.14X14<= 175000
 1.14 X21 <= 100000
 1.14 X22 <= 100000
 1.14 X23 <= 100000
 1.14 X24 <= 100000
 0.672X31 <= 150000
 0.672X32 <= 150000
 0.672X33 <= 150000
 0.672X34 <= 150000
 0.448X31 <= 50000
 0.448X32 <= 50000
 0.448X33 <= 50000
 0.448X34 <= 50000
 1.12X41 <= 225000
 1.12X42 <= 225000
 1.12X43 <= 225000
 1.12X44 <= 225000
 0.0003801X11+ 0.0003801X21+0.0003736X31+ 0.0003736X41<=550
 0.0003801X12+ 0.0003801X22+0.0003736X32+ 0.0003736X42<=550
 0.0003801X13+ 0.0003801X23+0.0003736X33+ 0.0003736X43<=550
 0.0003801X14+ 0.0003801X24+0.0003736X34+ 0.0003736X44<=550
 0.0002162X11+ 0.0001441X21+ 0.0001545X31+ 0.0001545X41 <=580
 0.0002162X12+ 0.0001441X22+ 0.0001545X32+ 0.0001545X42 <=580
 0.0002162X13+ 0.0001441X23+ 0.0001545X33+ 0.0001545X43 <=580
 0.0002162X14+ 0.0001441X24+ 0.0001545X34+ 0.0001545X44 <=580
 0.0000252X11+ 0.0000252X21+ 0.0000247X31+ 0.0000247X41<=458
 0.0000252X12+ 0.0000252X22+ 0.0000247X32+ 0.0000247X42<=458
 0.0000252X13+ 0.0000252X23+ 0.0000247X33+ 0.0000247X43<=458
 0.0000252X14+ 0.0000252X24+ 0.0000247X34+ 0.0000247X44<=458
 0.0000229X11+ 0.0000229X21+ 0.0000225X31+ 0.0000225X41<=500
 0.0000229X12+ 0.0000229X22+ 0.0000225X32+ 0.0000225X42<=500
 0.0000229X13+ 0.0000229X23+ 0.0000225X33+ 0.0000225X43<=500
 0.0000229X14+ 0.0000229X24+ 0.0000225X34+ 0.0000225X44<=500
 0.0000291X11+0.0000587X21<=429
 0.0000291X12+0.0000587X22<=429
 0.0000291X13+0.0000587X23<=429
 0.0000291X14+0.0000587X24<=429
 0.0007468X11 +0.0001853X21<=593
 0.0007468X12 +0.0001853X22<=593
 0.0007468X13 +0.0001853X23<=593
 0.0007468X14 +0.0001853X24<=593
 0.00094X31+0.0011902X41 <=593
 0.00094X32+0.0011902X42 <=593

$0.00094X33+0.0011902X43 \leq 593$
 $0.00094X34+0.0011902X44 \leq 593$
 $1.1403X11+1.1403X21+1.1208X31+1.1208X41-A11=0$
 $1.1403X12+1.1403X22+1.1208X32+1.1208X42-A12=0$
 $1.1403X13+1.1403X23+1.1208X33+1.1208X43-A13=0$
 $1.1403X14+1.1403X24+1.1208X34+1.1208X44-A14=0$
 $1.0830X11+1.0830X21+1.0648X31+1.0648X41-A21=0$
 $1.0830X12+1.0830X22+1.0648X32+1.0648X42-A22=0$
 $1.0830X13+1.0830X23+1.0648X33+1.0648X43-A23=0$
 $1.0830X14+1.0830X24+1.0648X34+1.0648X44-A24=0$
 $1.0452X11+1.0452X21+1.0275X31+1.0275X41-A31=0$
 $1.0452X12+1.0452X22+1.0275X32+1.0275X42-A32=0$
 $1.0452X13+1.0452X23+1.0275X33+1.0275X43-A33=0$
 $1.0452X14+1.0452X24+1.0275X34+1.0275X44-A34=0$
 $1.0389X11+1.0389X21+1.0213X31+1.0213X41-A41=0$
 $1.0389X12+1.0389X22+1.0213X32+1.0213X42-A42=0$
 $1.0389X13+1.0389X23+1.0213X33+1.0213X43-A43=0$
 $1.0389X14+1.0389X24+1.0213X34+1.0213X44-A44=0$
 $1.0327X11+1.0327X21+1.0327X31+1.0327X41-A51=0$
 $1.0327X12+1.0327X22+1.0327X32+1.0327X42-A52=0$
 $1.0327X13+1.0327X23+1.0327X33+1.0327X43-A53=0$
 $1.0327X14+1.0327X24+1.0327X34+1.0327X44-A54=0$
 $1.0224X11+1.0224X21-A61=0$
 $1.0224X12+1.0224X22-A62=0$
 $1.0224X12+1.0224X23-A63=0$
 $1.0224X14+1.0224X24-A64=0$
 $1.0152X31+1.0152X41-A71=0$
 $1.0152X32+1.0152X42-A72=0$
 $1.0152X33+1.0152X43-A73=0$
 $1.0152X34+1.0152X44-A74=0$
 $0.0005X11+0.0005X21+0.0005X31+0.0005X41-W1-O1 \leq 0$
 $0.0005X12+0.0005X22+0.0005X32+0.0005X42-W2-O2 \leq 0$
 $0.0005X13+0.0005X23+0.0005X33+0.0005X43-W3-O3 \leq 0$
 $0.0005X14+0.0005X24+0.0005X34+0.0005X44-W4-O4 \leq 0$
 $W0=100$
 $W1-W0-H1+F1=0$
 $W2-W1-H2+F2=0$
 $W3-W2-H3+F3=0$
 $W4-W3-H4+F4=0$
 $-0.2W1+O1 \leq 0$
 $-0.2W2+O2 \leq 0$
 $-0.2W3+O3 \leq 0$
 $-0.2W4+O4 \leq 0$

0.0000000005X11 - Y11<= 0
0.0000000005X12 - Y12<= 0
0.0000000005X13 - Y13<= 0
0.0000000005X14 - Y14<= 0
0.0000000005X21 - Y21<= 0
0.0000000005X22 - Y22<= 0
0.0000000005X23 - Y23<= 0
0.0000000005X24 - Y24<= 0
0.0000000005X31 - Y31<= 0
0.0000000005X32 - Y32<= 0
0.0000000005X33 - Y33<= 0
0.0000000005X34 - Y34<= 0
0.0000000005X41 - Y41<= 0
0.0000000005X42 - Y42<= 0
0.0000000005X43 - Y43<= 0
0.0000000005X14 - Y44<= 0
X11>=0
X12>=0
X13>=0
X14>=0
X21>=0
X22>=0
X23>=0
X24>=0
X31>=0
X32>=0
X33>=0
X34>=0
X41>=0
X42>=0
X43>=0
X44>=0
larti11>=0
larti12>=0
larti13>=0
larti14>=0
larti21>=0
larti22>=0
larti23>=0
larti24>=0
larti31>=0
larti32>=0
larti33>=0
larti34>=0
larti41>=0
larti42>=0

larti43>=0
 larti44>=0
 leksi11>=0
 leksi12>=0
 leksi13>=0
 leksi14>=0
 leksi21>=0
 leksi22>=0
 leksi23>=0
 leksi24>=0
 leksi31>=0
 leksi32>=0
 leksi33>=0
 leksi34>=0
 leksi41>=0
 leksi42>=0
 leksi43>=0
 leksi44>=0
 W1>=0
 W2>=0
 W3>=0
 W4>=0
 O1>=0
 O2>=0
 O3>=0
 O4>=0
 H1>=0
 H2>=0
 H3>=0
 H4>=0
 F1>=0
 F2>=0
 F3>=0
 F4>=0
 P11>=0
 P12>=0
 P13>=0
 P14>=0
 P21>=0
 P22>=0
 P23>=0
 P24>=0
 P31>=0
 P32>=0
 P33>=0
 P34>=0

```
P41>=0
P42>=0
P43>=0
P44>=0
end
INT Y11
INT Y12
INT Y13
INT Y14
INT Y21
INT Y22
INT Y23
INT Y24
INT Y31
INT Y32
INT Y33
INT Y34
INT Y41
INT Y42
INT Y43
INT Y44
```

EK-4 : Seçilen İplik İşletmesi İçin Üretim Planlamasına Ait Lineer Programlama Yaklaşımının LINDO 6.1 Program Yazılımı (Hazırlık Maliyeti İhmal Edilerek)

$\max 900000X_{11} + 890000X_{12} + 900000X_{13} + 870000X_{14} + 1000000X_{21} + 1100000X_{22} + 110000X_{23} + 105000X_{24} + 85000X_{31} + 81000X_{32} + 80000X_{33} + 80000X_{34} + 93000X_{41} + 90000X_{42} + 90000X_{43} + 89000X_{44} - 50000X_{11} - 80000I_{arti11} - 500000I_{eksi11} - 50000X_{12} - 100000I_{arti12} - 500000I_{eksi12} - 50000X_{13} - 110000I_{arti13} - 500000I_{eksi13} - 55000X_{14} - 115000I_{arti14} - 500000I_{eksi14} - 60000X_{21} - 200000I_{arti21} - 800000I_{eksi21} - 60000X_{22} - 220000I_{arti22} - 800000I_{eksi22} - 60000X_{23} - 230000I_{arti23} - 800000I_{eksi23} - 65000X_{24} - 230000I_{arti24} - 800000I_{eksi24} - 45000X_{31} - 80000I_{arti31} - 500000I_{eksi31} - 45000X_{32} - 90000I_{arti32} - 500000I_{eksi32} - 45000X_{33} - 100000I_{arti33} - 500000I_{eksi33} - 50000X_{34} - 110000I_{arti34} - 500000I_{eksi34} - 55000X_{41} - 150000I_{arti41} - 600000I_{eksi41} - 55000X_{42} - 160000I_{arti42} - 600000I_{eksi42} - 55000X_{43} - 170000I_{arti43} - 600000I_{eksi43} - 60000X_{44} - 175000I_{arti44} - 600000I_{eksi44} - 180000W_1 - 52000O_1 - 150000H_1 - 180000F_1 - 180000W_2 - 52000O_2 - 155000H_2 - 180000F_2 - 180000W_3 - 52000O_3 - 150000H_3 - 180000F_3 - 180000W_4 - 52000O_4 - 150000H_4 - 180000F_4 - 500000P_{11} - 500000P_{12} - 500000P_{13} - 500000P_{14} - 800000P_{21} - 800000P_{22} - 800000P_{23} - 800000P_{24} - 500000P_{31} - 500000P_{32} - 500000P_{33} - 500000P_{34} - 600000P_{41} - 600000P_{42} - 600000P_{43} - 600000P_{44}$
 SUBJECT TO
 $P_{11} + X_{11} + I_{arti10} - I_{eksi10} - I_{arti11} + I_{eksi11} \leq 75000$
 $P_{12} + X_{12} + I_{arti11} - I_{eksi11} - I_{arti12} + I_{eksi12} \leq 120000$
 $P_{13} + X_{13} + I_{arti12} - I_{eksi12} - I_{arti13} + I_{eksi13} \leq 80000$
 $P_{14} + X_{14} + I_{arti13} - I_{eksi13} - I_{arti14} + I_{eksi14} \leq 70000$
 $P_{21} + X_{21} + I_{arti20} - I_{eksi20} - I_{arti21} + I_{eksi21} \leq 30000$
 $P_{22} + X_{22} + I_{arti21} - I_{eksi21} - I_{arti22} + I_{eksi22} \leq 50000$
 $P_{23} + X_{23} + I_{arti22} - I_{eksi22} - I_{arti23} + I_{eksi23} \leq 75000$
 $P_{24} + X_{24} + I_{arti23} - I_{eksi23} - I_{arti24} + I_{eksi24} \leq 80000$
 $P_{31} + X_{31} + I_{arti30} - I_{eksi30} - I_{arti31} + I_{eksi31} \leq 250000$
 $P_{32} + X_{32} + I_{arti31} - I_{eksi31} - I_{arti32} + I_{eksi32} \leq 300000$
 $P_{33} + X_{33} + I_{arti32} - I_{eksi32} - I_{arti33} + I_{eksi33} \leq 150000$
 $P_{34} + X_{34} + I_{arti33} - I_{eksi33} - I_{arti34} + I_{eksi34} \leq 100000$
 $P_{41} + X_{41} + I_{arti40} - I_{eksi40} - I_{arti41} + I_{eksi41} \leq 100000$
 $P_{42} + X_{42} + I_{arti41} - I_{eksi41} - I_{arti42} + I_{eksi42} \leq 120000$
 $P_{43} + X_{43} + I_{arti42} - I_{eksi42} - I_{arti43} + I_{eksi43} \leq 100000$
 $P_{44} + X_{44} + I_{arti43} - I_{eksi43} - I_{arti44} + I_{eksi44} \leq 130000$
 $1.14X_{11} \leq 175000$
 $1.14X_{12} \leq 175000$
 $1.14X_{13} \leq 175000$
 $1.14X_{14} \leq 175000$
 $1.14X_{21} \leq 100000$
 $1.14X_{22} \leq 100000$

1.14 X23 <= 100000
 1.14 X24 <= 100000
 0.672X31 <= 150000
 0.672X32 <= 150000
 0.672X33 <= 150000
 0.672X34 <= 150000
 0.448X31 <= 50000
 0.448X32 <= 50000
 0.448X33 <= 50000
 0.448X34 <= 50000
 1.12X41 <= 225000
 1.12X42 <= 225000
 1.12X43 <= 225000
 1.12X44 <= 225000
 0.0003801X11+ 0.0003801X21+0.0003736X31+ 0.0003736X41<=550
 0.0003801X12+ 0.0003801X22+0.0003736X32+ 0.0003736X42<=550
 0.0003801X13+ 0.0003801X23+0.0003736X33+ 0.0003736X43<=550
 0.0003801X14+ 0.0003801X24+0.0003736X34+ 0.0003736X44<=550
 0.0002162X11+ 0.0001441X21+ 0.0001545X31+ 0.0001545X41 <=580
 0.0002162X12+ 0.0001441X22+ 0.0001545X32+ 0.0001545X42 <=580
 0.0002162X13+ 0.0001441X23+ 0.0001545X33+ 0.0001545X43 <=580
 0.0002162X14+ 0.0001441X24+ 0.0001545X34+ 0.0001545X44 <=580
 0.0000252X11+ 0.0000252X21+ 0.0000247X31+ 0.0000247X41<=458
 0.0000252X12+ 0.0000252X22+ 0.0000247X32+ 0.0000247X42<=458
 0.0000252X13+ 0.0000252X23+ 0.0000247X33+ 0.0000247X43<=458
 0.0000252X14+ 0.0000252X24+ 0.0000247X34+ 0.0000247X44<=458
 0.0000229X11+ 0.0000229X21+ 0.0000225X31+ 0.0000225X41<=500
 0.0000229X12+ 0.0000229X22+ 0.0000225X32+ 0.0000225X42<=500
 0.0000229X13+ 0.0000229X23+ 0.0000225X33+ 0.0000225X43<=500
 0.0000229X14+ 0.0000229X24+ 0.0000225X34+ 0.0000225X44<=500
 0.0000291X11+0.0000587X21<=429
 0.0000291X12+0.0000587X22<=429
 0.0000291X13+0.0000587X23<=429
 0.0000291X14+0.0000587X24<=429
 0.0007468X11 +0.0001853X21<=593
 0.0007468X12 +0.0001853X22<=593
 0.0007468X13 +0.0001853X23<=593
 0.0007468X14 +0.0001853X24<=593
 0.00094X31+0.0011902X41 <=593
 0.00094X32+0.0011902X42 <=593
 0.00094X33+0.0011902X43 <=593
 0.00094X34+0.0011902X44 <=593
 1.1403X11+ 1.1403X21+ 1.1208X31+ 1.1208X41-A11=0
 1.1403X12+ 1.1403X22+ 1.1208X32+ 1.1208X42-A12=0
 1.1403X13+ 1.1403X23+ 1.1208X33+ 1.1208X43-A13=0
 1.1403X14+ 1.1403X24+ 1.1208X34+ 1.1208X44-A14=0

$1.0830X11 + 1.0830X21 + 1.0648X31 + 1.0648X41 - A21 = 0$
 $1.0830X12 + 1.0830X22 + 1.0648X32 + 1.0648X42 - A22 = 0$
 $1.0830X13 + 1.0830X23 + 1.0648X33 + 1.0648X43 - A23 = 0$
 $1.0830X14 + 1.0830X24 + 1.0648X34 + 1.0648X44 - A24 = 0$
 $1.0452X11 + 1.0452X21 + 1.0275X31 + 1.0275X41 - A31 = 0$
 $1.0452X12 + 1.0452X22 + 1.0275X32 + 1.0275X42 - A32 = 0$
 $1.0452X13 + 1.0452X23 + 1.0275X33 + 1.0275X43 - A33 = 0$
 $1.0452X14 + 1.0452X24 + 1.0275X34 + 1.0275X44 - A34 = 0$
 $1.0389X11 + 1.0389X21 + 1.0213X31 + 1.0213X41 - A41 = 0$
 $1.0389X12 + 1.0389X22 + 1.0213X32 + 1.0213X42 - A42 = 0$
 $1.0389X13 + 1.0389X23 + 1.0213X33 + 1.0213X43 - A43 = 0$
 $1.0389X14 + 1.0389X24 + 1.0213X34 + 1.0213X44 - A44 = 0$
 $1.0327X11 + 1.0327X21 + 1.0327X31 + 1.0327X41 - A51 = 0$
 $1.0327X12 + 1.0327X22 + 1.0327X32 + 1.0327X42 - A52 = 0$
 $1.0327X13 + 1.0327X23 + 1.0327X33 + 1.0327X43 - A53 = 0$
 $1.0327X14 + 1.0327X24 + 1.0327X34 + 1.0327X44 - A54 = 0$
 $1.0224X11 + 1.0224X21 - A61 = 0$
 $1.0224X12 + 1.0224X22 - A62 = 0$
 $1.0224X12 + 1.0224X23 - A63 = 0$
 $1.0224X14 + 1.0224X24 - A64 = 0$
 $1.0152X31 + 1.0152X41 - A71 = 0$
 $1.0152X32 + 1.0152X42 - A72 = 0$
 $1.0152X33 + 1.0152X43 - A73 = 0$
 $1.0152X34 + 1.0152X44 - A74 = 0$
 $0.0005X11 + 0.0005X21 + 0.0005X31 + 0.0005X41 - W1 - O1 \leq 0$
 $0.0005X12 + 0.0005X22 + 0.0005X32 + 0.0005X42 - W2 - O2 \leq 0$
 $0.0005X13 + 0.0005X23 + 0.0005X33 + 0.0005X43 - W3 - O3 \leq 0$
 $0.0005X14 + 0.0005X24 + 0.0005X34 + 0.0005X44 - W4 - O4 \leq 0$
 $W1 - W0 - H1 + F1 = 0$
 $W2 - W1 - H2 + F2 = 0$
 $W3 - W2 - H3 + F3 = 0$
 $W4 - W3 - H4 + F4 = 0$
 $-0.2W1 + O1 \leq 0$
 $-0.2W2 + O2 \leq 0$
 $-0.2W3 + O3 \leq 0$
 $-0.2W4 + O4 \leq 0$
 $W0 = 100$

```
Ieksi10=0  
Ieksi20=0  
Ieksi30=0  
Ieksi40=0  
Iarti10=10000  
Iarti20=15000  
Iarti30=20000  
Iarti40=15000  
end
```



EK-5 : Karde Pamuk İşletmesi Üretim Planlaması Modeli Optimum Çözümü

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 0

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.6016248E+12

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X11	153508.765625	0.000000
X12	153508.765625	0.000000
X13	153508.765625	0.000000
X14	153508.765625	0.000000
X21	87719.296875	0.000000
X22	87719.296875	0.000000
X23	0.000000	219968.328125
X24	44561.402344	0.000000
X31	111607.140625	0.000000
X32	111607.140625	0.000000
X33	111607.140625	0.000000
X34	100000.000000	0.000000
X41	85000.000000	0.000000
X42	120000.000000	0.000000
X43	100000.000000	0.000000
X44	130000.000000	0.000000
IARTI11	88508.773438	0.000000
IEKSI11	0.000000	580000.000000
IARTI12	122017.546875	0.000000
IEKSI12	0.000000	600000.000000
IARTI13	195526.312500	0.000000
IEKSI13	0.000000	610000.000000
IARTI14	279035.093750	0.000000
IEKSI14	0.000000	615000.000000
IARTI21	72719.296875	0.000000
IEKSI21	0.000000	1000000.000000
IARTI22	110438.593750	0.000000
IEKSI22	0.000000	1020000.000000
IARTI23	35438.597656	0.000000
IEKSI23	0.000000	1030000.000000
IARTI24	0.000000	190057.671875
IEKSI24	0.000000	839942.312500
IARTI31	0.000000	80000.000000
IEKSI31	0.000000	500000.000000
IARTI32	0.000000	90000.000000
IEKSI32	0.000000	500000.000000

IARTI33	0.000000	129942.335938
IEKSI33	0.000000	470057.656250
IARTI34	0.000000	80057.664062
IEKSI34	0.000000	529942.312500
IARTI41	0.000000	146858.328125
IEKSI41	0.000000	603141.687500
IARTI42	0.000000	160192.921875
IEKSI42	0.000000	599807.062500
IARTI43	0.000000	163968.328125
IEKSI43	0.000000	606031.687500
IARTI44	0.000000	146057.671875
IEKSI44	0.000000	628942.312500
W1	182.431351	0.000000
O1	36.486271	0.000000
H1	82.431343	0.000000
F1	0.000000	330000.000000
W2	197.014679	0.000000
O2	39.402935	0.000000
H2	14.583334	0.000000
F2	0.000000	335000.000000
W3	178.362579	0.000000
O3	4.195383	0.000000
H3	0.000000	330000.000000
F3	18.652098	0.000000
W4	178.362579	0.000000
O4	35.672516	0.000000
H4	0.000000	202000.000000
F4	0.000000	128000.000000
P11	0.000000	905000.000000
P12	0.000000	825000.000000
P13	0.000000	725000.000000
P14	0.000000	615000.000000
P21	0.000000	1489942.375000
P22	0.000000	1289942.375000
P23	0.000000	1069942.375000
P24	0.000000	839942.312500
P31	0.000000	500000.000000
P32	0.000000	500000.000000
P33	0.000000	500000.000000
P34	0.000000	529942.312500
P41	0.000000	637922.750000
P42	0.000000	634781.062500
P43	0.000000	634974.000000
P44	0.000000	628942.312500

IARTI10	10000.000000	0.000000
IEKSI10	0.000000	0.000000
IARTI20	15000.000000	0.000000
IEKSI20	0.000000	0.000000
IARTI30	20000.000000	0.000000
IEKSI30	0.000000	0.000000
IARTI40	15000.000000	0.000000
IEKSI40	0.000000	0.000000
A11	495429.656250	0.000000
A12	534657.687500	0.000000
A13	412215.343750	0.000000
A14	483643.437500	0.000000
A21	470597.281250	0.000000
A22	507865.281250	0.000000
A23	391569.281250	0.000000
A24	459414.000000	0.000000
A31	454145.406250	0.000000
A32	490107.906250	0.000000
A33	377873.718750	0.000000
A34	443347.937500	0.000000
A41	451406.718750	0.000000
A42	487152.218750	0.000000
A43	375594.625000	0.000000
A44	440674.093750	0.000000
A51	452152.406250	0.000000
A52	488296.906250	0.000000
A53	377055.187500	0.000000
A54	442068.031250	0.000000
A61	246631.578125	0.000000
A62	246631.578125	0.000000
A63	156947.375000	0.000000
A64	202506.953125	0.000000
A71	199595.578125	0.000000
A72	235127.578125	0.000000
A73	214823.578125	0.000000
A74	233496.000000	0.000000
W0	100.000000	0.000000

ROW SLACK OR SURPLUS DUAL PRICES

2)	0.000000	405000.000000
3)	0.000000	325000.000000
4)	0.000000	225000.000000
5)	0.000000	115000.000000
6)	0.000000	689942.312500
7)	0.000000	489942.343750
8)	0.000000	269942.343750
9)	0.000000	39942.332031
10)	118392.859375	0.000000
11)	188392.859375	0.000000
12)	38392.859375	0.000000
13)	0.000000	29942.333984
14)	0.000000	37922.750000
15)	0.000000	34781.082031
16)	0.000000	34974.000000
17)	0.000000	28942.333984
18)	0.000000	390283.125000
19)	0.000000	451562.343750
20)	0.000000	548222.812500
21)	0.000000	613984.500000
22)	0.000000	219281.062500
23)	0.000000	442841.000000
24)	100000.000000	0.000000
25)	49200.000000	0.000000
26)	75000.000000	0.000000
27)	75000.000000	0.000000
28)	75000.000000	0.000000
29)	82800.000000	0.000000
30)	0.000000	89113.281250
31)	0.000000	180314.906250
32)	0.000000	78066.960938
33)	5199.998535	0.000000
34)	129800.000000	0.000000
35)	90600.000000	0.000000
36)	113000.000000	0.000000
37)	79400.000000	0.000000
38)	384.856781	0.000000
39)	371.780792	0.000000
40)	412.594879	0.000000
41)	388.785522	0.000000
42)	503.795258	0.000000
43)	498.387756	0.000000
44)	514.118103	0.000000
45)	504.855103	0.000000
46)	447.064850	0.000000

47)	446.200348	0.000000
48)	448.904877	0.000000
49)	447.327637	0.000000
50)	490.052216	0.000000
51)	489.264709	0.000000
52)	491.723480	0.000000
53)	490.289185	0.000000
54)	419.383759	0.000000
55)	419.383759	0.000000
56)	424.532898	0.000000
57)	421.917145	0.000000
58)	462.105255	0.000000
59)	462.105255	0.000000
60)	478.359650	0.000000
61)	470.102417	0.000000
62)	386.922302	0.000000
63)	345.265289	0.000000
64)	369.069305	0.000000
65)	344.274017	0.000000
66)	0.000000	0.000000
67)	0.000000	0.000000
68)	0.000000	0.000000
69)	0.000000	0.000000
70)	0.000000	0.000000
71)	0.000000	0.000000
72)	0.000000	0.000000
73)	0.000000	0.000000
74)	0.000000	0.000000
75)	0.000000	0.000000
76)	0.000000	0.000000
77)	0.000000	0.000000
78)	0.000000	0.000000
79)	0.000000	0.000000
80)	0.000000	0.000000
81)	0.000000	0.000000
82)	0.000000	0.000000
83)	0.000000	0.000000
84)	0.000000	0.000000
85)	0.000000	0.000000
86)	0.000000	0.000000
87)	0.000000	0.000000
88)	0.000000	0.000000
89)	0.000000	0.000000
90)	0.000000	0.000000
91)	0.000000	0.000000
92)	0.000000	0.000000

93)	0.000000	0.000000
94)	0.000000	154500.000000
95)	0.000000	437833.343750
96)	0.000000	52000.000000
97)	0.000000	115333.335938
98)	0.000000	150000.000000
99)	0.000000	155000.000000
100)	0.000000	-180000.000000
101)	0.000000	-52000.000000
102)	0.000000	102500.000000
103)	0.000000	385833.343750
104)	31.477133	0.000000
105)	0.000000	63333.332031
106)	0.000000	150000.000000
107)	0.000000	405000.000000
108)	0.000000	689942.312500
109)	0.000000	0.000000
110)	0.000000	37922.750000
111)	0.000000	-405000.000000
112)	0.000000	-689942.312500
113)	0.000000	0.000000
114)	0.000000	-37922.750000

NO. ITERATIONS= 0

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

OBJ COEFFICIENT RANGES			
VARIABLE	CURRENT	ALLOWABLE	ALLOWABLE
	COEF	INCREASE	DECREASE
X11	850000.000000	INFINITY	444922.781250
X12	840000.000000	INFINITY	514781.062500
X13	850000.000000	INFINITY	624974.000000
X14	815000.000000	INFINITY	699942.312500
X21	940000.000000	INFINITY	249980.406250
X22	995000.000000	INFINITY	504838.750000
X23	50000.000000	219968.343750	INFINITY
X24	40000.000000	190057.671875	39942.332031
X31	40000.000000	INFINITY	39922.753906
X32	81000.000000	INFINITY	80781.085938
X33	35000.000000	INFINITY	34974.000000
X34	30000.000000	80057.664062	29942.333984
X41	38000.000000	146858.328125	37922.750000
X42	35000.000000	160192.921875	34781.082031
X43	35000.000000	163968.328125	34974.000000

X44	29000.000000	146057.671875	28942.333984
IARTI11	-80000.000000	405000.000000	444922.781250
IEKSI11	-500000.000000	580000.000000	INFINITY
IARTI12	-100000.000000	325000.000000	444922.781250
IEKSI12	-500000.000000	600000.000000	INFINITY
IARTI13	-110000.000000	225000.000000	444922.781250
IEKSI13	-500000.000000	610000.000000	INFINITY
IARTI14	-115000.000000	115000.000000	444922.781250
IEKSI14	-500000.000000	615000.000000	INFINITY
IARTI21	-200000.000000	689942.312500	249980.406250
IEKSI21	-800000.000000	1000000.000000	INFINITY
IARTI22	-220000.000000	489942.343750	249980.406250
IEKSI22	-800000.000000	1020000.000000	INFINITY
IARTI23	-230000.000000	219968.343750	249980.406250
IEKSI23	-800000.000000	1030000.000000	INFINITY
IARTI24	-230000.000000	190057.671875	INFINITY
IEKSI24	-800000.000000	839942.312500	INFINITY
IARTI31	-80000.000000	80000.000000	INFINITY
IEKSI31	-500000.000000	500000.000000	INFINITY
IARTI32	-90000.000000	90000.000000	INFINITY
IEKSI32	-500000.000000	500000.000000	INFINITY
IARTI33	-100000.000000	129942.335938	INFINITY
IEKSI33	-500000.000000	470057.656250	INFINITY
IARTI34	-110000.000000	80057.664062	INFINITY
IEKSI34	-500000.000000	529942.312500	INFINITY
IARTI41	-150000.000000	146858.328125	INFINITY
IEKSI41	-600000.000000	603141.687500	INFINITY
IARTI42	-160000.000000	160192.921875	INFINITY
IEKSI42	-600000.000000	599807.062500	INFINITY
IARTI43	-170000.000000	163968.328125	INFINITY
IEKSI43	-600000.000000	606031.687500	INFINITY
IARTI44	-175000.000000	146057.671875	INFINITY
IEKSI44	-600000.000000	628942.312500	INFINITY
W1	-180000.000000	123000.000000	91014600.000000
O1	-52000.000000	927000.000000	123000.000000
H1	-150000.000000	123000.000000	91014600.000000
F1	-180000.000000	330000.000000	INFINITY
W2	-180000.000000	463000.031250	83474592.000000
O2	-52000.000000	2627000.000000	463000.031250
H2	-155000.000000	335000.000000	123000.000000
F2	-180000.000000	335000.000000	INFINITY
W3	-180000.000000	76000.000000	202000.000000
O3	-52000.000000	52000.000000	76000.000000
H3	-150000.000000	330000.000000	INFINITY
F3	-180000.000000	202000.000000	76000.000000
W4	-180000.000000	76000.000000	69461600.000000

O4	-52000.000000	692000.000000	76000.000000
H4	-150000.000000	202000.000000	INFINITY
F4	-180000.000000	128000.000000	INFINITY
P11	-500000.000000	905000.000000	INFINITY
P12	-500000.000000	825000.000000	INFINITY
P13	-500000.000000	725000.000000	INFINITY
P14	-500000.000000	615000.000000	INFINITY
P21	-800000.000000	1489942.250000	INFINITY
P22	-800000.000000	1289942.375000	INFINITY
P23	-800000.000000	1069942.375000	INFINITY
P24	-800000.000000	839942.312500	INFINITY
P31	-500000.000000	500000.000000	INFINITY
P32	-500000.000000	500000.000000	INFINITY
P33	-500000.000000	500000.000000	INFINITY
P34	-500000.000000	529942.312500	INFINITY
P41	-600000.000000	637922.750000	INFINITY
P42	-600000.000000	634781.062500	INFINITY
P43	-600000.000000	634974.000000	INFINITY
P44	-600000.000000	628942.312500	INFINITY
IARTI10	0.000000	INFINITY	INFINITY
IEKSI10	0.000000	INFINITY	INFINITY
IARTI20	0.000000	INFINITY	INFINITY
IEKSI20	0.000000	INFINITY	INFINITY
IARTI30	0.000000	INFINITY	INFINITY
IEKSI30	0.000000	0.000000	INFINITY
IARTI40	0.000000	INFINITY	INFINITY
IEKSI40	0.000000	INFINITY	INFINITY
A11	0.000000	131029.914062	33835.429688
A12	0.000000	142927.296875	31032.371094
A13	0.000000	146295.796875	31204.494141
A14	0.000000	71429.039062	25822.923828
A21	0.000000	137921.046875	35614.902344
A22	0.000000	150444.140625	32664.425781
A23	0.000000	153989.781250	32845.601562
A24	0.000000	75185.632812	27181.003906
A31	0.000000	142927.812500	36907.785156
A32	0.000000	155905.515625	33850.199219
A33	0.000000	159579.875000	34037.953125
A34	0.000000	77915.000000	28167.720703
A41	0.000000	143795.484375	37131.843750
A42	0.000000	156851.984375	34055.695312
A43	0.000000	160548.656250	34244.589844
A44	0.000000	78388.000000	28338.720703
A51	0.000000	142208.125000	36721.945312
A52	0.000000	155120.484375	33679.757812
A53	0.000000	158776.343750	33866.562500

A54	0.000000	77522.679688	28025.888672
A61	0.000000	INFINITY	244503.531250
A62	0.000000	INFINITY	493778.093750
A63	0.000000	215149.000000	503502.593750
A64	0.000000	185893.656250	39067.226562
A71	0.000000	144659.500000	37354.953125
A72	0.000000	157794.437500	34260.324219
A73	0.000000	161513.328125	34450.355469
A74	0.000000	78859.007812	28508.996094
W0	0.000000	INFINITY	INFINITY

RIGHTHAND SIDE RANGES

ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	75000.000000	88508.773438	INFINITY
3	120000.000000	122017.546875	INFINITY
4	80000.000000	195526.312500	INFINITY
5	70000.000000	279035.093750	INFINITY
6	30000.000000	10068.917969	44561.402344
7	50000.000000	10068.917969	44561.402344
8	75000.000000	10068.917969	44561.402344
9	80000.000000	10068.917969	44561.402344
10	250000.000000	INFINITY	118392.859375
11	300000.000000	INFINITY	188392.859375
12	150000.000000	INFINITY	38392.859375
13	100000.000000	10068.917969	62954.261719
14	100000.000000	35000.000000	85000.000000
15	120000.000000	80892.859375	35000.000000
16	100000.000000	62954.261719	8390.764648
17	130000.000000	10068.917969	62954.261719
18	175000.000000	39900.000000	100900.000000
19	175000.000000	705409.750000	39900.000000
20	175000.000000	71767.859375	9565.471680
21	175000.000000	11478.565430	71767.859375
22	100000.000000	39900.000000	11478.565430
23	100000.000000	50800.000000	11478.565430
24	100000.000000	INFINITY	100000.000000
25	100000.000000	INFINITY	49200.000000
26	150000.000000	INFINITY	75000.000000
27	150000.000000	INFINITY	75000.000000
28	150000.000000	INFINITY	75000.000000
29	150000.000000	INFINITY	82800.000000
30	50000.000000	15680.000977	50000.003906
31	50000.000000	50000.003906	15680.000977
32	50000.000000	17200.001953	3759.062744
33	50000.000000	INFINITY	5199.998535

34	225000.000000	INFINITY	129800.000000
35	225000.000000	INFINITY	90600.000000
36	225000.000000	INFINITY	113000.000000
37	225000.000000	INFINITY	79400.000000
38	550.000000	INFINITY	384.856781
39	550.000000	INFINITY	371.780792
40	550.000000	INFINITY	412.594879
41	550.000000	INFINITY	388.785522
42	580.000000	INFINITY	503.795258
43	580.000000	INFINITY	498.387756
44	580.000000	INFINITY	514.118103
45	580.000000	INFINITY	504.855103
46	458.000000	INFINITY	447.064850
47	458.000000	INFINITY	446.200348
48	458.000000	INFINITY	448.904877
49	458.000000	INFINITY	447.327637
50	500.000000	INFINITY	490.052216
51	500.000000	INFINITY	489.264709
52	500.000000	INFINITY	491.723480
53	500.000000	INFINITY	490.289185
54	429.000000	INFINITY	419.383759
55	429.000000	INFINITY	419.383759
56	429.000000	INFINITY	424.532898
57	429.000000	INFINITY	421.917145
58	593.000000	INFINITY	462.105255
59	593.000000	INFINITY	462.105255
60	593.000000	INFINITY	478.359650
61	593.000000	INFINITY	470.102417
62	593.000000	INFINITY	386.922302
63	593.000000	INFINITY	345.265289
64	593.000000	INFINITY	369.069305
65	593.000000	INFINITY	344.274017
66	0.000000	495429.656250	INFINITY
67	0.000000	534657.687500	INFINITY
68	0.000000	412215.343750	INFINITY
69	0.000000	483643.437500	INFINITY
70	0.000000	470597.281250	INFINITY
71	0.000000	507865.281250	INFINITY
72	0.000000	391569.281250	INFINITY
73	0.000000	459414.000000	INFINITY
74	0.000000	454145.406250	INFINITY
75	0.000000	490107.906250	INFINITY
76	0.000000	377873.718750	INFINITY
77	0.000000	443347.937500	INFINITY
78	0.000000	451406.718750	INFINITY
79	0.000000	487152.218750	INFINITY

80	0.000000	375594.625000	INFINITY
81	0.000000	440674.093750	INFINITY
82	0.000000	452152.406250	INFINITY
83	0.000000	488296.906250	INFINITY
84	0.000000	377055.187500	INFINITY
85	0.000000	442068.031250	INFINITY
86	0.000000	246631.578125	INFINITY
87	0.000000	246631.578125	INFINITY
88	0.000000	156947.375000	INFINITY
89	0.000000	202506.953125	INFINITY
90	0.000000	199595.578125	INFINITY
91	0.000000	235127.578125	INFINITY
92	0.000000	214823.578125	INFINITY
93	0.000000	233496.000000	INFINITY
94	0.000000	98.917618	17.500002
95	0.000000	17.500002	INFINITY
96	0.000000	4.195383	31.477133
97	0.000000	31.477133	5.034459
98	0.000000	82.431343	INFINITY
99	0.000000	14.583334	INFINITY
100	0.000000	INFINITY	18.652098
101	0.000000	26.230944	4.195383
102	0.000000	98.917618	17.500002
103	0.000000	17.500002	47.283524
104	0.000000	INFINITY	31.477133
105	0.000000	31.477133	5.034459
106	100.000000	82.431343	100.000000
107	0.000000	88508.773438	0.000000
108	0.000000	10068.917969	0.000000
109	0.000000	0.000000	0.000000
110	0.000000	35000.000000	0.000000
111	10000.000000	INFINITY	10000.000000
112	15000.000000	44561.402344	10068.917969
113	20000.000000	118392.859375	20000.000000
114	15000.000000	85000.000000	15000.000000