



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İŞLETME ANABİLİM DALI

DOKTORA PROGRAMI

**KALİTE İYİLEŞTİRME ARAÇLARIYLA SİMÜLASYONDA
ALTERNATİF SENARYOLARIN GELİŞTİRİLMESİ: BİR
TEKSTİL İŞLETMESİ ÖRNEĞİ**

DOKTORA TEZİ

Yasemin SAĞLAMCI

Danışman: Doç. Dr. Emre ASLAN

TOKAT-2023

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca bana her konuda desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübesiyle yol gösteren kıymetli hocam Doç. Dr. Emre ASLAN' a sonsuz teşekkür ederim.

Tezime yapmış oldukları katkılardan dolayı değerli tez izleme komite üyeleri hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Adem TÜZEMEN ve Dr. Öğr. Üyesi Kadir SARIKAYA'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimin uygulama sürecinde desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Murat SEYFİ'ye ve Öğr. Gör. Dr. Deniz MERDİN ve Dr. Öğr. Üyesi Gonca SOYSAL başta olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma, işletme çalışanlarına ve son olarak AİLEME çok teşekkür ederim.

ÖZET

KALİTE İYİLEŞTİRME ARAÇLARIYLA SİMÜLASYONDA ALTERNATİF SENARYOLARIN GELİŞTİRİLMESİ: BİR TEKSTİL İŞLETMESİ ÖRNEĞİ

Sağlamcı, Yasemin

Doktora, İşletme Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Emre ASLAN

Mart 2023, xiv + 185 sayfa

Emek yoğun çalışılan ve ülke ekonomisinde önemli bir yer tutan Tekstil sektöründe sistemde yer alan aksaklıkları tespit etmek ve bu aksaklıklara hızlı çözümler üretebilmek çok önemlidir. Bunun için işletmelerin amaç ve hedefleri doğrultusunda mevcut sistemlerini geliştirebilmek adına sistemi iyileştirmeye yarayan tekniklerin etkili kullanılması gerekmektedir. Çalışmada bir tekstil işletmesinin üretim hattının simülasyon yöntemiyle mevcut durumunu belirlemek hedeflenmektedir. Çalışma kapsamında çeşitli üretim hattı iyileştirme senaryoları geliştirilerek en iyi iyileştirme planını oluşturmak, geliştirilen senaryolarda kalite araçlarının kullanımının etkisini göstererek mevcut kaynaklarla sistem çıktılarının iyileştirilmesi ve darboğazların azaltılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, işletmenin tam kapasite ile çalıştığı varsayılarak üretim hattının mevcut durumu simülasyon yöntemiyle ortaya konulmuş ve mevcut durumu iyileştirmek için kalite iyileştirme araçlarından pareto analizi ve neden-sonuç diyagramından yararlanılmıştır. Böylelikle alternatif senaryolar oluşturulurken daha sistematik bir yol izlenmiştir. Literatürde tekstil sektöründe yapılan çalışmalarda kalite araçları mevcut durumu doğrulamak için kullanılmaktadır. Bu çalışma alternatif senaryoların oluşturulmasında öncelikli iyileştirme alanlarının tespiti için kullanılması açısından farklılaşmakta ve bu yönden literatüre katkı sağlamaktadır. Pareto analizi sonuçlarına göre yapılan birinci senaryoda sistemde sağlam çıktı miktarı %11 oranında iyileştirilirken, Neden sonuç diyagramından yararlanılarak oluşturulan ikinci senaryoda ise, 11 işçi daha az çalıştırarak sağlam çıktı miktarı %17 oranında yükseltilmiştir. Her iki senaryonun bir arada gerçekleştirildiği üçüncü senaryoda ise sağlam çıktı miktarı %25 oranında artmıştır. Aynı zamanda ikinci senaryo ile %69, üçüncü senaryo ile %75 oranda bekleyen ürün adedi de azaltılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre üçüncü senaryonun işletme için kaynakların daha etkin kullanıldığı ve sistemdeki ürün akışı hızının arttığı bu sayede işletmedeki üretim sisteminin daha sürdürülebilir hale getirildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Simülasyon, Kalite İyileştirme Araçları, Tekstil Sektörü, Arena Yazılımı

ABSTRACT

DEVELOPING ALTERNATIVE SCENARIOS IN SIMULATION WITH QUALITY IMPROVEMENT TOOLS: A CASE OF TEXTILE FIRM

Sağlamcı, Yasemin

Doctorate's Degree , Department of Business Administration

Advisor: Doç. Dr. Emre ASLAN

March 2023, xiv + 185 pages

In the textile sector, which is labor-intensive and has an important place in the country's economy, it is very important to identify the problems in the system and to produce quick solutions to these problems. For this, it is needed to use the techniques that improve the system effectively in order to develop existing systems of companies in line with their goals and objectives. In the study, it is aimed to determine the current situation of the production line of a textile firm by simulation method. Within the scope of the study, it is aimed to create the best improvement plan by developing various production line improvement scenarios, to improve the system outputs with existing resources and to reduce bottlenecks by showing the effect of the use of quality tools in the scenarios developed. In this context, the current situation of the production line, assuming that the company is operating at full capacity, has been revealed by simulation method and pareto analysis and cause-effect diagram, which are quality improvement tools, are used to improve the current situation. Thus, a more systematic way has been followed while creating alternative scenarios. In the literature, quality tools are used to verify the current situation in the studies conducted in the textile sector. This study differs as it is used to determine priority improvement areas in the creation of alternative scenarios and contributes to the literature in this respect. In the first scenario made according to the results of the Pareto analysis, the amount of solid output in the system is improved by 11%, while in the second scenario, which is created using the cause and effect diagram, the amount of solid output is increased by 17% by employing 11 less workers. In the third scenario where both scenarios are performed together, the amount of solid output is increased by 25%. At the same time, the number of pending products is reduced by 69% with the second scenario and by 75% with the third scenario. According to the results of the study, it is seen that the third scenario uses the resources more effectively for the company and the product flow rate in the system increases, thus making the production system in the firm more sustainable.

Key Words: Simulation, Quality Improvement Tools, Textile Sector, Arena Software

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa.</u>
TEŞEKKÜR	i
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLolar LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
KISALTMALAR	xii
GİRİŞ	1
1. BÖLÜM: ÜRETİM SİSTEMLERİ.....	4
1.1. Üretim Sistemlerinin Tanımı	4
1.2. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması	6
1.2.1. Siparişe Göre Üretim Sistemi.....	6
1.2.2. Parti Tipi Üretim Sistemi.....	7
1.2.3. Seri Üretim Sistemi	9
1.2.4. Sürekli Üretim Sistemleri	11
1.2.5. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Kullanılan Modern Üretim Sistemleri.....	12
1.2.5.1. Hücreli Üretim Sistemi (Grup Teknolojisi).....	12
1.2.5.2. Yalın Üretim Sistemleri	13
1.2.5.3. Esnek Üretim Sistemleri (FMS:Flexible Manufacturing Systems)	14
2. BÖLÜM: LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	16
2.1. Türkiye’de Tekstil Sektörünün Mevcut Durumu.....	16
2.2. Türkiye’de ve Dünya’da Tekstil Sektöründe Yaşanması Beklenen Olası Gelişmeler	20
2.3. Tekstil Sektöründe Simülasyon Uygulamaları	23
2.4. Kalite İyileştirme Araçlarından Neden-sonuç (Balık Kılçığı) Diyagramı ve Pareto Analizinin Simülasyon Yöntemiyle Birlikte Kullanıldığı Çalışmalar	31
3. BÖLÜM: METODOLOJİ.....	33
3.1. Çalışmanın Metodolojisi	33
3.2. İş Etüdü	34
3.3. Simülasyon.....	36
3.3.1. Simülasyonun Tanımı.....	36
3.3.2. Simülasyonun Kullanım Alanları	37

3.3.3. Simülasyonun Avantajları ve Dezavantajları	38
3.3.4. Simülasyonda Kullanılan Temel Kavramlar	40
3.3.5. Simülasyon Modelleri	41
3.3.6. Simülasyonun Modelleme Süreci	44
3.3.6.1. Sistemin veya Problemin Tanımlanması, Amaçların Belirlenmesi	45
3.3.6.2. Verilerin Toplanması ve Girdi Verilerinin Analizi	46
3.3.6.3. Modelin (Kavramsal ve Mantıksal olarak) Kurulması	47
3.3.6.4. Modelin Yazılıma Uyarlanması	48
3.3.6.5. Modelin Doğrulama ve Geçerlemesi	48
3.3.6.6. Deneyin Tasarlanması ve Analiz Edilmesi	50
3.4. Kalite Araçları	50
3.4.1. Yedi Temel İstatistiksel Araç	51
3.4.1.1. Pareto Analizi	52
3.4.1.2. Neden Sonuç Diyagramı (Balık Kılçığı)	54
3.4.1.3. Histogramlar	55
3.4.1.4. Kontrol Tabloları	56
3.4.1.5. Saçılma Diyagramları	56
3.4.1.6. Grafikler	57
3.4.1.7. Kontrol Diyagramları	58
3.4.2. Yeni Yedi İstatistiksel Araç	58
3.4.2.1. İlişki Diyagramı	59
3.4.2.2. Yakınlık Diyagramı	60
3.4.2.3. Ağaç Diyagramı	61
3.4.2.4. Matris Diyagramı	61
3.4.2.5. Matris Veri Analiz Diyagramı	62
3.4.2.6. PKPT(Proses Karar Program Tablosu)	62
3.4.2.7. Ok Diyagramı	63
4.BÖLÜM: UYGULAMA	64
4.1. Uygulama Yapılan İşletmenin Tanıtılması	64
4.2. Verilerin Toplanması ve Analizi	68
4.3. Problemin ve Amaçların Tanımlanması	69
4.3.1.1. Verilerin Toplanması	70
4.3.1.2. Verilerin Analiz Edilmesi	75
4.4. Kavramsal ve Mantıksal Modelin Oluşturulması	81
4.5. Modelin Yazılıma Uyarlanması	88

4.6. Modelin Doğruluğu ve Geçerliliği	90
4.7. Mevcut Durumun Değerlendirilmesi	91
4.8. Mevcut Durum için Alternatif Senaryolar	100
4.8.1. Birinci Senaryo	100
4.8.1.1. Pareto Analizinin Oluşturulması.....	100
4.8.1.2. Önem Sırası Yüksek Hatalar İçin Alternatif Senaryo.....	104
4.8.1.3. Birinci Senaryo Sonuçlarının Değerlendirilmesi	113
4.8.2. İkinci Senaryo.....	115
4.8.2.1. Neden-Sonuç (Balık Kılçığı) Diyagramının Oluşturulması	116
4.8.2.2. Müdahale Edilebilir Darboğaz Noktaları İçin Alternatif Senaryo.....	117
4.8.2.3. İkinci Senaryo Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	123
4.8.3. Üçüncü senaryo	127
5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	131
KAYNAKÇA.....	136
EKLER	151
Ek 1 Zaman Etüdü Gözlem Formu	151
Ek 2 Bağımsızlık Testleri Sonuçları	152
Ek 3 Simülasyon Modeli Detayları	180

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1 Avrupa Birliği Genel İthalatı ve Sektörel İthalatın Gelişimi ile Türkiye'nin Payı	17
Tablo 2.2 Avrupa Birliği Hazır Giyim Ve Konfeksiyon Ürünleri İthalatında İlk On Tedarikçinin İthalat Değerleri.....	17
Tablo 2.3 Avrupa Birliği Tekstil Ürünleri İthalatında İlk On Tedarikçinin Pazar Payları	18
Tablo 2.4 İşletmelerin Kullanmakta Olduğu Teknolojiler.....	22
Tablo 3.1 Kontrol Tablosu Örneği.....	56
Tablo 4.1 Hedeflenen Üretim Rakamları.....	71
Tablo 4.2 4126 Kodlu Bluz 1 Numaralı Dikim Bandı Operasyonlarına Ait Sürelerin Ortalama ve Standart Sapmaları, İşçi Sayısı ve Makine Türleri.....	72
Tablo 4.3 3927 Kodlu Bluz 1 Numaralı Dikim Bandı Operasyonlarına Ait Sürelerin Ortalama ve Standart Sapmaları, İşçi Sayısı ve Makine Türleri.....	72
Tablo 4.4 3894 Kodlu Gipeli Tshirt 1 Numaralı Dikim Bandı Operasyonlarına Ait Sürelerin Ortalama ve Standart Sapmaları, İşçi Sayısı ve Makine Türleri.....	73
Tablo 4.5 4056 Kodlu Tshirt 1 Numaralı Dikim Bandı Operasyonlarına Ait Sürelerin Ortalama ve Standart Sapmaları, İşçi Sayısı ve Makine Türleri.....	73
Tablo 4.6 4027 Kodlu Çapraz Yakalı Tshirt 2 Numaralı Dikim Bandı Operasyonlarına Ait Sürelerin Ortalama ve Standart Sapmaları, İşçi Sayısı ve Makine Türleri.....	74
Tablo 4.7 Dikim Sonrası Operasyonlara Ait Sürelerin Ortalama ve Standart Sapması, İşçi Sayısı ve Makine Türleri.....	75
Tablo 4.8 3927 Kodlu Ürünün Operasyon Sürelerinin Dağılımları	75
Tablo 4.9 4126 Kodlu Ürünün Operasyon Sürelerinin Dağılımları	76
Tablo 4.10 3894 Kodlu Ürünün Operasyon Sürelerinin Dağılımları	77
Tablo 4.11 4056 Kodlu Ürünün Operasyon Sürelerinin Dağılımları	78
Tablo 4.12 4027 Kodlu Ürünün Operasyon Sürelerinin Dağılımları	78
Tablo 4.13 Dikim Hattı Sonrası Operasyon Sürelerinin Dağılımları	79
Tablo 4.14 Duyarlılık Analizi Sonuçları.....	90
Tablo 4.15 Hedeflenen Günlük Üretim Miktarını Karşılama Oranları	92
Tablo 4.16 Ara Kontrol Hata Türlerine Göre Hata Sayıları ve Kümülatif Yüzdeleri ..	100

Tablo 4.17 Son Kontrol Hata Türlerine Göre Hata Sayıları ve Kümülatif Yüzdeleri ..	103
Tablo 4.18 İkinci Alternatif Senaryo ve Mevcut Durum Darboğazların Karşılaştırılması	125
Tablo 4.19 Üçüncü Alternatif İyileştirme ve Mevcut Durum Darboğazların Karşılaştırılması	130
Tablo 5.1 Mevcut Durum ve Alternatif Senaryoların Karşılaştırılması	133
Tablo 5.2 Hedeflenen Günlük Üretimin Karşılama Oranları	134



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No	Sayfa
Şekil 1.1 Hammaddeyi Parça veya Ürüne Dönüştüren Bir Üretim Sistemi	4
Şekil 1.2 Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması.....	6
Şekil 1.3 Kesikli Üretim Hatlarının Sınıflandırılması	10
Şekil 1.4 Akış Tipleri.....	11
Şekil 2.1 Kapasite Kullanım Oranları.....	19
Şekil 2.2 Sanayi Üretim Endeksinde Yaşanan Değişim (2021 Ekim- 2022 Ekim).....	20
Şekil 2.3 Mc Kinsey Araştırma Raporu Firmaların Yatırım Planları	21
Şekil 3.1 Çalışmanın Metodolojisi.....	33
Şekil 3.2 İş Etüdü Tekniklerinin Sınıflandırılması	35
Şekil 3.3 Basit Bir Sisteminin Bileşenleri	40
Şekil 3.4 Kesikli Dağılım Grafiği	43
Şekil 3.5 Kesikli Dağılım Grafiği	43
Şekil 3.6 Simülasyon Modelleme Süreci.....	44
Şekil 3.7 Simülasyonun Uygulama Adımları	45
Şekil 3.8 Model Verilerinin Toplanması	46
Şekil 3.9 Kavramsal Bir Modelin Tasarımı	47
Şekil 3.10 Pareto Analizinin Tipik Eğrisi	53
Şekil 3.11 Neden Sonuç Diyagramı.....	54
Şekil 3.12 Histogram Grafiği Örneği.....	55
Şekil 3.13 Saçılım Diyagramı Örneği.....	57
Şekil 3.14 Kalite Kontrol Diyagramının Temel Unsurları	58
Şekil 3.15 İlişki Diyagramı Örneği.....	60
Şekil 3.16 Yakınlık Diyagramı Örneği	60
Şekil 3.17 Ağaç Diyagramı Örneği.....	61
Şekil 3.18 Matris Diyagramı Örneği.....	61
Şekil 3.19 Matris Veri Analiz Diyagramı Örneği.....	62
Şekil 3.20 Proses Karar Program Tablosu	63
Şekil 3.21 Ok Diyagramı Örneği	63
Şekil 4.1 Fabrika Yerleşim Planı	65

Şekil 4.2 İşletmenin Genel İş Akış Diyagramı	66
Şekil 4.3 İşletmede En çok Üretilen Ürünlerden Bazıları	68
Şekil 4.4 3927 Kodlu Ürünün Kol Beden Birleştirme Operasyon Sürelerinin Dağılım Grafiği.....	80
Şekil 4.5 3927 Kodlu Ürünün Kol Beden Birleştirme Operasyonu Saçılım Grafiği.....	80
Şekil 4.6 3927 Kodlu Ürünün Kol Beden Birleştirme Operasyonunun Otokorelasyon Grafiği	81
Şekil 4.7 Kaynakların Operasyonel Dağılımı	81
Şekil 4.8 Mevcut Sistemin Mantıksal Modeli	83
Şekil 4.9 3927 Kodlu Ürünün Dikim Hattına Ait İş Akış Şeması.....	84
Şekil 4.10 3894 Kodlu Ürünün Dikim Hattına Ait İş Akış Şeması.....	85
Şekil 4.11 4027 Kodlu Ürünün Dikim Hattına Ait İş Akış Şeması.....	86
Şekil 4.12 4126 Kodlu Ürünün Dikim Hattına Ait İş Akış Şeması.....	87
Şekil 4.13 4056 Kodlu Ürünün Dikim Hattına Ait İş Akış Şeması.....	88
Şekil 4.14 Mevcut Sistemin Simülasyon Modeli.....	89
Şekil 4.15 Arena Process Analyzer Sonucu.....	91
Şekil 4.16 3894 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Oluşan Darboğazlar	93
Şekil 4.17 3927 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Oluşan Darboğazlar	93
Şekil 4.18 4027 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Oluşan Darboğazlar	94
Şekil 4.19 4056 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Oluşan Darboğazlar	94
Şekil 4.20 4126 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Oluşan Darboğazlar	95
Şekil 4.21 3894 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Kaynak Kullanım Oranları	95
Şekil 4.22 3927 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Kaynak Kullanım Oranları	96
Şekil 4.23 4027 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Kaynak Kullanım Oranları	97
Şekil 4.24 4056 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Kaynak Kullanım Oranları	97
Şekil 4.25 4126 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Kaynak Kullanım Oranları	98
Şekil 4.26 Dikim Hattı Sonrası Kaynak Kullanım Oranı	99
Şekil 4.27 Ara Kontrol Hata Türlerinin Pareto Diyagramı.....	102
Şekil 4.28 Son Kontrol Hata Türlerinin Pareto Diyagramı	104
Şekil 4.29 Leke Hatalarına Örnek.....	105
Şekil 4.30 Temizlik Faaliyeti Öncesi ve Sonrası Ürün Görseli	107
Şekil 4.31 Ütü Tamir Prosesi İyileştirmesi	108

Şekil 4.32 İplik Tamir Prosesi İyileştirmesi	109
Şekil 4.33 Pareto Analizi Sonuçlarına Göre Simülasyon Modeli İyileştirmesi.....	111
Şekil 4.34 4027 Kodlu Ürünün Dikim Hattının Birinci Alternatif Senaryoda Kaynak Planlaması.....	112
Şekil 4.35 Mevcut Durum ve Birinci Senaryonun Üretilen Ürün Miktarlarının Karşılaştırması	114
Şekil 4.36 Birinci Alternatif Senaryo ile Mevcut Durumun Karşılaştırılması	114
Şekil 4.37 Mevcut Durum ve Birinci Senaryonun Kaynak Dağılımlarının Karşılaştırması	115
Şekil 4.38 Darboğazlara Neden Olan Faktörlerin Balık Kılçığı Diyagramı.....	116
Şekil 4.39 3894 Kodlu Ürünün Dikim Hattı Kaynak Planlaması.....	118
Şekil 4.40 3927 Kodlu Ürünün Dikim Hattı Kaynak Planlaması.....	119
Şekil 4.41 4027 Kodlu Ürünün Dikim Hattı Kaynak Planlaması.....	120
Şekil 4.42 4056 Kodlu Ürünün Dikim Hattının Kaynak Planlaması.....	121
Şekil 4.43 4126 Kodlu Ürünün Dikim Hattının Kaynak Planlaması.....	122
Şekil 4.44 Dikim Hattı Sonrası Üretim Hattının Kaynak Planlaması.....	123
Şekil 4.45 Mevcut Durum ve İkinci Senaryonun Üretilen Ürün Miktarlarının Karşılaştırılması.....	126
Şekil 4.46 İkinci Alternatif Senaryo ile Mevcut Durumun Karşılaştırılması	126
Şekil 4.47 İkinci Alternatif Senaryo ve Mevcut Durum Kaynak Dağılımların Karşılaştırılması.....	127
Şekil 4.48 Mevcut Durum ve Üçüncü Senaryonun Üretilen Üretim Miktarlarının Karşılaştırması	128
Şekil 4.49 Üçüncü Alternatif Senaryo ile Mevcut Durumun Karşılaştırılması	128
Şekil 4.50 Mevcut Durum ve Üçüncü Senaryonun Kaynak Dağılımlarının Karşılaştırılması.....	129

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
CAD	Computer Aided Design(Bilgisayar Destekli Tasarım)
CNC	Computer Numeric Control (Bilgisayar Sayılımlı Yönetim)
ERP	Enterprise Resort Planing (Kurumsal Kaynak Planlama)
FMS	Flexible Manufacturing Systems (Esnek Üretim Sistemleri)
GSMH	Gayrisafi Milli Hasıla
ICT	Information and Communications Technology (bilgi ve İletişim Teknolojileri)
JIT	Just in Time (Tam Zamanında Üretim)
LSS	Lean Six Sigma (Yalın Altı Sigma)
SMED	Single Minute Exchange of Dies (Tek Haneli Dakikalarda Model Değişimi)
TKY	Toplam Kalite Yönetimi
VSM	Value Stream Mapping (Değer Akış Haritalama)
s.	Sayfa
vb.	Ve benzeri
vd.	Ve diğerleri
vs	Vesaire

GİRİŞ

Üretim süreciyle ilgili iyileştirme denemelerini gerçek sistem üzerinden yapmak süreci yavaşlatabilir, kaliteyi düşürebilir ve maliyetleri arttırabilir. Gerçek bir sistem üzerinde çok uzun zaman alabilecek çalışmalar bilgisayar destekli simülasyon programları sayesinde kısa bir zaman içerisinde test edilip uygulama kararı verilebilir. Simülasyon gibi araçlar bu tür sorunların çözümünde kullanılmaktadır. Ancak sistem simülasyonu geliştirilirken, belirlenen amaç doğrultusunda simülasyon sonuçlarının doğru analiz edilmesi gerekmektedir.

İşletmelerin kapasitesini tam ve etkin bir şekilde kullanabilmesi için doğru bir kaynak planlaması çok önemlidir. Tekstil işletmelerinde plansız işgücü ve kaynak kullanımı ya da işin doğru bir şekilde öğelerine ayrılamaması gibi birçok nedenle hızlı bir bant kurulumu yapılamamakta, hata oranları yükselmekte, darboğazlar deneme-yanılma yöntemleri ile ortadan kaldırılmakta, süreç içerisinde müdahaleler olmakta, bu durum da üretimde ciddi bir zaman kaybına yol açmaktadır (Doğan ve Takcı, 2015, s.185-196).

Tekstil işletmelerinde her ne kadar belirli bir mesai süresi olsa da gün sonunda başlanan bütün işler tamamlanamamaktadır. Tamamlanamayan işler, bir sonraki gün kaldığı yerden devam etmektedir. Yani başlangıç koşullarına geri dönülmediği için sonlanmayan bir simülasyon modeli söz konusudur. Bu nedenle simülasyon modelinin daha uzun sürede çalıştırılıp gözlemlerin durağanlaştığı zamanın tespit edilmesi gerekmektedir (Kurşun ve Kalaoğlu, 2010, s.257-261). Çalışmada simülasyon yönteminin tercih edilmesinin sebebi simülasyon yönteminin, tekstil gibi karmaşık sistemlerdeki etkileşimi inceleyebilmesi ve bunlar üzerinden denemeler yapmaya imkan sunmasıdır. Bu yöntem ile üretimde oluşabilecek darboğazları önceden gözlemleyebilmek ve karar süreçlerine destek olabilecek sonuçları uygulama öncesinde öngörmek mümkündür. Bu sayede mevcut sistemdeki problemler, darboğazlar, sistem çıktıları sistemde herhangi bir değişikliğe gerek duyulmadan, alternatif senaryolar ile tespit edilebilmektedir.

Bu çalışmada simülasyon yöntemi kullanılarak üretimdeki değişkenliklerin ve karmaşıklığın yüksek olduğu bir tekstil işletmesindeki;

- Üretim hattının mevcut durumunu belirlemek.
- Alternatif senaryolar denenerek en iyi iyileştirme planını oluşturmak.

- Alternatif senaryolar geliştirirken kalite araçlarının kullanımının etkisini göstermek.
- Sistem üzerinde yapılan iyileştirmeler ile sınırlı mevcut kaynakları kullanarak üretim hacmini arttırmak.
- Üretim fire oranlarını azaltmak.
- Üretim kapasitesini arttırmak.
- Üretimdeki darboğazları en aza indirmek amaçlanmıştır.

İşletmenin tüm üretim hatlarının çalıştığı varsayılarak mevcut durumun simülasyonu yapılmıştır. Mevcut durumu iyileştirirken işletmenin kısa vadeli hedefleri doğrultusunda ve ilave hiçbir maliyete katlanmadan uygulanabilir çözüm önerileri geliştirilmiştir. Literatürde mevcut durumun tespit edilmesi için yapılan çalışmalarda Ergen ve diğerleri (2010), Krishnan ve diğerleri (2017) ve Leyva ve diğerleri (2018) çalışmalarında mevcut durumu doğrulamak amaçlı kalite iyileştirme araçlarını kullanmışlardır. Ancak süreci iyileştirmek amacıyla Ergen ve diğerleri (2010) ve Krishnan ve diğerleri (2017) mevcut durumda simülasyon yönteminden yararlanırken alternatif senaryoları azaltmak için bir yöneme başvurmamıştır. Bu çalışmada alternatif senaryoları oluşturabilmek için daha sistematik bir yol izlenilerek kalite iyileştirme araçları kullanılmıştır. Bu bağlamda yapılan bu çalışmanın sistematik bir yaklaşımla geliştirilen iyileştirme senaryolarının karar destek süreçlerindeki etkisini göstermek açısından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmada zaman etüdü yöntemi ile işletme üretim verileri toplanarak mevcut durumun simülasyonu yapılmıştır. Mevcut durumda gözlemlenen sistem problemlerini çözmek amacıyla alternatif senaryolar geliştirilmiştir. Birinci senaryoda dikim hattında oluşan hata türlerinden yola çıkarak hatalı ürünlerin sistemde dolaşımını azaltmak ve en verimsiz olan hattı daha etkin kılmak hedeflenmiştir. İkinci senaryoda kuyrukta bekleme sürelerini optimum kılmak için darboğazları azaltacak ve hatasız çıktı miktarını arttıracak iyileştirmeler belirlenmiştir. Belirlenen bu amaçlar doğrultusunda öncelikle işletmenin tanımlanmış hata türlerine ilişkin yaklaşık üç aylık verileri ışığında pareto analizi yapılarak önem sırası yüksek hatalar tespit edilmiştir. Daha sonra kararlı hal simülasyonundan yararlanarak oluşan darboğazlar tespit edilip, bu darboğazları oluşturan etkenler neden sonuç (balık kılçığı) diyagramı ile en temel nedenlere indirgenmiştir. İkinci alternatif senaryo bu indirgenmiş nedenlerin çözümüne göre oluşturulmuştur. Üçüncü alternatif senaryoda ilk iki alternatif senaryonun bir arada uygulanması halinde nasıl bir iyileşme sağlanacağı ortaya konulmuştur.

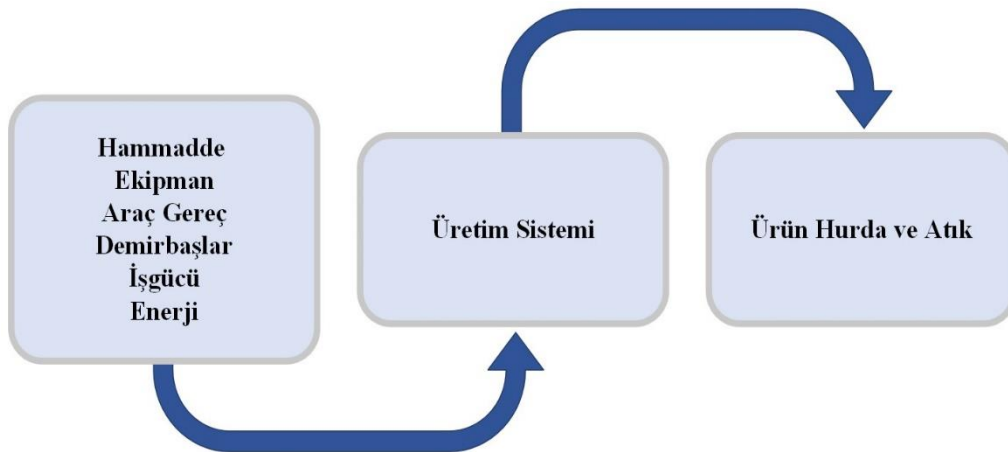
Çalışmanın birinci bölümünde üretim sistemleri, üretim sistemlerinin sınıflandırılması, tekstil ve hazır giyim sektöründe yararlanılan üretim sistemleri konularına değinilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde Türkiye’de tekstil sektörünün mevcut durumu, Türkiye’de ve Dünya’da tekstil sektöründe yaşanması beklenen olası gelişmeler, tekstil sektöründe simülasyon yönteminden yararlanılarak iyileştirme yapılan çalışmalara ve son olarak kalite iyileştirme araçlarından neden sonuç (balık kılçığı) diyagramı ve pareto analizi ile simülasyon yöntemini bir arada kullanıldığı çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmanın metodolojisinden bahsedilmiştir. Öncelikle iş etüdü yöntemi, ardından simülasyon kavramı, simülasyonun kullanım alanları, avantajları ve dezavantajları, simülasyon modelleri ve simülasyon modelleme sürecinden bahsedilmiştir. Daha sonra ise kalite iyileştirme araçlarına yer verilmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünde bir tekstil işletmesinde simülasyon yöntemi aracı ile işletmenin mevcut durumu ortaya konulmuştur. İşletmenin hata türlerine ilişkin kayıtlı verileri ile ara kontrol ve son kontrol pareto analizleri oluşturularak hataların %80’ini etkileyen en önemli %20’lik hata türü tespit edilmiştir. En önemli üç hata türünü en aza indirmek için sistemde iyileştirme yapılmıştır. Daha sonra mevcut sistemde darboğazların nedenlerini ortaya koymak amacıyla neden sonuç (balık kılçığı) diyagramı oluşturulmuş, darboğazları ortadan kaldırmak için darboğazların nedenleri işletmenin kısa vadeli hedefleri göz önüne alınarak müdahale edilebilir olanlara müdahale edilerek darboğazlar en aza indirilmiştir. Son olarak bu üçüncü alternatif senaryoda ilk iki alternatif senaryoda yapılan iyileştirmeler bir arada kullanarak performans göstergeleri üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Özetle, alternatif çözümler geliştirilirken kalite iyileştirme araçlarından yararlanılarak daha sistematik bir iyileştirme önerisinde bulunmak amaçlanmıştır.

1. BÖLÜM: ÜRETİM SİSTEMLERİ

Bu bölümde üretim sistemlerinin tanımlaması yapılmış olup, literatürde yaygın olarak sınıflandırılmış haliyle; siparişe göre, parti tipi, seri ve sürekli üretim sistemlerinden bahsedilmiştir. Son olarak da tekstil ve hazır giyim sektöründe yaygın olarak kullanılan modern üretim yöntemleri olan hücreli üretim, yalın üretim ve esnek üretim sistemlerine değinilmiştir.

1.1. Üretim Sistemlerinin Tanımı

Bir organizasyonun üretim sistemi, yönetim tarafından iletilen politikalara uygun olarak, tanımlanmış bir sistem içerisinde var olan kaynakların (girdilerin) kontrollü bir şekilde birleştirilerek katma değer oluşturmak için çıktılara dönüştürüldüğü faaliyet olarak tanımlanmaktadır (Anıl Kumar ve Suresh, 2008, s.3). Başka bir şekilde ifade etmek gerekirse; üretim sistemi içinde yer aldığı işletme sisteminin bir alt sistemidir. Bu sistemin performansı işletme sisteminin amaçlarına hizmet etmesi ve eldeki kaynakları bu amaçlar doğrultusunda kullanması ile doğru orantılıdır. Üretim sisteminin işletmenin genel başarısı üzerindeki katkısı pazarlama, insan kaynakları gibi diğer alt sistemlerle senkronize bir şekilde çalıştığında mümkün olacaktır (Yılmaz ve Eleren, 2011, s.52). Basitleştirilmiş bir üretim sistemini Şekil 1.1’de görmek mümkündür (Koren, 2010, s.149). Bu üretim süreci örneğin hammaddenin fiziksel veya kimyasal bir dönüşüm yaşaması şeklinde ya da bir mamulün bir yerden başka bir yere taşınması şeklinde olabilmektedir.



Şekil 1.1 Hammaddeyi Parça veya Ürüne Dönüştüren Bir Üretim Sistemi

Kaynak: Koren, 2010, s.149

Bir üretim sürecini belirleyen dört temel unsur vardır. Bunlar aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Kobu, 1994, s.31):

Verimlilik (Productivite): Birim girdi başına üretilen çıktı miktarıdır. Verimlilik yerine prodüktivite (üretkenlik) kavramı da kullanılmaktadır.

Etkinlik (Effectiveness): Üretim sisteminin amaçlarını ne ölçüde gerçekleştirdiğini ifade eder. Bir iş ne kadar amaca uygun ise o kadar etkin (tesirli) denilebilir.

Verimlilik bir şeyi doğru yapmak ise etkinlik doğru şeyi yapmak şeklinde tanımlanabilir. Verimlilik üretim girdilerinin ne kadar iyi kullanıldığını ölçerken, etkinlik üretim sürecinin belirlenen amaçlara ulaşma kabiliyetini ifade etmektedir.

Kapasite (Capacity): Üretim sisteminin gerçekleştirebileceği en yüksek üretim miktarıdır. Yüzde olarak ya da kg/saat, ton/ay, metre/yıl gibi birim zamanda üretilen miktar cinsinden ifade edilmektedir. Teorik kapasite, pratik kapasite, aylak kapasite gibi farklı ölçütler göz önünde bulundurularak birçok farklı kapasite tanımı yapılabilir.

Esneklik (Flexibility): Üretim sisteminin yeni bir ürünün üretimine kolayca geçebilmesi, ani talep değişikliklerine karşı cevap verebilme durumunu gösterir (Russel ve Taylor, 2003, s.35).

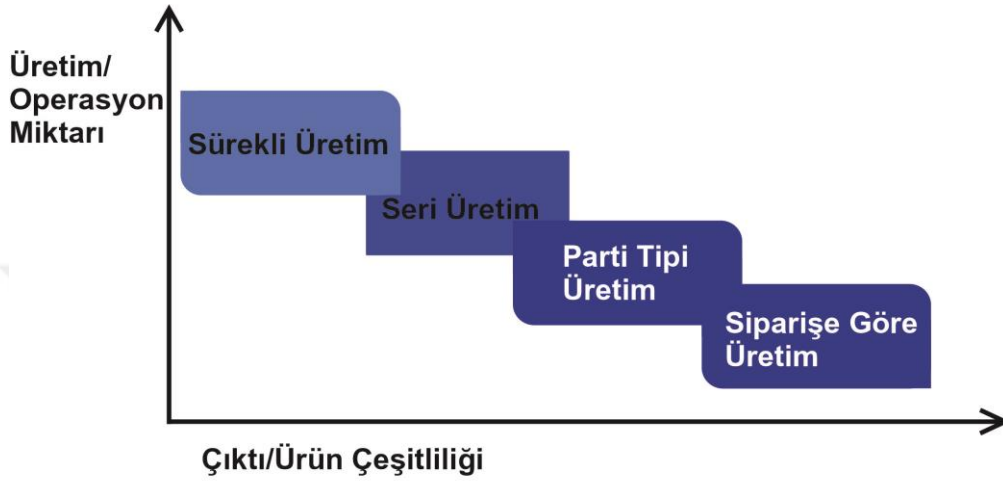
Üretim sistemi aşağıdaki özelliklere sahiptir (Anıl Kumar ve Suresh, 2008, s.4):

- Üretim sistemi organize bir faaliyettir ve her üretim sisteminin bir amacı vardır.
- Sistem, çeşitli girdileri fayda yaratan çıktılara dönüştürür.
- Diğer organizasyon sistemlerinden etkilenir.
- Sistem performansının kontrol edilmesi ve iyileştirilmesi için ne tür faaliyetlerin gerekli olacağı yönünde bir geri bildirim vardır.

Üretim sisteminin girdileri, hammadde, ekipman, araç gereç, demirbaşlar, işgücü, enerji gibi farklı şekillerde tanımlanabilen sisteme bir fayda ‘değer’ yaratan unsurlardır. Üretim sisteminin çıktıları mamul, hizmet, hurda, atık şeklinde gerçekleşmektedir. Sistem çıktıları üzerinde yapılan analizler ise bu sürecin geri bildirim kısmını oluşturmaktadır. Yapılan geri bildirimler neticesinde amaçlanan üretim miktarından sapmalar varsa iyileştirici önlemler almak gerekmektedir. Son olarak girdilerin belirli aşamalardan geçerek çıktı haline dönüştüğü bu süreçte ekonomi, yasal düzenlemeler, sosyal çevre gibi işletmenin kontrol edemediği (çevresel) faktörler sürece etki eden değişkenler arasında yer almaktadır.

1.2. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması

Üretim sistemleri; mamulün cinsine, üretim yöntemlerine, üretim akış kriterlerine ya da üretim miktarına göre farklı şekillerde sınıflandırmaktadır. Üretim miktarına ya da üretim akış kriterlerine göre de; siparişe göre üretim, parti üretimi, seri üretim ve sürekli üretim şeklinde sınıflandırılmaktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması

Kaynak: Anıl Kumar ve Suresh, 2008, s.4

1.2.1. Siparişe Göre Üretim Sistemi

Tüketicilerin ya da müşterilerin miktar, zaman ve kalite açısından taleplerine göre belirlendiği bir mamulün üretilmesidir. Uçak yapımı, köprü ve baraj yapımı, gemi yapımı, kazanlar, takım tezgahları, protip makineler vb. üretimi bu üretim sistemine örnek olarak verilebilir. Siparişe göre üretim sisteminin özellikleri aşağıdaki gibidir (Roy, 2005, s.8-9; Anıl Kumar ve Suresh, 2008, s.5; Yavuz, 2011, s.54):

- Bu sistem çok fazla çalışma esnekliğine sahiptir ve bu nedenle genel amaçlı makineler gereklidir.
- Bu sistemde genellikle otomasyon kullanılmaz, ancak bilgisayar destekli tasarım (CAD) kullanılmaktadır.
- "Az hacimli ve çok çeşitli" üretim yapılmaktadır. Belirli müşterilerin siparişleri veya her seferinde bir tür iş karşılanabilmektedir.
- Hızlı değer katmasıyla bilinmektedir.

Siparişe göre üretim yapmanın birçok avantajı vardır. Bunlar aşağıda verilmiştir (Roy, 2005, s.8-9; Anıl Kumar ve Suresh, 2008, s.5):

- Siparişe göre üretimi benimseyen bir fabrikada kaybetme riski azdır.
- Esnekliğin fazla olması ve talebin az olması nedeniyle fabrikanın başarısız olma ihtimali yoktur.
- Daha az para gerektirir ve başlatması kolaydır.
- Daha az işgücü kullanıldığı için daha az yönetim sorunu olur hatta yönetim sorunu hiç olmayabilmektedir.
- Genel amaçlı makineler kullanıldığı için çok çeşitli ürünler üretilmektedir.
- Farklı iş türlerinin üstesinden gelebilmek için çalışanlar daha becerikli olmak zorunda olmaları onların kendilerini geliştirmeleri için bir fırsattır.
- Yaratıcı yöntemler ve yenilikçi fikirler için fırsatlar sunmaktadır.

Siparişe göre üretimin avantajları olduğu kadar dezavantajları da vardır. Bu dezavantajlardan bazıları ise aşağıda verilmiştir (Roy, 2005, s.8-9; Anıl Kumar ve Suresh, 2008, s.5; Tanrıtanır, 1990, s.129):

- Farklı iş türlerinin üstesinden gelmek için, yalnızca birden çok beceriye sahip işçiler gereklidir. Bu durum da işçilik maliyetinin artmasına neden olmaktadır.
- Her sipariş için ayrı bir hazırlık süreci-kurulum değişikliklerinin sık yapılıyor olması yüksek maliyete neden olabilmektedir.
- Tüm seviyelerde daha yüksek stok düzeyi, yüksek stokta bulundurma maliyetine neden olabilmektedir.
- Karmaşık bir üretim planlama söz konusu olabilmektedir.
- Daha büyük alana ihtiyaç duyulabilmektedir.
- Makine ve insan gücü kapasitesinden yararlanma oranı düşüktür.
- Hammaddeler daha az miktarda satın alındığı için malzeme tedarik maliyeti daha fazla olabilmektedir.

1.2.2. Parti Tipi Üretim Sistemi

Özel bir siparişi veya sürekli bir talebi karşılamak için, belirli bir ürün grubundan belirli miktarda partiler halinde yapılan üretimdir. Bir parti ürünün üretimi gerçekleştikten sonra makine ve tesisler başka bir ürünün üretiminde kullanılabilmektedir.

Parti tipi üretim sistemi; daha kısa üretim süresi olduğunda, tesis ve makineler esnek olduğunda, bir partideki ürünün üretimi için tesis ve makine kurulumunun ardından bir sonraki partinin işleme alınması için kurulumun değiştirilmesi gerektiğinde ve termin süresi ve maliyeti siparişe göre üretime kıyasla daha düşük olduğunda tercih edilmektedir (Anıl Kumar ve Suresh, 2008, s.5).

Konfeksiyon, ev eşyası, gıda gibi tüketim mallarının üretimi parti tipi üretim sistemine örnek olarak verilebilmektedir (Kobu, 2017, s.37). Bu üretim sisteminin özellikleri aşağıdaki gibidir (Roy, 2007, s.9; Anıl Kumar ve Suresh,2008, s.5):

- Parti üretim sistemi dinlenme süresi bitince akış tipi üretime dönüşmektedir.
- Akış tipi üretimde malzemeler sürekli ve aşamalı olarak işlenmektedir.
- Parti tipi üretim sistemi ölçek bakımından siparişe göre üretime göre daha büyük, fakat seri üretime göre daha küçüktür.
- Malzeme taşıma sistemleri, CNC işleme merkezlerinde olduğu gibi robotlar yoluyla otomatik hale gelmiştir.
- Aynı ürüne ait orta ölçekteki partiler (5'ten 50'ye kadar) bu sistemde üretilebilmektedir.
- Bu sistemde aynı parçadan oluşan orta büyüklükte bir parti (5 ila 50) üretilmektedir. Partiler, genellikle sürekli müşteri taleplerini karşılamak amacıyla tek seferde ya da belirli aralıklarla üretilebilmektedir.
- Tesis kapasitesi genel itibariyle talep edilenden daha fazladır.

Parti tipi üretimin avantaj ve dezavantajlarına aşağıda sıralanmıştır (Roy, 2007,s.9; Anıl Kumar ve Suresh, 2008, s.5). Avantajları:

- Bir işten diğerine neredeyse sıfır maliyetle geçiş yapabildiği için çok esnektir.
- Yüksek üretim oranlarına sahip genel amaçlı makinelere ihtiyaç duyulmaktadır.
- Eğer bir ürün için talep azalırsa diğer bir ürün için üretim oranı artırılabilir. Böylece kaybetme riski en az seviyeye indirilmiş olur.
- İşlevsel uzmanlaşmayı teşvik etmektedir.
- Birim başına maliyet, siparişe göre üretimden daha azdır.
- Tesis ve makinelere daha düşük yatırım yapılmaktadır.
- Operatörler için iş tatmini mevcuttur.

Parti tipi üretimin dezavantajları ise şunlardır:

- Satın alınan hammadde seri üretime göre daha az miktarda olduğundan dolayı, daha büyük miktarlarda alım yaparak sağlanan indirim faydasından yararlanmak mümkün olmaz.
- Düzensiz ve uzun akışlar nedeniyle malzeme kullanımı karmaşıktır.
- Üretim planlaması ve kontrolü karmaşıktır.
- Özel olarak tasarlanmış makine parçalarına ihtiyaç duyulur.

1.2.3. Seri Üretim Sistemi

Çok büyük üretim hacminin olduğu sistemlerde, kesikli parçaların veya montajların sürekli bir süreç kullanılarak üretilmesine seri üretim denir. Makineler bir hat şeklinde veya ürün yerleşimine göre düzenlenmiştir. Seri üretimin en önemli özelliği ürün ve süreç standardizasyonu olması ve tüm çıktıların aynı yolu takip etmesidir. Aynı tip üründen çok büyük miktarlarda üretim gerçekleştirilmektedir. Üretim miktarının çok fazla olmadığı ürünler de söz konusu olabilir. Örneğin pres makinelerinin kalıpları çok sayıda üretilmez. Bunun gibi az sayıda ve genel amaçlı takım tezgahlarının olduğu üretim sistemlerine atölye tipi üretim sistemleri denilmektedir. Atölye tipi üretimde, seri üretim sistemine göre daha düzensiz ve daha az sayıda üretim gerçekleşmektedir. Seri üretim bir tür parti tipi üretimdir. Sadece parti tipi üretimde aynı hat üzerinde birbirinden farklı ürünler üretilmektedir (Sezen, 2011, s.7). Bira fabrikaları, çimento fabrikaları, Otomotiv sektörü bu üretim tipindeki tesislere örnek olarak verilebilir. Seri üretim sisteminin özellikleri aşağıdaki gibidir (Yılmaz ve Eleren, 2011, s.56):

- Ürün standardizasyonu ve süreçte bir işlem sırası vardır.
- Daha yüksek üretim kapasitelerine ve daha fazla çıktı oranlarına sahip özel amaçlı makineler kullanılmaktadır.
- Büyük miktarda ürün üretilmektedir.
- Daha kısa bir çevrim süresi vardır.
- Süreç içinde stok düzeyi düşüktür.
- Üretim hatları çok iyi dengelenmiştir.
- Malzemelerin, bileşenlerin ve parçaların akışı sürekli ve herhangi bir geri izleme bulunmamaktadır.
- Üretim planlaması ve kontrolü basittir.
- Malzeme taşıma otomatik olabilmektedir.

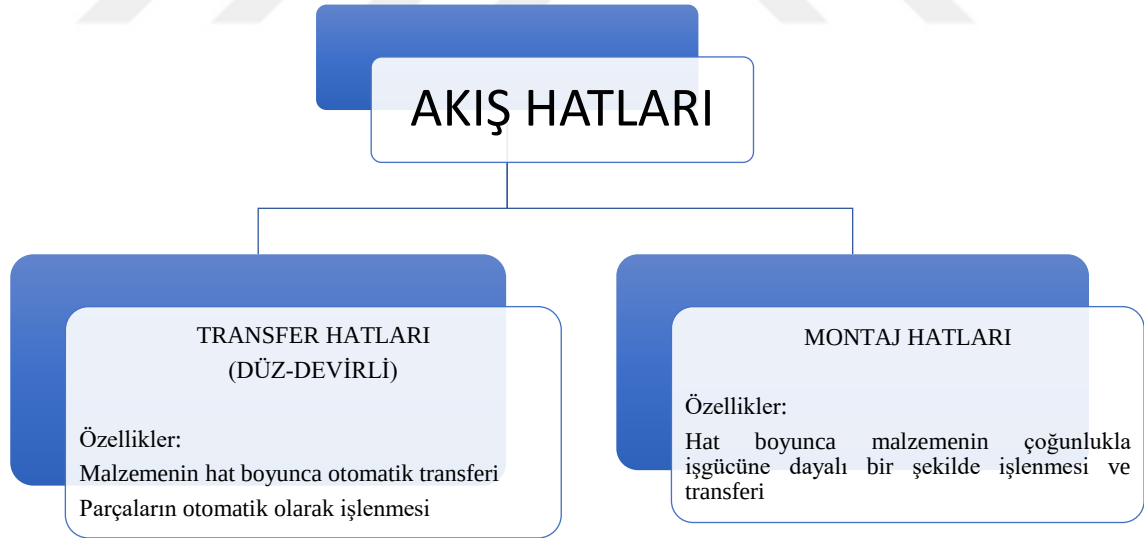
Seri üretimin avantajları ve dezavantajlarına aşağıda değinilmiştir (Anıl Kumar ve Suresh, 2008, s.5). Seri üretimin avantajlarından bazıları aşağıda verilmiştir:

- Azaltılmış çevrim süresiyle daha yüksek üretim oranı elde edilmektedir.
- Hat dengeleme yapıldığı için daha yüksek kapasite kullanımı söz konusudur.
- Daha az nitelikli operatörler gereklidir.
- Üretim içi stok seviyesi azdır.
- Birim başına üretim maliyeti azdır.

Seri üretimin dezavantajları ise şunlardır:

- Bir makinenin arızalanması sonucunda tüm üretim hattı durmaktadır.
- Hat düzeni, ürün tasarımında değişiklik olduğunda büyük değişikliklere neden olmaktadır.
- Üretim tesislerine yüksek yatırım yapılmaktadır.
- Çevrim süresi en yavaş işleme göre belirlenmektedir.

Seri üretim sistemleri kesikli ve sürekli seri üretim sistemleri olarak sınıflandırılmaktadır. Kesikli seri üretim sistemi ise Şekil 1.3’de görüldüğü gibi kendi içinde; transfer hattı ve montaj hattı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.



Şekil 1.3 Kesikli Üretim Hatlarının Sınıflandırılması

Kaynak: Baskak, 1991

Montaj hatları çok çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. En yaygın olarak kullanılanları Şekil 1.4’te gösterilmiş ve aşağıda açıklanmıştır (Üçüncü, 2020, s.23):

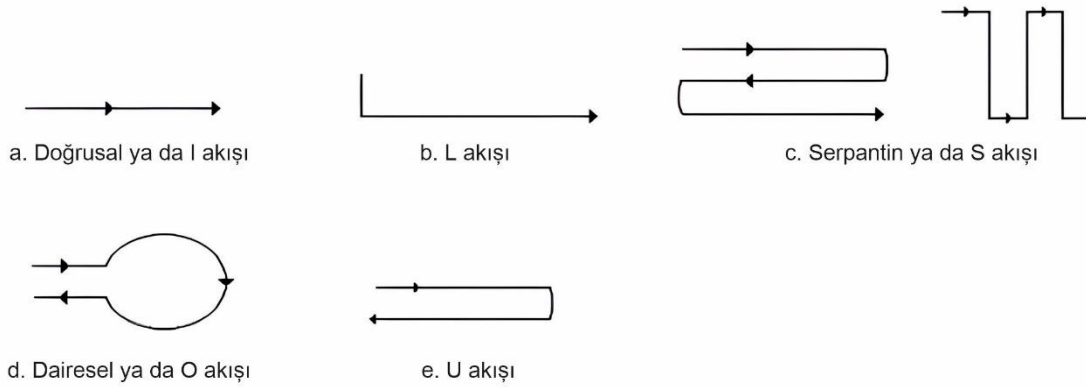
Doğrusal akış hattı en basit akış tipidir. Ancak gönderme ve kabul etme işlemleri için ayrı ekiplerin oluşturulması gerekmektedir.

L tipi akış, doğrusal akışın uygulanamadığı veya oluşturulmasının yüksek maliyetler gerektirdiği durumlarda kullanılmaktadır.

U tipi akış, yönetimi basit olması yanında, gönderme ve kabul etme işlemlerinin aynı ekip tarafından yapılabilmesi nedeniyle oldukça beğenilmektedir.

Dairesel akış, bitiş noktasının başlangıç noktasına çok yakın oluşturulması istendiği durumlarda uygulanmaktadır.

S tipi akış, üretim hattının çok uzun olması nedeniyle üretim alanında zikzak oluşturulması gerektiğinde kullanılmaktadır.



Şekil 1.4 Akış Tipleri

Kaynak: Demirdöğen ve Küçük, 2011, s.113

1.2.4. Sürekli Üretim Sistemleri

Sürekli üretimde üretim tesisleri, ilk operasyondan ürünün bitmiş hale gelene kadarki süreçte yer alan bütün operasyonların sırasına göre sıralanmaktadır. Malzemelerin operasyon sıraları arasında akışı konveyörler, transfer sistemleri gibi malzeme taşıma kullanılan araçlarla gerçekleştirilmektedir. Örneğin bir çelik fabrikası, şişeleme tesisi, meşrubat endüstrisi bu üretim tipindeki tesislere örnek olarak verilebilir. Sürekli üretim sisteminin özellikleri aşağıdaki gibidir (Anıl Kumar ve Suresh, 2008, s.6-7; Roy, 2007, s.9-10):

- Üretim hattı esnekliği yok denecek kadar azdır.
- Tesis yerleşimi, yalnızca tek bir ürün türü için kullanılacak şekildedir. Her makineye belirli işler atanmıştır.

- Malzemenin işlenmesi süreci tam otomatik olarak gerçekleştirilmektedir.
- Süreç önceden belirlenmiş bir işlem sırasını göre ilerlemektedir.
- Bileşen malzemeleri son ürünle kolayca tanımlanamamaktadır.
- Planlama ve çizelgeleme rutin bir işlem şeklinde gerçekleştirilmektedir.

Sürekli üretim sisteminin avantajları ve dezavantajlarına aşağıda değinilmiştir. (Anıl Kumar ve Suresh, 2008, s.6-7; Roy, 2007, s.9-10; Erozan, 2014, s.17). Sistemin avantajları şu şekildedir:

- Ürün ve işlem süreci standartlaştırılmıştır.
- Düşük çevrim süresiyle daha yüksek oranda üretim yapılmaktadır.
- Hat dengeleme ile daha yüksek kapasite kullanımı elde edilmektedir.
- Malzeme taşıma tamamen otomatik olduğu için insan gücüne gerek görülmemektedir.
- Üretim hatlarında sadece vasıflı ve yarı vasıflı işçiler kullanılmaktadır. Bu durum da işçilik maliyetlerini azaltmaktadır.
- Yüksek üretim hacmin olduğu için hammaddeler büyük ölçekte satın alınmaktadır böylelikle birim maliyet daha az olmaktadır.

Sürekli üretim sisteminin dezavantajları ise şunlardır:

- Çok sayıda ürünü elde tutma ve işleme esnekliği yoktur. Üretim hatlarını oluşturmak yüksek maliyet isteyen yatırımlardır.
- Daha az talep olduğu dönemlerde ağır kayıplar oluşabilmektedir.
- Çalışanların çoğu, sadece belirli işlemleri sürekli tekrarladıkları için kendilerini monoton hissetmelerine neden olabilmektedir.
- Ürün farklılaştırma sınırlıdır.

1.2.5. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Kullanılan Modern Üretim Sistemleri

Tekstil ve Hazır Giyim sektöründe en fazla kullanılan modern üretim sistemleri hücre sel üretim sistemi, yalın üretim sistemi, esnek üretim sistemi olup aşağıda sırayla açıklanmıştır.

1.2.5.1. Hücre sel Üretim Sistemi (Grup Teknolojisi)

Atölye tipi üretimin işleme göre düzenleme ve akış tipi üretimin ise ürüne göre düzenleme yapılarının bazı özelliklerinden yararlanarak hücre sel üretim sistemi oluşturulmuştur (Tanyaş ve Baskak, 2008, s.35). Grup teknolojisi, ürünlerin ya da parçaların üretim süreci, üretimde kullanılan malzeme, müşterilerin ihtiyaçları gibi faktörleri ele alıp, bu faktörler arasındaki benzerliklerini bulmaya çalışan ve bu benzerliklere göre parçaları gruplar

haline getiren ve parçaların benzerliklerinden yola çıkarak üretimi daha etkin hale getiren bilimsel bir yaklaşımdır (Çoruh, 2010, s.2 ; Ham, Hitomi ve Yodhida. 1985). Hücresele üretimde benzer yapıda bulunan parçaların fabrika içerisinde ürün ağaçlarına dayalı olarak gruplandırılmasıyla;

- Tezgahlardaki hazırlık süreleri çok büyük farklılıklar göstermeyeceği için hazırlık süreleri düşecektir.
- Birbirine benzer tezgahların kullanımından sorumlu işverenler geleneksel sistemdeki kadar nitelikli olmak zorunda olmayacaktır.
- Bir parçayla ilgili işlemler bir imalat hücresine toplandığı zaman, malzeme taşınması için harcanan zaman ortadan kalkacaktır (Tanyaş ve Baskak, 2008, s.37).

Sonuç olarak hücresele üretimde, benzer üretim süreçlerine ihtiyaç duyulan parçalar gruplandırılmaktadır. Parçalar tasarım olarak birbirinden farklılık gösterse bile benzer üretim süreçlerinden geçiyor olmaları halinde birlikte üretilmeleri mümkündür. Ancak bunun için farklı her bir parçanın iş akışlarının çok iyi analiz edilmesi, üretim süreçlerinin incelenmesi ve yapılacak işlemlerin bizzat gözle kontrolünün de yapılması gerekmektedir (Stevenson, 1986; akt. Yılmaz ve Eleren, 2011, s.61).

1.2.5.2. Yalın Üretim Sistemleri

Yalın üretim sisteminin temeli Toyota Üretim Sistemi'dir. Yalın üretim sistemi; yapısında hiçbir gereksiz unsur taşımayan ve hata, stok, fire, maliyet, işçilik, geliştirme süreci, üretim alanı, müşteri memnuniyetsizliği gibi unsurların minimuma indirildiği üretim sistemi olarak tanımlanmaktadır (Tikici, Aksoy ve Derin, 2006). Yalın üretimin beş temel ilkesi vardır. Bunlar belirli bir ürünün “değer”i kesin ve açık bir şekilde tanımlamalıdır. Her ürünün “değer akışı”nı saptanmalı, değer “sürekli akış”ını sağlamalı, müşterinin değeri üreticiden “çekme”si sağlanmalı ve “mükemmellik” peşinde koşmak amaçlanmalıdır (Womack ve Jones, 1998).

Yalın üretimde istenmeyen durumlar 3M (Muda, Muri ve Mura) kavramı ile ifade edilmektedir. Muda, Japonca'da israf anlamına gelmektedir. Hiçbir değer yaratmadan kaynakları tüketen faaliyetleri gösterir. Muri, esnekliğin aşırı zorlanması anlamında gelir. Neticede sonucunda risk içeren süreçlerdeki kayıpları ifade eden bir terimdir. Mura ise süreçteki standardın olmayışını ve değişikliğin olduğunu ifade etmek için kullanılan bir terimdir (Başak, Yılmaz ve Deniz, 2019; Womack ve Jones, 1998).

Yalın üretim tam zamanında üretim sistemini (JIT) içermektedir. Ancak yalın üretimi tam zamanında üretim sistemi ile sınırlandırılmaz. Tam zamanında üretimde ürün ya da üretim

süreçlerinde sürekli iyileştirmeler yapılması amaç edinilir. İki temel amaç hakimdir. Bunlar; sıfır stok ve israfın önlenmesi. Üretimde değer katmayan her bileşen bir israf unsuru olarak görülmektedir. Tam zamanında üretim için gerekli alt sistemler şunlardır:

- Hücresel üretim sistemi
- Hazırlık ve tip değiştirme sürelerinin 1 dakikadan daha az bir süreye indirilmesi
- Hatasız üretin için TKY'nin uygulanması (KAİZEN felsefesinin yerleştirilmesi)
- Küçük imalat partileri ile üretimin gerçekleştirilmesi (İdeal değer:1)
- Tam zamanında satın alma sistemi
- Kanban sistemi

Tam zamanında üretimde felsefesini uygulayan bir firma minimum stok ile çalışacağı için malzeme tedarikinde yaşanan aksamalar komple üretimin aksamasına yol açacaktır (Tanyaş ve Başkak, 2008, s.39-45).

Yalın üretimin tam zamanında üretim sisteminin(JIT) yanı sıra başka bileşenleri de bulunmaktadır. Değer akış haritalama(VSM),Kaizen (Sürekli iyileştirme), Jidoka (Sıfır Fireli üretim), 5S, SMED (Tek haneli dakikalarda model değişimi), FMEA(hata türü etki analizi), Heijdunka (üretim dengeleme), LSS(Yalın altı sigma), TPM(Toplam verimli bakım), Poke Yoke (Sıfır Hata) bunlardan bazılarıdır (Akçacı ve Özyurt, 2021, s.89-90; Sezen, 2011, s.17).

Yalın üretimin stok maliyetini minimum kılma, esneklik sağlama, üretimde çevrim zamanlarını kısaltma, üretkenliği arttırma, kaliteyi arttırma ve tedarikçilerle iyi ilişkiler kurulmasını sağlamak gibi birçok avantajı bulunmaktadır (Özkan, 2005, s.279).

1.2.5.3. Esnek Üretim Sistemleri (FMS:Flexible Manufacturing Systems)

Esnek imalat sistemleri, bir merkezi kontrol sistemi ile birbirine bağlanmış bir grup sayısal kontrollü tezgâh ve otomatik taşıma ve otomatik depolama donanımına sahip üretim sistemleridir. Farklı bir parça işlendiğinde her seferinde hazırlık süresini en aza indirmek esnek üretim sistemlerinin temel amacıdır (Tanyaş ve Baskak,2008, s.46). Esnek imalat sistemlerinde, ekipmanlara farklı niteliklerdeki malların küçük partiler halinde üretimi için gerekli olan çok amaçlılığın kazandırılması ve etkin bir bilgi akışının sağlanması için mikro elektronik teknolojisinden yararlanılmaktadır (Eryiğit, 2000).

Esnek imalat sistemlerinde, öncelikle grup teknolojisiyle hücreler oluşturulmaktadır. Grup teknolojisiyle oluşturulmuş belirli bir ürün grubu içinde yer alan bir parçanın üretiminden diğerinin üretimine düşük maliyetle ve hızlı bir şekilde geçilebilmektedir. Grup teknolojisinden farklı olarak esnek imalat sistemlerinin uygulanabilmesi için ileri teknoloji gereklidir. Özel tezgâhlar, otomatik malzeme depolama ve geri getirme sistemi, otomatik kumandalı araçlar ve

merkezi bir bilgisayar ağı bu sistem için önemli bileşenlerdir. Ayrıca NC işleme teknolojisi, kalem uçları, fikstürler ve operasyon yönetimi de çok önemlidir (Tanyaş ve Baskak,2008, s.46-48).

Bu sistemler ürün çeşidi fazla olan, imalata hazırlık sürelerinin, beklemeelerin önemli olduğu sektörlerde aralıklı üretimi, az çeşitli ürün üretimi yapılan hareketli montaj hatlarındaki akış tipi üretime yakın bir üretim hızı sağlamaktadır. Çevrim sürelerinin azalma, üretim planlamasında esneklik, malzeme taşımalarında azalma, proses içi stok miktarında azalma, iş zamanlaması, enerji harcamalarında tasarruf, iş tatmininde yükselme, takım ve aparat maliyetinde azalma gibi birçok avantajı bulunmaktadır (Özkan, 2005, s.277-278).



2. BÖLÜM: LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Bu bölümde uygulama alanı olarak Tekstil sektörünün neden tercih edildiğini vurgulamak amacıyla öncelikle Türkiye’de tekstil sektörünün mevcut durumundan bahsedilmiş ve gelecekte Türkiye’de ve dünyada yaşanması beklenen olası gelişmelere değinilmiştir. Daha sonra literatürde tekstil sektöründe kalite iyileştirme araçlarından neden-sonuç (balık kılçığı) diyagramı ve pareto analizinin simülasyon yöntemiyle birlikte ele alındığı çalışmalardan bahsedilmiştir.

2.1. Türkiye’de Tekstil Sektörünün Mevcut Durumu

Türkiye’de tekstil ve hazır giyim sektörü hem ihracat rakamları hem de GSMH’daki payı göz önünde bulundurulduğunda lokomotif görevi görmektedir. 1980’li yıllardan sonra yapılan önemli yatırımlar ve sağlanan teşvikler neticesinde tekstil sektöründe çok önemli bir aşamaya gelinmiştir.

İstanbul Tekstil İhracatçıları Birliğinin 2018-2021 raporuna göre Türkiye elyaf üretiminde 126, iplik üretiminde 151, örme kumaş üretiminde 146, dokuma kumaş üretiminde 158, ev tekstili üretiminde 179, teknik tekstilde ise 179 olmak üzere toplamda 189 ülkeye ihracat gerçekleştiren bir ülke konumundadır (İstanbul Tekstil ve Hammadde İhracatçıları Birliği 2018-2021 Raporu). Özellikle Amerika ve AB ülkelerine yapılan ihracat miktarları sektörde büyük pay sahibi olmasının nedenleri arasındadır. Türkiye 2018 yılında dünyadaki tekstil ihracatının %3,6 ünü gerçekleştirerek, ülke bazında altıncı sırada yer almış ayrıca dünyadaki hazır giyim ihracatından %3,2 oranında pay alarak en büyük yedinci ihracatçı ülke konumuna gelmiştir (Çorlu Sanayi ve Ticaret Odası, 2020, s.11).

İstanbul Hazır Giyim ve Konfeksiyon İhracatçıları Birliği tarafından yayınlanan Avrupa Birliği ve Hazır giyim ve Tekstil Ürünleri Pazarında Türkiye’nin yeri başlıklı raporda AB-27 ‘nin Türkiye’den genel ithalatı 2021 yılında 2020 yılına göre %24,9 oranında artarak 78 milyar Euro düzeyinde gerçekleşmiştir. Pandemi etkilerinin olmadığı 2019 yılı ile karşılaştırıldığı zaman %11,7 büyüklüğünde bir artış yaşandığı görülmektedir. Türkiye’nin bu ithalat değeri ile genel ithalat içerisindeki payı 2021 yılı içinde %3,7 olarak hesaplanmıştır. Avrupa Birliği’nin genel ithalat ve sektörel ithalat gelişimi içerisinde Türkiye’nin payını Tablo 2.1’de görmek mümkündür.

Tablo 2.1 Avrupa Birliği Genel İthalatı ve Sektörel İthalatın Gelişimi ile Türkiye'nin Payı

	2019	2020	2021	2019/21 DEĞİŞİM	2020/21 DEĞİŞİM
Birim: Milyon €					
AB-27 GENEL İTHALATI	1.940.887	1.717.259	2.112.458	8,8 %	23,0 %
TÜRKİYE'DEN İTHALAT	69.812	62.441	77.983	11,7 %	24,9 %
TÜRKİYE'NİN PAYI %	3.6 %	3.6 %	3.7 %		
AB- 27 HAZIRGIYIM VE KONFEKSİYON İTHALATI	89.495	98.053	85.814	-4,1 %	-12,5 %
TÜRKİYE'DEN İTHALAT	9.837	9.266	10.567	7,4%	14,0 %
TÜRKİYE'NİN PAYI %	11.0 %	9.5 %	12.3 %		
AB-27 TEKSTİL İTHALATI	18.210	15.290	18.460	1,4 %	20,7 %
TÜRKİYE'DEN İTHALAT	2.934	2.622	3.570	21,7 %	36,1 %
TÜRKİYE'NİN PAYI %	16.1 %	17.2 %	19.3 %		

Kaynak: İstanbul Hazır giyim ve Konfeksiyon İhracatçıları Birliği Avrupa Birliği ve Hazır giyim ve Tekstil Pazarında Türkiye'nin Yeri Aralık 2021 Raporu, 2022

Avrupa Birliği ve Hazır giyim ve Tekstil Ürünleri Pazarında Türkiye'nin Yeri başlıklı raporda Avrupa Birliği hazır giyim ve konfeksiyon ürünleri ithalatında ilk on tedarikçisinin ithalat değerleri Tablo 2.2'de verilmiştir. Buna göre 2021 yılında 28,8 milyar Euro değerinde ithalat değeri ile Çin AB-27 ülkelerinin birinci tedarikçisi konumunda iken, Türkiye ise 10,6 milyar Euro ile üçüncü büyük tedarikçisi konumundadır.

Tablo 2.2 Avrupa Birliği Hazır Giyim Ve Konfeksiyon Ürünleri İthalatında İlk On Tedarikçinin İthalat Değerleri

ÜLKELER		2019	2020	2021	2019/21 DEĞİŞİM	2020/21 DEĞİŞİM
Birim: 1.000 €						
AB 27-EXTRA		84.494.873	98.052.956	85.813.748	-4,1	-12,5
1	ÇİN	27.013.918	43.298.373	28.820.782	6,7	-33,4
2	BANGLADEŞ	15.248.726	12.629.375	14.680.133	-3,7	16,2
3	TÜRKİYE	9.836.971	9.266.138	10.567.372	7,4	14,0
4	HİNDİSTAN	4.894.500	3.765.996	4.566.289	-6,7	21,3
5	PAKİSTAN	3.780.340	3.495.992	4.297.625	13,7	22,9
6	VİETNAM	3.342.215	3.322.223	3.130.389	-6,3	-5,8
7	FAS	2.793.371	2.135.408	2.529.608	-9,4	18,5
8	KAMBOÇYA	3.309.426	2.456.017	2.416.383	-27,0	-1,6
9	TUNUS	2.148.665	1.938.303	2.052.843	-4,5	5,9
10	İNGİLTERE	5.153.905	4.838.441	1.876.552	-63,6	-61,2

Kaynak: İstanbul Hazır giyim ve Konfeksiyon İhracatçıları Birliği Avrupa Birliği ve Hazır giyim ve Tekstil Ürünleri Pazarında Türkiye'nin yeri, 2022

AB-27 tekstil ürünleri pazarında Euro bazında Türkiye'nin 2021 yılındaki pazar payı bir önceki yılın aynı dönemine kıyasla %12,8 oranında artış göstermiş ve %19,3 olarak hesaplanmıştır. Avrupa Birliği tekstil ürünleri ithalatında ilk on tedarikçinin pazar payları Tablo 2.3'te verilmiştir.

Tablo 2.3 Avrupa Birliği Tekstil Ürünleri İthalatında İlk On Tedarikçinin Pazar Payları

	ÜLKELER	2019	2020	2021	2019/21 DEĞİŞİM	2020/21 DEĞİŞİM
1	ÇİN	31,2	31,1	31,2	0,3	0,6
2	TÜRKİYE	16,1	17,2	19,3	20,3	12,8
3	İNGİLTERE	8,1	7,7	6,3	-22,3	-19,1
4	HİNDİSTAN	5,2	5,3	5,9	12,9	11,7
5	KORE	5,2	4,5	4,6	-10,6	1,5
6	ABD	4,8	4,8	4,3	-11,6	-11,0
7	PAKİSTAN	4,0	4,2	3,9	-1,0	-6,3
8	JAPONYA	3,5	3,4	3,1	-12,3	-10,1
9	İSVİÇRE	3,0	3,3	2,6	-11,0	-19,8
10	TAYVAN	1,5	1,4	1,4	-8,3	-0,3

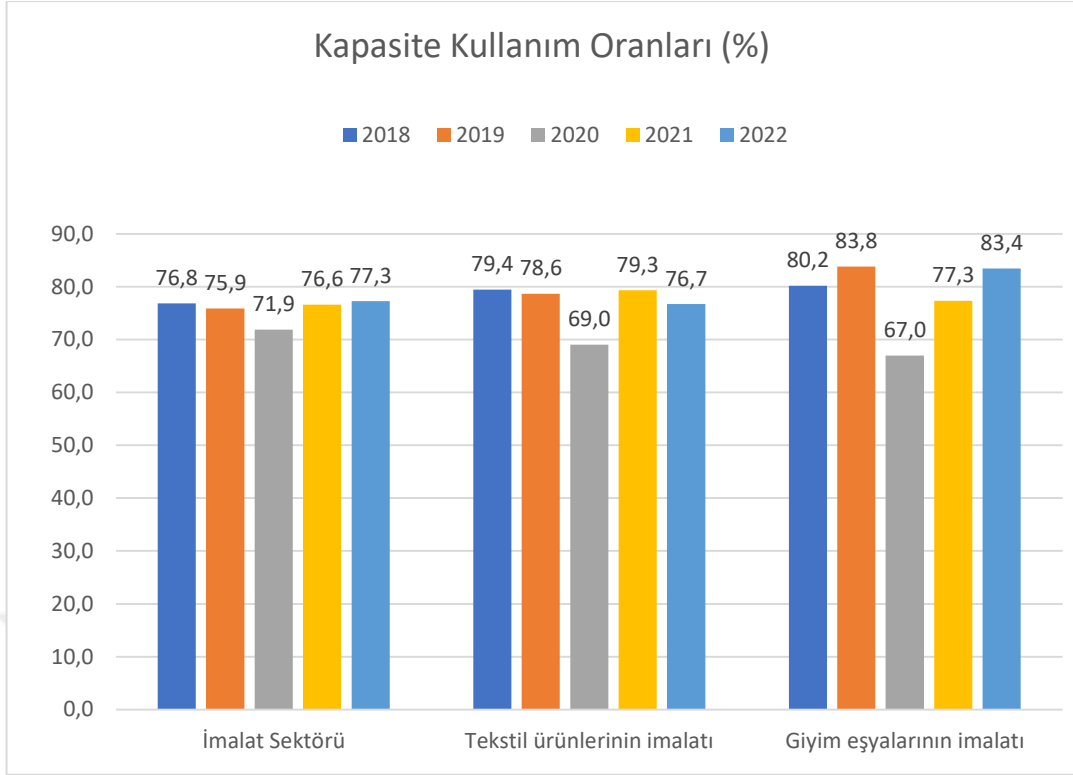
Kaynak: İstanbul Hazır Giyim Konfeksiyon İhracatçıları Birliği Avrupa Birliği Hazır giyim ve Tekstil Pazarında Türkiye'nin Yeri Ekim 2021 Raporu, 2022

Tablo 2.3'te görüldüğü gibi Türkiye 2021 yılında tekstil sektöründe Avrupa Birliği'nin en çok ithalat yaptığı ikinci ülke konumundadır.

Türkiye İhracatçıları Meclisi tarafından açıklanan verilere göre, 2022 Ocak, Şubat ve Mart aylarında 55 milyar dolar ihracatın yaklaşık 5.5 milyar doları tekstil ve hazır giyim sektöründedir. 2022 yılının ilk üç ayında tekstil ve konfeksiyon sektörü otomotiv ve çelik sektöründen sonra en fazla ihracat gerçekleştiren üçüncü sektör olmuştur.

Tekstil ve Hazır Giyim Sektörü İmalat Sektöründeki en önemli istihdam alanlarından biridir. TÜİK Eylül 2022 Ücretli çalışan istatistiklerine göre İmalat sektöründe toplam 4.863.043 kişi çalışmaktadır. Bunun 508.321'i tekstil ürünlerinin imalatı, 730.074 çalışan giyim eşyalarının imalatında toplam 1.238.395 kişi çalışmakta ve imalat sektöründe çalışanların %26'sını oluşturmaktadır.

Kapasite kullanım oranları açısından TCMB verileri incelendiğinde son dört yılda imalat sektörüne paralel bir trend görülmektedir (Şekil 2.1).

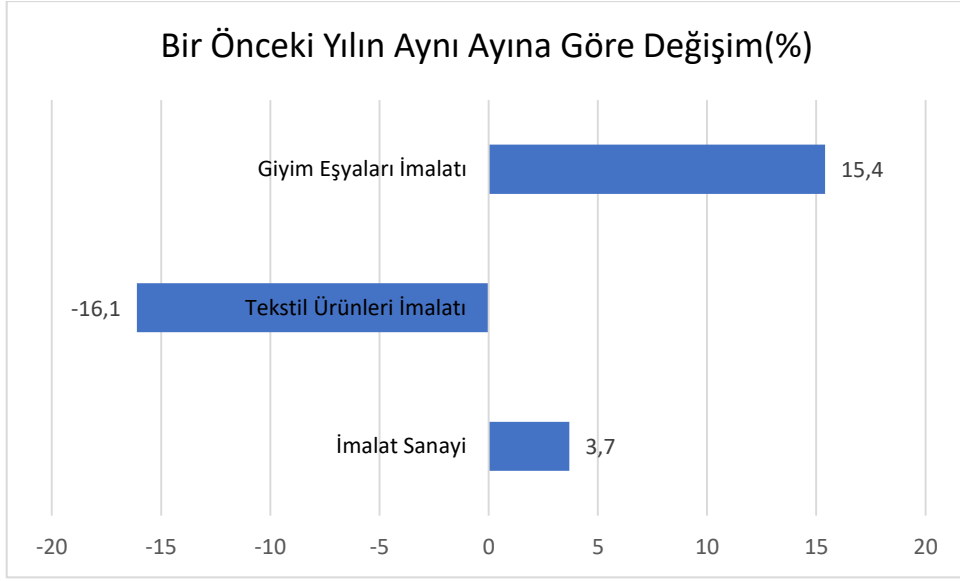


Şekil 2.1 Kapasite Kullanım Oranları

Kaynak: TCMB, 2022

Pandemi sürecinde yaşanan olumsuzluklar Tekstil ve Hazır Giyim sektöründe Şekil 2.1’de görüldüğü gibi işletmelerin kapasite kullanım oranları Tekstil ürünlerinin imalatında 2020 yılında %78,6’dan %69’a düşmüştür. Giyim eşyalarının imalatında ise %83,8’den %67’ye düşmüştür. Dış pazarda yaşanan daralma, iç tüketimin azalmasına neden olmuş ve sektör dış ticaret açığı verdiği için kapasite kullanım oranlarında bir önceki yıla göre büyük farklılık göstermiştir.

TÜİK’in 2022 Ekim-2021 Ekim Ayı Üretim Endeksi verilerinin karşılaştırması Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2 Sanayi Üretim Endeksinde Yaşanan Değişim (2021 Ekim- 2022 Ekim)

Kaynak: TÜİK Sanayi Üretim Endeksi, Ekim 2022

İmalat Sanayinde üretim indeksi 2022 Ekim ayında bir önceki yılın aynı ayına göre %3,7 oranında artarken, tekstil ürünleri imalatında %16,1 oranında azalma, giyim eşyaları imalatında ise %15.4 oranında artış yaşanmıştır.

2.2. Türkiye’de ve Dünya’da Tekstil Sektöründe Yaşanması Beklenen Olası Gelişmeler

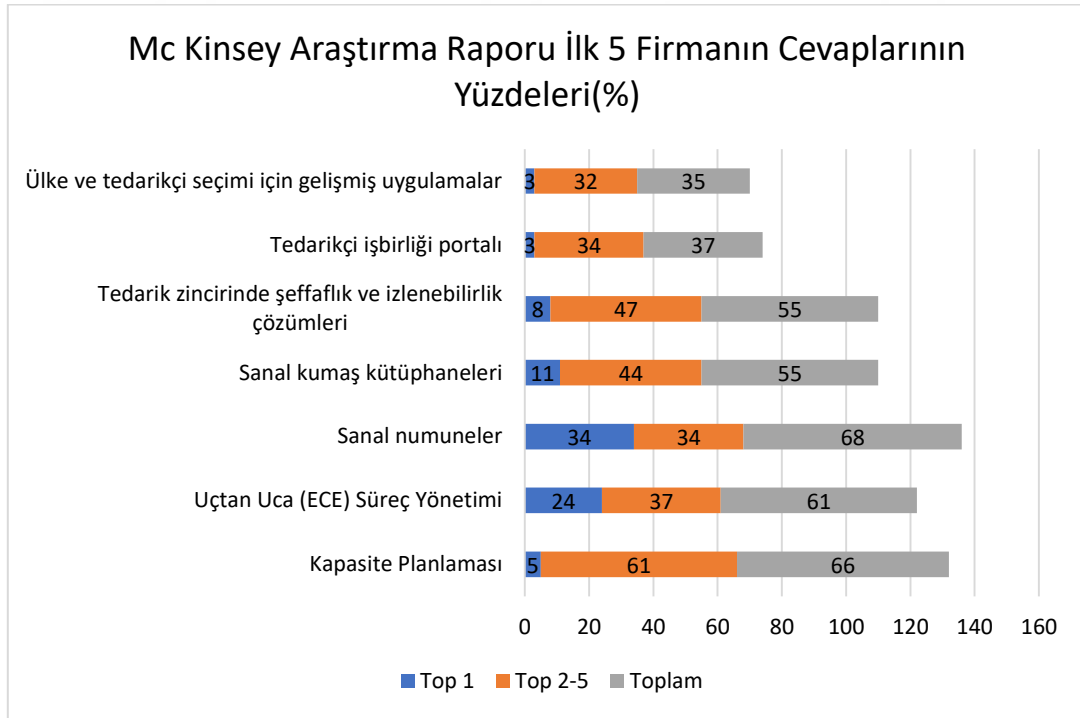
Giderek dijitalleşen dünyada artık yeni kurallarla işletmeler var olma mücadelesi vermek zorunda kalmaktadır. Elyaf üretiminden hazır giyim ürünleri, ev tekstili, halı gibi çok geniş bir yelpazeyi içine alan tekstil sektörü de artık bu dijitalleşme yolculuğunda yerini almıştır. Öyle ki tekstil ürünlerinin tasarımı, üretimi, e-ticaret ağı, alternatif lojistik kanalları, sanal fuarlar gibi çok kapsamlı bir teknolojik yarış söz konusudur (İTKİB Hedef Dergisi, s.47).

Endüstri 4.0 süreci ile birlikte ortaya çıkan ve tekstil sektörü de dahil tüm işletmeleri etkileyen makine öğrenmesi, yapay zeka, IoT, big data, , otonom sistemler, simülasyon, 3D baskı yöntemleri gibi birçok yöntem sayesinde daha ucuza daha kaliteli ürünler üretmek mümkün olacaktır. Ayrıca tüketici memnuniyeti, sürdürülebilirlik gibi kavramların da çok fazla önem kazandığı bu süreçte tekstil sektöründe simülasyon vb. teknolojilerin kullanımı fazla yaygınlaşacaktır.

Endüstri 4.0 uygulamaları ile üretimde eşanlı veri alma, verimlilik artışı ve daha sistemli bir performans takibi yapılabilecektir. Endüstri 4.0 araçlarından olan simülasyon teknolojileri sayesinde ürünün tasarım aşamasından üretimine aşamasına kadar bütün süreçler önceden

simüle edilerek ürünün geleceği ile ilgili bilgilerin önceden alınabilmesi ve mevcut sistemin simülesi üzerinden daha doğru kararlar verilebilmek mümkündür (Mentoro Platformu, 2019).

İstanbul Hazır giyim Konfeksiyon İhracatçı Birliğinin yayınlamış olduğu MC Kinsey Araştırma Raporu'nun sonuçlarına göre dijital teknolojileri 2030 yılına kadar benimseyen firmaların verimliliklerinin %60 oranında artacağı ifade edilmektedir. Yine aynı rapora göre araştırmaya katılan şirketlerin %60'ı, yeni müşterilerin entegrasyonu, birtakım dijital araçlar (insight tools), ürün çeşitliliğini azaltma, uçtan uca (E2E) üretim geliştirme süreçlerini içeren bir plan doğrultusunda değişim göstereceklerini öngörmektedirler. Araştırmaya katılan şirketlerin tedarik süreci ve sipariş yönetimi ile ilgili 2025 yılına kadar yapmayı planladıkları kilit yatırım alanlarına ilişkin yanıtlar Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3 Mc Kinsey Araştırma Raporu Firmaların Yatırım Planları

Kaynak: İstanbul Hazır Giyim ve Konfeksiyon İhracatçıları Birliği Mc Kinsey Hazır Giyim Araştırma Raporu Bilgi Notu, 2022)

Şekil 2.3'te görüldüğü gibi araştırmaya katılan firmaların kapasite planlaması en fazla ihtiyaç duyulan noktalardan bir tanesi olarak görülmekte iken simülasyon, yapay zeka vd. akıllı araçlara yönelik yatırımların %34'ü tedarik önceliklerindeki ilk beş ülkededir. 2017 yılında yayınlanan raporda neredeyse hiçbir hazır giyim markası veya perakendeci tam anlamıyla bir

dijital dönüşüm başlatmamışken 2025 yılında araştırmaya katılan firmalar özellikle kapasite planlamasında dijitalleşmeye odaklanmışlardır.

Özbek, Yıldız ve Alan (2021) çalışmalarında 2018 yılında ilk 500 işletme arasına girmeyi başarmış 67 tekstil işletmesine anket çalışması uygulamışlardır. Çalışmadan elde edilen Türk Tekstil işletmelerinin Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanma sayılarına ilişkin veriler Tablo 2.4'te verilmiştir.

Tablo 2.4 İşletmelerin Kullanmakta Olduğu Teknolojiler

Teknoloji	Frekans	%
Robot ve Teknolojileri	17	6.56
3D tarayıcılar	2	0.77
Eklemeli Üretim sistemleri (3D Yazıcı)	2	0.77
Artırılmış Gerçeklik (sanal gözlük vb.)	3	1.16
Lazer Kesici Sistemler	3	1.16
Nesnelerin İnterneti	11	4.25
Büyük Veri	16	6.18
Siber Güvenlik Sistemleri	27	10.42
Simülasyon Sistemleri	5	1.93
Bulut Bilişim	21	8.11
Sistemlerin Entegrasyonu	26	10.04
ERP Programları (Kurumsal Kaynak Planlama)	39	15.06
MRP Programları (Malzeme İhtiyaç Planlaması)	28	10.81
CRM Programları (Müşteri İlişkileri Yönetimi)	21	8.11
SCM Tedarik zinciri Yönetim Programları	15	5.79
CAD/CAM Sistemleri	23	8.88

Kaynak: Özbek, Yıldız ve Alan (2021)

Tablo 2.4'e göre simülasyon sistemlerini kullanan işletmelerin sayısı yalnızca 5 iken, en çok ERP (Kurumsal Kaynak Planlama) programlarını kullandıkları tespit edilmiştir. Ankete katılan firmaların yarısının Endüstri 4.0 teknolojilerine yatırım yaptığı ve yatırım yapan işletmelerin verimliliğinin arttığı, üretim miktarında artış yaşandığı tespit edilmiştir.

Tekstil sektöründe Çin teknolojik gücü sayesinde dünya tekstil ve hammaddeleri ihracatının üçte birini tek başına hâkim durumundadır. Türk tekstil sektörü ise dünyanın ilk beş büyük tedarikçisi konumundadır. Bu konumunu daha da ileriye taşımak belki de sektörde ihracatçı konumunda birinci sırada yer alabilmek için rakiplerine karşı rekabet üstünlüğü sağlayacak bu teknolojik avantajlara erişmesi gerekmektedir.

2.3. Tekstil Sektöründe Simülasyon Uygulamaları

Simülasyon yönteminin farklı sektörlerde farklı amaçlarda çokça kullanıldığını söylemek mümkündür. Bu nedenle burada sadece Tekstil ve Hazır giyim sektöründe üretim sürecini iyileştirmek amacıyla kullanılan simülasyon uygulamaları üzerinde durulmuştur. Yapılan çalışmalar kronolojik olarak aşağıda verilmiştir:

Cock ve Harlock (1989) çalışmasında bir konfeksiyon fabrikasının dikim bölümünde bilgisayar destekli simülasyon çalışması yapmıştır. Fortan 77'de bir simülasyon programı yazmışlardır.

Khan (1996), çalışmasında üretim maliyetini en aza indirmek için bir elektronik tablo kullanarak bir giysi üretim sisteminin simülasyon modellemesi sırası ve miktarının tanımlanabildiği bir yazılım programı geliştirmiştir. Farklı insan-makine kombinasyonları denenmiştir.

Fozzard, Spragg ve Tyler (1996), çalışmalarında konfeksiyonda akış hatlarının benzetim modelini kurarken makine beklemeleri- bozulmaları, operatörün performansı vs. kriterleri de göz önünde bulundurmuşlardır.

Hui ve Frency (1999), çalışmalarında bir erkek gömleği üretim fabrikasında montaj hattı dengelemesine yönelik zaman değişimlerini incelemişlerdir. Montaj hattını dengelemekte kullanılan pürüzsüzlük indeksi (SI) kullanılmıştır.

Nuttle, King, Hunter, Wilson ve Fang (2000a) çalışmalarının birinci bölümünde, giyim tedarik kompleksinin eğirme, kumaş üretimi ve boyama ve terbiye işlemlerinin gibi çeşitli bileşenlerinin bir dizi bilgisayar simülasyonu modelini oluşturmuşlardır. Nuttle, King, Fang Wilson ve Hunter (2000b) çalışmalarının ikinci bölümünde ise, tedarik zincirindeki çeşitli varlıkları birbirine bağlamak için gereken bilgi sistemlerinin türü, alternatif zamanlama prosedürleri, üst düzey yöneticilerin endişelerine hızlı yanıt vermeyi sağlayacak etkileşimli yönetim bilgi sistemleri olasılığı ve kullanıcı dostu teknoloji transferi için araçlar ve en çok tedarik zinciri karar verme süreçlerinde belirsizlik ve belirsizliği modellemek için bulanık matematik yönteminden yararlanmışlardır.

Zielinski ve Czacherska (2004), çalışmalarında konfeksiyonun dikim hattının optimizasyonunu sağlamayı amaçlamışlardır. Üç farklı model geliştirmişler ve doğru seçimi yapmak için boş zamanları en aza indigeme kriterini ele almışlardır.

Gürkan ve Taşkın (2005), çalışmalarında dokuma işletmelerinde simülasyon modelleme tekniğini uygulamış ve darboğazlara çözüm önerisi geliştirmişlerdir. Simülasyon yaparken Arena programı kullanılmışlardır. Sistemle ilgili performans kriterlerini belirleyip ve bu

doğrultuda en doğru seçimi yapmak için SMART (Simple Multi Attribute Technique) tekniğinden yararlanmışlardır.

Rajakumar, Arunachalam ve Selladurai (2005), çalışmalarında konfeksiyon işletmesinde az iş yükü olan işçilere yeni işler atayarak üretim hattını dengelemeye çalışmıştır. Bunun için bir bilgisayar simülasyon programı C++'da yazmış ve çizelgeleme stratejisi olarak rastgele, kısa işlem süresi önce ve uzun işlem süresi önce kombinasyonlarını kullanmıştır.

Eryürük (2005), çalışmasında çok modellenli bir konfeksiyon işletmesinde beş farklı model için dikim bölümü montaj hattı dengelemesi yapmıştır. Çevrim süreleri ve üretim oranları önceden bellidir. Amaç sabit bir çevrim süresi için optimum iş gücü ve makina kullanarak en yüksek hat etkinliğini elde etmektir. Uygulamanın ilk aşamasında her model için dikiş işlemlerini kullanan makineleri ve iş ögesi sıralarını gösteren operasyon tabloları hazırlanmış ve her modeldeki her bir iş ögesi için geçen süre üretim sırasında yapılan zaman etüdü çalışması ile belirlenerek bu süreye işçinin temposu ve gecikme süreleri eklenmiş ve standart süreye ulaşılmıştır. Bu şekilde elde edilen veriler baz alınarak "Konum Ağırlıklı Dengeleme Tekniği" ve "Olasılıksal Hat Dengeleme Yöntemi" ile montaj hattı dengelemesi yapılmıştır.

Lalas, Mourtzis, Papakostas ve Chryssolouris (2006), Hiyerarşik sonlu kapasiteli atölye modelleme (HBS) ve ayrık olay simülasyonu çerçevesinde çalışmışlardır. Çalışmada HBS yönteminin performansı, bir tekstil endüstrisinde bir dizi simülasyon deneyi aracılığıyla incelenmiş ve bir dizi ilgili performans göstergesi aracılığıyla değerlendirilmiştir.

Tang, Wang, Fraser ve Wang (2006), çalışmalarında bilezikli eğirme prosesini simülasyonla modellemiş ve bu sayede farklı koşullarda iplik gerginliğini etkileyen parametreleri belirlemişlerdir.

Raja ve Rao (2007), bir pamuk eğirme sisteminin performansını simülasyon yönteminden yararlanarak değerlendirmişlerdir. Geliştirdikleri simülasyon modeli iplik kırılmalarının olmayacağı ve makinelerin izleyebileceği optimum rotaların belirlenmesi amaçlanmıştır.

Kalaoğlu ve Sarıçam (2007), çalışmalarında ProModel Simülasyon paketi kullanılarak giyim endüstrisindeki bir modüler sistem üzerinde simülasyon uygulaması yapmışlardır. Modüler sistemi, literatürde sunulanlardan bir şekilde farklı olan üç farklı hareket ilkesi üzerinde çalışan bir temel ürün için tasarlanmışlardır. Sistemin performansını, üretkenlik, operatörler ve makine verimliliği, üretim süresi ve süreçteki iş açısından belirlemişlerdir.

Güner ve Ünal (2008), çalışmalarında konfeksiyon işletmesi t-shirt dikim bandında simülasyon çalışması yapmışlardır. Gerçek sistemden topladıkları verileri Arena programında aktararak alternatifler oluşturup en iyisini bulmayı hedeflemişlerdir. Sezgisel bir algoritma

önermişlerdir. Önerdikleri algoritmayı, bir pantolon dikim hattını U-tipi ve düz hat olarak Arena simülasyon programı ile simüle ederek sınımışlardır.

Greasley (2008), çalışmasında tekstil imalatçısı olan uluslararası bir işletmenin depolama alanlarının büyüklüğünün belirlenmesi amacıyla simülasyon yönteminden yararlanmıştır.

Yu, Guo ve Huang (2009), çalışmalarında bir tekstil işletmesinin iç süreç simülasyonu ve optimizasyonunu yapmışlardır. Petri ağı ile bir model oluşturmuşlar ve modeli simüle etmek için ExSpect yazılımı kullanmışlardır. Tüm üretim sürecin simülasyonunun yapıldığı bu çalışmada simülasyon sonucu, optimizasyon işlemi önerilmiştir.

Kurşun ve Kalaoğlu (2010), çalışmalarında konfeksiyon işletmelerinde simülasyon metoduyla bant dengelemeyi gerçekleştirmişlerdir. İlk olarak dikim bandında iş zaman etüdü yapılmıştır. Daha sonra, toplanan veri dağılım uygunluğu ve teorik dağılımlara uygunluk için Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmıştır. Ardından modeli kurmak için, elde edilen verilere ait dağılımlar simülasyon modeline transfer edilmiştir. Model kurulduktan sonra çalıştırılmış ve modelin geçerliliği gerçek sistem ile karşılaştırılarak sınanmıştır. Modeli kurmak için ENTERPRISE DYNAMICS simülasyon programı kullanılmıştır.

Kitaw, Matebu ve Tadesse (2010), çalışmasında giysi imalatında karşılaşılan problemleri ele almıştır. Meydana gelebilecek darboğazlar ve sistem performansı analizi Simul-8 simülasyon programı ile elde edilmiştir. Daha sonrasında mevcut sistemde görülen problemlerin iyileştirilebilmesi amacı ile çeşitli senaryolar geliştirilmiş ve en iyi senaryo bulunmaya çalışılmıştır.

Zülch, Kuruca ve Böckircher (2011) çalışmalarında, hazır giyim imalatçısı bir işletmede üretim süreçlerinde meydana gelecek değişimlerin etkilerini incelemişlerdir. Simülasyon sonuçlarının, şirketin önerilen organizasyonel değişiklikleri uygulayarak parça başına üretim maliyetlerini azaltabileceğini gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Eryürük (2012), çalışmasında bir konfeksiyon endüstrisinin elbise modeli montaj hattını ele almıştır. Mevcut durumu Arena simülasyon modeli ile incelemiş ve daha sonrasında montaj hattı dengeleme problemi için iki sezgisel yöntem kullanarak problemin çözümüne ulaşmıştır. “Probabilistik Hat Dengeleme Yöntemi” ve “En Geniş Küme Algoritması” yöntemleri kullanılarak çok modellenmiş hat dengelemesi çalışması yapılmıştır. Çalışma sonucunda Probabilistik Hat Dengeleme yönteminin, En Geniş Küme Algoritmasına göre daha hassas sonuçlar verdiği ancak Probabilistik Hat Dengelemede iş öğelerinin daha fazla iş istasyonuna atanmasından dolayı daha düşük hat verimliliği elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Gao, Ding ve Li (2013), çalışmalarında sistem mühendisliği metodolojisini ve ABS (Ajan Tabanlı Simülasyon) teknolojisini birleştirmişlerdir. Bir Tekstil Baskı ve Boyama (PD) işletmesinde enerji tasarrufu ve kirletici emisyonu azaltmaya yönelik potansiyel çözümleri keşfetmek için bir araç olarak bir ABS (Ajan Tabanlı Simülasyon) modelini önermektedirler. Model, endüstriyel süreçlerin çevresel özelliklerini ifade etmek ve evrimsel bir endüstriyel simülasyon sistemi oluşturmak için uygulanabilir bir fikir ve yöntem sunduğunu ifade etmektedirler.

Pan (2014), çalışmasında SIMIO simülasyon platformunu kullanarak, dört farklı hücrel üretim modunun verimliliğinin nasıl etkilendiğine dair nicel ve karşılaştırmalı bir analiz yapmıştır. Operatör sayısını ve tampon alan sayısını, üretim hattı verimliliğini etkileyen temel faktörler olarak belirlemiş ve en yüksek verimi elde etmek için makul şekilde ayarlanması gerektiğini ifade etmiştir.

Eryürük, Kalaoğlu ve Baskak (2014), çalışmalarında bir konfeksiyon fabrikasında üretilen etek model üretimini ele alarak, bu modellerin üretimi sırasında hattın nasıl düzenlenmesinin daha uygun olacağı bulunmaya çalışmışlardır. Montaj hattı dengeleme yöntemi olarak konum ağırlıklı bant dengeleme yöntemi kullanılmıştır.

Kayar ve Akalın (2014), çalışmalarında bluz dikim bandında gerçekleştirilen operasyonlar eleştirel bir gözle incelenmiş ve dört operasyon üzerinde yapılan metot analizi çalışmalarının sonuçları verilmiştir. Daha sonra mevcut durumdaki operasyon süreleri ile metot analizi çalışmaları sonucunda elde edilen operasyon süreleri dikkate alınarak Konum Ağırlık Yöntemi ile montaj hattı dengelemesi yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı, metot analizinin üretim hacmi ve montaj hattı verimliliği üzerine etkisini incelemek ve metot analizi çalışmalarının önemine vurgu yapmaktır.

Güner, İşler ve Acar (2014), çalışmalarında bir konfeksiyon işletmesinde sweatshirt üretimi yapan dikim hattı en uzun işlem süresi ve en kısa işlem süresi metotları ele alınarak dengelenmiştir. Dengelenme sonucunda elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Thomassey (2014), bir iplik boyama fabrikasında gerçekleştirdikleri çalışmada iplik sarma ünitesinde üretim akışını ve bobinlerin dağıtım mantığını açıklamayı amaçlamışlardır. Simülasyon kullanarak mevcut durum ile gelecek durum için önerilen sistem karşılaştırılmıştır.

Liong ve Abdul Rahim (2014), çalışmalarında giyim imalatı yapan yerel bir firmanın dikim sürecini simülasyon modellemişlerdir. Veri toplama işlemini yerinde gözlem yoluyla gerçekleştirmişler ve süreçlerin her biri için işlem sürelerinin olasılık dağılımlarını hesaplamak için @ Risk's Bestfit programını kullanmışlardır. Arena Yazılımı kullanılarak bir simülasyon

modeli geliştirmişlerdir. Modelin gerçek sistemi temsil ettiğinin anlaşılması ve doğrulanmasını kolaylaştırmak için animasyonlu simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Farklı senaryolarla sürecin iyileştirilebileceğini fakat bunun daha sonraki çalışmalarda sunulacağını ifade etmişlerdir.

Bilget (2015), çalışmasında konfeksiyonda yalın üretim yapılan bir işletmede, üç farklı ürünün üretim süreçlerini inceleyerek üretim süreleri belirlemiş, sürelerin gösterdiği istatistiksel dağılım göz önüne alarak, simülasyon modelleri oluşturmuştur. Modelin geçerliliği günlük üretim adedi baz alınarak istatistiksel olarak kontrol edilmiştir. Daha sonra yalın üretim gereklerine bağılı olarak mevcut modeller yeniden tasarlanıp SIMUL8 yazılımında alternatif modeller oluşturulup incelenmiştir. Bunun yanı sıra, simülasyon uygulamasıyla hat dengelemeyi sağlayacak yeni bir algoritma geliştirilmiştir. “Kalp Algoritması” adı verilen uygulama, tüm modeller üzerinde denenmiş ve kişi başı üretimi arttıracak, olumlu geri dönüşler alınmıştır.

Doğan ve Takcı (2015), çalışmalarında Kayseri’de faaliyet gösteren bir tekstil fabrikasında yapmış oldukları çalışmalarında fabrikanın verimli çalışmasına engel olan üretim hattındaki darboğazları tespit etmişler ve bunların ortadan kaldırılması için önerilerde bulunmuşlardır. Dikim hattı, yan işlem, yıkama ve finish bölümleri incelenmiştir. Simülasyon yoluyla süreç iyileştirme yapılmıştır.

Küçükönder ve Uçar (2015), çalışmalarında simülasyonun üretim sistemlerinde uygulanması ve bu uygulanmanın üretim etkinliğini nasıl etkilediğini ele almışlardır. Üretim sistemleri ve üretim etkinliği, üretimde simülasyon yönteminin kullanılması ve üretimde etkinliği artırmada simülasyonun rolü konuları üzerinde durmuşlardır.

Engin (2015), çalışmasında simülasyon yöntemini kullanarak söz konusu uygulamanın hangi durumlarda ve ne miktarlarda faydalı veya faydasız olduğunu belirlenmeyi amaçlamıştır. Bu amaçla, yemek paydosunda makinaların kapatılmayıp kendi kendine çalışmasına müsaade edilmesi ve kapatılması durumlarında makina randımanlarını hesaplamış ve karşılaştırılmasını yapmıştır. Bu araştırmada iki temel parametreyi göz önünde bulundurmuştur. Bunlardan bir tanesi iplik kopuş oranı olup genellikle kullanılan malzemenin kalitesi, makina ayarı ve bakımı ve ortam şartları (nem ve sıcaklık) ilgilidir. Diğeri de işçiye tahsis edilen iş veya makina sayısıdır. Elde ettikleri bulgular bu uygulamanın küçük kopuş oranları ve makina sayıları için yararlı, yüksek kopuş oranı ve makina sayıları için faydasız hatta zararlı olduğunu göstermiştir.

Faisal (2016), çalışmasında küçük ve orta ölçekli deri işletmeleri için “değer akışı haritalama yöntemi” kullanarak yalın üretimi uygulamayı amaçlamıştır. Küçük ve orta ölçekli deri işletmeleri büyük ölçüde el işçiliğine bağılı olduğu ve üretim sürecinin çok az bir kısmında

otomasyondan yararlanıldığını ifade etmektedir. Yalın üretimin öngörülen gelecek-durum haritalaması, zaman kısıtlamaları ve sahadaki bu kısıtlamalar nedeniyle doğrulanamadığını ifade etmiştir. Bu nedenle küçük ve orta ölçekli deri işletmelerinde yalın uygulamanın etkilerini incelemek için maksadıyla simülasyon yönteminden yararlanmıştır.

Wickramasekara ve Perera (2016), çalışmalarında sürecin stokastik yapısına gereken önemi vererek hat dengelemeye farklı bir yaklaşım getirmeyi amaçlamışlardır. Bir giyim fabrikasının dikim hattında işlemlerin işlem süreleri, büyük rastgele olaylar ve rastgele olaylar arasında geçen süreleri kaydetmişler ve daha sonra tüm üretim döngüsünü ARENA yazılımı kullanılarak simüle etmişlerdir. Farklı senaryolar denenerek ve analiz edilerek, hat dengeleme için farklı bir yaklaşım getirmişlerdir.

Bağ ve Aslan (2016), çalışmalarında bir tekstil fabrikasının dikim hattının Promodel kullanılarak simülasyonunu yapmışlardır. Alternatif iki adet senaryo geliştirilmişlerdir. “destek atma” olarak adlandırılan atamanın uygulanması ile makine kullanım oranları %90’ı aşmıştır.

Stojanow, Yu ve Ding (2016) çalışmalarında Çin’de bir fabrikadaki bir elbise montaj hattından elde ettikleri verilerle ProModel yazılımı kullanılarak bir simülasyon modeli oluşturmuşlardır. Üretim hattı performansını iyileştirmenin bir yolu olabilecek bir optimizasyon çözümü önermişlerdir. Simülasyon hipotezinden elde edilen sonuçlar neticesinde operatörlerin verimlilikleri göz önünde bulundurularak üretim hattının daha yüksek üretkenlik ve süreçte daha düşük iş (WIP) oluşturacak şekilde değiştirilebileceğini varsaymaktadırlar.

Aslan, Akdağ ve Yıldırım (2017), çalışmalarında montaj hattının dengelenmesi ve üretim süreçlerinin iyileştirilmesi için benzetim yöntemini kullanmışlardır. Bu yöntem kullanılarak söz konusu işletmenin kapasite kullanım oranları büyük oranda artmıştır. Üretim hattındaki işçiler daha verimli kullanılarak aynı işçi sayısı ile üretim kapasitesi artırılmıştır. Ayrıca çalışmada, tekstil gibi emek yoğun endüstriler üretim sahalarında simülasyon yöntemi kullanarak işçi gücü planlamasını çok daha pratik ve verimli bir şekilde yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

Yemane, Haque ve Malfanti (2017), çalışmalarında Ronny t-shirt dikiş hattının simülasyon modelini tasarlamış, sistemin performansını belirlemek, ürün için standart zamanı tahmin etmek ve darboğazları ortadan kaldırmayı amaçlamışlardır.

Xu, Thomassey, Chen ve Zeng (2017), çalışmalarında giysi üretim performansını değerlendirmişlerdir. Tipik bir erkek gömleğinin montaj hattının simülasyonu elle ve bilgisayar yöntemiyle yapılarak farklı performans göstergelerinin değerlendirildiği senaryolar geliştirmişlerdir.

Zhou, Li, Huang ve Wang (2018), çalışmasında geleneksel üretim deneyimi ve manuel hesaplama yöntemlerinin üretim hattı planlaması için yetersiz kaldığını düşünerek ayırık olay simülasyon yöntemini kullanarak bir üretim planlaması çalışması yapmışlardır. Çevrim süresi, darboğazlar, işçi miktarı gibi temel faktörler dikkate alınarak ön planlamanın performansını artırmak için simülasyon ile çeşitli senaryolar denenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Hanan ve Seedahmed (2019), çalışmalarında Sur Askeri Kıyafet Fabrikası'nda U3 Gömlek montaj hattının dengelenmek için gerçek üretim süreci senaryolarını temsil eden, bekleme süresinin, bitiş süresinin azaltılmasına ve hattın verimliliğinin artırılmasına yardımcı olan bir simülasyon modeli geliştirmeyi amaçlamışlardır. Gömlek montaj hattı sürecinin çevrim süresi zaman etüdü yapılarak hesaplanmış, MySQL Veri Tabanı Yönetim Sistemi (DBMS), Java dili, Hiper Metin İşaretleme Dili (HTML) gibi farklı araçlar ve teknolojiler kullanılarak hattın bir modelini ve simülasyonunu kurmuşlardır. Üç farklı senaryo geliştirmişlerdir.

Elnaggar (2019), çalışmasında operatör beceri seviyesinin (OSL) işlerin tamamlanma süresi üzerindeki etkisini fark etmek için bir gömlek dikiş hattı incelenmiştir. Bir dikiş hattı simüle edilmiş ve çevrim süresini en aza indirmek ve operatör kullanımının neredeyse aynı seviyede tutulması, her bir görev grubundaki en iyi iş istasyonu sayısını belirlemek için çok amaçlı bir simülasyon optimizasyonu yaklaşımı önerilmiştir. Operatör beceri seviyesinin montaj hattı dengeleme problemleri üzerinde etkili olduğu ortaya konulmuştur.

Alzoubi ve diğerleri (2019), çalışmalarında bir konfeksiyon tesisinde mevcut iş performansını iyileştirmek için birleşik hat dengeleme ve yerleşim planlaması kullanmışlardır. Böylelikle işçinin boşta kalma süresini azaltarak çalışanların verimliliğinin arttırmayı amaçlamışlardır. Bu yöntemin uygulanması ile ürünün taşıma süresi, yeni makineler satın almaya veya pahalı teknolojiler kullanmaya yönelik büyük yatırımlar yapılmadan önemli ölçüde azalmıştır.

Jung, Kim, Park, Lee ve Suh (2020), çalışmalarında çalışanların dikiş makineleri için güç tüketimi verileri, ICT tabanlı güç +izleme cihazları kullanılarak toplanmış ve veriler, bir kabloşuz ağ aracılığıyla bir bulut sunucusuna iletilmiş ve doğru görev süresini elde etmek için bir yaklaşım algoritması tarafından işlenmiştir. Güç izleme verileri daha sonra genel üretkenliği, bireysel üretkenliği ve giysi üretim hattı için kritik olan diğer önemli performans endekslerini ölçmek için ayırık olay simülasyon modelinde girdi olarak kullanılmıştır. Simülasyon sonuçları, konvansiyonel bir yaklaşım kullanılarak giysi üretim hattından elde edilen sonuçlardan% 18,8 daha doğru sonuçlar vermiştir.

Jirasirilerd ve diğerleri (2020), çalışmalarında basit montaj hattı dengelemesinde her iş istasyonunda kullanılan makinelerin sayısı ve türlerini göz önünde bulundurarak değişken

komşuluk stratejisine uyarlanabilir arama (VaNSAS) yöntemini sunarak basit bir montaj hattı dengeleme problemi türü için döngü süresini en aza indirmeyi amaçlamışlardır. Önerilen yöntemlerin LINGO simülasyon programı tarafından bulunan mevcut en iyi çözümden daha iyi performans gösterdiğini ve çok daha düşük bir hesaplama süresi sunduğunu ifade etmektedirler.

Caldeira ve Gnanavelbabu (2020), çalışmalarında bir atölye çizelgeleme probleminin bir sınıflandırması olan esnek atölye çizelgeleme problemini (FJSSP) ele almışlardır. Üretim sürecindeki doğal belirsizlikleri temsil etmek için, bilinen bir olasılık dağılımını izleyen rastgele değişkenlerle temsil edilen operasyon işleme süreleri ile stokastik esnek iş atölyesi çizelgeleme problemini (SFJSSP) ele alınmıştır. Bu stokastik kombinatoriyal optimizasyon problemini çözmek için, beklenen üretim süresini en aza indirmek için bir simülasyon-optimizasyon yaklaşımı önermişlerdir. Bu kapsamda, bir Jaya algoritma çerçevesine entegre edilmiş Monte Carlo simülasyonu kullanılmıştır.

Bongomin, Mwasiagi, Nganyi ve Nibikora (2020), çalışmalarında 72 işlemlik pantolon montaj hattının simülasyon meta modellemesini yapmışlardır. Çözünürlük-V tasarımı ile doğrusal regresyon metamodel tekniği kullanıldıkları çalışmalarında, pantolon montaj hattının üretim verimi üzerindeki paket boyutu, iş serbest bırakma politikası, görev atama modeli, makine numarası ve yardımcı numarası olmak üzere beş faktörün etkileri incelemişlerdir.

Yemane (2021), çalışmasında montaj hatlarının kontrol sınırı analizi ve ayrık olay simülasyonu yardımıyla BOB tişört modelinin hat dengelemesini ele almaktadır. Montaj hattının performansını ölçmek için darboğaz işlemleri, kontrol limiti analizi ve simülasyon modellemesi kullanılarak analiz edilmiştir.

Tekstil sektöründe simülasyon yönteminin kullanıldığı çalışmalar üretim sürecinin mevcut durumunu ortaya koymak, üretim maliyetini en aza indirmek, kaynak performansını arttırmak, kaynak dağılımlarında farklı kombinasyonları denemek, montaj hatlarını dengelemek, darboğazları ortadan kaldırmak ya da azaltmak gibi amaçlar doğrultusunda yapılmıştır. Çeşitli sezgisel yöntemlerden de yararlanılmıştır. Yapılan çalışmalarda farklı senaryoların geliştirilmesi halinde sistem performansının nasıl etkileneceği tespit edilmeye çalışılmıştır. Literatürde yer alan çalışmalarda bir veya birkaç ürünün simülasyon modeli kurulmuştur. Eryürük (2005), çalışmasında beş farklı ürünün simülasyon modelini kurmuş ve ayrı ayrı konum ağırlıklı dengeleme yöntemi ve olasılıksal hat dengeleme yöntemlerinden yararlanarak her bir ürünün dikim hattı dengelemesi yapılmıştır. Bu çalışmada ise beş farklı ürünün aynı anda işlem görmesi halinde mevcut durumun simülasyon modeli kurulmuştur.

2.4. Kalite İyileştirme Araçlarından Neden-sonuç (Balık Kılçığı) Diyagramı ve Pareto Analizinin Simülasyon Yöntemiyle Birlikte Kullanıldığı Çalışmalar

Kalite iyileştirme araçlarının birçok farklı sektörde çeşitli amaçlarla kullanıldığını söylemek mümkündür. Ancak burada çalışmada kullanılan kalite iyileştirme araçlarından neden-sonuç (balık kılçığı) diyagramı ve pareto analizinin simülasyon yöntemi ile birlikte kullanıldığı çalışmalara değinilmiştir.

Ergen, Şahin ve Zencirkıran (2010) çalışmalarında bir tekstil fabrikasında çeşitli kalite araçları kullanılarak fabrikanın mevcut durumunu tespit etmiş ve iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Mevcut durum incelemesi yapılırken Pareto analizi, Balık kılçığı diyagramı, zaman etüdü çalışmaları, hata bazlı alt ve üst kontrol sınırları belirlenmesi tekniklerinden yararlanırken, çevirim hızı iyileştirmeleri için simülasyon tekniğinden yararlanılmıştır. İşletmede bulunan paketleme bölümünden alınan veriler doğrultusunda Pareto analizi ile hata dağılımı belirlenmiş, hata oranını artıran en önemli etkenler tespit edilmiştir. Paketlenen ve fireye ayrılan ürün sayısı ile kontrol alt ve üst satırları belirlenmiş, ürün sayıları doğrultusunda kontrol sınırları grafiği oluşturulmuştur. Yapılan anket ve gözlemler sonucu balık kılçığı diyagramı oluşturulmuştur. Böylece sorunun temel nedenleri balık kılçığı şeklinde ortaya konmuştur. En önemli sebepler dikkate alınarak gereken önlemler tespit edilmiştir. İşletmede üretilen ürünlerin ham zamanlarını hesaplayabilmek ve kapasite planı yapabilmek amacıyla zaman etüdü yapılmıştır. Tespit edilen çevirim hızlarının minimuma indirilebilmesi için simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Böylece fabrika içerisinde bulunan dikimhane bölümüne hücresel üretim yöntemi önerilmiştir.

Krishnan, Dev, Suresh, Sumesh ve Rameshkumar (2017), bir lastik üretim şirketinde, üretkenliği artırmak için katma değersiz faaliyetlerde, darboğazlarda ve işlem süresinde azalma gerektiğini ifade etmişlerdir. Bir lastik üretim tesisinde gerçekleştirilen mevcut süreç simülasyonunda, fabrikada mevcut darboğazın perdahlama süreci olduğunu ortaya çıkarmıştır. Simülasyonla birlikte eşanlı olarak yaptığı Pareto analizi de bu simülasyon analizi sonucundaki darboğaz noktasını doğrulamaktadır. Sorunların temel nedenleri, 5 neden analizi ve neden-sonuç diyagramı kullanılarak belirlenmiştir. Lastik üretim tesisinin iş hacminde bir artış olduğunu gösteren deneysel darboğaz süreçlerinin sürelerini azaltmak için çözümler önermişlerdir. Sonuç olarak üretkenliği % 15,81 oranında artırmak için perdahlama makinesini değiştirerek darboğaz ortadan kaldırılabileceğini öngörmüşlerdir. Yeni makinenin kurulumu sonrasında başa baş süresi 88 gün olacağı ve otomatik bir sıcaklık ölçüm sistemine geçilerek, toplam verimliliğin mevcut senaryodan % 18,8 oranında artırılabilceğini ileri sürmüşlerdir.

Leyva, Perugachi, Piarpuezan, Orges, Montenegro ve Burgos (2018), çalışmalarında siparişlerin% 31'inin yerine getirilmemesi gibi bir ana sorununun olduğu bir tekstil firmasında, değer katan ve katmayan faaliyetler belirlemişlerdir. Şirketin mevcut durumunun Değer Akışı Haritalandırması yapılmıştır. Çalışılacak hat veya ürünün seçimi noktasında pareto analizinden yararlanılmış ve sürecin karmaşıklığı ve zaman problemi nedeniyle en fazla problemin gözlendiği pijama hattına odaklanılmıştır. Hücresel İmalatı sürece uygulayarak, çevrim süresini 8'28" / pijamadan 4'55 " / pijamaya düşeceğini öngörmüşlerdir. Böylelikle sürecin üretim kapasitesinin aylık 1.080 pijamadan aylık 1.964 pijamaya çıkacağı ve müşteri tarafından talep edilen aylık 1.589 pijama talebine daha yakın bir değerde üretim gerçekleşeceğini öngörmektedirler.

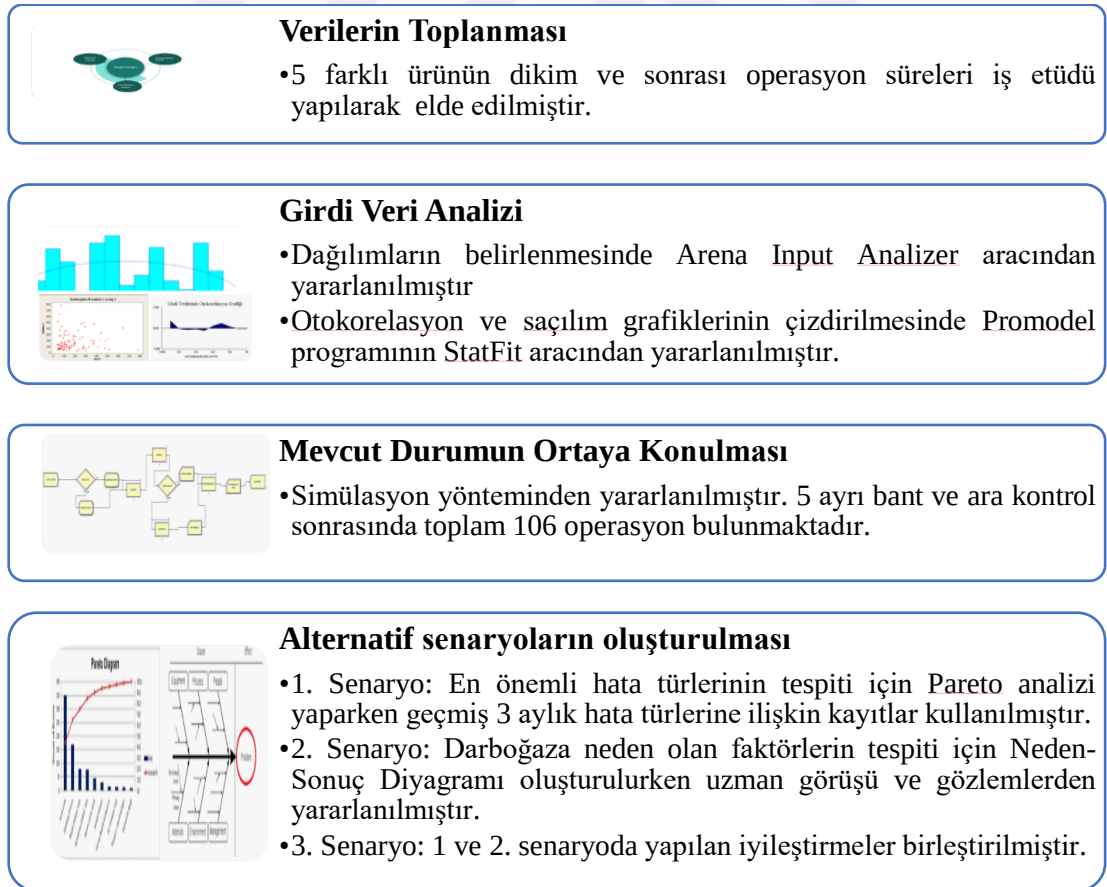
Literatürde mevcut durumun tespit edilmesi için yapılan çalışmalarda Ergen ve diğerleri (2010), Krishnan ve diğerleri (2017) ve Leyva ve diğerleri (2018) çalışmalarında mevcut durumu doğrulamak amaçlı kalite iyileştirme araçlarını kullanmışlardır. Ancak süreci iyileştirmek amacıyla Ergen ve diğerleri (2010) ve Krishnan ve diğerleri (2017) mevcut durumda simülasyon yönteminden yararlanırken alternatif senaryoları azaltmak için bir yönteme başvurmamıştır. Bu çalışmada alternatif senaryoları oluşturabilmek için daha sistematik bir yol izlenilerek kalite iyileştirme araçları kullanılmıştır.

3. BÖLÜM: METODOLOJİ

Bu bölümde çalışmanın kullanılan verilerin toplanması süreci, girdi verilerinin analizi ve çalışmada kullanılan yöntemlere değinilmiştir. Bu kapsamda öncelikle çalışmanın metodolojisi açıklanmış, daha sonra iş etüdü, simülasyon ve kalite araçları açıklanmıştır.

3.1. Çalışmanın Metodolojisi

Yapılan literatür çalışması ışığında, tekstil sektöründe simülasyon uygulamaları ile mevcut sistemin performansının artırılması, darboğazların ortadan kaldırılması veya hatalı çıktı miktarının azaltılmasına yönelik birçok çalışmanın olduğunu görmek mümkündür. Ancak bu çalışmalarda neden-sonuç diyagramı, pareto analizi gibi basit kalite iyileştirme araçlarının mevcut sistemi doğrulamak amacı ile kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmada ise amaç; pareto, balık kılçığı diyagramı gibi basit kalite iyileştirme araçları ile karmaşık bir simülasyon modeli üzerinde yapılacak iyileştirmeleri işletmenin mevcut durumu ve kısa vadeli hedefleri hedeflerine yönelik, daha gerçekleştirilebilir daha sistematik hale getirmektir. Bu amaçtan yola çıkılarak yapılan çalışmanın metodolojisi Şekil 3.1’de özetlenmiştir.



Şekil 3.1 Çalışmanın Metodolojisi

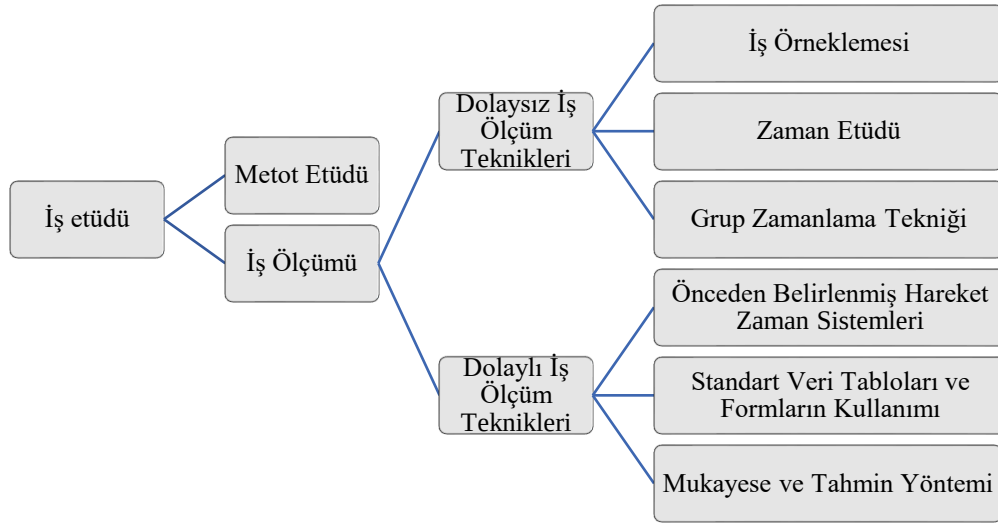
Bir tekstil işletmesinin dikim hattı ve sonrasında yer alan operasyonlarının yer aldığı bu çalışmada mevcut durum simülasyonu yapılmıştır. Mevcut sistem ile oluşturulan alternatif senaryoların performansları karşılaştırılmıştır. Bunun için işletmede üç aylık süre içerisinde en çok üretilen 5 adet ürünün dikim ve sonrası (ara kontrol, son ütü, son kontrol ve ölçüm, katlama ve paketlenme) operasyonlara ait süreler kronometraj yöntemi ile kaydedilmiştir. Öncelikle operasyon sürelerinin ortalama ve standart sapması modelde kullanılmış modelin çalışıp çalışmadığı test edilmiştir. Modelde 5 farklı ürünün üretim hattı dikim hattı sonrasında ara kontrolden itibaren birleştiği için öncelikle her ürünün dikim hattı için ayrı ayrı model kurulmuş ve daha sonra model birleştirilmiştir. Böylelikle model öncelikle basit haliyle kurulmuş ve hataların tespiti daha kolay olmuştur. Daha sonra elde edilen verilerin Arena Input Analizer aracılığıyla istatistiksel dağılımları belirlenmiş ve saçılım grafiklerinin ve otokorelasyon grafiklerinin çizdirilmesi için de Promodel programının StatFit aracından yararlanılmıştır. Verilerin dağılımları Arena programında oluşturulan modele dâhil edilmiştir.

Çalışmada işletmenin 86 gün yani üç aylık hata kontrollerine ilişkin tutmuş oldukları verileri ile modelde dikim sonrasında yer alan ara kontrol ve son kontrol noktalarında hata oranları modele dâhil edilmiş ve hatalı ürün ve sağlam ürün adetleri ayrıştırılmıştır. Ayrıca bu üç aylık hata verileri ile pareto analizi yapılmış ve hataların %20 sinin hangi hata türlerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Birinci alternatif senaryoda hatalı ürünlerin sistemde dolaşımını azaltmak ve aynı zamanda çıktı miktarını arttırmak amacıyla en fazla oluşan hata türlerine ve verimliliğin en az olduğu dikim hattına odaklanılmıştır. İkinci alternatif senaryoda darboğaz oluşmasına neden olan faktörler bir balık kılçığı diyagramı oluşturularak ele alınmış ve bu nedenlerden işletmenin kısa vadeli hedefleri doğrultusunda en önemli olan nedenlere odaklanılmış ve buna göre iyileştirme yapılmıştır. Üçüncü senaryoda ise ilk iki senaryoda yapılan değişiklikler birlikte uygulanmıştır.

3.2. İş Etüdü

İş etüdü, bir işin belirli bir süre içinde yapılabilmesi için gereken zaman, hareket ve işlemleri sistematik olarak inceleyen bir yöntemdir. İş etüdü, belirli miktardaki kaynaklardan elde edilecek çıktı miktarını arttırıp işi daha verimli hale getirmek, kayıpları azaltmak ve işçi verimliliğini arttırmak için kullanılmaktadır (REFA, 1985; akt. Bilgin, 2014, s.333-339).

İş etüdü kapsamında yapılan çalışmalar metot etüdü ve iş ölçümü olmak üzere Şekil 3.2’de görüldüğü gibi iki ana başlıkta ele alınmıştır (Kurt ve Dağdeviren, 2020, s.17).



Şekil 3.2 İş Etüdü Tekniklerinin Sınıflandırılması
Kaynak: Adem, Yılmaz Kaya, Çakıt ve Dağdeviren, 2021, s. 112

Metot etüdü, insanın performans ve gereksinimlerini de dikkate alarak, iş sistemlerinin amaca uygun organize edilmesi ve izlenecek iş adımlarının oluşturulmasıdır (Adem ve diğerleri, 2021, s.111). Metot etüdü yapılırken izlenecek adımlar (Bilgin, 2014, s.333-339);

- Metot etüdü yapılacak olan işin belirlenmesi,
- Mevcut yöntemle ilgili bilgilerin kaydedilmesi,
- Amaca en uygun tekniği kullanarak metodun incelenmesi,
- En uygun olan metodun geliştirilmesi,
- Yeni metodun detaylı olarak tanımlanması ve standart bir şekilde uygulamaya konulması,
- Bu uygulamanın denetlenmesidir

Metodun kaydedilmesinde çeşitli grafiksel araçlardan yararlanılmaktadır. Proses akış şeması, işlem proses şeması, akış diyagramı, akış-frekans diyagramı, işlem diyagramı, faaliyet diyagramı buna örnek olarak verilebilir (Kobu, 2017, s.383-391). Metot etüdünün tek başına uygulanması bazen istenilen sonuçları vermeyebilir. Bu nedenle iş ölçümü ile birlikte yapılması gerekmektedir.

İş ölçümü, nitelikli bir işçinin, belli bir işi, standart bir çalışma hızıyla yapması için gereken zamanı saptamak amacıyla geliştirilmiş tekniklerin uygulanmasıdır (Akal, 2004; akt, Kumaş, Sabır ve Baykal, 2016, s.176). İş etüdünün aşamaları şu şekildedir:

- İşin tanımlanması ve sınıflandırılması
- İşin gözlemlenmesi ve analiz edilmesi
- İş hareketlerinin ve sürelerinin kaydedilmesi
- İşin süreç analizi ve iyileştirme önerilerinin sunulması

İş ölçümü, dolaylı ve dolaysız olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kronometraj yöntemi olarak bilinen zaman etüdü yöntemi en yaygın kullanılan yöntemlerden birisidir. Zaman etüdü, belli bir işi belli bir performansta gerçekleştirmek amacıyla gereken zamanı mümkün olan en yüksek doğrulukta tespit etmek için belli sayıda gözlemlerin yapıldığı bir iş ölçümü yöntemidir (Barnes, 1980: s.7; akt. Dulkadir, 2019, s. 70).

3.3. Simülasyon

Simülasyon, mevcut sistemin eldeki girdi değişkenleri dâhilinde bir bilgisayar ortamına aktarılmasıdır. Basit karar verme yöntemlerinin etkili olamadığı durumlarda tercih edilen zaman alan bir yöntemdir. Simülasyonun hedefler doğrultusunda kullanılması halinde daha az zaman alan ve daha etkili bir yöntem olacağı düşünülmektedir.

Bu kısımda simülasyon kavramı tanımlanmış; kullanılabileceği durumlardan, simülasyonun avantajlarından ve dezavantajlarından bahsedilmiştir. Daha sonra simülasyonda kullanılan temel kavramlar üzerinde durulmuş ve simülasyon modelleri sistem ya da sürecin durumuna göre statik ve dinamik, simülasyona esas olan değişkenlerin rassal olup olmamasına göre deterministik ve stokastik, sistemde yer alan değişkenlerin zaman içinde gözlenmesine göre ise kesikli ve sürekli olarak üç başlık altında açıklanmıştır. Son olarak simülasyonun modelleme süreci adım adım detaylı olarak ele alınmıştır.

3.3.1. Simülasyonun Tanımı

Sözcük anlamı; taklit, benzetim anlamına gelen simülasyon, risk ve belirsizliğin var olduğu durumlarda karar vermeye yardımcı olan önemli bir araçtır (Sengupta, Gupta ve Dutta, 2016, s.803). Genel olarak tanımlamak gerekirse; bir süreç, olay ya da sistemle ilgili bir özelliğin ya da davranışın model üzerinde gözlenmesine simülasyon denir (Özbek, 2003, s.10).

Simülasyonun kullanılabileceği durumlar şöyle sıralanabilir (Banks, Carson, Nelson ve Nicol, 2010, s.22):

- Simülasyon, karmaşık bir sistemin ya da bu sistem içindeki alt sistemlerin iç etkileşimlerinin incelenmesini ve bunlarla deney yapılmasını sağlar.

- Bilgilendirici, organizasyonel ve çevresel değişiklikler simüle edilerek, bu değişikliklerin modelin davranışını nasıl etkilediği gözlemlenebilir.
- Bir simülasyon modelini tasarlariken elde edilen bilginin niteliği, araştırılan sistemde iyileştirme önerebilmek için çok önemlidir.
- Simülasyon girdilerinde değişiklikler yapıp çıktıları gözlemlendiğinde, hangi değişkenlerin en önemli olduğu ve değişkenlerin nasıl etkileşime girdiğine ilişkin önemli bilgiler elde edilebilir.
- Simülasyon, analitik çözüm yöntemlerini güçlendirmek için eğitimsel bir araç olarak kullanılabilir.
- Simülasyon, yeni tasarımlar veya politikalarla uygulamadan önce olabileceklere hazırlanmak açısından denemeler yapmak için kullanılabilir.
- Analitik çözümleri doğrulamak için simülasyon kullanılabilir.
- Bir makine için farklı yetenekler simüle edilerek, ihtiyaçlar belirlenebilir.
- Eğitim amaçlı tasarlanan simülasyon modelleri, sistem çalışırken öğrenmenin maliyetini ortadan kaldırır ve sistemde hiçbir kesinti olmadan öğrenmeyi sağlar.
- Animasyon olanağı ile bir sistemin operasyonları simüle edilmiş olarak görselleştirilebilir.
- Modern sistemler o kadar karmaşıktır ki etkileşimler ancak simülasyon yoluyla ele alınabilir.

Simülasyonun kullanılamayacağı durumlar da vardır (Banks ve diğerleri, 2010, s.23):

- Problem akıldan çözülebildiğinde.
- Problem analitik olarak çözülebildiğinde.
- Doğrudan deneyler yapmak daha kolay olduğunda.
- Simülasyon maliyetleri tasarrufları aştığında.
- Kaynaklar veya zaman mevcut olmadığında.
- Sistem davranışı çok karmaşık olduğunda veya tanımlanamadığında.
- Modeli doğrulama ve geçерleme mümkün olmadığında simülasyon yönteminden yararlanılması önerilmemektedir.

3.3.2. Simülasyonun Kullanım Alanları

Simülasyon birçok farklı alanda kullanılabilmektedir. Bankacılık sektörü, havacılık ve uzay, sağlık sistemleri, plastik endüstrisi, otel işletmeciliği, iletişim hizmetleri, bilgisayar ağları, mobilya imalatı, taşıma sistemleri, kimya endüstrisi, lojistik ve tedarik zinciri, giyim ve

tekstil, restoranlar ve fast food, paketleme, posta hizmetleri, depolama/satın alma, havalimanı operasyonları simülasyonun kullanım alanlarına örnek olarak verilebilir.

İş operasyonları için yapılan simülasyon uygulamalarına ilişkin örnekler aşağıda verilmiştir (Al-Aomar, Williams ve Ulgen, 2015, s.16-17):

- Bankalarda müşterilerin bekleme sürelerini kısaltmak için doğru veznedar ataması.
- Lojistik ve tedarik zincirlerinin performansını iyileştirmek için dağıtım ve ulaşım ağlarının tasarlanması.
- Bir şirketin finansal portföyünün zaman içinde analiz edilmesi.
- Bir fast food restoranında müşterilerin çevrim süresini azaltmak ve müşteri memnuniyetini artırmak için işletme politikalarının tasarlanması.
- Bir bilgisayar ağı için donanım ve yazılım gereksinimlerinin değerlendirilmesi.
- Hastaların bekleme süresini azaltmak için bir acil serviste (ER) sağlık personelinin çalışma düzenini planlamak.
- Farklı ürün geliştirme süreçlerinin fizibilitesini yapmak ve bunların şirketin bütçesi ve stratejisi üzerindeki etkilerini değerlendirmek.
- İletişim sistemleri ve veri aktarım protokolleri tasarlamak.
- Trafik kontrol sistemlerinin tasarımı gibi.

3.3.3. Simülasyonun Avantajları ve Dezavantajları

Yazılım alanında yaşanan ilerlemeler işletmeler için simülasyonun her geçen gün daha gerekli ve uygulanabilir bir karar verme aracı olmasını sağlamıştır. Genel olarak riski minimize etmek, proje aşamasındaki bir fikrin gerçekleşme maliyetine katlanmadan sonuçlarını öngörebilmek açısından çok avantajlı bir karar verme yöntemi olarak ifade edebileceği simülasyonun avantajları olduğu gibi dezavantajları da vardır. Bunlar aşağıda özetlenmiştir.

Simülasyon modelinin avantajları şunlardır (Banks, 1998, s.10-12):

- Simülasyon, önerilen bir değişikliğin ya da var olan duruma yapılacak ilavelerin mevcut duruma etkisini, gerçekte bu değişiklikler için kaynak ayırmadan test etmemize olanak tanır.
- Simülasyon, mevcut durumu veya olayı hızlandırmamıza veya yavaşlatmamıza imkân verir. Böylelikle bir vardiyalık bir işlem birkaç dakika içerisinde derinlemesine gözlemlenebilir ve bu oldukça önemli bir zaman tasarrufu sağlar.
- Simülasyonla mevcut durum yeniden yapılandırılarak ve sistem en ince ayrıntısına kadar incelenerek “neden” sorularına yanıt aranır.

- Geçerli bir simülasyon modeli geliştirdikten sonra, deneme maliyeti ve duraklamaları olmadan yeni politikalar, işletim prosedürleri veya yöntemleri keşfedilebilmektedir. Değişiklikler modele dâhil edilir ve bu değişikliklerin sistem üzerindeki etkilerini gerçek sistemden ziyade bilgisayarda gözlemlenir.
- Simülasyon, modern bir fabrika, bir hizmet işletmesinde olduğu gibi karmaşık sistemleri oluşturan değişkenler arasındaki etkileşimleri daha iyi anlamayı sağlar. Sorunları teşhis etmek ve bu değişkenlerin önemi hakkında fikir edinmek ve genel sistemin performansı üzerindeki önemli etkilerini anlamayı kolaylaştırır.
- Üretim darboğazları nedenden ziyade bir sonuçtur. Darboğaz analizi yapmak için simülasyonu kullanarak süreç, bilgi, malzeme veya diğer süreçlerdeki işteki gecikmelerin nedenini ortaya konulabilir.
- Simülasyon çalışmaları, birinin karmaşık raporlarla bir sistemin nasıl çalışacağına ilişkin tahminlerini göstermekten ziyade, bir sistemin gerçekte nasıl çalıştığı hakkında bilgi verir.
- Simülasyonun animasyon özelliği ile iki boyutlu CAD çizimlerinde görülemeyen tasarım kusurları üç boyutlu olarak görülebilmektedir.
- Bir tasarımı ortaya çıkarırken bir ya da birkaç kişinin görüşü yerine modellenmiş, test edilmiş, onaylanmış ve görsel olarak temsil edilmiş güvenilir simülasyon sonuçlarını kabul etmek daha doğru olacaktır.
- Simülasyon farklı senaryolar karşısında hazırlıklı olmayı sağlar. Değişikliklerin neler getirebileceği öngörülebilir.
- Simülasyon kurulumu yapılmış bir sistemde yapılacak değişiklikler ya da yeniliklerin maliyetlerini ortadan kaldırır. Doğru yatırımlar yapılmasını sağlar.
- Simülasyon ekibin eğitilmesine olanak sağlar. İşin başında öğrenmenin maliyetini ortadan kaldırır.
- Simülasyon, bir sistem tasarımı için gereksinimleri belirlemek için kullanılabilir. Örneğin bir makinenin özellikleri farklılaştırılarak sistem üzerindeki etkisi gözlemlenebilir.

Simülasyon modelinin dezavantajları ise şunlardır (Banks, 1998, s. 12):

- Modeli oluşturmak özel eğitim gerektirir. Aynı sistemin iki modeli iki yetkin kişi tarafından oluşturulursa, benzerlikleri olabilir, ama aynı olmaları pek olası değildir.

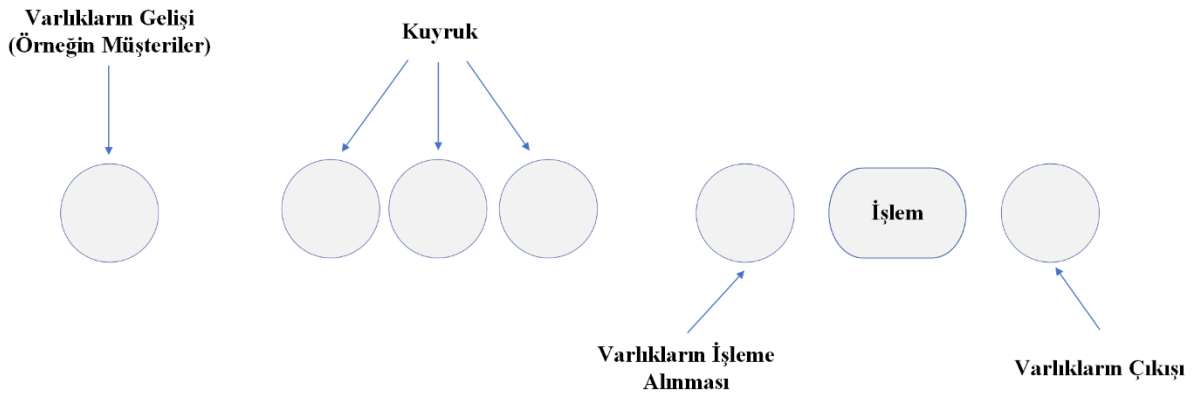
- Bir gözlemin sistem ilişkilerinin mi yoksa rastgeleliğin bir sonucu mu olduğunu belirlemek zor olabileceği için simülasyon sonuçlarını yorumlamak zor olabilir.
- Modelleme ve analiz için kaynakların atlanması halinde, görev için yeterli olmayan bir simülasyon modeli ve/veya analiz ile sonuçlanabilir. Bu da zaman kaybı ve ilave maliyet demektir.
- Simülasyonun, analitik bir çözümün mümkün olduğu veya hatta tercih edildiği bazı durumlarda kullanılması yanlış uygulamalardandır

3.3.4. Simülasyonda Kullanılan Temel Kavramlar

Sistem, mantıksal bir amacı gerçekleştirmek için birlikte hareket eden ve etkileşime giren -insanlar veya makineler gibi- varlıklar topluluğu olarak tanımlanır (Law ve Kelton, 1982, s.4). Seçilen fiziksel ya da soyut sistem, sürecin temel özelliklerini ya da davranışlarını temsil eder. Üretim sistemi ise uygulanan bütün yöntemler ve kullanılan araç-gereçlerin tamamını kapsayan, bir iş parçasının sistem içinde değişime uğrayarak bir “ürün” haline gelmesi olarak tanımlanmaktadır (Mertins, 1985, s.9; akt. Yıldız, 2010, s.13).

Sistemin Bileşenleri:

Bir üretim sisteminde yer alması gereken birtakım unsurlar vardır. Bu unsurlar sistemi oluşturan yapı taşlarıdır. Basit bir üretim sisteminin bileşenleri Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.3 Basit Bir Sisteminin Bileşenleri

Kaynak: Chung, 2004

Sistemi oluşturan bileşenlerden kısaca bahsedilecek olursa;

Varlık (Entity), sistemde yer alan nesnedir. Örneğin, üretimi yapılan bir parça ürün, bankada sıra bekleyen müşteri vb. gibi.

Özellik (Attribute), varlığa atanan bir takım niteliklerdir. Örneğin, rengi veya kaç adet olduğu gibi.

Kaynak (Resource), varlığın işlem gördüğü, varlığı etkileyen araçtır. Örneğin, insan, makine, para, zaman vb. gibi.

Kontrol (Control): Faaliyetlerin nerede, ne zaman, nasıl ortaya çıkacağını programlar. Örneğin, bir proses planı ya da bakım programı gibi.

Olay (Event): Sistemdeki durum değişkeninin bir halden yeni bir hale geçmesi durumudur. Bir kaynağın bir varlığın sisteme girmesi, varlığın sistemde işlem görmesi ya da bir varlığın bir kaynaktan işlem gördükten sonra sistemden ayrılması hepsi birer olay olarak ifade edilebilmektedir (Kelton, Sadowski ve Zupick, 2015, s.23)

Faaliyet (Activity): Her bir olayda başlanılan işlem ya da prosedürdür. Örneğin, bir parçanın kesilmesi gibi.

Proses (Process): Proses sırasıyla gerçekleşen olaylar olarak ifade edilebilir. Kısaca bir varlık, bir iş istasyonuna gelir, burada işlem görür ve ardından başka bir iş istasyonuna gönderilir.

Kuyruk (Queue), varlıkların işlem görmek üzere kaynak önünde sıra bekleme halidir. Bu bekleme hali uzadıkça kuyrukta yığılmalar olur.

Simülasyon saati: Simülasyon ilerledikçe, simülasyon süresinin o anki değerini tutan simülasyon model değişkenidir (Bilget, 2015, s.21-22).

Model, sistemi fiziksel ya da mantıksal olarak temsil eden yapıdır. Bir şeyi simüle edebilmek için öncelikle bir model oluşturmak gerekir (Gupta ve Grover, 2013, s.46). Simülasyon, sistemi yansıtan modelin zaman içerisinde olaylara, duruma göre nasıl bir davranış sergileyeceğini gösterir.

Modeller, “mantıksal” veya “fiziksel” modeller olarak sınıflandırılabilir. Bir binanın minyatürü ya da pilotları eğitmek için kullanılan uçak simülatörleri fiziksel modellere örnek verilebilir (Kelton ve diğerleri, 2015, s.4). Simülasyon modeli ise belirli tipte bir matematiksel sistem modelidir (Banks ve diğerleri, 2010, s.33). Simülasyon, gerçek veya önerilen bir modelin bilgisayar ortamında bir modelinin tasarlama ve oluşturma sürecidir (Kelton ve diğerleri, 2015, s.5).

3.3.5. Simülasyon Modelleri

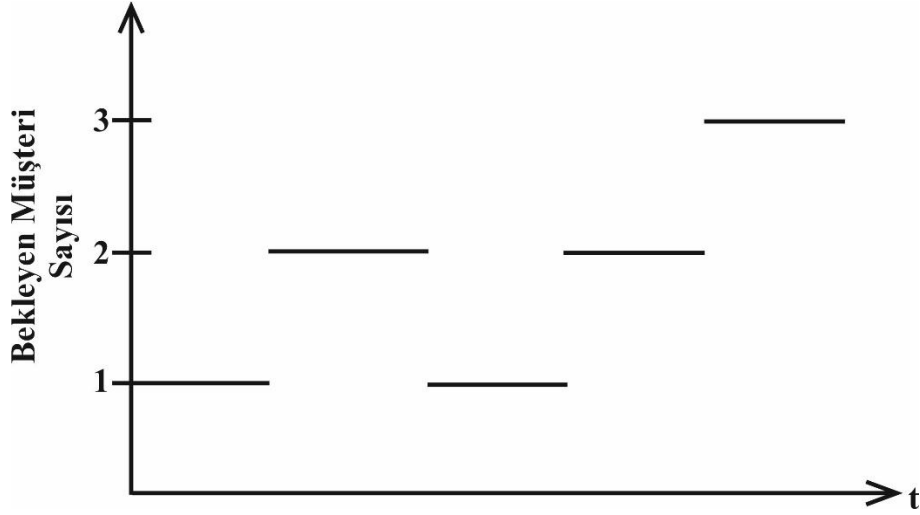
Simülasyon modellerini, sistem ya da sürecin durumuna göre statik ve dinamik, simülasyona esas olan değişkenlerin rassal olup olmamasına göre deterministik ve stokastik, sistemde yer alan değişkenlerin zaman içinde gözlenmesine göre ise kesikli ve sürekli olarak

üç başlık halinde sınıflandırmak mümkündür (Law ve Kelton, 1982, s.6-7; Kırar, 2016, s. 43-44).

Statik ve Dinamik Simülasyon Modelleri: Statik simülasyon modeli, belirli bir zamanda bir sistemin temsilidir ya da zamanın hiçbir rol oynamadığı bir sistemi temsil etmek için kullanılan bir modeldir. Monte Carlo simülasyon modelleri, bir sabit durum sistemi ile ilgilenen zamandan bağımsız (statik) modeller olarak nitelendirilmektedir (El-Haik ve Al-Aomar, 2006, s.88). Dinamik bir simülasyon modeli, bir fabrikadaki konveyör sistemi gibi zamanla gelişen bir sistemi temsil eder. Yani dinamik simülasyon modellerinde zamana bağımlı rassal değişkenler kullanılmaktadır.

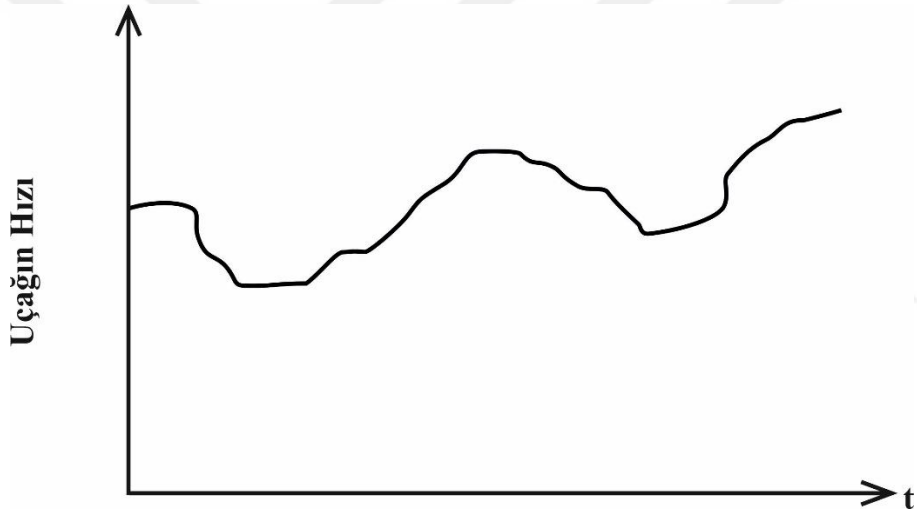
Deterministik ve Stokastik Simülasyon Modelleri: Bir simülasyon modeli herhangi bir olasılıksal (yani rastgele) bileşen içermiyorsa, buna deterministik simülasyon modeli denir. Sistemden çıktı elde edebilmek için girdi kümesinin değerlerini belirlemek ve birbirleri arasında mantıksal ilişkileri doğru bir şekilde oluşturmak yeterlidir. Örneğin bir kimyasal reaksiyonu tanımlayan karmaşık bir diferansiyel denklem sistemi bu modele örnek olarak verilebilir. Deterministik modellerde, modeldeki girdi miktarları ve ilişkiler kümesi belirlendikten sonra, çıktının ne olduğunu değerlendirmek çok fazla zaman alsa da çıktı "belirlenir". Stokastik simülasyon modelleri, rastgele olan çıktılar üretir ve bu nedenle modelin gerçek özelliklerinin yalnızca bir tahmini olarak ele alınmalıdır. Bu durum simülasyonun ana dezavantajlarından olarak görülmektedir. Çoğu kuyruk ve envanter sistemi stokastik olarak modellenir. Ancak deterministik modele göre kıyaslandığında belirsizlikleri hesaba kattığı için daha gerçekçi sonuçlar vermektedir (Law, 2015, s.6).

Kesikli ve Sürekli Simülasyon Modelleri: Sistemdeki değişkenlerin değerleri Şekil 3.4'de görüldüğü üzere simülasyon süresi boyunca sadece belirli zaman noktalarında değişiyorsa kesikli simülasyon modeli, Şekil 3.5'te verildiği gibi zamanın bir fonksiyonu olarak sürekli bir biçimde değişiyorsa sürekli simülasyon modeli söz konusudur.



Şekil 3.4 Kesikli Dağılım Grafiği

Kaynak: Ersöz, 2019, s.18



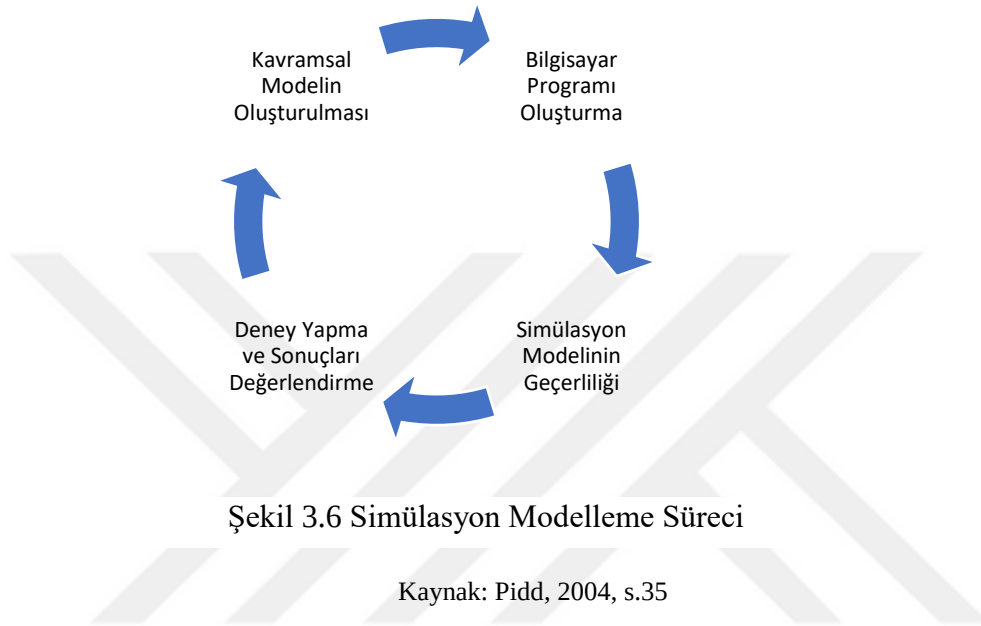
Şekil 3.5 Kesikli Dağılım Grafiği

Kaynak: Ersöz, 2019, s.19

Kesikli veya sürekli değişim gösteren değişkenlerin karşılıklı etkileşim içinde bulunduğu karma modeller de mevcuttur. Kesikli bir modelin her zaman ayrı bir sistemi modellemek için kullanılmadığı ve bunun tersi olduğu belirtmekte fayda vardır. Belirli bir sistem için kesikli mi yoksa sürekli bir model mi kullanılacağına karar verebilmek için çalışmada neyin amaçlandığı çok önemlidir. Örneğin, tek tek arabaların özellikleri ve hareketi önemliyse, bir otoyoldaki trafik akışının modeli ayrık olacaktır fakat arabalar "toplu olarak" ele alınabiliyorsa, trafik akışı sürekli bir modelde diferansiyel denklemler aracılığıyla tanımlanabilmektedir.

3.3.6. Simülasyonun Modelleme Süreci

Simülasyonun modelleme süreci ile ilgili literatürde çok fazla şema ve diyagram mevcuttur. Shannon (1975), Ülgen (1991), Dietz (1992), Gogg ve Mott (1992), Musselman (1992), Law ve Kelton (2000) ve Banks, Carson, Nelson ve Nicol (2001) aslında aynı süreçleri daha uzun ya da daha kısa adımlar halinde ifade etmişlerdir (Robinson, 2004, s.51).



Genel itibariyle Şekil 3.6’da verilen simülasyonun modelleme sürecini kısaca özetlenecek olursa (Robinson, 2004, s.51-52);

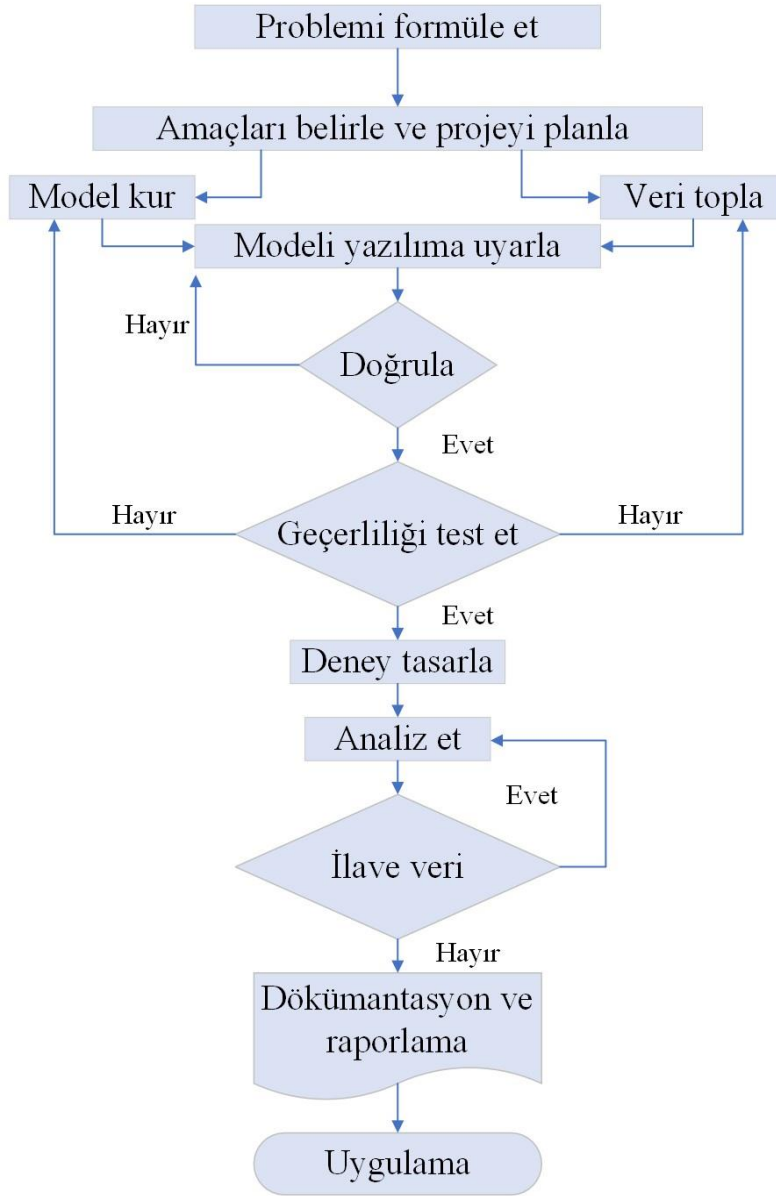
Kavramsal model: Geliştirilmesi düşünülen simülasyon modelinin akış şeması şeklinde gösterilmesidir.

Bilgisayar programının oluşturulması: Tasarlanan kavramsal modelin bilgisayar programında görselinin sunulmasıdır.

Simülasyon Modelinin Geçerliliği: Belirlenen bir hedefe yönelik olarak oluşturulan simülasyon modelinin sonuçlarının gerçek sistemin sonuçları ile uyumlu olup olmamasıdır.

Deney yapma ve sonuçları değerlendirme: Bir problemi çözmek veya bir amacı gerçekleştirmek için oluşturulan ve geçerliliği kanıtlanan model üzerinde birtakım denemelerin yapılması ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesidir.

Simülasyonun uygulama adımları daha detaylı olarak Şekil 3.7’de verilmiştir. Bu adımlar alt başlıklar halinde aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 3.7 Simülasyonun Uygulama Adımları
Kaynak: Banks ve diğerleri, 2004

3.3.6.1. Sistemin veya Problemin Tanımlanması, Amaçların Belirlenmesi

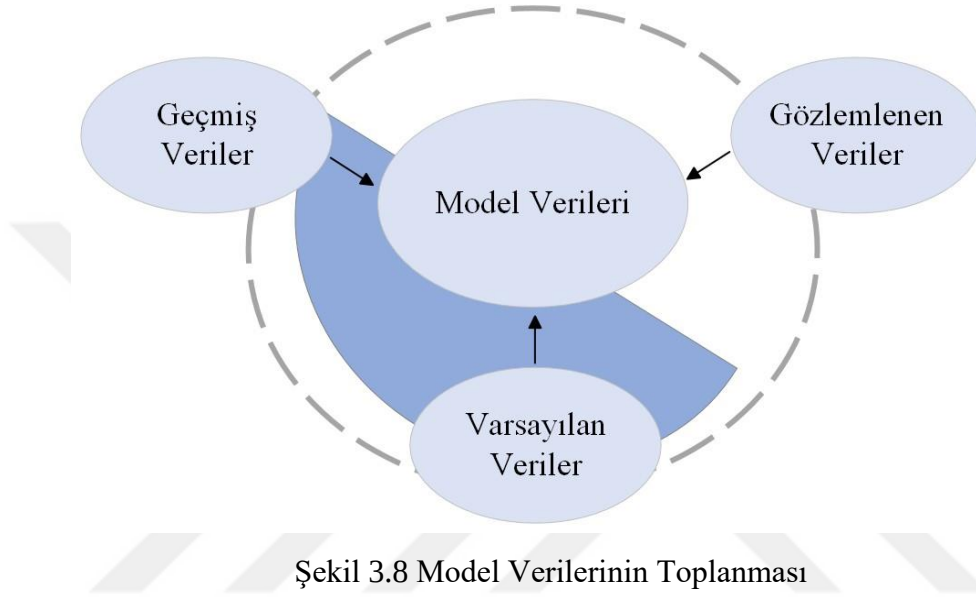
Simülasyon çalışması ilk olarak problemi formüle etmekle başlar. Problemin karar verici ve simülasyon analizini gerçekleştiren kişi tarafından doğru tespit edilip anlaşılması çok önemlidir. Problemi genel bir amaç ve bir dizi kısıtlama açısından formüle etmek, problemin daha iyi bir temsilini sağlar.

Problemin formüle ettikten sonra amaçların ve projenin (çalışma planının) ortaya konulması gerekir. Bu doğrultuda performans ölçütlerinin neler olduğu belirlenmelidir.

3.3.6.2. Verilerin Toplanması ve Girdi Verilerinin Analizi

Modelde kullanılan veriler modelin doğruluğu ve geçerliliğini etkilemektedir. Bu nedenle modelde yer alan verilerin toplanması ve analizi çok önemlidir.

Model verileri, simülasyon çalışmasının yapısına bağlı olarak geçmiş verileri gözden geçirerek, sistem operasyonları üzerinde gözlemler yaparak veya varsayımlar ve karşılaştırmalar yapılarak elde edilir. Model geliştirmede toplanan veri türleri Şekil 3.8' de gösterilmektedir.



Kaynak: El-Haik, ve Al-Aomar, (2006)

Simülasyon verilerinin, simülasyon yazılımı kullanılarak model oluşturmaya paralel olarak toplanabileceği tavsiye edilmektedir. Çünkü veri toplamak zaman alabilir ve model yapısının oluşturulması ve model mantığının tasarlanması model verilerinden bağımsız olabilmektedir. Varsayılan parametreler ve genel birtakım veriler, sistemden alınan veriler toplanıp kullanılabilir hale gelinceye kadar başlangıçta kullanılabilir. Böylelikle hem zamandan kazanılmakta hem de büyük resmi önceden görmek mümkün olabilmektedir.

Girdi analizi için gerekli olan veriler deterministik (belirli) veya rassal (olasılıksal) olabilmektedir. Olaylar her defasında aynı şekilde oluyorsa veriler deterministik yapıdadır. Fakat her defasında farklılık gösteriyorsa veriler rassal yapıdadır. Verilerin rassal olması halinde gerçekleşen olayı veya işlemi en iyi şekilde temsil edecek şekilde yeterli sayıda veri toplamak önemlidir (Ersöz, 2019, s.62).

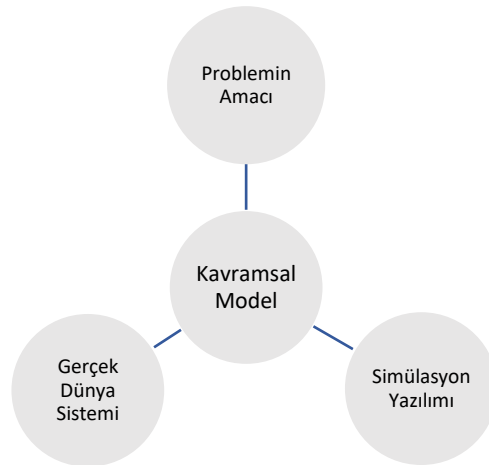
Veri analizi için bir çok simülasyon paket programının da kullanmış olduğu adımlar aşağıda verilmiştir (El-Haik ve Al-Aomar, 2006, s.150).

1. Adım: *Veri haritası oluşturmak*. Dağılımın genel niteliğini belirlemek için histogram veya özetleyen istatistikler kullanmak.

2. Adım: *Dağılım grubunu seçmek*. Adım 1'in sonuçlarını kullanarak uygun dağılımı seçmek. Her dağılımı gözlemlenmiş veriye uydurmak ve dağılım parametrelerini tahmin etmek.
3. Adım: *En uygun dağılımı seçmek*. Bir ya da birkaç uygun istatistik kullanarak uyumu yapılmış dağılımlar arasından gözlemlenmiş veriyi en iyi şekilde temsil edeni belirlemek.
4. Adım: *Dağılım kalitesini kontrol etmek*. Dağılımın uyum iyiliğini belirlemek için Ki-Kare testi, Kolmogorov–Smirnov testi, Anderson–Darling testi gibi testler uygulamak.

3.3.6.3. Modelin (Kavramsal ve Mantıksal olarak) Kurulması

Verilerin toplanması ve girdi verilerinin analiziyle eşanlı olarak modelin kavramsal ve mantıksal çerçevesinin de oluşturulması gerekmektedir. Kavramsal modelleme, modelin girdilerin, çıktılarının, amaçların, varsayımların ve bilgisayar simülasyon modelinin yazılım kullanmadan tanımlanmasıdır. Yani operasyonların birbirini nasıl takip edeceği ya da sistemde yer alan parçaların birbiriyle nasıl bir etkileşimde bulunacağı belirlenmektedir. Kavramsal model formüle edilen problem ve simülasyon çalışmasının amaçları dikkate alınarak geliştirilmelidir. Şekil 3.9'da, kavramsal modellemenin gereksinimleri gösterilmektedir (Al-Aomar ve diğerleri, 2015, s.25-26).



Şekil 3.9 Kavramsal Bir Modelin Tasarımı

Kaynak: El-Haik ve Al-Aomar, (2006)

Burada üzerinde durulması gereken husus; modeli olabildiğince basit oluşturmaktır. Amaca hizmet etmeyen verileri modele dâhil etmek hem işi zorlaştırmakta hem de modelin

doğruluğunu azaltmaktadır. Basit bir model hem analizi yapan hem de karar verici tarafından daha çabuk anlaşılır ve müdahale edilebilir. Ayrıca daha kısa sürede etkili sonuçlar alınır. Öte yandan aşırı basit bir modelin vereceği sonuçlar da gerçek hayattan uzaklaşır. Birçok problem için model oluştururken problemi kontrol eden çok sayıda değişkenden sadece bir kısmına yoğunlaşılmalı ve onları gerçek durumun tasvirini yapmakta yeterli kabul edilmelidir. Model kurarken genelde çok karmaşık olan gerçek sistem belli kabullerle (varsayımlarla) basitleştirilmeli, soyutlanmalı ve bu kabuller üzerine problemi ele almamızı kolaylaştıracak “yeni bir gerçeklik” veya “varsayılan gerçeklik” kurgulanmalıdır (Ayvaz, Kuşakçı ve Borat, 2017, s.3).

Modelin geliştirilmesi aşmasında yapılan soyutlaştırmanın seviyesi ne olacaktır? Veya başka bir deyişle varsayılan gerçeklik gerçek hayatın ne kadarını, nasıl yansıtacaktır? Bu noktada modeli ele alınamayacak kadar çok karmaşık yapacak detaylı bir yaklaşımla, modelin gerçek durumu açıklama ve benzetme kabiliyetini büyük ölçüde olumsuz etkileyecek yüzeysel bir yaklaşımın arasındaki dengeyi kurmak çok önemlidir (Ayvaz ve diğerleri, 2017, s.3).

Özetle model geliştirilirken çok karmaşık ve çok basit soyutlama yaklaşımları arasında bir denge kurulmalıdır. Yani ne gerçek problemi temsil kabiliyeti çok sınırlı basit bir model ne de problemi bütün karmaşıklığı ile ele alan ancak kavraması, kurması ve çözmesi zor bir model olmalıdır. Bu ikisini birleştiren orta bir yol izleyerek "basit ama işe yarar" bir model kurmak amaçlanmalıdır.

3.3.6.4. Modelin Yazılıma Uyarlanması

Bu aşamayı kavramsal ve mantıksal çerçevesini oluşturulan modelin bilgisayara uyarlanması olarak tanımlamak mümkündür. Modelde genel programlama dilleri kullanılabileceği gibi özel simülasyon dilleri veya bu diller kullanılarak hazırlanmış paket programlar da kullanılabilmektedir. Özel simülasyon dilleri arasında en yaygın kullanılanlar SIMAN, GPSS, SIMSCRIPT, SLAM II, Q-GERT iken en yaygın kullanılan simülasyon paket programları ise Arena, ProModel, Automod, Simul8, Simio, Flexsim Software, Enterprise Dynamics'dir. Bu çalışmada Arena 14.0 simülasyon programı kullanılmıştır.

3.3.6.5. Modelin Doğrulama ve Geçerlemesi

Doğrulama aşaması oluşturulan simülasyon modelinin bilgisayar programında beklendiği gibi işlediğini görmek ve modelin yazılım programına aktarılması sırasında oluşabilecek hataları görebilmek açısından gereklidir. Doğrulama aşamasında modele dâhil olan tüm parçaların ayrı ayrı ve bir arada çalıştığında nasıl sonuçlarla karşı karşıya kalındığını

gözlemlemek mümkündür (Shannon, 1992, s.71). Oluşturulan model eğer büyük bir modelse modele ait parçaların tek başına nasıl çalıştığını gözlemlemek ve sonrasında bir bütün halinde nasıl çalıştığını gözlemlemek sayesinde daha doğru bir sonuç elde edilmektedir. Hatta modeli ilk önce basit haliyle kurup nasıl çalıştığına bakmak ve sonrasında detaylandırmak daha doğru bir model oluşturulması açısından önemlidir.

Modelin doğrulamasını yaparken kod kontrolü, çıktıların kontrolü, animasyon izleme, izleme (trace) ve hata ayıklama yöntemlerinden yararlanılabilmektedir. Kod kontrolü, kurulan modelde bir hata veya eksiklik varsa bunu tespitinde kullanılır. Animasyon izleme, simülasyon modelinin düşünüldüğü gibi çalışıp çalışmadığını görebilmek için kullanılabilmektedir. İzleme (Trace) ve hata ayıklama işlemi ise değişkenlerden birinin değeri değiştirildiğinde aynı değişkenin değerini veren detaylı bir çıktıdır (Ersöz, 2019, s.175-176).

Geçerleme, simülasyon modelinin kullanılması için simülasyondan elde edilen sistemle ilgili herhangi bir çıkarımın doğru olduğuna dair kabul edilebilir bir güven düzeyinin oluşturulması sürecidir. Geçerleme sırasında genel olarak şu üç soru sorulmaktadır (Shannon,1992, s.71):

- a) Model, gerçek sistemi yeterince temsil ediyor mu?
- b) Model tarafından üretilen davranışsal veriler, mevcut sistemin davranışsal verilerinin özelliği midir?
- c) Simülasyon modeli kullanıcısı, simülasyon modelinin sonuçlarına yeterince güveniyor mu?

Geçerleme doğru modelin kurulması ile ilgili olup, modelin gerçek sistemin tam doğru temsili olduğunu doğrulamaya çalışmaktadır. Modelin geçerlemesi sırasında da animasyon izleme, gerçek sistemle karşılaştırma, dejenere ve aşırı durum testi yapma, yüz geçerliliğinin kontrolü, duyarlılık analizi gibi yöntemlerden yararlanılmaktadır. Animasyon izleme yönteminde mevcut sistemi çok iyi bilen ya da sistem hakkında bilgi sahibi olan birisinin modelin görsel animasyonunu izleyip karşılaştırma yapmasıdır. Gerçek sistemle karşılaştırma yönteminde, mevcut sistemden beklenen çıktılarla, oluşturulan simülasyon modelinin çıktılarının karşılaştırılmasıdır. Mevcut sistemde, oluşturulan simülasyon modeli arasında ne kadar fazla ortak nokta varsa model o kadar güvenilir demektir. Dejenere ve aşırı durum testi yönteminde, modelin aşırı uç durumlar dâhilinde çalıştırıldığında beklenen tepkiyi verip vermediğine bakılmaktadır. Yüz (face) geçerliliği yönteminde, sistem hakkında bilgi sahibi olan uzman bir kişinin görüşü alınarak model davranışlarının kabul edilebilirliği sorgulanır. Duyarlılık analizi yöntemi ise oluşturulan simülasyon modelinin girdi değişkenlerinin değiştirilerek modelin bu değişikliğe ne kadar duyarlı olduğunun test edilmesidir. Örneğin

darboğaz olan bir noktada kaynak sayısı iki katına çıkarıldığında üretim miktarının da artması beklenmektedir (Ersöz, 2019, s.179-180).

3.3.6.6. Deneyin Tasarlanması ve Analiz Edilmesi

Modelin doğrulanması ve geçerlemesi yapıldıktan sonra deney tasarımı sürecine gelinmektedir. Modelin doğrulanması ve geçerliliğinin test edilmesi modelin güvenilir olduğunu ve artık mevcut duruma ilişkin modelin performans göstergelerinin farklı senaryolarla test edilebileceğini göstermektedir. Modelin güvenilirliği için çok defa çalıştırılması ve performans göstergelerinin durağanlaştığı tekrar sayısının tespit edilmesi gerekmektedir. Performans göstergelerinin durağanlaştığı nokta ısınma periyodu olarak ifade edilmektedir. Oluşturulacak senaryolarla ilgili veriler toplanır. Her senaryo birçok kez çalıştırılmalı ve rassal sayıların farklı sıralarına göre tekrar edilmelidir (Altıok ve Melamed, 2007,s.165).

Alternatif senaryoları mevcut sistemle karşılaştırabilmek için bazı performans ölçülerinin (metriklerinin) belirlenmesi gerekmektedir. Alternatif senaryoların analizini yapan kişi ya da kişilerin problemin tanımlanması ve amaçların belirlenmesi aşamasında bu metrikler göz önünde bulundurulmaktadır. Problemin çözülmesinde en önemli rolü oynayan metrikler dikkate alınmalıdır. Ortalama işlem süresi, ortalama sistemde geçirilen süre, ortalama kuyrukta bekleme süresi, ortalama kuyruk uzunluğu, kaynakların kullanım oranları gibi metrikler buna örnek gösterilebilmektedir (Çörekçi, 2014, s.14).

Dokümantasyon, performans göstergelerine (metrik) ilişkin çıktı sonuçlarının raporlanması işlemidir. Uygulayıcılar tarafından bu sonuçların kolay anlaşılır bir halde anlaşılması açısından bu aşama çok önemlidir. Dökümantasyon, simülasyon modelinin tekrar kullanılması halinde modelinin nasıl çalıştığının anlaşılmasına yardımcı olur. Simülasyon modeline olan güvenilirliğini artırır ve eğer simülasyon modelinde değişiklikler yapılacaksa değişikliklerin daha kolay yapılmasını sağlar (Banks, 1998, s.18).

3.4. Kalite Araçları

Literatürde yer alan çalışmalarda mevcut durumu ortaya koymak ve mevcut durumu iyileştirmek amacıyla alternatif senaryolar önermek için simülasyon yönteminden çokça yararlanılmıştır. Bu çalışmada literatürde olduğunun aksine önce hatalı ürünlerin sistemde dolaşımını azaltmak ve sağlam çıktı miktarını arttırmak için geçmiş hata türlerine ilişkin verilerle ara kontrol ve son kontrol için iki ayrı pareto analizi yapılmış ve en önemli hata türlerine anında müdahale edilecek alternatif bir senaryo üretilmiştir. Daha sonra ikinci

alternatif senaryo ile işletmenin dikim ve sonrası üretim hattında meydana gelen ve mevcut durum simülasyonunda tespit edilen darboğazların nedenlerini ortaya koymak ve bu nedenlerden en önemlilerine müdahalede bulunmak amacıyla bir neden-sonuç diyagramı oluşturulmuştur.

Her iki alternatif senaryoda mevcut duruma yönelik bir problemi ortadan kaldırmak ya da mevcut durumdan daha iyi bir hale getirmek amaçlanmıştır. Bu da bir nevi süreç iyileştirmesi olarak ifade edilebilir. Süreç iyileştirme süreçte yer alan kaynaklarının verimli şekilde kullanılması ve bunun izlenmesi olarak ifade edilebilir (Bozkurt, 2003, s. 8). Sürece yapılan iyileştirmeler neticesinde süreç performansı artacak, yeniden işleme azalacak, süreç daha hızlı işleyecek ve çevrim süresi kısıllacaktır (Narlı, 2009, s.105). Özet olarak sistem katma değer yaratmayacak işlemlerden arındırılarak, mevcut kaynaklar daha etkin bir şekilde kullanılmakta ve sistem performansı yükselmektedir.

Süreç iyileştirilmesinde kalite iyileştirme araçları üretimde gerçekleşen birçok analitik problem çözümü için kullanılmaktadır. Kalite iyileştirme araçları yedi temel istatistiksel araç ve yeni yedi istatistiksel araç olmak üzere iki ana başlık halinde ele alınmıştır.

3.4.1. Yedi Temel İstatistiksel Araç

Üretim süreçlerinde karşılaşılan pek çok sorunun çözümünde kalite iyileştirme araçları kullanılmaktadır. Kalite iyileştirmede yedi temel istatistiksel araç vardır. Bu araçlar pareto diyagramı, neden- sonuç diyagramı, histogramlar, kontrol tabloları, saçılma diyagramları, grafikler ve kontrol diyagramlarıdır. Pareto diyagramları problemleri sebep ve olaya göre sınıflandırır. Problemler önceliklerine göre bir çizelge haline getirir. Neden-sonuç diyagramı bir durumun karakteristiklerini ve bu karakteristiklere etki eden faktörleri analiz etmek için kullanılır. Histogramlar, ölçme sonucunda elde edilen sıklık verilerinin bir değer etrafında yığılma gösterdiğini ve bu değerden sapmaları yani dağılımları belirlemede kullanılmaktadır. Kontrol tabloları maddeler halinde düzenlenen ve her bir maddenin hangi sıklıkta görüldüğünün kaydedildiği çizelgelerdir (Diken, 2017, s.87). Saçılma diyagramları ise birbirleri ile ilişkili iki ayrı veri arasındaki ilişkiyi analiz etmek için kullanılmaktadır. Grafikler, hangi amaç doğrultusunda kullanılacaksa o doğrultuda çizgi, çubuk, pasta ya da radar gibi çeşitli verilerin aynı anda analizinde kullanılmaktadır. Kontrol diyagramlarında, sürecin kontrol altında olup olmadığının belirlenmesinde alt ve üst kontrol limitlerinden yararlanılmaktadır (İmai, 1997, s.239-242).

Bu çalışmada alternatif senaryoları oluştururken Pareto Analizi ve Neden-Sonuç Diyagramından (Balık Kılçığı) yararlanıldığı için bu iki yöntemden biraz daha detaylı olarak bahsedilmiştir.

3.4.1.1. Pareto Analizi

Pareto analizi, olayları (problem, hata vb.) en yüksek sıklıkta gerçekleşenden, en düşük sıklıkla gerçekleşenlere doğru sıralayan bir kalite iyileştirme aracıdır (Karuppusami ve Gandhinathan, 2006, s.376). Söz konusu olaylara ilişkin verileri tasnif etmek için pareto grafiklerinden yararlanılmaktadır. Böylelikle çok sayıda önemli sebepler, daha az sayıda önemli sebeplerden ayrılmaktadır. Bu teknik vasıtasıyla hata çeşitlerine değer biçmek mümkün olacaktır (Grant-Leavenworth, 1988, s.291; akt. Özcan, 2001, s. 153).

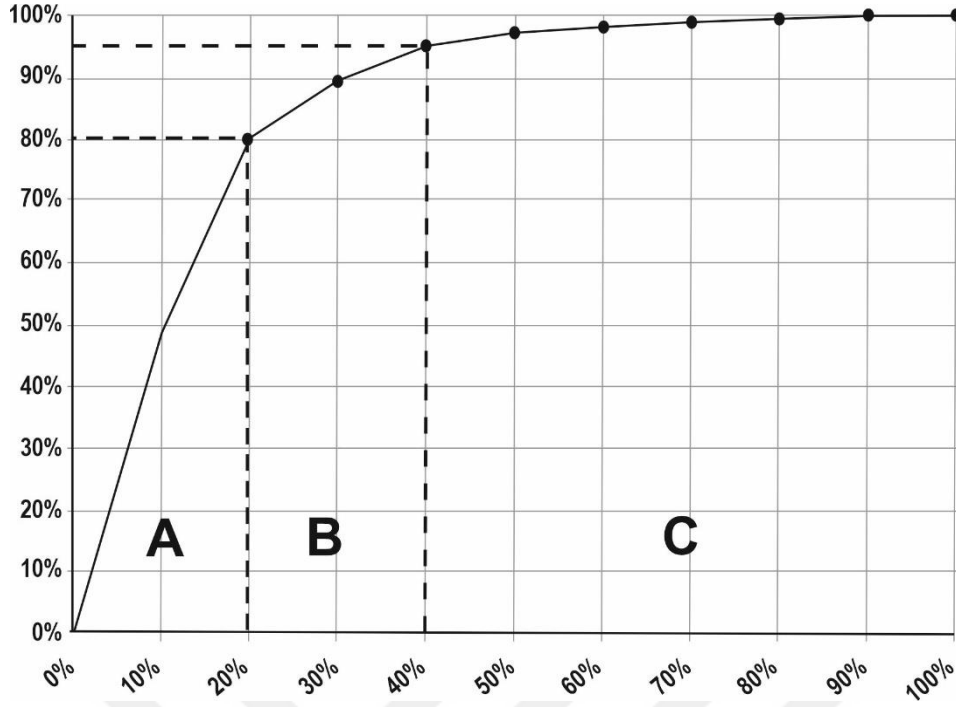
Olaylara “az sayıda” ya da “yararlı çoğunluk” olarak önceliklendirilerek etki derecelerini yani katkısını belirlemektedir. Bir pareto diyagramı üç temel öğeyi içermektedir. Bunlar (Juran ve Godfrey, 1999, s.1-1730);

- Katkının büyüklüğüne göre sıralanan toplam etkiye katkıda bulunanlar.
- Her bir katkının sayısal olarak büyüklüğünün ifadesi
- Katkıda bulunanların toplam etkisinin kümülatif yüzdesi.

Pareto diyagramının amaca hizmet etmesi için sebeplerin önem sırasına göre gösterilmesi daha rasyonel bir davranıştır. Çünkü sorunların temel nedenlerinin belirlenmesi gerekmektedir (Çetin,2013, s.172). Pareto diyagramını oluştururken aşağıdaki aşamalar takip edilmelidir. Bunlar;

- Bütün sebeplerin listelenmesi.
- Sebeplerin ölçümü.
- Sebeplerin sınıflandırılması.
- Kümülatif dağılımlarının hesaplanması.
- Pareto grafiğinin çizilmesi.
- Grafiğin yorumlanması.

Şekil 3.10’da bir ABC Analizi eğrisi verilmiştir. Bu diyagramın dikey eksen, üzerinde durulan konunun sonuçlarının yüzde değerlerini, yatay eksen ise üzerinde durulan konunun nedenlerinin yüzde değerlerini ifade etmektedir (QCC, 1984).



Şekil 3.10 Pareto Analizinin Tipik Eğrisi

Kaynak: QCC, 1984

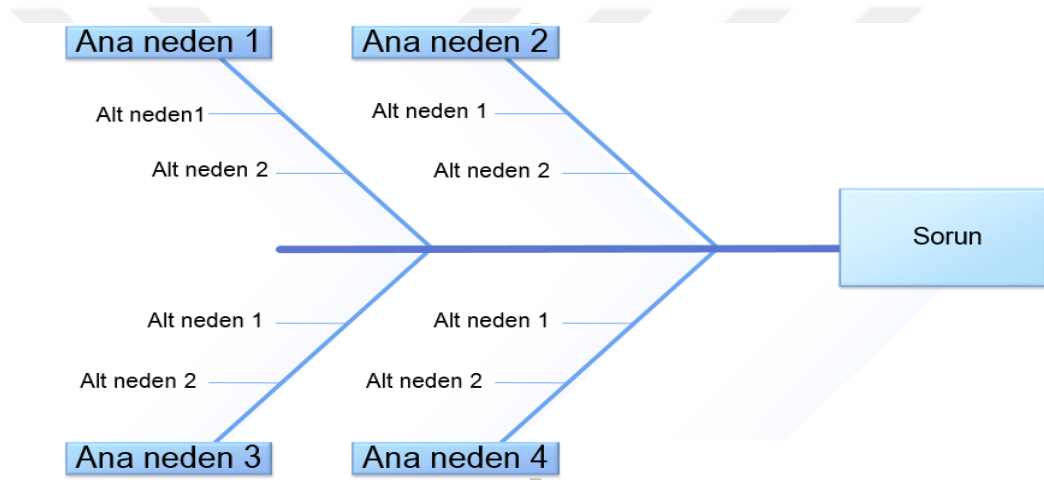
Grafikte önem dereceleri fazla olan sütunlar en uzun olan sütunlardır. En uzun sütunla ilgilenmek bizi daha fazla zaman kazandıracaktır. (Arslan, 2019, s.4). Ancak bazen bu en büyük sütunda yer alan hatayı çözmek çok fazla zaman alabilir burada süreci iyi analiz etmek ve süreçte yer alan özel bilgilerden yararlanmak gerekmektedir. Bu durumda bazı hata türlerine öncelik verilebilir.

Pareto analizinde amaç daha az önemli sorunların bırakılıp yerine en önemli olanlara odaklanılmasıdır. Buna göre problemlerin %80'inin sebebi, %20'yi oluşturan olaylardan kaynaklanmaktadır. Bu yöntem "alışılmış temel ayırım yöntemi" olarak da tanımlanmaktadır. Hatta bazen 80/20 kuralı ya da 70/30 kuralı şeklinde de ifade edilmektedir. Pareto Analiziyle problemlerin önem dereceleri, hataların gerçekleşme sayıları ve sebepleri net bir şekilde belirlendiği için hangi alanlarda iyileştirmelerin yapılması gerektiği kolayca tespit edilebilmektedir (Dicle, 1984, s.13-14; akt. Efil, 2010, s.190).

Pareto analizi bir problemin ya da durumun önemli sonuçlarına ilişkin ilişkileri görmek ve önemli kritik sorunları nispeten daha az olan sorunlardan ayırmak için kullanılmaktadır. Sürekli iyileştirme sürecinde bir analiz yapıyorken kaynakları ve çabayı doğru noktaya yönlendirmek istenildiğinde tercih edilmektedir (Shahin, Arabzad ve Ghorbani, 2010, s.189).

3.4.1.2. Neden Sonuç Diyagramı (Balık Kılçığı)

Neden Sonuç Diyagramı belirli bir problemin, mümkün olan sebeplerine odaklanarak, potansiyel sebepler üzerinde düşünüp problemi açığa kavuşturmak için imkân sağlayan bir yöntemdir. Ishikawa tarafından geliştirilen bu yöntemde okun başına problem (sorun) yazılır. Daha sonra olası ana nedenler (personel, çalışma yöntemi, malzeme, ekipman gibi) belirlenir. Örnek bir şablon Şekil 3.11’de verilmiştir. Olası ana nedenlerin altında ise bu ana neden başlığı altında kategorize edilebilecek alt nedenler yer almaktadır. Neden- sonuç diyagramları ilk olarak üretim problemlerine uygulanmıştır. O zamandan beri de neredeyse her alanda kullanılabilmektedir. Neden Sonuç diyagramı oluşturmak süreçte ekibin zamanını ve çabasını doğru noktaya yönlendirmek açısından etkilidir (Juran ve Godfrey,1999, s.42).



Şekil 3.11 Neden Sonuç Diyagramı

Kaynak: 12 Manage, 2022

Neden - sonuç diyagramı şu aşamalardan oluşturulması için gerekli adımlar aşağıda verilmiştir (Duran ve Çetindere, 2012, s.246):

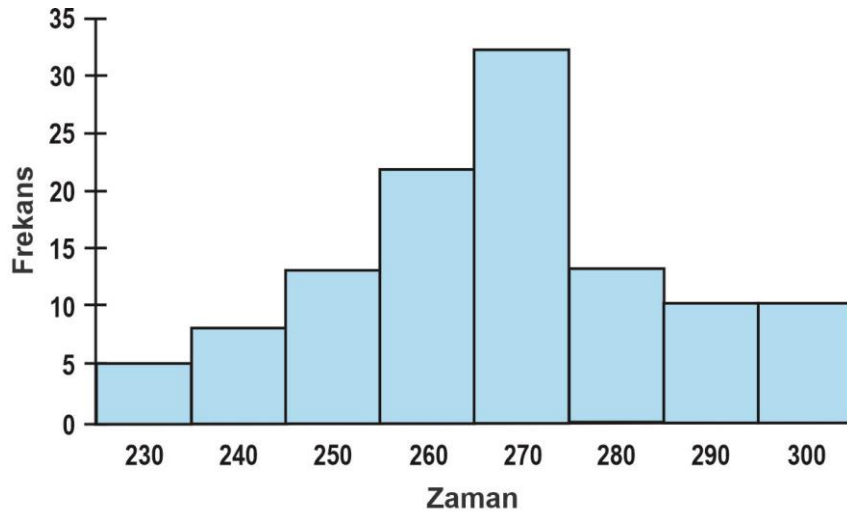
- Problemin veya sorunun analizini yapmak,
- Analizi gerçekleştirmek için takım kurmak. Bu takım potansiyel nedenleri beyin fırtınası yaparak ortaya çıkarmaktadır.
- Etki eden faktörleri ve merkez çizgiyi oluşturmak,
- Önemli potansiyel ana neden kategorilerini belirlemek ve onları merkez çizgide kutucuklar şeklinde birleştirmek,
- Olası nedenleri tanımlamak ve onları kategorize etmek ve gerekirse yeni kategoriler oluşturmak

- Probleme en fazla etki yapan sebepleri göz önüne alarak sebepleri sıralamak
- Düzeltici önlemler almak

Neden-Sonuç diyagramı; belirli bir problemin, olası sebeplerine odaklanarak, bir problem çözme ekibinin, probleme neden olan potansiyel sebepleri ortaya çıkarmasını sağlamaktadır. İlaveten potansiyel sebepleri ayıklayıp gerçek kök sebep veya sebepleri keşfetmek için daha verimli çalışma olanağı sunmaktadır (Juran ve Godfrey, 1999; akt. Yıldırım ve Karaca, 2013,s.78). Bu yöntemle problem çözme süreci daha düzenli hale gelmektedir. Problem hakkında bütün bilinenler ortaya konulmakta, bilinenlerden bilinmeyenlere doğru sistematik olarak ilerlemek mümkündür. Problemlerle ilgili alanda deneyimli uzman kişilerin görüşünden yararlanılmak mümkündür (Akşit, 1999: akt. Atalay ve Kılıç, 2015, s.74-75)

3.4.1.3. Histogramlar

Histogram, verideki gözlem değerlerin dağılımlarının daha iyi anlaşılması ve tanımlanmasını sağlayan bir kalite aracıdır. Bir sistemden elde edilen veri yığınlarının anlamlı bir biçimde gruplandırılarak gösterilmesine yardımcı olur. Böylelikle veri daha düzenli bir şekilde gösterilmiş olur. Kalite standartlarındaki sapmalar “dağılım” olarak ifade edilir (Diken, 2017, s.86). Şekil 3.12’de bir histogram grafiği örneği yer almaktadır.



Şekil 3.12 Histogram Grafiği Örneği

Histogram, gözlemlenen değişkenlerin belirli aralıklarla işaretlenen yatay bir çizgi üzerine inşa edilmiş dikey çubuklardan oluşan bir grafikdir. Aralıklar, bir frekans dağılım tablosundaki sınıflara karşılık gelmektedir. Her çubuğun yüksekliği, o aralıktaki gözlem

sayısını göstermektedir. Gözlem sayısı çubukların üzerinde görüntülenebilmektedir (Newbold, 2013,s.44). Histogram grafiklerinin operasyon sürecinde çalışanların kolaylıkla yararlanabileceği şekilde tasarlanması çok önemlidir.

3.4.1.4. Kontrol Tabloları

Kontrol tabloları üretim sürecindeki dağılım kontrolü, hatalı parça kontrolü, hatalı veri kontrolü gibi çeşitli amaçlarda kullanılmaktadır (Akın, 1996, s.34). Tablo 3.1’de bir örnek yer almaktadır.

Tablo 3.1 Kontrol Tablosu Örneği				
	Günler			
Kusur	1	2	3	4
X	//	/	////	/
Y	/	///	//	////
Z	///	/	/	//

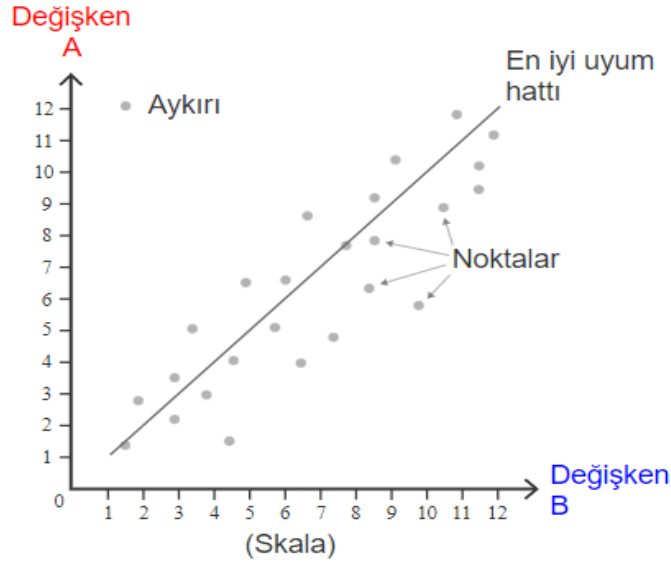
Tablo 3.1’de görüldüğü gibi X, Y ve Z gibi farklı kusurların günlere göre verileri düzenli olarak kaydedilmiştir.

Kontrol tablolarında bir üretim sürecinde ürünlerin alt standart sapma sınırları dâhilinde kalması bu sürecin doğal değişkenlik sınırları içinde kaldığını gösterir. Süreç sadece normal nedenlerden etkilenmektedir. Ancak bu sınırlar dışında kaldığında ise özel nedenlerden etkilendiğini göstermektedir (Diken, 2017, s.87).

Kontrol tabloları problemin kaynağını belirlemek ve problemlere neden olan özel nedenleri tespit etmek için kullanılan bir yöntemdir. Veri toplama sürecinde uygulanmaktadır. Problemlerin çözümüne ilişkin geliştirilen değişikliklerin etkilerini değerlendirmede kullanılmaktadır (Shahin vd. ,2010, s.189). Süreç kontrol tablosu, kusur kontrol tablosu, tabakalı kusur kontrol tablosu ve sebep sonuç diyagramı kontrol tablosu gibi farklı şekillerde tablolar oluşturulmaktadır (Diken, 2017, s.87).

3.4.1.5. Saçılma Diyagramları

Saçılma diyagramı, iki değişken arasında bir korelasyon olup olmadığına karar vermek, bir neden sonuç ilişkisi olabileceğini (ya da neden-sonuç ilişkisi olmadığını) göstermek için kullanılan grafiksel bir araçtır (Juran ve Godfrey,1999, s.1-1730). Şekil 3.13’de örnek bir saçılma diyagramı verilmiştir.



Şekil 3.13 Saçılım Diyagramı Örneği

Kaynak: The Data Visualisation Catalogue, 2023

Saçılma diyagramı Şekil 3.13’de görüldüğü gibi A ve B gibi iki değişken arasındaki basit doğrusal ilişkinin resmini ortaya koymaktadır. X ve Y eksenlerinde değişkenler verildiği zaman elde edilen dağılımın şekli korelasyon hakkında fikir vermektedir (Çetin, 2013, s.173).

3.4.1.6. Grafikler

Yapılan analizlerin amacına göre çizgi grafiği, çubuk grafiği, daire grafiği, radar grafiği gibi birçok grafik türü bulunmaktadır. Bu grafik türlerinden en fazla kullanılanlardan aşağıda kısaca bahsedilmiştir.

Çizgi grafikleri: Verinin zaman içindeki değişim trendini göstermek için kullanılırlar. Ani değişimleri gözlemlemek mümkündür. Birden fazla veri olması halinde birden fazla çizgi bulunmaktadır (Ermeydan, 2022, s. 227-229).

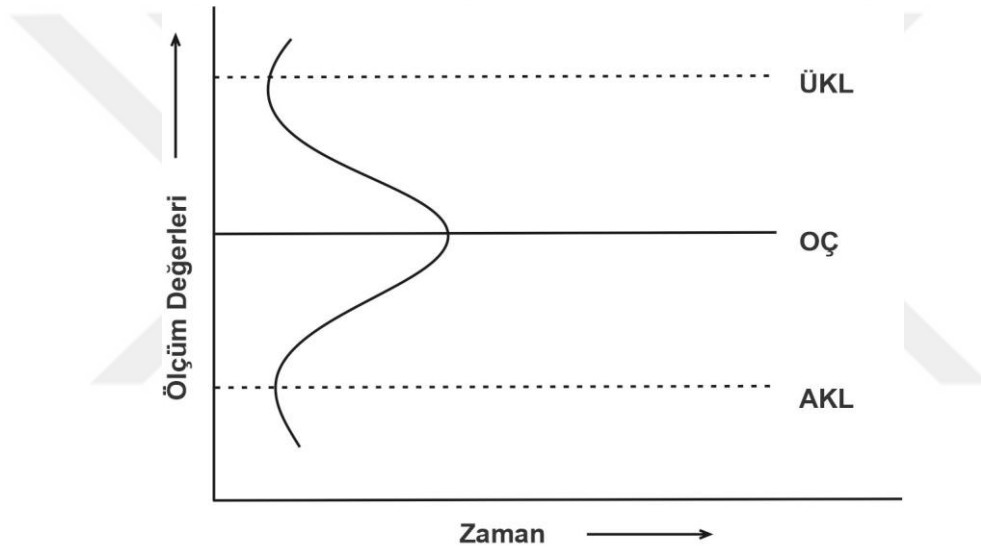
Sütun grafikleri: veri setinde yer alan olayların zaman içerisindeki değişimini frekans değerleri ile orantılı olarak yatay ya da dikey eksenle konumlandırılmış bir dizi sütun ile sunan grafiklerdir. Bu tür grafiklerde iki veya daha fazla veri seti arasındaki farkı da görmek mümkündür (Ermeydan, 2022, s. 227-229).

Pasta grafikleri: Karşılaştırılacak verilerin yüzdesel oranlarını vurgulamak amacıyla kullanılmaktadır. Çok fazla verinin karşılaştırılması halinde karmaşık bir görüntü oluşturacağı için tercih edilmemelidir.

Radar grafikleri: Birden fazla nicel değişkenin karşılaştırılması halinde, hangi değişkenlerin benzer değerlere sahip olduğunu bir merkez noktayı baz alarak bu noktaya göre değerlerdeki değişiklikleri gösterir.

3.4.1.7. Kontrol Diyagramları

Kontrol diyagramları devam etmekte olan bir süreci verilerdeki değişimi grafik üzerinde gösterir. Mamülün, mamül oluşturulan parçaların ve diğer bileşenlerin kalite spesifikasyonlarını geçmiş verilerden yola çıkılarak elde edilen limitlere göre kronolojik (saat, gün, hafta vs.) olarak karşılaştırmaya yarayan grafiksel araçlardır (Aktan, 2012, s.252). Şekil 3.14’te bir kalite kontrol diyagramı örneği görülmektedir.



Şekil 3.14 Kalite Kontrol Diyagramının Temel Unsurları

Kaynak: Özkan, 2005, s.385

Bir kontrol diyagramında esas üç çizgi bulunmaktadır. Bunlar: “Orta Çizgi”, “Üst Kontrol Sınırı” ve “Alt Kontrol Sınırı”dır (Kartal, 1999, s.55). Değerler alt ve üst kontrol limitleri arasında kalıyorsa, süreç kontrol altındadır. Kontrol limitlerinin alt ve üst limitlerinin dışında ise süreç kontrol altında değildir. Bu durumda sürecin düzeltilmesi için sapmalara neden olan hata kaynaklarının araştırılması gerekmektedir (Montgomery, 1990, s.103).

3.4.2. Yeni Yedi İstatistiksel Araç

Yeni kalite araçları, sayısal bilgilerin az olduğu yani analitik yaklaşımdan uzaklaşıp tasarım yaklaşımının uygulandığı, problem hakkında bilgi sahibi olan kişilerden elde edilen

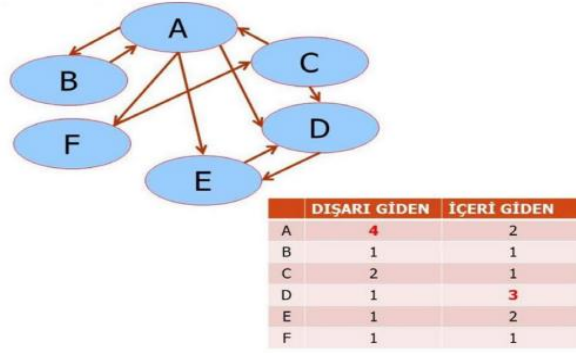
nitel verilerin analiz edildiği araçlardır. “Yeni yediler” olarak ifade edilen bu kalite araçları; ilişki diyagramı, yakınlık diyagramı, ağaç diyagramı, matris diyagramı, matris veri analiz programı, PKPT (Proses Karar Program Tablosu), ok diyagramıdır. İlişki diyagramı, birbiriyle bağlantılı ve iç içe olan birçok faktörün olduğu karmaşık bir durumda ara ilişkilerin sebep-sonuç bağlantılarını çözmeyi sağlamaktadır. Yakınlık diyagramı bir tür beyin fırtınası metodu olup katılımcıların kendi düşüncelerini ifade ettiği ve bu düşüncelerin gruplanıp sıraya konulduğu bir yöntemdir. Ağaç diyagramı ise hedefler ve önlemler arasındaki ilişkiyi göstermek için kullanılmaktadır. Matris diyagramı iki değişik faktör arasındaki ilişkiyi göstermek için kullanılmaktadır. Matris veri analiz diyagramı, matris tablosu yeterli detay vermediği zaman kullanılmaktadır. PKPT (Proses Karar Program Tablosu), yöneylem araştırmalarında kullanılan proses karar programının uygulanmasıdır. Ok diyagramı da program değerlendirme ve gözden geçirme (PDGG) yönteminde ve kritik yol metodunda (KYM) kullanılan bir araçtır (İmai, 1997, s.239-242).

3.4.2.1. İlişki Diyagramı

Birbiriyle bağlantılı faktörlerin varlığı halinde ara ilişkilere ve faktörler arası neden-sonuç bağlantılarına açıklık getirmek için kullanılır (İmai, 1997, s.239-242; Aktan, 2012, s.252). İlişki diyagramlarının hazırlanmasında dokuz temel aşama bulunmaktadır. Bunlar (Özkan, 2005, s.140-141);

- Problemin tanımlanması.
- Neden kartları yapımı.
- Kartların dağıtımı.
- Sebep-sonuç ilişkilerine göre kartları düzenlemek.
- Kartları tekrar gözden geçirip düzenlemek tüm kartlar arasındaki ilişkileri belirlemek.
- İlişki diyagramı yapmak.
- Ana nedenleri belirlemek.
- Ana nedenler üzerinde tartışmak.

Probleme tanımlanması ve probleme neden olacağı düşünülen fikirlerin belirlenmesinin ardından tüm fikirler arasında ilişkilerin tespit edilmesi için bir ilişki diyagramı kurulmaktadır. Şekil 3.15’te bir ilişki diyagramı örneği verilmiştir.



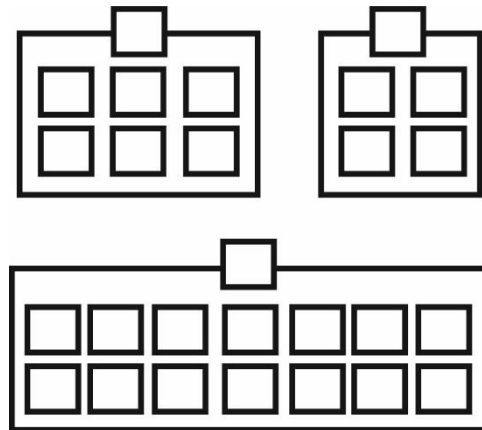
Şekil 3.15 İlişki Diyagramı Örneği

Kaynak: Kahveci,2018, s.199

Şekilde yer alan diyagramda bir probleme ya da konuya ilişkin her bir fikir A, B vs. şeklinde harflerle ifade edilir ve çember içine alınır. Oklar ise örneğin “B fikri C fikrine neden olur mu?” şeklinde sorular sorularak çözilir. Fikirlerden hangisinde en çok sayıda çıkıyorsa o fikir temel sebep olarak gösterilmektedir. En fazla sayıda içeri gelen ok hangi fikirde ise, o fikir temel sonuç olarak ifade edilmektedir (Kahveci, 2018, s.199).

3.4.2.2. Yakınlık Diyagramı

Yakınlık diyagramı (ilgi diyagramı), katılımcılardan oluşan bir grup tarafından ortaya atılan düşünceleri toplayan ve bu düşünceleri, aralarındaki ilişkilere göre gruplandıran bir tür beyin fırtınası yöntemidir (Halis, 2008, s.200; akt, Aytaç, 2006, s.17). Şekil 3.16’da örnek bir şablon yer almaktadır.

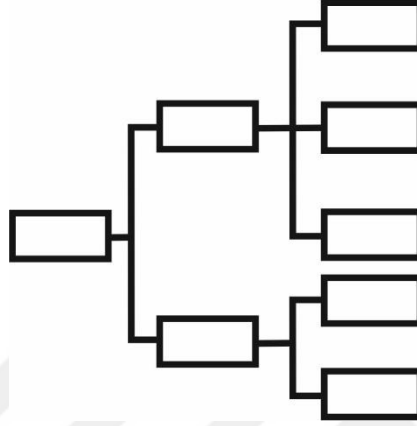


Şekil 3.16 Yakınlık Diyagramı Örneği

Kaynak: Brassard et al., 2000; akt. Şahin ve diğerleri, 2010,s.188

3.4.2.3. Ağaç Diyagramı

Ağaç diyagramı, bir problemi çözmek için peş peşe gelen bütün aşamaların ve bu aşamalarda etkisi olduğu düşünülen bütün sebeplerin hiyerarşik olarak sıralanarak problemin kök nedenlerinin bulunmasını sağlayan bir yönetim aracıdır (Elevli ve Yılmaz, 2009, s. 35). Şekil 3.17’de bir ağaç diyagramı örneği yer almaktadır.



Şekil 3.17 Ağaç Diyagramı Örneği

Kaynak: Brassard et al., 2000; akt. Shahin ve diğerleri, 2010,s.188

3.4.2.4. Matris Diyagramı

Matris diyagramları probleme etki eden çok sayıda faktör olduğu durumlarda problemi çok boyutlu olarak görebilmemizi sağlar. Şekil 3.18’de bir matris diyagramı örneği verilmiştir.

	a	b	c	d	e	f	g	h
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Şekil 3.18 Matris Diyagramı Örneği

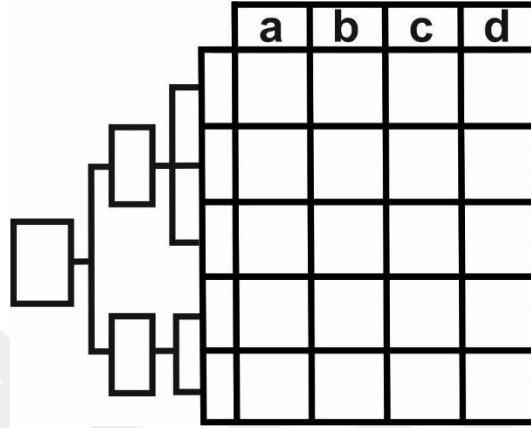
Kaynak: Diken, 2017, s.93

Matris diyagramı belirli sayıda satır ve sütundan oluşmaktadır. Satır ve sütunların kesiştikleri noktalarda problemler ve yoğunlukları görülmektedir. Matris diyagramı genellikle

kalite taleplerini birbirini tamamlayan karakteristiklerin içine ve sonra da üretim tanımlarına yerleştirmek için kullanılır (Diken, 2017, s.93).

3.4.2.5. *Matris Veri Analiz Diyagramı*

Matris veri analiz diyagramı, matris tablosu yeterli bilgi vermediğinde kullanılmaktadır. Şekil 3.19’da bir matris diyagramı örneği bulunmaktadır.

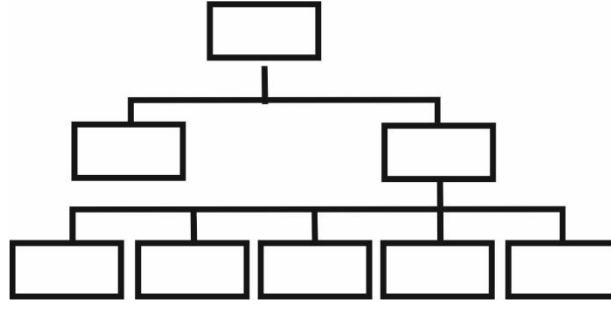


Şekil 3.19 Matris Veri Analiz Diyagramı Örneği
Kaynak: Brassard et al., 2000; akt Şahin ve diğerleri, 2010,s.188

Şekil 3.19’da görüldüğü üzere ağaç diyagramı ve matris diyagramının birleşiminden oluşmaktadır. Bir faktörün önem derecesini belirlemek için diğer faktörlerle kıyaslanarak önem dereceleri belirlenmektedir (Aktan, 2012, s.253; Şahin ve diğerleri, 2010, s.189).

3.4.2.6. *PKPT(Proses Karar Program Tablosu)*

Önceden belirlenmiş hedeflere ulaşmak için hazırlanan planların istenilen şekilde uygulanamaması halinde oluşabilecek bir takım sonuçlardan kaçınmak için bu teknik geliştirilmiştir (Aktan, 2012, s.253). Şekil 3.20’de bir proses karar program tablosu yer almaktadır.

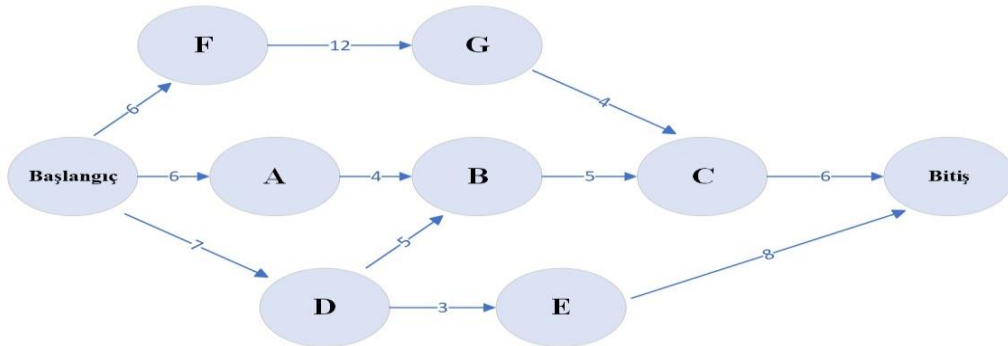


Şekil 3.20 Proses Karar Program Tablosu
Kaynak: Brassard et al., 2000; akt Shahin ve diğerleri, 2010, s.188

Proses karar program tablosu oluşturma amacını olası sorunları belirleyip bunlara karşı önlemler almak için planlama yapmaktır. Böylelikle olası risklere karşı koyulmaktadır. Ağaç diyagramına kıyasla daha dinamik bir hedef-yöntem ağaç diyagramıdır. Belirli bir durum, belirli bir eylem sonucunda ortaya çıkıyorsa ve bu durum istenmiyorsa yeni bir çözümün aranması gerekmektedir. Ama bu yeni çözüm de yeni koşullar gerektirebilir. Böyle durumlarda PKPT, bir olgunun tüm süreç boyunca sistematik bir resmini sunmaktadır (Chu ve Tosirisuk, 1991, s.111).

3.4.2.7. Ok Diyagramı

Ok diyagramı, bir programı tanımlamak maksadıyla gerekli olan basamakları göstermek için hazırlanan bir iş akış planıdır. Program gözden geçirme ve değerlendirme tekniği (PERT) ve Kritik Yol Metodundan (CPM) farkı takım çalışmasını kolaylaştıracak şekilde basitleştirilebiliyor olmasıdır (Diken, 2017, s.95). Ok diyagramı örneği Şekil 3.21’de verilmiştir.



Şekil 3.21 Ok Diyagramı Örneği

4. BÖLÜM: UYGULAMA

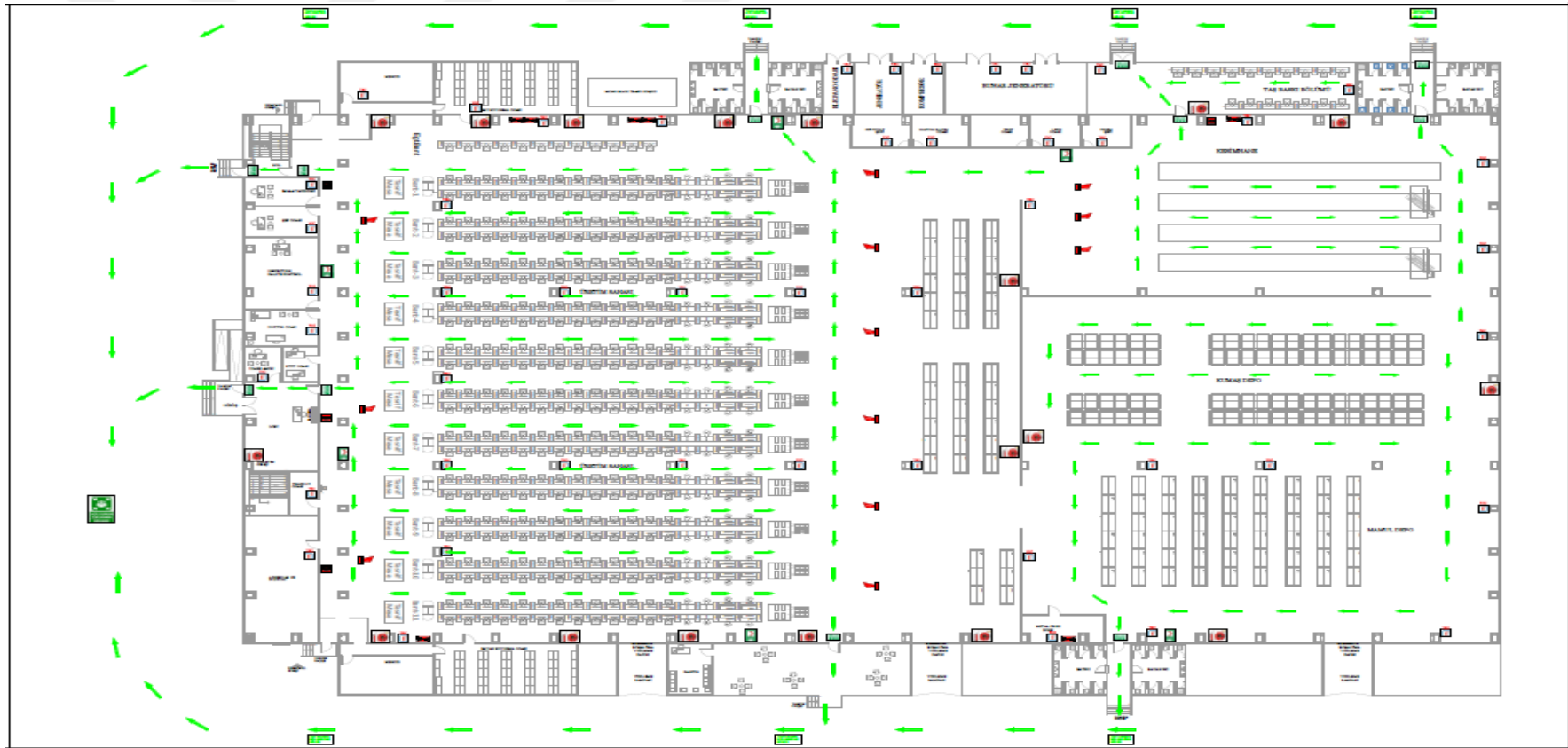
Bu bölümde önce uygulama yapılan işletme hakkında genel bir bilgi verilmiştir. Daha sonra simülasyonun adımları sırayla uygulanmıştır. Bu kapsamda problemin ve amaçların belirlenmesi, verilerin toplanması ve analizi, kavramsal ve mantıksal modelin kurulması, modelin yazılıma uyarlanması, modelin doğrulaması ve geçerlemesi, mevcut durumun değerlendirilmesi ve alternatif çözüm önerilerinden bahsedilmektedir.

4.1. Uygulama Yapılan İşletmenin Tanıtılması

Bu çalışma Tokat Organize Sanayi Bölgesi'nde tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir işletme üzerinden yürütülmüştür. İşletme 1996 yılından itibaren hazır giyim sektörüne hizmet vermektedir. Mevcut tesis 2018 yılında Tokat'ta toplamda 24.000 metrekare açık ve 7500 metrekare kapalı alan üzerine kurulu İsveç, İngiltere gibi ülkelere ihracat gerçekleştiren firma büyük markaların üretimini gerçekleştirmektedir.

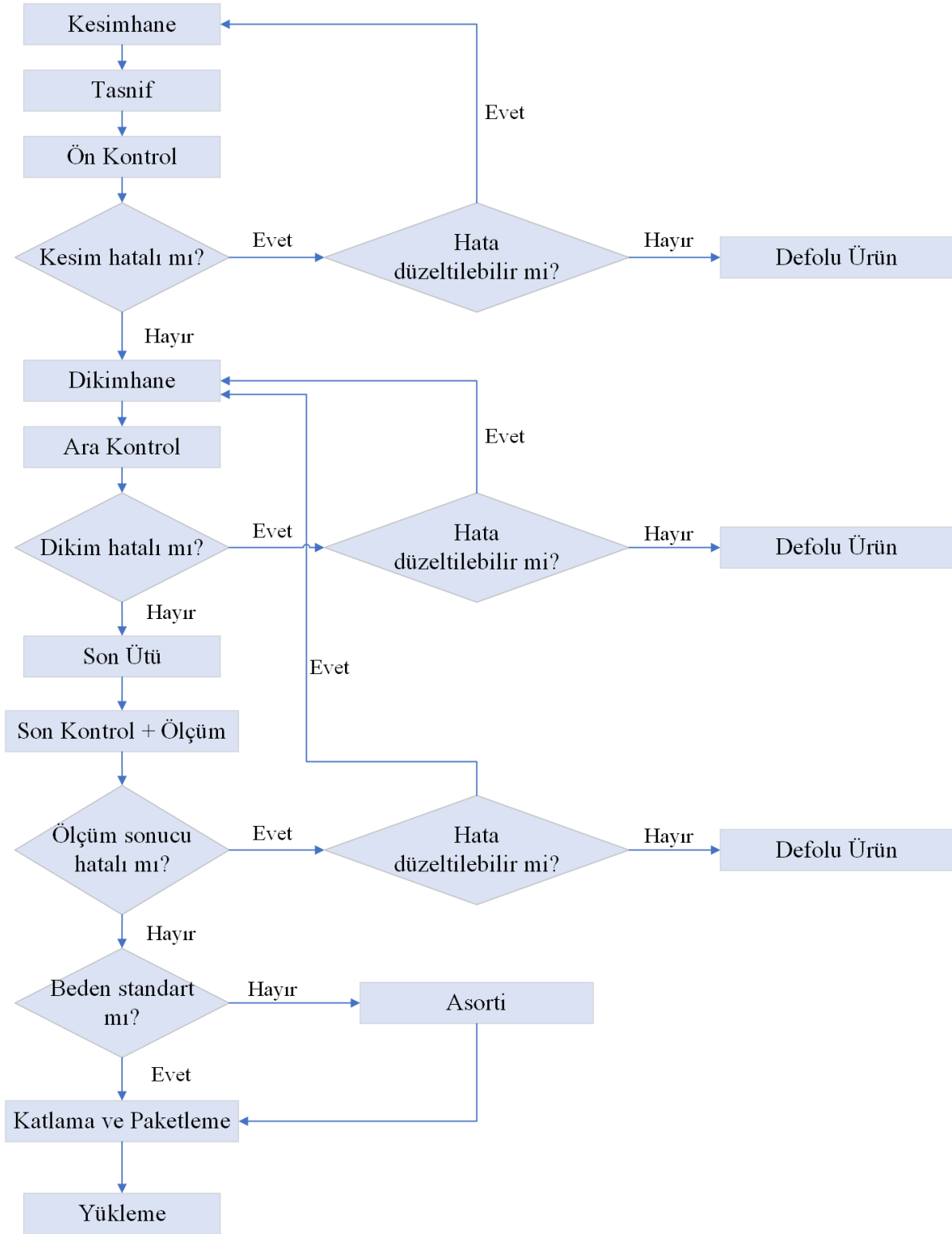
Toplamda 313 adet makine kapasitesi olan fabrikanın dikim bölümünde üretim yapmaya hazır 10 adet bant mevcut olup, gerek alınan siparişlerin azlığı gerekse nitelikli işgücü kaynağına ulaşamaması gibi nedenlerden ötürü 5 adet dikim bandında üretim gerçekleştirecek toplam 173 adet çalışanı, toplamda da üretimde 313 adet çalışanı mevcuttur. Fabrikanın yerleşim planı Şekil 4.1'de verilmiştir.

Üretilecek ürünün operasyon sayısına göre bantlar düzenlenmekte olup, her bantta 25-45 arası çalışan bulunmaktadır. İşletmenin üretim bölümü haftada 5 gün 08:00-18:00 saatleri arasında çalışmaktadır. Günlük ortalama 7250 parça, aylık ise ortalama 154.000 parça ürün üretme kapasitesine sahiptir. Gün içerisinde verilen ihtiyaç molalarının çıkardığımızda toplam 9 saat çalıştıklarını söylemek mümkündür. Gelen siparişlerin termin süresi İstanbul'dan gönderim tarihine ve müşterilerin öncelik taleplerine göre değişmektedir. Sonuç itibarıyla hangi ürünün önce üretiminin yapılacağına ilişkin kararlar İstanbul'dan verilmektedir.



Şekil 4.1 Fabrika Yerleşim Planı

Fabrikanın mevcut durumu ile ilgili bilgiler aşağıda kısaca özetlenmiştir. Bu bağlamda öncelikle fabrikanın genel iş akış şeması Şekil.4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2 İşletmenin Genel İş Akış Diyagramı

İş akış şemasından yola çıkarak genel hatlarıyla üretim süreci, iş lokasyonlarında yapılan faaliyetler ve iş akışlarını kısaca açıklanacak olursa;

Kesimhane: Alınan işler İstanbul'dan kesilmiş olarak ya da nadiren yetişmediği durumlarda kesilmeden gelmektedir. Kesilmeden gelen kumaşın pastal planı İstanbul'dan hazır olarak gönderilmektedir. Kesilecek olan kumaş açma makinesine alınır. Burada kesilecek modelin kalıpları İstanbul'da hazırlanıp burada çıkarılmaktadır. Kumaş bir gün dinlendirildikten sonra kesim yapılmaktadır. Kesimi yapılan ürünlere meto (etiket) basıldıktan sonra model tasnife alınır.

Tasnif: Bu aşamada kesimi yapılmış ve metosu basılmış işlerin hatalı olanları ayrılır ve dikime hazır olan ürünlerin modele göre eşlemesi yapılır. Dikim bantlarına verilir.

Dikimhane: Dikimhanede toplam 10 adet bant mevcut olup bu bantlardan sadece 5 tanesi aktif durumdadır. Dikimi gerçekleştirecek ürünlere ait operasyonlar aynı bant üzerinde gerçekleştirmektedir. Bantlardaki işçi sayısı bandın kurulumuna göre 25-45 arasında değişmektedir. Termin süresi aynı olan siparişlerin aynı anda dikimi gerçekleştiriliyorsa farklı bantlarda üretimi gerçekleşmektedir. Sipariş adedine göre gerekirse çoklu olarak diğer bantlarda da üretim gerçekleştirilmektedir. Dikim işleminde genel bant düzeni, üretimi gerçekleştirecek ürünün iş akış şeması doğrultusunda yapılmaktadır. Ancak bazı operasyonlarda işlemleri hızlandırma adına dikim bölümünde düzenlemeler yapılmaktadır. Örneğin gömlek gibi dikim sırasında ara ütü gerektiren ürünlerde bant düzenine ilaveler yapılmaktadır. Bunun için 1-2 kişi banda ilave olarak eklenmektedir. Gelen siparişlerin büyük bir çoğunluğu İstanbul'dan kesilmiş ve meto basılmış olarak geldiği için simülasyon modelini kurarken yükleme aşamasına kadar dikim ve sonrasındaki operasyonlar modele dahil edilmiştir.

Tasnif edilmiş ürünler hangi dikim operasyonlarının gerçekleştirileceği bantta ürüne has operasyonların olduğu dikim aşamalarından geçer ve meto alma ve iplik temizleme işlemi yapılır.

Ara Kontrol: İplik temizleme işleminin ardından son ütü öncesi ara kontrol işlemi yapılır. Ara kontrol işlemi için her bant için bandın iş yoğunluğuna göre 1-2 işçi çalışmaktadır. Burada lekeli, dikim hatası olan ürünler ayrılır. Dikim hatası olan ürünler hangi operasyonda hata gerçekleştirilmişse o operatöre yönlendirilir. Fakat hata kontrolüne ilişkin kayıtlarda sadece hatanın türü yer almaktadır. Hangi operasyondan kaynaklandığı not düşülmemektedir. Bu nedenle hatalı olan ürün bandın başına geri gönderilmektedir. Hatalı ürün sayısı çok ve iş akışını yavaşlatıyor ise yedek operatörler tarafından tamir işlemleri gerçekleştirilir. Dikim işleminden sonraki operasyonlarda her bant için belli sayıda kişi belirlenmekte fakat işçiler karma olarak first in first out yöntemine göre çalışmaktadır.

Son ütü: Bu aşamada ürünlerin bir sonraki aşamada ölçümleri yapılacak, katlama ve paketleme işlemleri yapılacak ve son olarak sevkiyata gönderilecek şekilde son ütülere yapılmaktadır. Son ütü işlemini yapmak üzere her bant için 2-3 işçi çalıştırılmaktadır.

Son kontrol ve Ölçüm: Son ütü işleminin ardından ürünün son kez kontrol edilir. Gerekli ölçümler yapılır. Düzeltilebilir hatalar dikim bölümüne tamire gönderilir. Son kontrol işlemi için de her bant için ortalama 1-2 işçi çalıştırılmaktadır. Ölçümü tamamlanan ürün eğer standart beden ürünse bir sonraki aşamaya geçer ve sevkiyata hazır hale gelir. Eğer üründe beden ve renk ayrımı var ise buna göre asorti işlemi yapılır.

Katlama ve Paketleme: Sevkiyattan önceki son aşamadır. Ürünler katlanır ve naylon poşetlere konulur. Bu operasyon içinde ortalama 5 kişi çalıştırılmaktadır.

Yükleme: Bu aşamada da ürünlerin sevkiyatı yapılacak kamyonlara yüklendiği aşamadır.

İşletme genel itibariyle kadın giyim üzerine çalışmaktadır. Şekil 5.3'te en çok üretilen t-shirt, bluz, tayt, etek, gömlek gibi ürünlere ilişkin görseller yer almaktadır.



Şekil 4.3 İşletmede En çok Üretilen Ürünlerden Bazıları

4.2. Verilerin Toplanması ve Analizi

Modeli oluştururken geçmiş veriler, toplanan veriler ve gözlemlenen veriler doğrultusunda karar vericinin de anlayabileceği bir şekilde bir model kurmak amaçlanmıştır.

Model öncelikle eldeki verilerle basit haliyle kurulmuş, daha sonra toplanan veriler, geçmiş veriler ve gözlemler doğrultusunda ihtiyaç dâhilinde olan veriler modele ilave edilmiştir.

4.3. Problemin ve Amaçların Tanımlanması

Mevcut veriler ve yapılan gözlemler, alınan iş etütleri neticesinde işletmede temel olarak gözlenen problemler şunlardır:

- Bant kurulumu çok uzun sürmektedir.
- Çalışma süresi içerisinde bantta sürekli değişikliğe gidilmektedir. Buradan sistemin performansını arttırmak için öncesinde yapılan çalışmaların yetersiz olduğunu anlamak mümkündür. Ayrıca bant çalışır vaziyette iken sürekli müdahaleler yapılması hem riskli hem de geç kalınmış bir müdahale olmaktadır.
- Bazı operasyonlarda çok önemli darboğazlar oluşmaktadır. Bu da sistem performansını çok olumsuz etkilemektedir.
- Hata türlerine ilişkin verilere baktığımızda ürünlerin ara kontrol sonucunda %9,48'i hatalı olarak tespit edilmiştir. Ara kontrolde bu hataların %12,3'ü düzeltilemez hata olarak ayrıştırılırken, %87,7'si düzeltilebilir hata olarak saptanmıştır. Son kontrol sonrası hatalı ürün oranı ise %12,76 olup ürünlerin %12,76'sı hatalı ürün olarak ayrıştırılmış,%87,24'ü ise sağlam ürün olarak katlama ve paketleme prosesine gönderilmiştir. Son kontrolde hatalı olan ürünlerin %57,6'sının düzeltilebilir %42,4'ü düzeltilemez durumda defolu ürün olarak ayrılmaktadır. Hatalı ürünlerin ara kontrol ve son kontrolden sonra operasyonel bazda bir hata tespiti yapılmadığı için yeniden bantta işlem görmesi zaman kaybına yol açtığı için sağlam çıktı miktarını azaltmaktadır.

İşletmede alınan iş sayısı az olduğu durumlarda bu problemlerle başa çıkmak mümkündür. Ancak mevcut sistem eldeki işçi sayısı ile tam kapasiteyle çalıştığında bunu tolere edebilmek çok zordur. Bu çalışmada, bu problemlerin çözümüne ilişkin yapılması amaçlanan faaliyetler şunlardır:

- Mevcut sistemdeki darboğazların belirlenmesi.
- Hatalı ürünlerin sistemde tekrar dolaşımını azaltmak için Pareto analizi yapılarak hata oranı en yüksek hata türlerine ve en fazla problemin olduğu üretim bandına yoğunlaşarak iyileştirme önerisinde bulunulması.
- Darboğazlara yol açan nedenlere ilişkin balık kılçığı diyagramı oluşturulması.
- Mevcut nedenlerden en önemlilerinin belirlenmesi.
- Müdahale edilebilir olan nedenlere müdahale edilip darboğazları en aza indirecek iyileştirme önerisinde bulunulması.

- Yapılan iki iyileştirmenin birleştirilmesi halinde sistem üzerindeki etkisinin görülmesi.

Bu kapsamda öncelikli olarak mevcut sistemin en fazla problem yaşandığı kısım olan dikim bandı ve yükleme aşamasına kadar olan dikim sonrası operasyonların dahil edildiği bir simülasyon modeli oluşturulmuştur. Model oluşturulurken modelin karar vericinin anlayabileceği bir şekilde olmasına özen gösterilmiştir. Bununla birlikte oluşturulacak modele ilişkin bir takım sınırlılıklar da mevcuttur. Bunlar şöyle sıralanabilmektedir:

- İşletmenin bir günlük performansı baz alınmıştır.
- Modelde operasyon sürelerine iğne kırılması, makine arızalar vs. beklentiler de dâhil edilmiş, ayrıca ele alınmamıştır.
- Modelde sadece dikim ve sonrası operasyonlar yer almaktadır. Çünkü gelen ürünlerin büyük bir kısmının kesim işlemi İstanbul Fabrikası'nda gerçekleşmektedir.
- Hem tekstil sektöründe işçi performansının önemli olması hem de işletmenin yeni bir işletme olması sebebiyle makinelerin performansına ilişkin bir yatırım kararı ihtiyacı ya da düşüncesi yoktur. Bu sebeple makinelerin performansı modele dâhil edilmemiştir.
- Çalışanların yetkinliğine ilişkin tamamlanmış bir çalışma olmadığı için modele dâhil edilmemiştir.
- Genel hata türlerine ilişkin etüdü alınan ürünlerin üretildiği tarih aralıklarındaki geçmiş veriler analiz edilerek dikim bandındaki hata oranları belirlenmiştir ancak hangi operasyonda hatanın gerçekleştiğine dair bir veri kaydı bulunmamaktadır. Hatalı ürün bandın başına giderek hatanın gerçekleşebileceği operasyon tahmin edilmekte ve ona göre hata düzeltilmektedir. Yine de hatalı ürün adetlerinin sistemi yavaşlattığı ortadadır ve bu nedenle modele dâhil edilmiştir.

4.3.1.1. Verilerin Toplanması

Yapılan incelemeler ve görüşmeler neticesinde simülasyon modelini kurabilmek için iş etüdü çalışması yapılarak mevcut süreçte yapılan her bir işin süresi gözlemlenmiştir. Çalışmada işletmede en çok üretilen ürünlerden 10 çeşit ürüne ilişkin bilgiler işletmede çalışılan zaman aralığında gelen siparişler doğrultusunda elde edilmiştir. Firmanın dikim bandında çalıştırdığı işçi sayısı ve günlük üretim kapasitesi göz önüne alınarak maksimum 5 banttta üretim

gerçekleştirebildikleri için 5 çeşit ürüne ilişkin bilgiler kullanılmıştır. Firmanın her ne kadar ön kontrol, ara kontrol ve son kontrol işlemleri olsa da hataların operasyonel olarak değil, tür olarak tespiti yapılmaktadır. Ayrıca verileri toplanan ürünlerin hepsinin hedeflenen rakamlarına ulaşmak için etüt sonrasında kaynak ilavesi yapıldığı için mevcut çıktı miktarı burada belirtilmemiştir. Üretilen ürünlerin günlük üretimleri ortalama 5-7 gün gibi kısa bir sürede gerçekleştirildiği için ortalama bir üretim rakamı ile modeli doğrulama ve geçerleme yapılamayacaktır. Bu nedenle günlük ortalama üretim miktarı da burada belirtilmemiştir. Firmada üretilen 5 adet ürünün toplam sipariş miktarları, termin süresine göre günlük her bantta hedeflenen ortalama üretim rakamları da Tablo 4.1’de yer almaktadır.

Tablo 4.1 Hedeflenen Üretim Rakamları

No	Ürün Kodu	Toplam Sipariş Miktarı (adet)	Her Bantta Hedeflenen Ortalama üretim miktarı(adet)
1	4126	22096	1815
2	3927	5347	1245
3	3894	20074	1980
4	4056	5467	1095
5	4027	8885	1110

Ürünlerin operasyonlarına ilişkin sürelerinin belirlenmesinde “kronometraj” yönteminden yararlanılmıştır. Ölçüm yapılırken 1/60 ölçekli kronometre kullanılmıştır. Ölçüm sayısında kabul edilebilir örneklem büyüklüğü baz alınmıştır. Yapılan zaman etüdüne ilişkin gözlem formu örneği Ek-1’de verilmiştir. Buna göre her bir operasyonda çalışan her bir işçi için 30 gözlem değeri alınmıştır. Çalışanın yetkinliğine göre işi tamamlama süresi değiştiği için her bir operasyona ilişkin sürenin ortalaması alınmıştır.

Ürünlerin operasyonlarına ilişkin sürelerin ortalama ve standart sapmaları Tablo 4.2, Tablo 4.3, Tablo 4.4, Tablo 4.5, Tablo 4.6 ve Tablo 4.7’de verilmiştir. Tablolarda operasyonlarda çalışan işçi sayıları ve kullanılan makine cinsi de yer almaktadır.

Tablo 4.2 4126 Kodlu Bluz 1 Numaralı Dikim Bandı Operasyonlarına Ait Sürelerin Ortalama ve Standart Sapmaları, İşçi Sayısı ve Makine Türleri

No	Operasyonlar	İşçi Sayısı	Makine(cinsi)	Ortalama(Sn)	St sapma(Sn)
1	Kol ağzı biye	2	Ovarlok	6,88	0,88
2	Kol çima	2	Singer	6,39	0,84
3	Kol çoban dikişi	1	Singer	11,94	0,64
4	Kol süs dikişi	2	Singer	5,15	0,76
5	Kol kesme eşleme	1	El iş	5,44	0,75
6	Omuz alma	1	Ovarlok	6,66	0,81
7	Yaka biye	2	Reçme	13,79	3,05
8	Yaka çima	2	Singer	19,39	4,32
9	Yaka çoban dikişi	1	Singer	16,59	0,82
10	Yaka süs dikişi	1	Singer	10,50	1,34
11	Yaka ütü	3	El işi	24,00	3,52
12	Omuz tutturma	2	Singer	17,65	2,48
13	2.omuz alma	1	Ovarlok	21,68	2,82
14	Kol takma	3	Ovarlok	39,19	2,95
15	Yan çatma	4	Ovarlok	38,57	7,37
16	Yıkama talimatı takma	1	Singer	12,61	0,76
17	Etek recme	1	Reçme	13,61	0,66
18	Kol altı zikzak	2	Singer	22,32	1,26
19	Yaka zikzak	2	Singer	11,22	2,44
20	Etiket takma	1	Singer	10,07	0,76
21	Askı takma	1	Singer	8,86	0,73
22	Meto alma	1	El işi	6,84	0,60
23	Temizleme	2	El işi	17,86	0,74

Tablo 4.3 3927 Kodlu Bluz 1 Numaralı Dikim Bandı Operasyonlarına Ait Sürelerin Ortalama ve Standart Sapmaları, İşçi Sayısı ve Makine Türleri

No	Operasyonlar	İşçi sayısı	Makine(cinsi)	Ortalama(Sn)	St sapma(Sn)
1	Kol beden birleştirme	5	Ovarlok	54,85	1,06
2	Yan çatma	4	Ovarlok	34,24	1,29
3	Yıkama talimatı takma	1	Singer	13,29	2,07
4	Etek recme	1	Reçme	14,14	1,20
5	Kol recme	2	Reçme	10,69	0,54
6	Yaka lastik biye	1	Ovarlok	18,93	0,69
7	Etiket+işaret takma	1	Singer	8,00	0,74
8	Yaka kapama	2	Singer	36,60	0,82
9	Bağcık takma	2	Singer	33,50	1,12
10	Bağcık ucu kesme	1	El işi	16,50	0,94
11	Yaka v biye	1	Singer	12,54	0,88
12	Yaka v biye ucu zikzak	1	Singer	14,13	0,88
13	Yaka v biye kapama	2	Singer	32,02	0,71
14	Yaka ucu tutturma	1	Singer	13,97	0,53

15	Askı takma	2	Singer	19,40	0,80
16	Bağcık ucu zikzak	2	Singer	51,45	0,84
17	Meto alma	1	El işi	12,03	1,27
18	Temizleme	2	El işi	12,68	0,89

Tablo 4.4 3894 Kodlu Gipeli Tshirt 1 Numaralı Dikim Bandı Operasyonlarına Ait Sürelerin Ortalama ve Standart Sapmaları, , İşçi Sayısı ve Makine Türleri

No	Operasyonlar	İşçi Sayısı	Makine(cinsi)	Ortalama(Sn)	St sapma(Sn)
1	Kol beden birleştirme	4	Ovarlok	43,78	5,81
2	Yaka gipe	1	Reçme	14,28	0,90
3	Gipe kesme	1	El işi	12,33	0,95
4	Yaka ütö	2	El işi	20,34	0,83
5	Yaka ovarlok	2	Ovarlok	21,43	1,33
6	Yaka etiket işaret	1	El işi	8,26	0,48
7	Etiket takma	1	Singer	10,89	0,57
8	Yaka biye	2	Reçme	18,78	3,60
9	Omuz tutturma	2	Singer	19,34	1,35
10	Omuz alma	1	Ovarlok	16,08	0,81
11	Kol lastik takma	2	Ovarlok	24,78	1,02
12	Etek regule	2	Ovarlok	27,48	3,21
13	Yan çatma	5	Ovarlok	69,23	6,72
14	Yıkama talimatı takma	1	Singer	15,37	0,93
15	Etek recme	1	Reçme	15,15	0,56
16	Askı takma	1	Singer	12,97	0,56
17	Yaka zikzak	1	Singer	14,32	0,81
18	Kol dönme	2	Singer	26,99	1,74
19	Meto alma	1	El işi	12,56	0,98
20	Temizleme	2	El işi	14,64	0,88

Tablo 4.5 4056 Kodlu Tshirt 1 Numaralı Dikim Bandı Operasyonlarına Ait Sürelerin Ortalama ve Standart Sapmaları, , İşçi Sayısı ve Makine Türleri

No	Operasyonlar	İşçi sayısı	Makine(cinsi)	Ortalama(Sn)	St sapma(Sn)
1	Kol ağzı ovarlok	1	Ovarlok	21,48	0,74
2	Arka yaka biye	1	Ovarlok	15,60	0,84
3	Omuz tutturma	2	Singer	26,08	1,06
4	Omuz alma	2	Singer	38,43	5,23
5	Ense biye	1	Reçme	15,29	0,70
6	Biye ucu zikzak	1	Singer	20,41	0,94
7	Yaka zikzak	2	Singer	30,78	1,12
8	Ense kapama+etiket takma	2	Singer	25,32	1,16
9	Kol recme	3	Reçme	48,29	10,39
10	Yan çatma	3	Ovarlok	53,88	6,40

11	Yıkama talimatı takma	1	Ovarlok	15,10	0,62
12	Etek ovarlok	1	Ovarlok	16,49	0,90
13	Etek recme	1	Reçme	27,38	0,86
14	Kol altı zikzak	1	Singer	24,77	0,99
15	Meto alma	1	El işi	15,53	0,79
16	Temizleme	2	El işi	15,62	0,78

Tablo 4.6 4027 Kodlu Çapraz Yakalı Tshirt 2 Numaralı Dikim Bandı Operasyonlarına Ait Sürelerin Ortalama ve Standart Sapmaları, İşçi Sayısı ve Makine Türleri

No	Operasyonlar	İşçi Sayısı	Makine(cinsi)	Ortalama(Sn)	St sapma
1	Omuz ekstrafor takma	1	Singer	14,55	0,90
2	Ön yaka orta tutturma	1	Singer	20,28	0,84
3	Yaka v tutturma	1	Singer	18,32	0,81
4	Omuz alma	1	Ovarlok	20,58	1,04
5	Yaka biye	2	Reçme	30,38	0,79
6	Yaka ütü	1	El işi	32,70	0,87
7	Omuz tutturma	1	Singer	16,77	0,76
8	Omuz alma	1	Ovarlok	15,43	0,95
9	Omuz zikzak	1	Singer	24,58	0,80
10	Yaka biye v zikzak	1	Singer	12,33	0,96
11	Yaka şerit işaret	1	El işi	26,36	0,81
12	Yaka şerit hazırlama	1	El işi	30,36	0,86
13	Yaka şerit sağ uç tutturma	3	Singer	54,19	2,92
14	Yaka şerit sol uç tutturma	3	Singer	62,74	2,15
15	Kol biye	2	Reçme	31,44	1,30
16	Kol takma	2	Ovarlok	51,29	1,24
17	Yan çatma	2	Ovarlok	64,59	4,05
18	Yıkama talimatı takma	1	Singer	15,57	0,87
19	Etek recme	1	Reçme	15,60	0,82
20	Etiket hazırlama	1	Singer	15,64	0,86
21	Etiket takma	1	Singer	18,42	0,69
22	Kol altı zikzak	1	Singer	40,57	0,86
23	Askı takma	1	Singer	13,38	0,82
24	Meto alma	1	El işi	12,73	1,05
25	Temizleme	2	El işi	15,40	0,89

Tablo 4.7 Dikim Sonrası Operasyonlara Ait Sürelerin Ortalama ve Standart Sapması, İşçi Sayısı ve Makine Türleri

No	Dikim Sonrası Operasyonlar	İşçi Sayısı	Makine (Cinsi)	Ortalama(Sn)	St sapma(Sn)
1	Ara kontrol	10	El işi	15,24	0,85
2	Son Ütü	15	El İşi	25,53	1,72
3	Son Kontrol+ Ölçüm (Varsa Asorti)	10	El işi	35,79	1,59
4	Katlama + Paketleme	8	El işi	32,92	2,63

4.3.1.2. Verilerin Analiz Edilmesi

Verilerin analiz ederken Arena programında yer alan Girdi Analizi (Input Analyzer) aracından ve saçılım grafiklerinin ve otokorelasyon grafiklerinin çizdirilmesi için de Promodel programının StatFit aracından yararlanılmıştır. Beş ayrı üründe yer alan her bir operasyonun sürelerine ilişkin dağılımlar ve dikim sonrası operasyonların dağılımları belirlenmiştir. Her ürüne ilişkin operasyonların dağılımları Tablo 4.8, Tablo 4.9, Tablo 4.10, Tablo 4.11 ve Tablo 4.12’de verilmiştir. Dikim hattı sonrası operasyonlar ise Tablo 4.13’te yer almaktadır.

Tablo 4.8 3927 Kodlu Ürünün Operasyon Sürelerinin Dağılımları

3927 Kodlu Ürünün Operasyonları	Dağılım Türü	Açıklama
1 Kol beden birleştirme	Normal(mean, StdDev)	NORM(54.9, 1.03)
2 Yan çatma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	32 + 5 * BETA(1.28, 1.58)
3 Yıkama talimatı takma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	10 + 8 * BETA(1.13, 1.62)
4 Etek recme	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	10.4 + 5.63 * BETA(2.92, 1.5)
5 Kol recme	Normal(mean, StdDev)	NORM(10.7, 0.52)
6 Yaka lastik biye	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	17.4 + 2.58 * BETA(1.49, 1.07)
7 Etiket+işaret takma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	7 + 2.59 * BETA(0.863, 1.39)
8 Yaka kapama	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	35 + 3.51 * BETA(1.7, 2.04)
9 Bağcık takma	Weibull (min, alpha, beta)	31.3 + WEIB(2.49, 2.14)
10 Bağcık ucu kesme	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	15 + 3 * BETA(0.819, 0.815)
11 Yaka v biye	Beta(min, max, alpha1, alpha2) Uniform (min,max)	10.6 + 3.42 * BETA(1.61, 1.2) UNIF(12.5, 15.9)

12	Yaka v biye ucu zikzak		
13	Yaka v biye kapama	Erlang (min, average, k)	30.4 + ERLA(0.324, 5)
14	Yaka ucu tutturma	Erlang (min, average, k)	13 + ERLA(0.323, 3)
15	Askı takma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	18 + 3 * BETA(1.24, 1.41)
16	Bağcık ucu zikzak	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	49.7 + 3.32 * BETA(1.61, 1.42)
17	Meto alma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	10 + 4 * BETA(0.797, 0.775)
18	Temizleme	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	11 + 3 * BETA(1.06, 0.843)

Tablo 4.9 4126 Kodlu Ürünün Operasyon Sürelerinin Dağılımları

4126	Kodlu	Ürünün	
Operasyonları		Dağılım Türü	Açıklama
1	Kol ağzı biye	Gamma(min, alpha, beta)	5 + GAMM(0.431, 4.37)
2	Kol çima	Normal(mean, StdDev)	NORM(6.39, 0.833)
3	Kol çoban dikişi	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	11 + 2 * BETA(0.671, 0.764)
4	Kol süs dikişi	Erlang (min, average, k)	4 + ERLA(0.576, 2)
5	Kol kesme eşleme	Triangular (min, max, mode)	TRIA(3.58, 5.97, 7)
6	Omuz alma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	4.42 + 3.58 * BETA(1.76, 0.973)
7	Yaka biye	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	8 + 11 * BETA(1.18, 1.06)
8	Yaka çima	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	12 + 15 * BETA(1.33, 1.38)
9	Yaka çoban dikişi	Normal(mean, StdDev)	NORM(16.6, 0.806)
10	Yaka süs dikişi	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	5.02 + 8.98 * BETA(5.88, 3.75)
11	Yaka ütü	Weibull(min, alpha, beta)	8 + WEIB(16.9, 5.61)
12	Omuz tutturma	Normal(mean, StdDev)	NORM(17.6, 2.46)
13	2.omuz alma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	11 + 17 * BETA(4.69, 2.78)
14	Kol takma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	30 + 14 * BETA(2.69, 1.4)
15	Yan çatma	Triangular (min, max, mode)	TRIA(22, 41.7, 52)
16	Yıkama talimatı takma	Gamma(min, alpha, beta)	10 + GAMM(0.329, 7.93)
17	Etek recme	Normal(mean, StdDev)	NORM(13.6, 0.651)
18	Kol altı zikzak	Normal(mean, StdDev)	NORM(22.3, 1.24)
19	Yaka zikzak	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	7 + 8 * BETA(1.19, 1.03)
20	Etiket takma	Normal(mean, StdDev)	NORM(10.1, 0.763)

21	Askı takma	Triangular (min, max, mode)	TRIA(7.49, 8.14, 11)
22	Meto alma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	6 + 2 * BETA(0.788, 1.08)
23	Temizleme	Normal(mean, StdDev)	NORM(17.9, 0.738)

Tablo 4.10 3894 Kodlu Ürünün Operasyon Sürelerinin Dağılımları

3894 Operasyonları	Kodlu Ürünün	Dağılım Türü	Açıklama
1	Kol beden birleştirme	Gamma (min, alpha, beta)	37 + GAMM(6, 1.13)
2	Yaka gipe	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	13 + 3 * BETA(0.729, 0.983)
3	Gipe kesme	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	11 + 3 * BETA(0.644, 0.809)
4	Yaka ütü	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	19 + 3 * BETA(0.962, 1.19)
5	Yaka ovarlok	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	19 + 5 * BETA(1.2, 1.27)
6	Yaka etiket işaret	Triangular (min, max, mode)	TRIA(7, 8.4, 9)
7	Etiket takma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	10 + 2 * BETA(0.892, 1.1)
8	Yaka biye	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	13 + 11 * BETA(0.941, 0.867)
9	Omuz tutturma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	17 + 5 * BETA(1.1, 1.25)
10	Omuz alma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	15 + 3 * BETA(0.784, 1.4)
11	Kol lastik takma	Normal (mean, StdDev)	NORM(24.8, 1.02)
12	Etek regule	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	23 + 9 * BETA(0.677, 0.711)
13	Yan çatma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	59 + 21 * BETA(0.833, 0.85)
14	Yıkama talimatı takma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	14 + 3 * BETA(0.729, 0.861)
15	Etek recme	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	14 + 2 * BETA(1.24, 0.925)
16	Askı takma	Normal(mean, StdDev)	NORM(13, 0.546)
17	Yaka zikzak	Gamma(min, alpha, beta)	13 + GAMM(0.579, 2.29)
18	Kol dönme	Uniform(min,max)	UNIF(24, 30)
19	Meto alma	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	11 + 3 * BETA(0.804, 0.747)
20	Temizleme	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	13 + 3 * BETA(0.974, 0.811)

Tablo 4.11 4056 Kodlu Ürünün Operasyon Sürelerinin Dağılımları

4056	Kodlu	Ürünün	Dağılım Türü	Açıklama
Operasyonları				
1	Kol ağzı ovarlok		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$20.1 + 2.89 * \text{BETA}(1.32, 1.46)$
2	Arka yaka biye		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$14 + 3 * \text{BETA}(1.24, 1.03)$
3	Omuz tutturma		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$24 + 4 * \text{BETA}(1.35, 1.24)$
4	Omuz alma		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$32 + 13 * \text{BETA}(0.579, 0.609)$
5	Ense biye		Normal(mean, StdDev)	$\text{NORM}(15.3, 0.688)$
6	Biye ucu zikzak		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$19 + 3 * \text{BETA}(0.839, 0.943)$
7	Yaka zikzak		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$29 + 4 * \text{BETA}(0.958, 1.2)$
8	Ense kapama+etiket takma		Triangular (min, max, mode)	$\text{TRIA}(23, 25, 28)$
9	Kol recme		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$34 + 28 * \text{BETA}(0.417, 0.4)$
10	Yan çatma		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$44 + 18 * \text{BETA}(0.525, 0.432)$
11	Yıkama talimatı takma		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$14 + 2 * \text{BETA}(0.876, 0.72)$
12	Etek ovarlok		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$15 + 3 * \text{BETA}(0.873, 0.887)$
13	Etek recme		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$26 + 3 * \text{BETA}(1.04, 1.25)$
14	Kol altı zikzak		Normal(mean, StdDev)	$\text{NORM}(24.8, 0.978)$
15	Meto alma		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$14 + 3 * \text{BETA}(1.32, 1.27)$
16	Temizleme		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$14 + 3 * \text{BETA}(1.44, 1.22)$

Tablo 4.12 4027 Kodlu Ürünün Operasyon Sürelerinin Dağılımları

4027	Kodlu	Ürünün	Dağılım Türü	Açıklama
Operasyonları				
1	Omuz ekstrafor takma		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$13 + 3 * \text{BETA}(1.02, 0.96)$
2	Ön yaka orta tutturma		Normal(mean, StdDev)	$\text{NORM}(20.3, 0.826)$
3	Yaka v tutturma		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$17 + 2.94 * \text{BETA}(1.03, 1.26)$
4	Omuz alma		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$19 + 3 * \text{BETA}(0.576, 0.514)$
5	Yaka biye		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$26 + 9 * \text{BETA}(0.421, 0.443)$
6	Yaka ütü		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$31 + 3 * \text{BETA}(1.11, 0.852)$
7	Omuz tutturma		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$15 + 3 * \text{BETA}(1.65, 1.15)$
8	Omuz alma		Beta(min, max, alpha1,alpha2)	$14 + 3 * \text{BETA}(0.707, 0.781)$

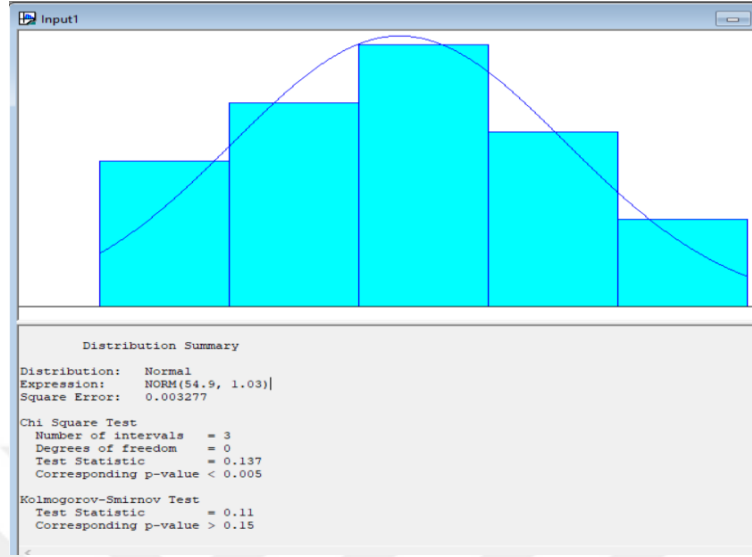
9	Omuz zikzak	Normal(mean, StdDev)	NORM(24.6, 0.785)
10	Yaka biye v zikzak	Beta(min, max, alpha1,alpha2)	11 + 3 * BETA(0.628, 0.785)
11	Yaka şerit işaret	Beta(min, max, alpha1,alpha2)	25 + 3 * BETA(1.07, 1.29)
12	Yaka şerit hazırlama	Beta(min, max, alpha1,alpha2)	29 + 3 * BETA(0.918, 1.1)
13	Yaka şerit sağ uç tutturma	Beta(min, max, alpha1,alpha2)	49 + 9 * BETA(0.865, 0.73)
14	Yaka şerit sol uç tutturma	Beta(min, max, alpha1,alpha2)	59 + 8 * BETA(1.15, 1.31)
15	Kol biye	Beta(min, max, alpha1,alpha2)	29 + 5 * BETA(1.32, 1.38)
16	Kol takma	Normal(mean, StdDev)	NORM(51.3, 1.23)
17	Yan çatma	Beta(min, max, alpha1,alpha2)	59 + 11 * BETA(0.677, 0.656)
18	Yıkama talimatı takma	Beta(min, max, alpha1,alpha2)	14 + 3 * BETA(1.24, 1.18)
19	Etek recme	Beta(min, max, alpha1,alpha2)	14 + 3 * BETA(1.26, 1.12)
20	Etiket hazırlama	Beta(min, max, alpha1,alpha2)	14 + 3 * BETA(1.12, 0.925)
21	Etiket takma	Normal(mean, StdDev)	NORM(18.4, 0.68)
22	Kol altı zikzak	Beta(min, max, alpha1,alpha2)	39 + 3 * BETA(1.15, 1.09)
23	Askı takma	Beta(min, max, alpha1,alpha2)	12 + 3 * BETA(1.07, 1.26)
24	Meto alma	Beta(min, max, alpha1,alpha2)	11 + 3 * BETA(0.771, 0.576)
25	Temizleme	Beta(min, max, alpha1,alpha2)	14 + 3 * BETA(0.939, 1.09)

Tablo 4.13 Dikim Hattı Sonrası Operasyon Sürelerinin Dağılımları

Dikim Sonrası Operasyonlar	Dağılım türü	Açıklama
Ara kontrol	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	14 + 3 * BETA(1.1, 1.16)
Son ütü	Normal(mean, StdDev)	NORM(25.5, 1.69)
Son Kontrol+ Ölçüm (Varsa Asorti)	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	34 + 5 * BETA(0.662, 0.791)
Katlama+Paketleme	Beta(min, max, alpha1, alpha2)	31 + 9 * BETA(0.976, 0.94)

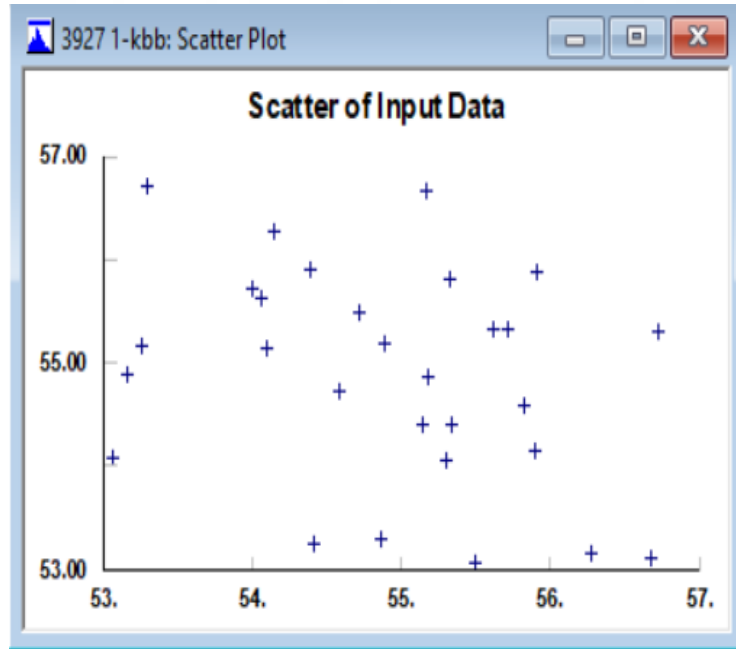
Çalışmada yer alan tüm verilerin bağımsızlık testleri EK-2’de yer almaktadır. Operasyon sayısı çok fazla olduğu için örnek göstermek maksadıyla aşağıda 3927 kodlu ürünün kol beden birleştirme operasyon süresine ilişkin hesaplanan bağımsızlık testlerinin sonuçları açıklanmıştır. Operasyon sürelerinin dağılım grafiğinin çizdirilmesi için Arena Input Analyzer

(Girdi Analizi) aracında yer alan Fit All seçeneğinden yararlanılmıştır. Şekil 4.4'te görüldüğü üzere veriler normal dağılmıştır ve hata karesi en küçük olarak normal dağılım elde edilmiştir.



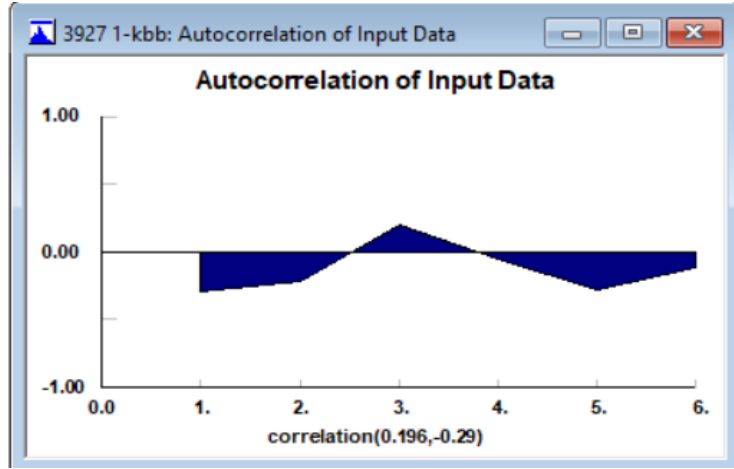
Şekil 4.4 3927 Kodlu Ürünün Kol Beden Birleştirme Operasyon Sürelerinin Dağılım Grafiği

Operasyonlarda yer alan sürelerin birbirleri arasındaki ilişkisi ve bu ilişkinin kuvveti ile yönü otokorelasyon grafiği ve serpmeye diyagramı yöntemleri yardımıyla gösterilmiştir. Saçılım diyagramına Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5 3927 Kodlu Ürünün Kol Beden Birleştirme Operasyonu Saçılım Grafiği

Şekil 4.5’de görüldüğü üzere veriler dağılmış, bir nokta etrafında toplanmamıştır. Otokorelasyon grafiği de Şekil 5.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6 3927 Kodlu Ürünün Kol Beden Birleştirme Operasyonunun Otokorelasyon Grafiği

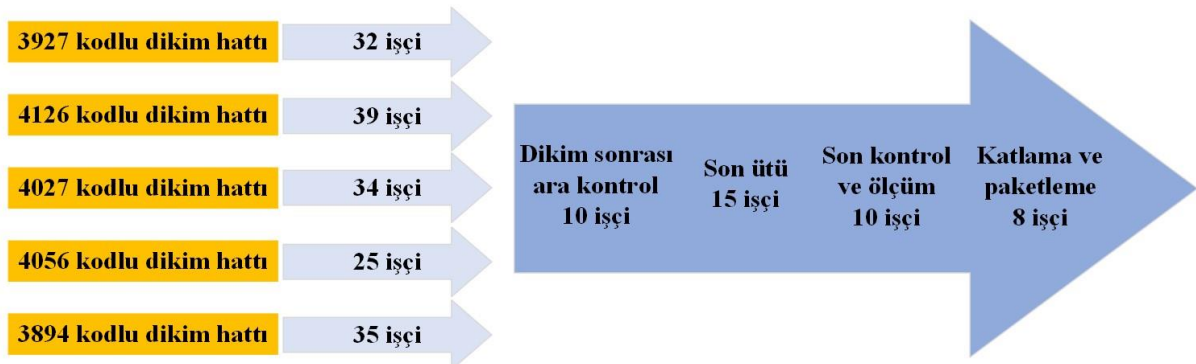
Otokorelasyon değerleri 0,196 ile -0,29 arasında değişmektedir. Otokorelasyon değerlerinin kabul edilebilir olması için $-1 \leq \rho \leq 1$ aralığında olması beklenir. Hem otokorelasyon hem de saçılım grafiğine baktığımızda verilerin bağımsız olduğunu söylemek mümkündür.

4.4. Kavramsal ve Mantıksal Modelin Oluşturulması

Sistemde yer alan parametreler ve operasyonlara ilişkin süreler belirlendikten sonra kavramsal model kurulmuş ve Arena Simülasyon Programı yardımıyla sistemin simülasyonu (benzetimi) yapılmıştır.

Varlıklar (Entities): 3927, 3894, 4027, 4126 ve 4056 kodlu ürünlerin dikim ve sonrasında işlenecek parçalarıdır.

Kaynaklar (Resources): Operasyonlarda çalışan işçilerdir. Toplam 208 adet işçi kullanılmıştır. Kaynakların operasyonel olarak dağılımı Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7 Kaynakların Operasyonel Dağılımı

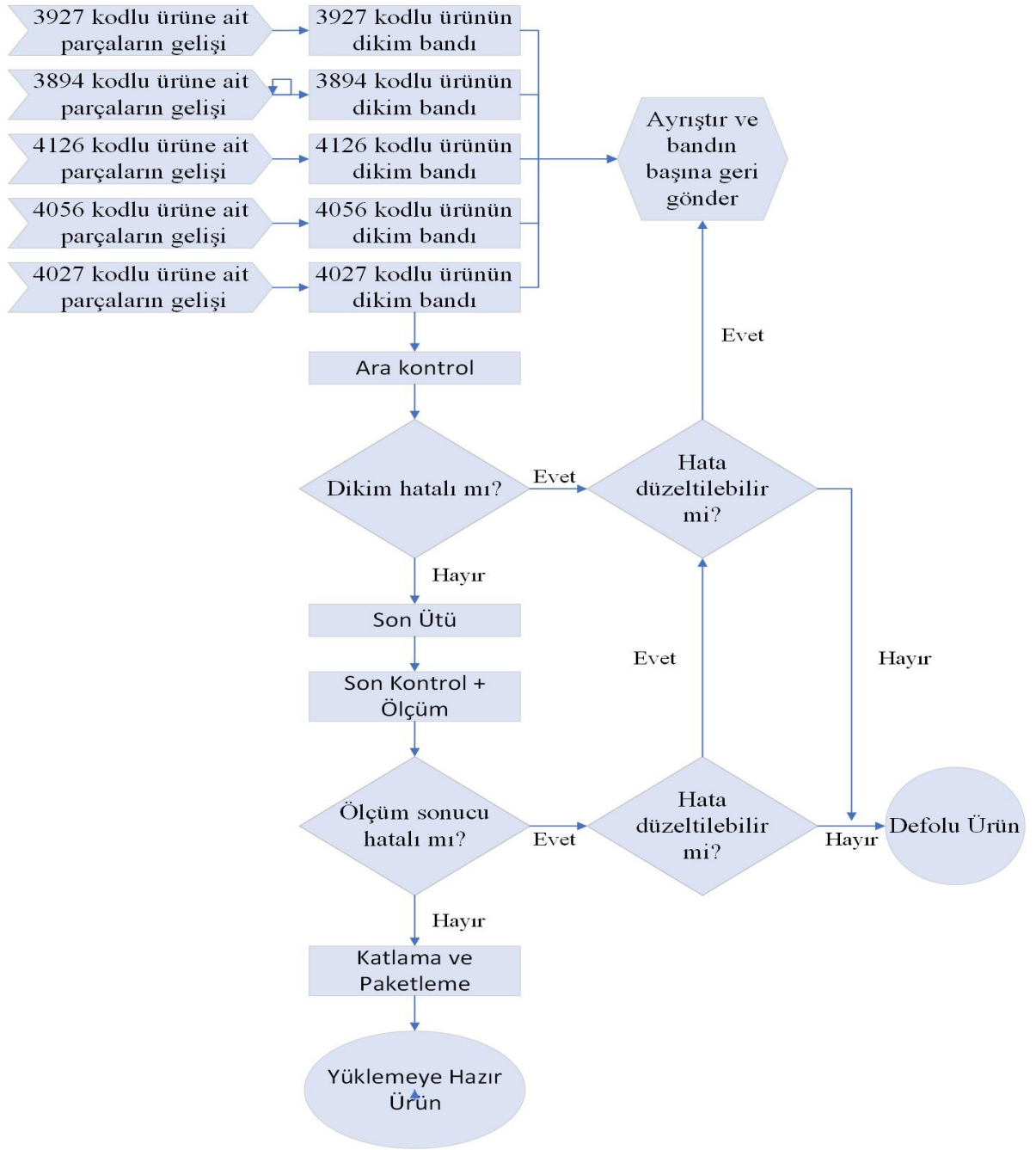
Sistemde yer alan olaylar (Events): Gelen ürünler (arrivals), işlem (process) modüllerinden geçmekte, hatalı ürünler karar (decide) modülü ile ayırmakta ve atama (assign) modülü ile düzeltilebilir hatalar ilgili ürünlerin dikim bandının en başına gönderilmekte ve çıkış (dispose) modülünden ürünlerin defolu ve sağlam ürün olmak üzere çıkışları yapılmaktadır.

Gelen ürünler (Arrivals): Modelde yer alan 5 ürünün ara kontrol işlemine kadar dikim operasyonları ayrı bantlarda gerçekleştiği için ayrı processlerden geçmiştir. Ara kontrol işleminden sonra ürünler First in first out yöntemine göre operasyonlardan geçmektedir.

Process (İşlemler):Dikim bantlarında ve sonrasında yer alan operasyonlar verilerin toplanması başlıklı bölümde verilmiştir.

Dispose (Çıkış): Hatalı ürün ve Yüklemeye hazır ürün olarak çıkışlar gerçekleşmektedir.

Sistemin mantıksal olarak modeli de Şekil 4.8’de verilmiştir. Modelde de görüldüğü üzere ürünlerin dikim bantlarına gelişleri ayrı ayrıdır ve ara kontrole kadar ayrı ayrı bantlarda operasyonları gerçekleşmektedir.



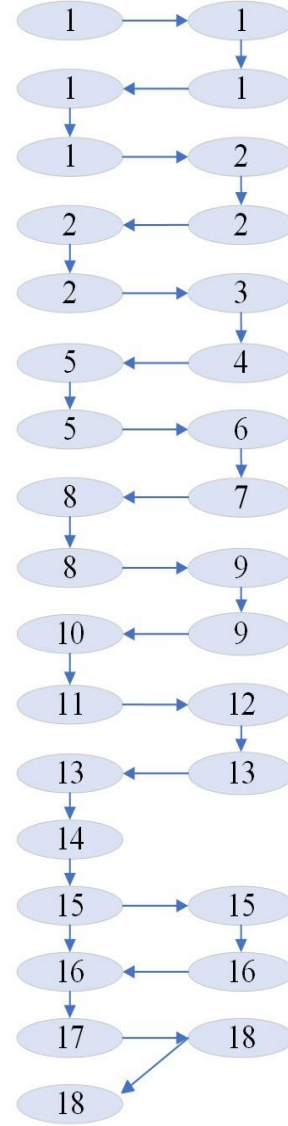
Şekil 4.8 Mevcut Sistemin Mantıksal Modeli

Ara kontrol ve Son kontrol işleminde hatalı ürünlerin düzeltilebilir olup olmadığına bakılmaktadır. Eğer düzeltilebilirse ürün ayrıştırılıp dikim bandının başına gönderilmektedir. Düzeltilemezse defolu(hatalı) ürün olarak çıkışı yapılmaktadır.

3927, 3894, 4027, 4126 ve 4056 kodlu ürünlerin dikim hattına ait iş akış şemaları ise sırayla Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te verilmiştir.

3927 Kodlu Ürünün Dikim Hattı Operasyonları

1. Kol beden birleştirme
2. Yan çatma
3. Yıkama talimatı takma
4. Etek recme
5. Kol recme
6. Yaka lastik biye
7. Etiket + işaret takma
8. Yaka kapama
9. Bağcık takma
10. Bağcık ucu kesme
11. Yaka v biye
12. Yaka v biye ucu zikzak
13. Yaka v biye kapama
14. Yaka ucu tutturma
15. Askı takma
16. Bağcık ucu zikzak
17. Meto alma
18. Temizleme

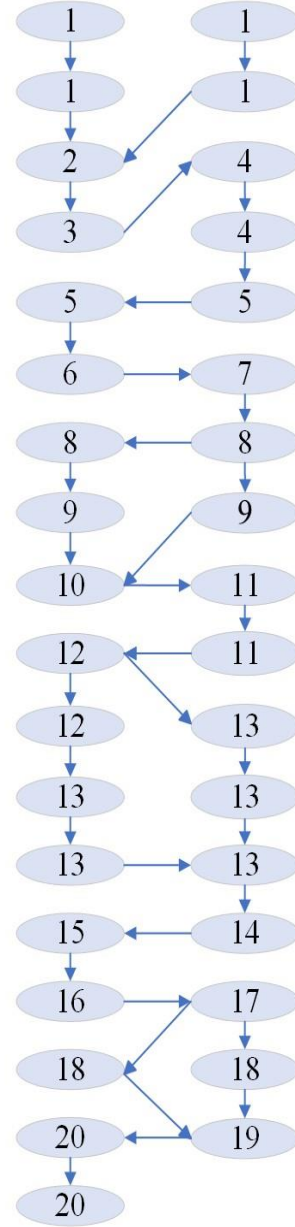


Şekil 4.9 3927 Kodlu Ürünün Dikim Hattına Ait İş Akış Şeması

Şekil 4.9’da görüldüğü üzere 1 numaralı kol beden birleştirme operasyonunda 5 adet işçi çalışmaktadır. 2 numaralı yan çatma operasyonunda 4 adet işçi çalışmaktadır. Akış hattı işlem önceliğine göre bu şekilde numaralandırılmıştır. Toplamda 3927 kodlu ürünün dikim hattında 32 adet işçi yer almaktadır.

3894 Kodlu Ürünün Dikim Hattı Operasyonları

1. Kol beden birleştirme
2. Yaka gipe
3. Gipe kesme
4. Yaka ütü
5. Yaka overlok
6. Yaka etiket işaret
7. Etiket takma
8. Yaka biye
9. Omuz tutturma
10. Omuz alma
11. Kol lastik takma
12. Etek regule
13. Yan çatma
14. Yıkama talimatı takma
15. Etek recme
16. Askı takma
17. Yaka zikzak
18. Kol dönme
19. Meto alma
20. Temizleme

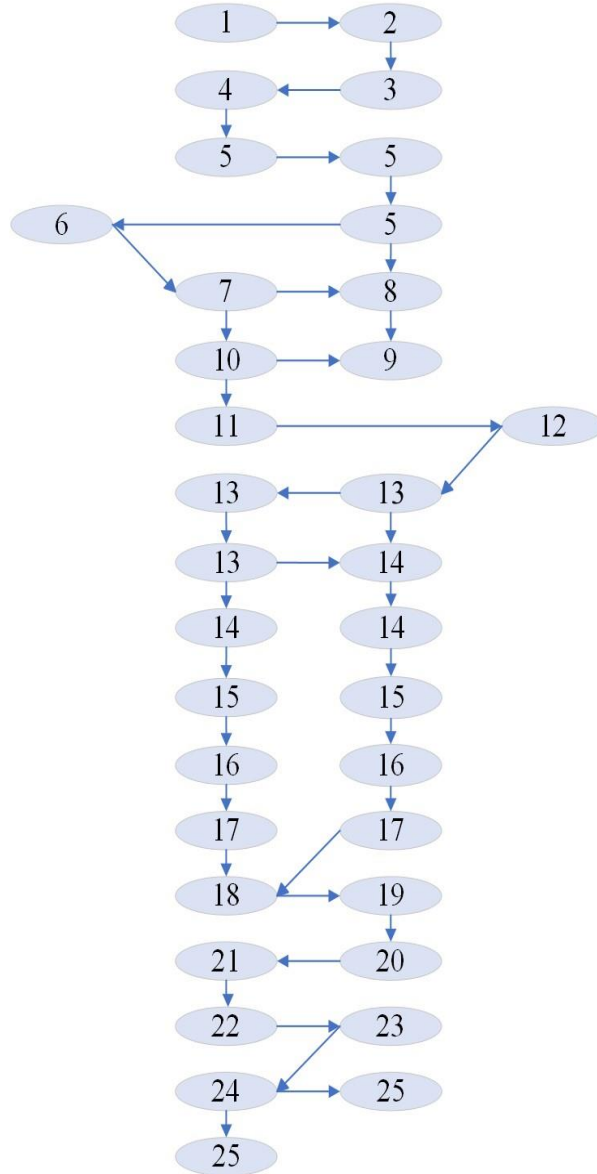


Şekil 4.10 3894 Kodlu Ürünün Dikim Hattına Ait İş Akış Şeması

Şekil 4.10’da görüldüğü gibi 20 adet operasyon vardır. Birden fazla işçinin çalıştığı operasyonlar aynı operasyon numarası ile işlem önceliğine göre numaralandırılmıştır. Örneğin kol beden birleştirme operasyonunda 4 adet işçi çalışmaktadır. 3894 kodlu ürünün dikim hattında toplamda 35 işçi çalışmaktadır.

4027 Kodlu Ürünün Dikim Hattı Operasyonları

1. Omuz ekstrafor takma
2. Ön yaka orta tutturma
3. Yaka v tutturma
4. Omuz alma
5. Yaka biye
6. Yaka ütü
7. Omuz tutturma
8. Omuz alma
9. Omuz zikzak
10. Yaka v biye zikzak
11. Yaka şerit işaret
12. Yaka şerit hazırlama
13. Yaka şerit sağ uç tutturma
14. Yaka şerit sol uç tutturma
15. Kol biye
16. Kol takma
17. Yan çatma
18. Yıkama talimatı takma
19. Etek recme
20. Etiket hazırlama
21. Etiket takma
22. Kol altı zikzak
23. Askı takma
24. Meto alma
25. Temizleme

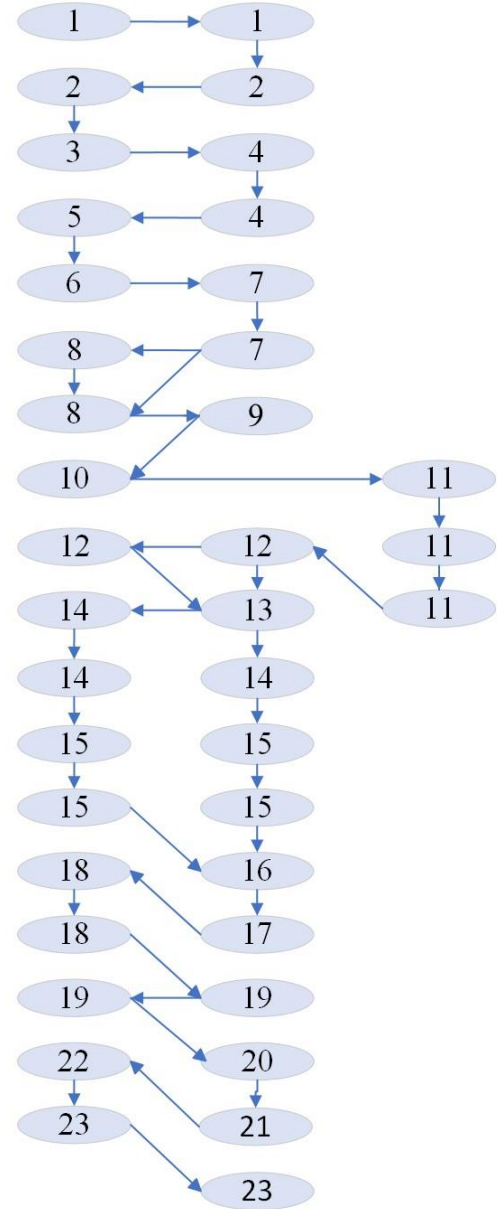


Şekil 4.11 4027 Kodlu Ürünün Dikim Hattına Ait İş Akış Şeması

Şekil 4.11’de görüldüğü gibi 4027 kodlu ürünün dikim hattında toplamda 34 işçi çalışmaktadır. 6 numaralı yaka ütü operasyonu ve 12 numaralı yaka şerit hazırlama operasyonu dikim bandının dışında yer almaktadır. İşlem sırasına göre operasyonlar numaralandırılmıştır.

4126 Kodlu Ürünün Dikim Hattı Operasyonları

1. Kol ağzı biye
2. Kol çima
3. Kol çoban dikişi
4. Kol süs dikişi
5. Kol kesme eşleme
6. Omuz alma
7. Yaka biye
8. Yaka çima
9. Yaka çoban dikişi
10. Yaka süs dikişi
11. Yaka ütü
12. Omuz tutturma
13. 2. omuz alma
14. Kol takma
15. Yan çatma
16. Yıkama talimatı takma
17. Etek recme
18. Kol altı zikzak
19. Yaka zikzak
20. Etiket takma
21. Askı takma
22. Meto alma
23. Temizleme

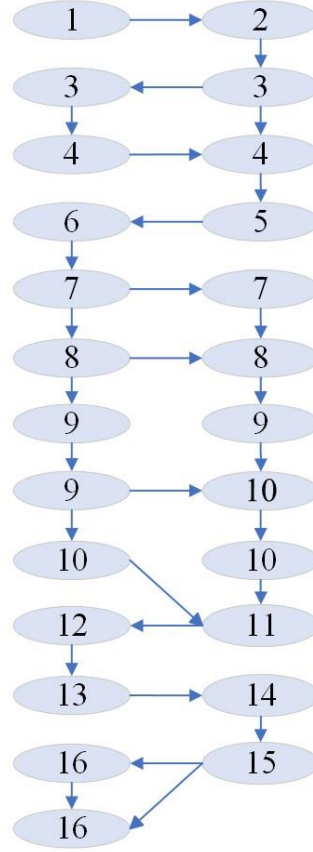


Şekil 4.12 4126 Kodlu Ürünün Dikim Hattına Ait İş Akış Şeması

4126 kodlu ürünün dikim hattında toplamda 39 işçi çalışmaktadır. Operasyon sayısı çok fazla olan bir dikim hattıdır. 11 numaralı ütü operasyonunda çalışan üç işçi dikim hattının dışında yer almaktadır.

4056 Kodlu Ürünün Dikim Hattı Operasyonları

1. Kol ağzı overlok
2. Arka yaka biye
3. Omuz tutturma
4. Omuz alma
5. Ense biye
6. Biye ucu zikzak
7. Yaka zikzak
8. Ense kapama + Etiket takma
9. Kol recme
10. Yan çatma
11. Yıkama talimatı takma
12. Etek overlok
13. Etek recme
14. Kol altı zikzak
15. Meto alma
16. Temizleme



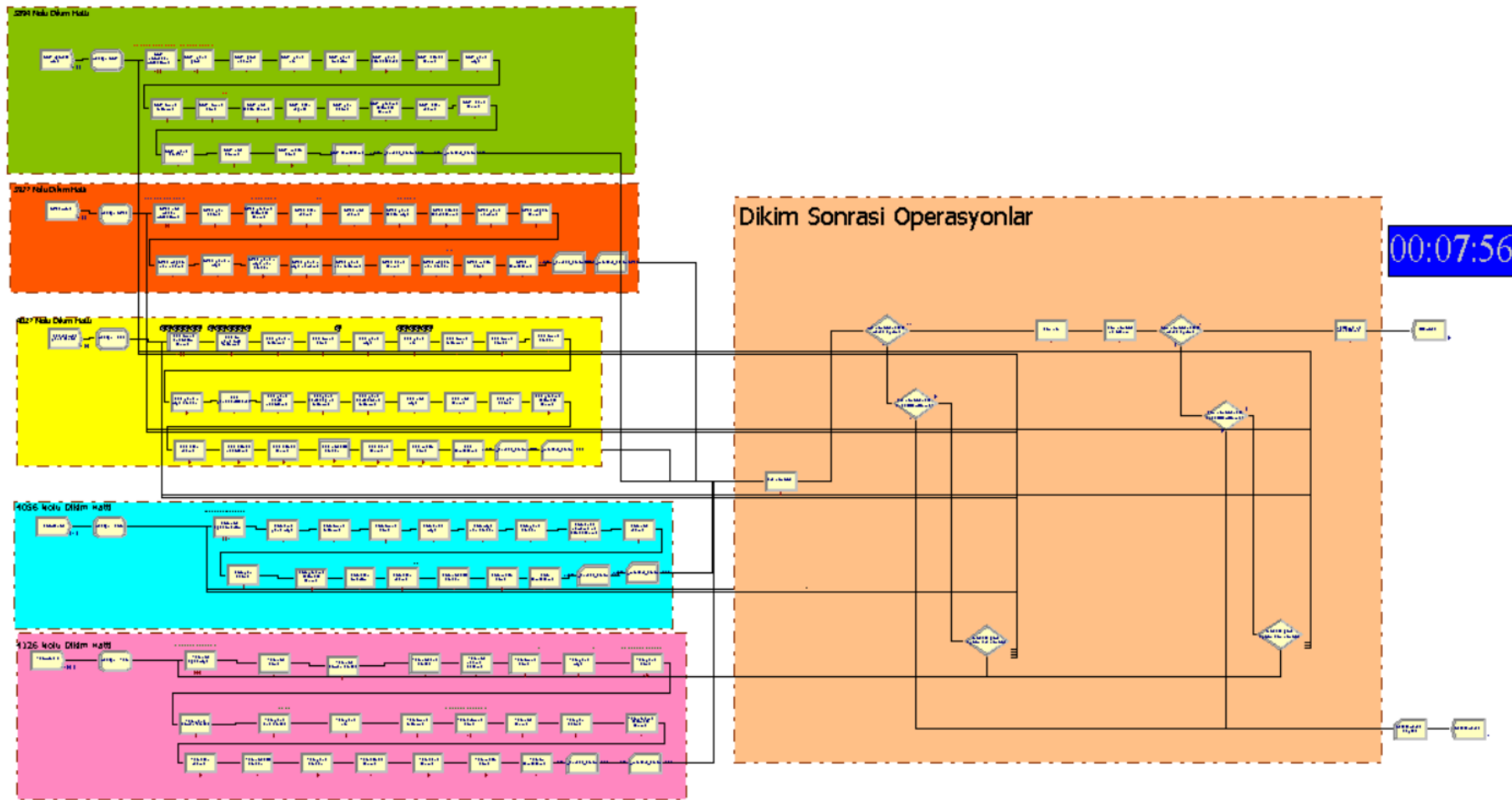
Şekil 4.13 4056 Kodlu Ürünün Dikim Hattına Ait İş Akış Şeması

4056 kodlu ürünün dikim hattında 25 işçi çalışmaktadır. Bu dikim hattında sadece zaman alan operasyonlarda birden fazla işçi çalışmaktadır.

4.5. Modelin Yazılıma Uyarlanması

Mantıksal modelin yazılım programına aktarılması aşamasında ARENA programından yararlanılmıştır.

Mevcut sistemde dikim ve sonrası üretim operasyonlarına ilişkin simülasyon modeli aşağıda Şekil 4.14'te verilmiştir. Modelin daha detaylı görseli; 3927-3894-4027-4126-4056 kodlu ürünlerin her birine ilişkin dikim hattı ve dikim sonrası operasyonlar olmak üzere EK 3'te sırasıyla yer almaktadır.



Şekil 4.14 Mevcut Sistemin Simülasyon Modeli

4.6. Modelin Doğruluğu ve Geçerliliği

Mevcut sistemde dikim ve sonrası üretim hattının tam kapasite ile çalıştığı düşünülmüş ve beş farklı ürünün aynı anda işlem gördüğü hali ele alınmıştır. Ayrıca sisteme anlık müdahaleler bulunduğu için modelin doğrulaması yapılırken üretilen ürünlerin gerçek çıktı miktarlarının karşılaştırması yapılmamıştır. Modelin doğrulamasında animasyon ve kod kontrolü yönteminden yararlanılmıştır.

Animasyon: Mevcut sistemin simülasyonunda uygulanan animasyon kurulumunun, dikim ve sonrası üretim hattının iş akışına uygun olduğu görülmüştür.

Kod Kontrolü: Oluşturulan simülasyon modelinin üretim sorumlusu ve üretim şefi tarafından doğruluğu konusunda onay alınmıştır.

Modelin geçerlemesinde duyarlılık analizi ve yüz geçerleme olmak üzere iki yöntemden yararlanılmıştır.

Duyarlılık Analizi: Girdi değişkenlerinin değerleri üzerinde değişiklik yaparak bu değişikliğin çıktılar üzerindeki etkisini gözlemlemek için duyarlılık analizi yapılmıştır. Yapılan duyarlılık analizinde en fazla üretimin gerçekleştiği 3894 ve 4126 kodlu ürünlerin son dört operasyonunun işlem süresi yarıya indirilmiştir. Yapılan duyarlılık analizi sonucunda çevrim süreleri Tablo 4.14'te verilmiştir.

Tablo 4.14 Duyarlılık Analizi Sonuçları

	MEVCUT DURUM		DUYARLILIK ANALİZİ	
	3894 Kodlu Ürünün Çevrim Süresi	4126 Kodlu Ürünün Çevrim Süresi	3894 Kodlu Ürünün Çevrim Süresi	4126 Kodlu Ürünün Çevrim Süresi
1	8,98	7,62	8,24	7,26
2	9,02	7,62	8,24	7,24
3	8,97	7,63	8,25	0,25
4	9,00	7,63	8,28	7,24
5	9,03	7,61	8,28	7,25
6	8,96	7,61	8,25	7,24
7	9,03	7,62	8,31	7,25
8	9,06	7,6	8,24	7,25
9	8,99	7,61	8,25	7,25
10	9,05	7,61	8,28	7,25
Ortalama	9,01	7,62	8,26	6,55

Tablo 4.14'te görüldüğü gibi 3894 kodlu ürünün çevrim süresi 9,01'den 8,26 ya, 4126 kodlu ürünün çevrim süresi ise 7,62'den 6,55'e düşmüştür. Bu sonuçlar sistemin duyarlı olduğunu göstermektedir.

Yüz geçерleme: Mevcut sistemin simülasyon modelinin çıktıları işletme yetkilileri ile istişare edilmiş ve oluşan dar boğazlar kaynak kullanım oranının düşük olduğu operasyonların sistem verileriyle benzerlik gösterdiği konusunda fikir birliğine varılmıştır.

4.7. Mevcut Durumun Değerlendirilmesi

Tekstil işletmelerinde dikim bandının simülasyonu bir kesikli simülasyon modelidir. Ancak gün sonunda yarım kalan işler vardır ve bir sonraki gün kaldığı yerden devam etmektedir. Yani sonuç olarak her ne kadar üretilen parça adedi belli olsa da bir süreklilik söz konusudur. Bu nedenle oluşturulan simülasyon modelinin uzun dönemde kararlılığını gözlemlemek için sistem performansının ölçüldüğü performans göstergelerinin uzun dönemde kararlı bir hal aldığı noktanın tespit edilmesi gerekir. Bu nokta ısınma periyodu olarak ifade edilmektedir. Modelin ısınma periyodunun belirlenmesinde yani bir denge durumuna geldiği noktayı tespit etmek için Arenanın Process Analyzer aracı kullanılmıştır. Buna göre sistemin en az 149 tekrar çalıştırılması gerektiği tespit edilmiştir. Yani sistem 149 gün çalıştırıldığında denge durumuna gelmektedir. Şekil 4.15'te Arena Process Analyzer sonucuna yer verilmiştir.

Scenario Properties				Controls			Responses											
S	Name	Program File	Reps	Num Reps	Rep Length	System Number	Hatalı parça sayısı	Entity 3894 VA Time	Entity 3894 Number	Entity 3927 VA Time	Entity 3927 Number	Entity 4027 VA Time	Entity 4027 Number	Entity 4056 VA Time	Entity 4056 Number	Entity 4126 VA Time	Entity 4126 Number	Entity 4126 Number
1	Scenario 1	3_05.01.202	135	135	540.0000	5638.963	404	8.997	1680.059	1053.659	8.783	663.830	13.058	990.252	9.114	1251.163	1251.163	1251.163
2	Scenario 2	3_05.01.202	136	136	540.0000	5639.125	404	8.997	1680.096	1053.610	8.783	663.919	13.058	990.316	9.113	1251.184	1251.184	1251.184
3	Scenario 3	3_05.01.202	137	137	540.0000	5639.978	404	8.997	1679.993	1053.555	8.783	663.912	13.058	990.277	9.113	1251.241	1251.241	1251.241
4	Scenario 4	3_05.01.202	138	138	540.0000	5639.188	404	8.997	1680.174	1053.493	8.783	663.862	13.058	990.319	9.113	1251.341	1251.341	1251.341
5	Scenario 5	3_05.01.202	139	139	540.0000	5639.058	404	8.997	1680.115	1053.410	8.783	663.856	13.058	990.367	9.113	1251.309	1251.309	1251.309
6	Scenario 6	3_05.01.202	140	140	540.0000	5639.200	404	8.997	1680.129	1053.436	8.783	663.786	13.058	990.421	9.113	1251.429	1251.429	1251.429
7	Scenario 7	3_05.01.202	141	141	540.0000	5639.986	404	8.997	1680.241	1053.312	8.783	663.787	13.058	990.319	9.113	1251.326	1251.326	1251.326
8	Scenario 8	3_05.01.202	142	142	540.0000	5639.225	404	8.997	1680.373	1053.373	8.783	663.669	13.058	990.366	9.113	1251.444	1251.444	1251.444
9	Scenario 9	3_05.01.202	143	143	540.0000	5639.175	404	8.997	1680.434	1053.287	8.784	663.685	13.058	990.420	9.114	1251.350	1251.350	1251.350
10	Scenario 10	3_05.01.202	144	144	540.0000	5639.021	404	8.997	1680.333	1053.243	8.784	663.667	13.058	990.438	9.114	1251.340	1251.340	1251.340
11	Scenario 11	3_05.01.202	145	145	540.0000	5639.276	404	8.997	1680.566	1053.338	8.784	663.634	13.058	990.359	9.114	1251.379	1251.379	1251.379
12	Scenario 12	3_05.01.202	146	146	540.0000	5639.959	404	8.996	1680.493	1053.370	8.784	663.473	13.058	990.144	9.114	1251.479	1251.479	1251.479
13	Scenario 13	3_05.01.202	147	147	540.0000	5639.932	404	8.996	1680.320	1053.388	8.784	663.435	13.058	990.184	9.114	1251.605	1251.605	1251.605
14	Scenario 14	3_05.01.202	148	148	540.0000	5639.318	404	8.996	1680.378	1053.439	8.784	663.466	13.058	990.284	9.114	1251.750	1251.750	1251.750
15	Scenario 15	3_05.01.202	149	149	540.0000	5639.523	404	8.996	1680.483	1053.369	8.784	663.544	13.058	990.161	9.114	1251.966	1251.966	1251.966
16	Scenario 16	3_05.01.202	150	150	540.0000	5639.573	404	8.996	1680.447	1053.433	8.783	663.533	13.058	990.240	9.114	1251.920	1251.920	1251.920
17	Scenario 17	3_05.01.202	151	151	540.0000	5639.589	404	8.996	1680.404	1053.404	8.784	663.497	13.058	990.377	9.114	1251.907	1251.907	1251.907
18	Scenario 18	3_05.01.202	152	152	540.0000	5639.605	404	8.996	1680.309	1053.539	8.784	663.493	13.058	990.355	9.114	1251.908	1251.908	1251.908
19	Scenario 19	3_05.01.202	153	153	540.0000	5639.824	404	8.996	1680.471	1053.575	8.784	663.484	13.058	990.373	9.114	1251.922	1251.922	1251.922
20	Scenario 20	3_05.01.202	154	154	540.0000	5640.058	404	8.996	1680.519	1053.669	8.783	663.519	13.058	990.396	9.114	1251.955	1251.955	1251.955
21	Scenario 21	3_05.01.202	155	155	540.0000	5640.065	404	8.996	1680.452	1053.794	8.783	663.452	13.058	990.323	9.114	1252.045	1252.045	1252.045

Şekil 4.15 Arena Process Analyzer Sonucu

Mevcut durumun simülasyonunda 149 tekrar sonucunda yüklenmeye hazır (sağlam) çıktı miktarı toplam 5640 adettir. 4126 kodlu üründen 1252, 3927 kodlu üründen 1053, 3894 kodlu üründen 1681, 4056 kodlu üründen 990, 4027 kodlu üründen 664 adet üretim gerçekleştirilmiştir. Hatalı parça adedi de ortalama 404 adettir.

İşletmenin her bir üründen hedeflediği günlük üretim miktarını karşılama oranları Tablo 4.15’te yer almaktadır.

Tablo 4.15 Hedeflenen Günlük Üretim Miktarını Karşılama Oranları

No	Ürün Kodu	Her Bantta Hedeflenen Ortalama üretim miktarı(adet)	Yüklenmeye Hazır(Sağlam) üretim miktarı(adet)	Hedeflenen Günlük Üretim Miktarını Karşılama Oranı (Yüzde)
1	4126	1815	1252	%69
2	3927	1245	1053	%85
3	3894	1980	1681	%85
4	4056	1095	990	%90
5	4027	1110	664	%60

Buna göre 4126 kodlu ürün için %69, 3927 kodlu ürün için %85, 3894 kodlu ürün için %85, 4056 kodlu ürün için %90, 4027 kodlu ürün için %60 olarak belirlenmiştir. Özellikle 4027 ve 4126 kodlu ürünlerin dikim bandının düşük verimlilikle çalıştığını söylemek mümkündür.

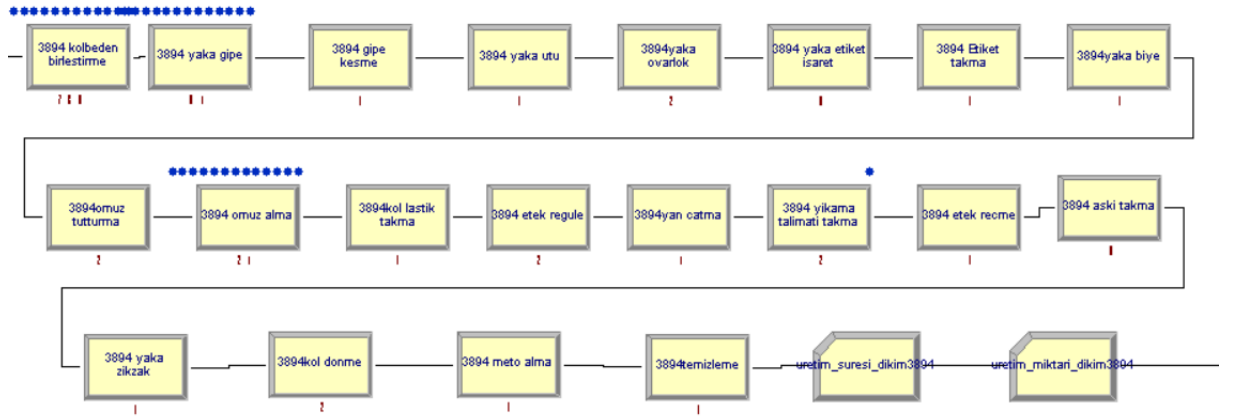
Mevcut sistemde ara kontrol ve son kontrol hatalı parça ayrımı yapılırken hata türlerinin ve hatalı parça miktarlarının günlük olarak kaydedildiği hata verilerinden yararlanılmıştır. Bu verilerde hataların türlerine göre bir ayırım yapıldığı için sadece ara kontrol ve son kontrolde çıkan hatalı ürün miktarına göre üretilen ürünlerin hata oranı saptanmıştır. Buna göre ürünlerin ara kontrol sonucunda %9,48’i hatalı olarak tespit edilmiştir. Modeli oluştururken ara kontrolde bu hataların %12,3’ü düzeltilemez hata olarak ayrıştırılırken, %87,7’si tamir görmek için bandın başına gönderilmektedir.

Son kontrol işleminden sonra ise toplam üretilen ürün miktarının %12,76’sının hatalı olduğu tespit edilmiştir. Modelde son kontrol hatalı parça ayrımı yaparken ürünlerin %12,76’sı hatalı ürün olarak ayrıştırılmış,%87,24’ü ise sağlam ürün olarak katlama ve paketleme prosesine gönderilmiştir. Son kontrolde hatalı olan ürünlerin %57,6’sının düzeltilebilir olduğu ve tamir işlemi için bandın başına tekrar geri gönderildiği tespit edilmiştir. Düzeltilemeyenler ise hatalı ürün olarak ayrıştırılmıştır.

Mevcut sistemde hataların operasyonel bazda bir kaydı yoktur. Hataların ürün bazında ayrıştırılıp bandın başına geri gönderilmesi ve ayrı bir tamir prosesinin olmaması çok önemli bir zaman kaybı yaratmaktadır.

Mevcut sistemde ürünlerin dikim bantlarında darboğazlar oluşmaktadır. İlk operasyonlarda ürünler 15'erli partiler halinde gelmektedir. Dikim hattı öncesinde yer alan operasyonlar modele dâhil edilmediğinden ve kesim-tasnif operasyonları tamamlanmış ürünler dikime hazır olarak beklediği için ilk proseslerde bu yığılmaların olması normal karşılanmaktadır.

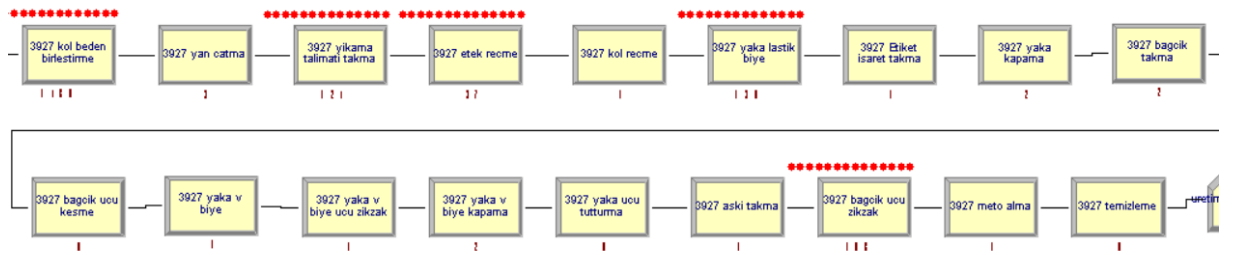
3894 kodlu ürünün dikim hattında oluşan darboğazlar Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16 3894 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Oluşan Darboğazlar

Şekil 4.16'da görüldüğü gibi yaka gipe ve omuz alma operasyonlarında darboğazlar oluşmuştur.

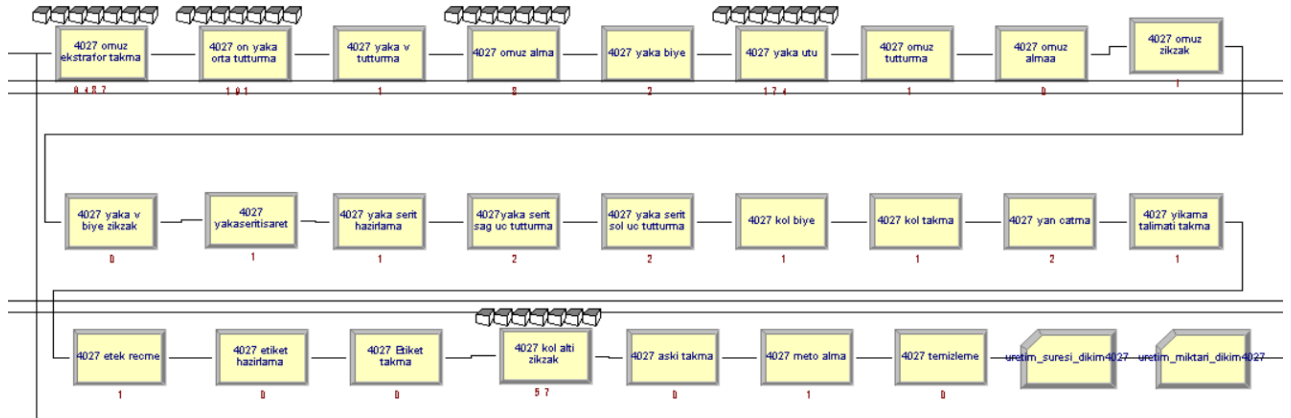
3927 kodlu ürünün dikim hattında oluşan darboğazlar Şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.17 3927 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Oluşan Darboğazlar

3927 kodlu ürünün dikim hattında yıkama talimatı takma, etek reçme, yaka lastik biye ve bağcık ucu zikzak operasyonlarında darboğazlar oluşmuştur.

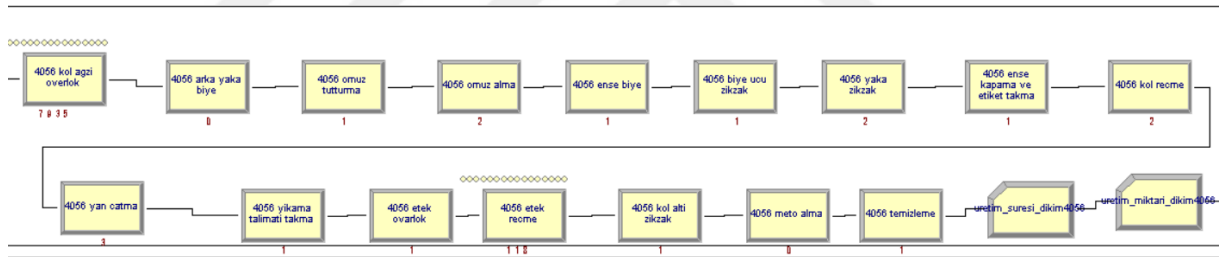
4027 kodlu ürünün dikim hattında oluşan darboğazlar Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.18 4027 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Oluşan Darboğazlar

Şekil 4.18’de görüldüğü üzere ön yaka orta tutturma, omuz alma, yaka ütü ve kol altı zikzak operasyonlarında darboğazlar oluşmuştur.

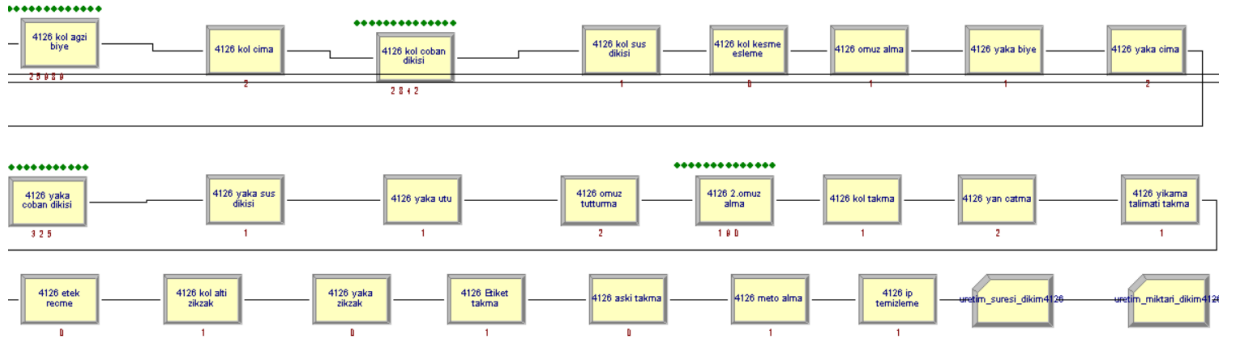
4056 kodlu ürünün dikim hattında oluşan darboğazlar Şekil 4.19’da verilmiştir.



Şekil 4.19 4056 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Oluşan Darboğazlar

Burada da etek recme operasyonunda önemli bir darboğaz olduğunu söylemek mümkündür.

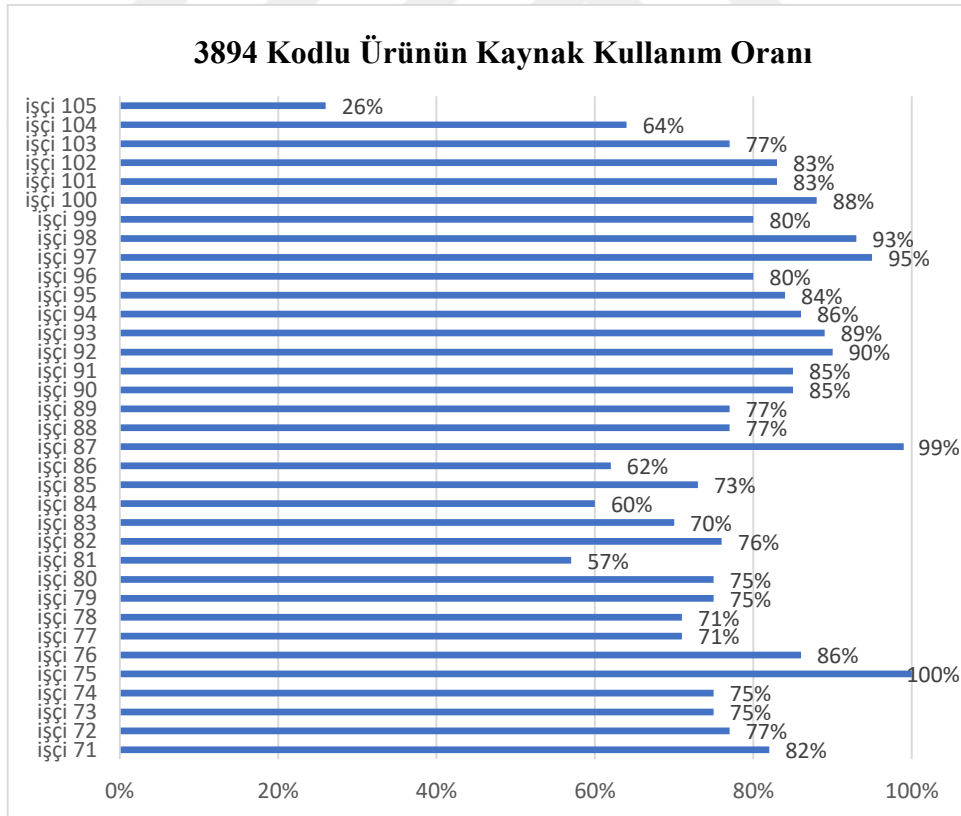
Son olarak 4126 kodlu ürünün dikim hattında oluşan darboğazlar Şekil 4.20’de verilmiştir.



Şekil 4.20 4126 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Oluşan Darboğazlar

Şekil 4.20’de görüldüğü gibi kol çoban dikişi, yaka çoban dikişi ve 2. Omuz alma operasyonlarında darboğazlar oluşmuştur.

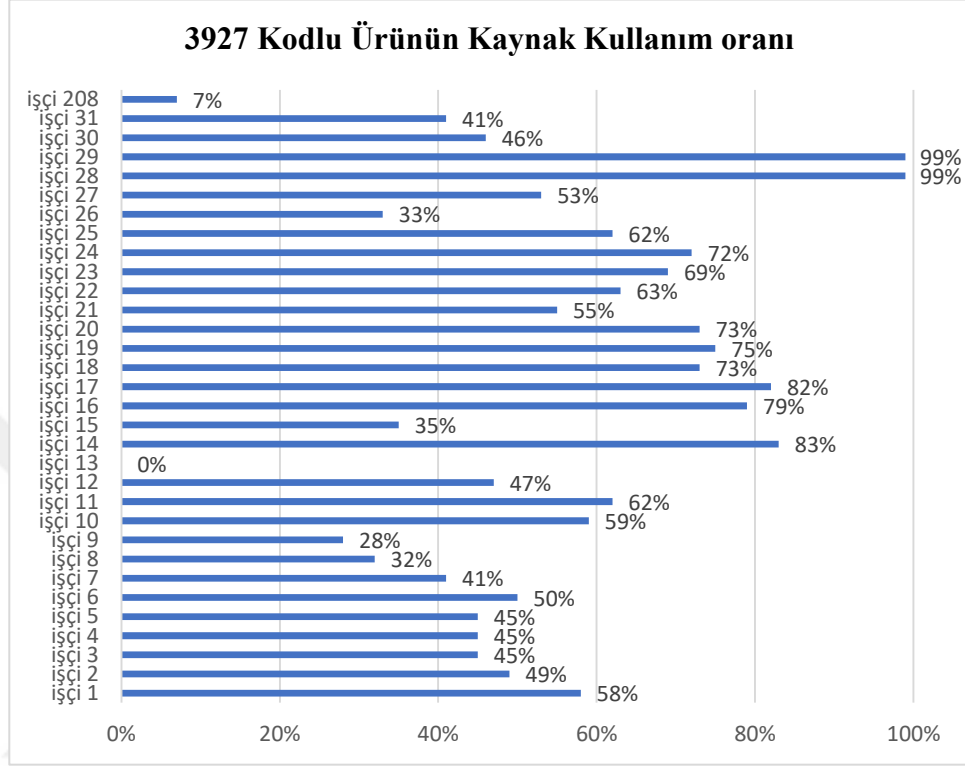
Mevcut sistemin kaynak kullanım oranları sırayla dikim hatları ve dikim sonrasında çalışan işçiler için ayrı ayrı ele alınmıştır. 3894 nolu ürünün dikim bandının kaynak kullanım oranları Şekil 4.21’de verilmiştir.



Şekil 4.21 3894 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Kaynak Kullanım Oranları

Şekil 4.21’de görüldüğü gibi ip temizleme operasyonunda yer alan 105 numaralı işçi dışında kaynak kullanım oranları yüksektir.

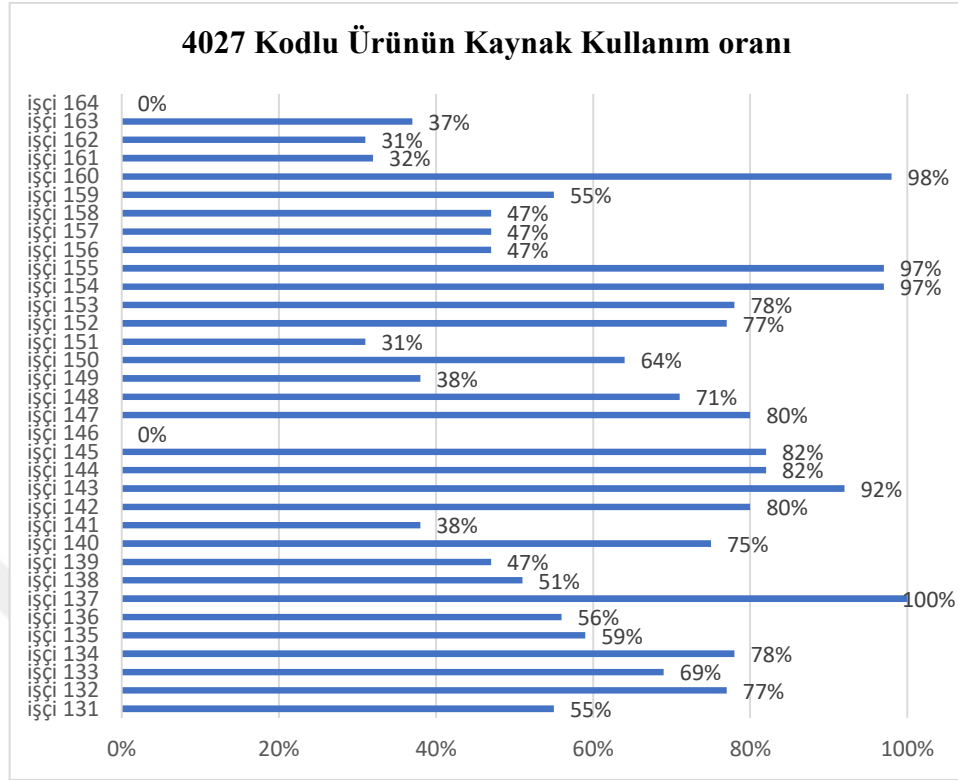
3927 kodlu ürünün dikim hattının kaynak kullanım oranları Şekil 4.22’de verilmiştir.



Şekil 4.22 3927 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Kaynak Kullanım Oranları

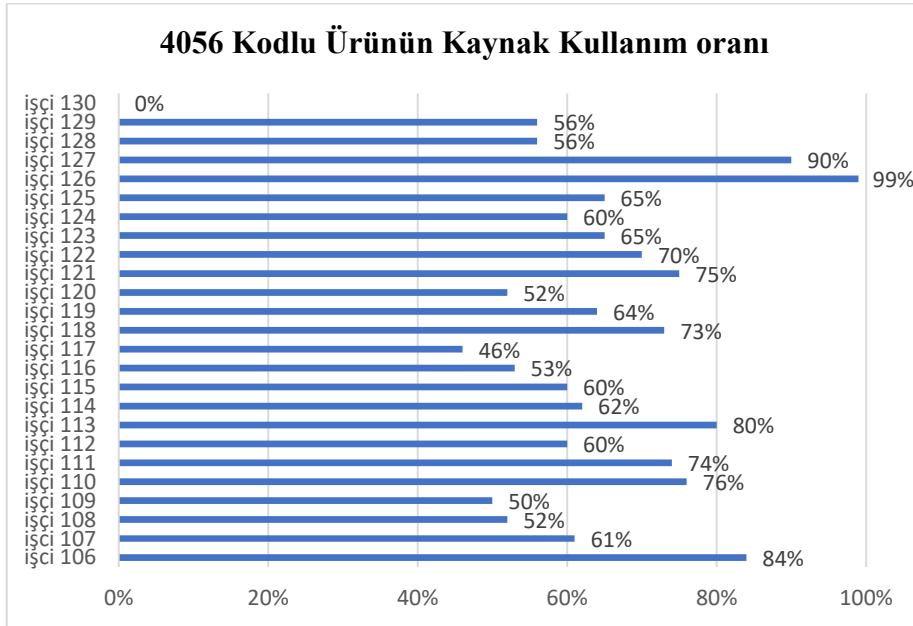
Buna göre özellikle ilk iki operasyonda fazla işçi atandığı için dikim bandının başı olmasına rağmen kaynak kullanım oranlarının yüksek olmadığını görülmektedir. Kol reçme operasyonunda 13 numaralı işçinin kaynak kullanımı sıfırdır. Aynı operasyonda faaliyet gösteren işçi 12’nin ise %47’dir. Kol reçme operasyonunun kaynak kullanım oranı %24 olup, bu çok düşük bir orandır. İp temizleme operasyonunda işçi 208’nin kaynak kullanım oranı %7’dir. Bu operasyonda da ortalama %24 performansla çalışılmaktadır.

4027 kodlu ürünün dikim hattının kaynak kullanım oranları Şekil 4.23’de verilmiştir.



Şekil 4.23 4027 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Kaynak Kullanım Oranları

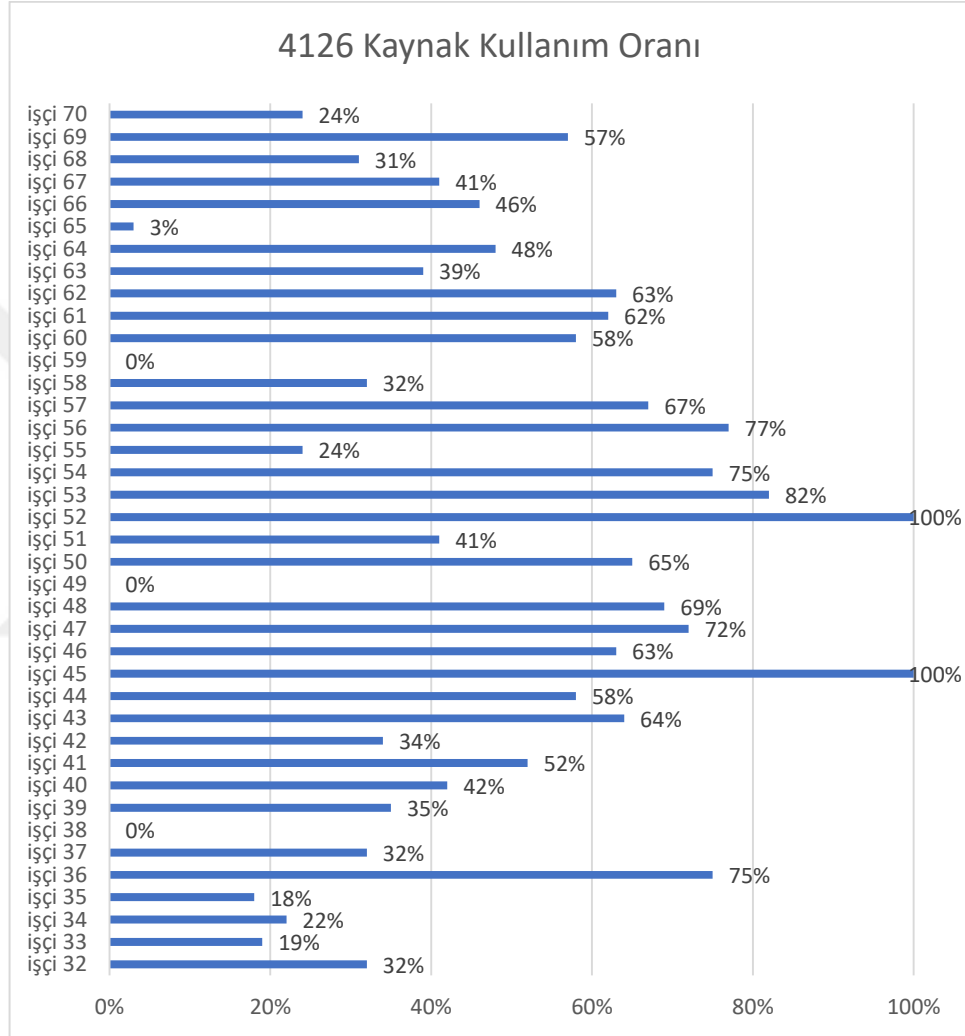
4027 Kodlu ürünün dikim hattında 146 numaralı işçinin ve 164 numaralı işçinin kaynak kullanım oranları %0'dır. 4056 kodlu ürünün dikim bandının kaynak kullanım oranları ise Şekil 4.24'te verilmiştir.



Şekil 4.24 4056 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Kaynak Kullanım Oranları

Şekil 4.24'e göre ip temizleme operasyonunda yer alan işçi 130 dışında kaynak kullanımı çok düşük olan işçi bulunmamaktadır.

4126 kodlu ürünün dikim hattının kaynak kullanım oranları Şekil 4.25'te verilmiştir.

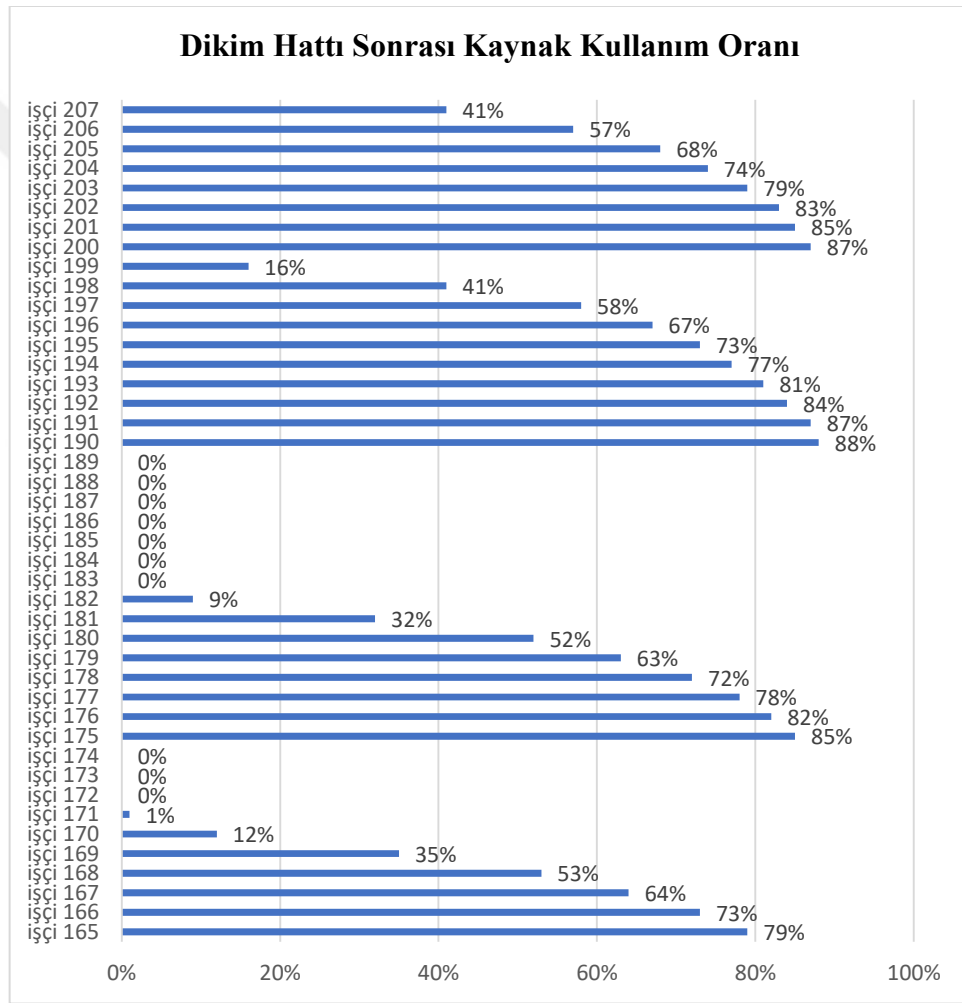


Şekil 4.25 4126 Kodlu Ürünün Dikim Hattında Kaynak Kullanım Oranları

Buna göre kol ağzı biye operasyonlarında çalışan işçi 32 ve işçi 33'ün kaynak kullanım oranı ortalaması yaklaşık %25, kol çima operasyonunda çalışan işçi 34 ve işçi 35'in kaynak kullanım oranı ortalaması %20, kol süs dikişi operasyonunda çalışan işçi 37 ve işçi 38'in kaynak kullanım oranı ortalaması %16, yaka ütü operasyonunda çalışan işçi 49'un kaynak kullanım oranı %0'dır. Kol takma operasyonunda çalışan işçi 55'in kaynak kullanım oranı düşük olsa da kol takma operasyonunda çalışan işçi 53, işçi 54 ve işçi 5'in kaynak kullanım oranı ortalaması yüksektir. Yine aynı şekilde işçi 59'un kaynak

kullanım oranı %0 olarak görünse de ortalama kaynak kullanım oranı %44 tür. Yaka zikzak operasyonunda çalışan işçi 65'in kaynak kullanım oranı %3 olup yaka zikzak operasyonunda çalışan işçi 64 ve işçi 65'in kaynak kullanım oranı ortalaması da oldukça düşüktür. Benzer şekilde ip temizleme operasyonunda çalışan işçi 70'in de kaynak kullanım oranı düşüktür.

Ürünlerin dikim hattı sonrasında yer alan işlemlerde birlikte işlem gördüğü operasyonların kaynak kullanım oranları ise Şekil 4.26'da verilmiştir.



Şekil 4.26 Dikim Hattı Sonrası Kaynak Kullanım Oranı

Şekil 4.26'da görüldüğü üzere ara kontrol operasyonunda çalışan işçi 170, işçi 171, işçi 172, işçi 173 ve işçi 174 olmak üzere toplam 5 işçinin kaynak kullanım oranı çok düşüktür. Son ütü operasyonunda yer alan işçi 182, işçi 183, işçi 184, işçi 185, işçi 186,

işçi 187, işçi 188 ve işçi 189'un kaynak kullanım oranları sıfır ve sıfıra yakındır. Son kontrol operasyonunda sadece işçi 199'un kaynak kullanım oranı %16 olup çok düşüktür. Katlama ve paketleme operasyonunda kaynak kullanım oranları normaldir.

4.8. Mevcut Durum için Alternatif Senaryolar

Mevcut durumun iyileştirilmesi için üç farklı senaryo geliştirilmiştir. Alternatif senaryoları oluştururken birinci senaryoda pareto analizi, ikinci senaryoda neden sonuç diyagramından yararlanılmıştır. Üçüncü alternatif senaryoda ise iki alternatif senaryoda yapılan değişiklikler birlikte uygulanmıştır.

4.8.1. Birinci Senaryo

Birinci alternatif senaryo geliştirilirken dikim ve sonrası üretim hattında oluşan hata türlerine ilişkin verilerden yararlanılmıştır. Bu bağlamda sırasıyla pareto analizinin nasıl oluşturulduğu, önem sırası yüksek hataları için geliştirilen alternatif senaryolar ve birinci alternatif senaryo sonuçlarının değerlendirmesi yapılmıştır.

4.8.1.1. Pareto Analizinin Oluşturulması

İşletmenin üç aylık hata türlerine ilişkin tutmuş oldukları veriler ışığında ara kontrolde ve son kontrol sonucunda ortaya çıkan hataların pareto analizleri yapılmıştır.

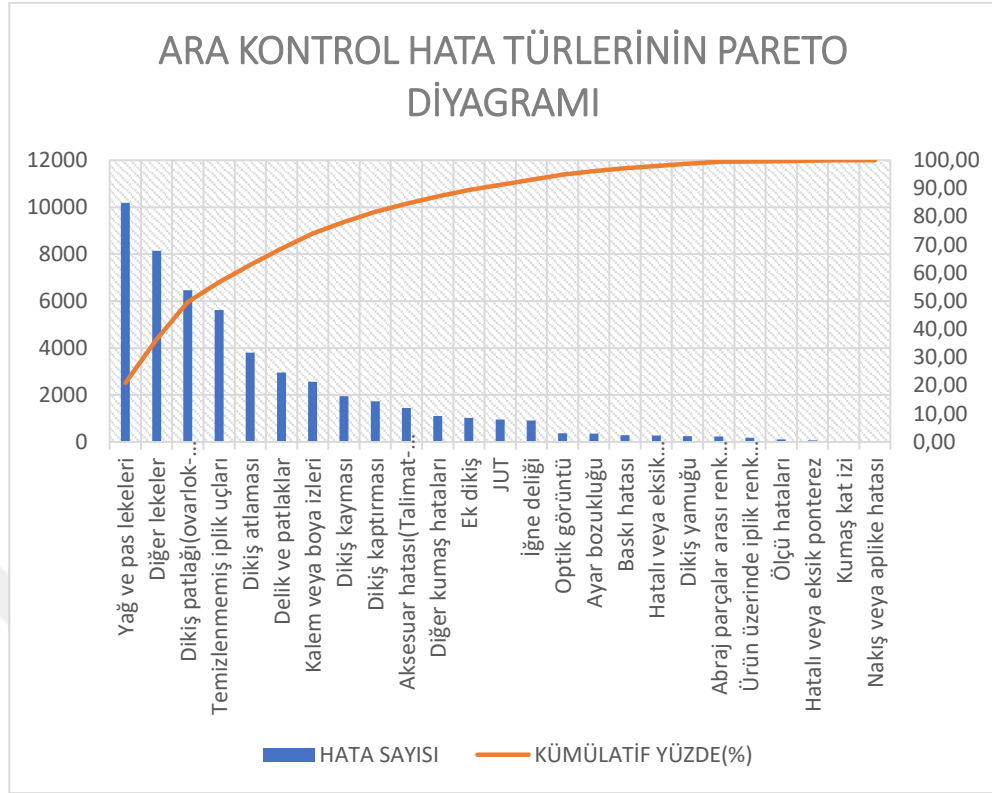
Ara kontrol sonucunda oluşan hata türlerine göre hata sayıları ve kümülatif yüzdeleri Tablo 4.16'da verilmiştir.

Tablo 4.16 Ara Kontrol Hata Türlerine Göre Hata Sayıları ve Kümülatif Yüzdeleri

Hata Türleri	Hata sayısı (Frekans)	Hata Yüzdesi (Görel frekans)	Kümülatif yüzde (Kümülatif Frekans)
Yağ ve pas lekeleri	10186	19,97%	19,97
Diğer lekeler	8144	15,97%	35,94
Dikiş patlağı (ovarlok-reçme)	6461	12,67%	48,61
Temizlenmemiş iplik uçları	5623	11,03%	59,63
Dikiş atlaması	3803	7,46%	67,09
Delik ve patlaklar	2962	5,81%	72,89
Kalem veya boya izleri	2561	5,02%	77,92
Dikiş kayması	1951	3,83%	81,74
Dikiş kaptırması	1729	3,39%	85,13

Aksesuar hatası (Talimat-etiket düğme-boncuk)	1448	2,84%	87,97
Diğer kumaş hataları	1102	2,16%	90,13
Ek dikiş	1018	2,00%	92,13
JUT	956	1,87%	94,00
İğne deliği	912	1,79%	95,79
Optik görüntü	366	0,72%	96,51
Ayar bozukluğu	353	0,69%	97,20
Baskı hatası	288	0,56%	97,76
Hatalı veya eksik ilik+düğme	273	0,54%	98,30
Dikiş yamuğu	240	0,47%	98,77
Abraj parçalar arası renk farkı	228	0,45%	99,22
Ürün üzerinde iplik renk bozukluğu	177	0,35%	99,56
Ölçü hataları	111	0,22%	99,78
Hatalı veya eksik ponterez	70	0,14%	99,92
Kumaş kat izi	39	0,08%	99,99
Nakiş veya aplike hatası	3	0,01%	100,00
Toplam	51003	1	

Tablo 4.16’da görüldüğü gibi öncelikle ara kontrolde tespit edilen hataların türlerine göre toplamaları alınmıştır. Daha sonra bu hatalar miktara göre büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Ara kontrol hatalarının kümülatif frekanslarının belirlenmesinin ardından ara kontrol hata türlerine ilişkin oluşturulan pareto diyagramı Şekil 4.27’de verilmiştir.



Şekil 4.27 Ara Kontrol Hata Türlerinin Pareto Diyagramı

Şekil 4.27’de görüldüğü üzere 51.003 adet hatanın içerisinde yağ ve pas lekesi 10.186, diğer lekeler 8.144, dikiş patlağı (overlok-recme) 6.461, temizlenmemiş iplik uçları 5.623 hata sayısı ile en önemli dört hata türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Leke hatalarının oldukça fazla olduğunu söylemek mümkündür. Bu hatalar dikim ve sonrasında gerçekleşmiş olabileceği gibi kesimde gerçekleşen hatalar da olabilmektedir. Ancak son kontrolde de leke hatalarının çok fazla olduğu görülmektedir. Yağ pas lekelerinin tek başına %20 oranında bir hatayı temsil ettiği görülmektedir. Hatta diğer leke hatalarıyla birlikte düşünüldüğünde ara kontrolde gözlenen hataların %40’ının yağ pas lekesi, diğer lekeler ve kalem, boya izleri şeklinde lekeden kaynaklı hatalar olduğu düşünülürse leke hatalarının önemle dikkate alınması gereken bir hata türü olduğunu söylemek mümkündür.

Overlok ve recme makinelerinin kullanıldığı operasyonlarda gerçekleşen dikiş patlağı hatası %13 oranla en önemli üçüncü hata türüdür. Mevcut sistemde 5 adet farklı ürünün aynı anda işlem gördüğü ve overlok recme makinelerinin kullanıldığı birçok operasyon vardır. Ancak hangi operasyondan kaynaklandığına ilişkin bir veri yoktur.

Temizlenmemiş iplik uçları da dördüncü önemli hata türü olup % 11 oranında bir hata tespit edilmiştir. Sonuç olarak yağ pas lekeleri, diğer lekeler, temizlenmemiş iplik uçları ve kalem, boya izleri mevcut sistemin iyileştirilmesi noktasında dikkate alınan ara kontrol hata türleri olmuştur.

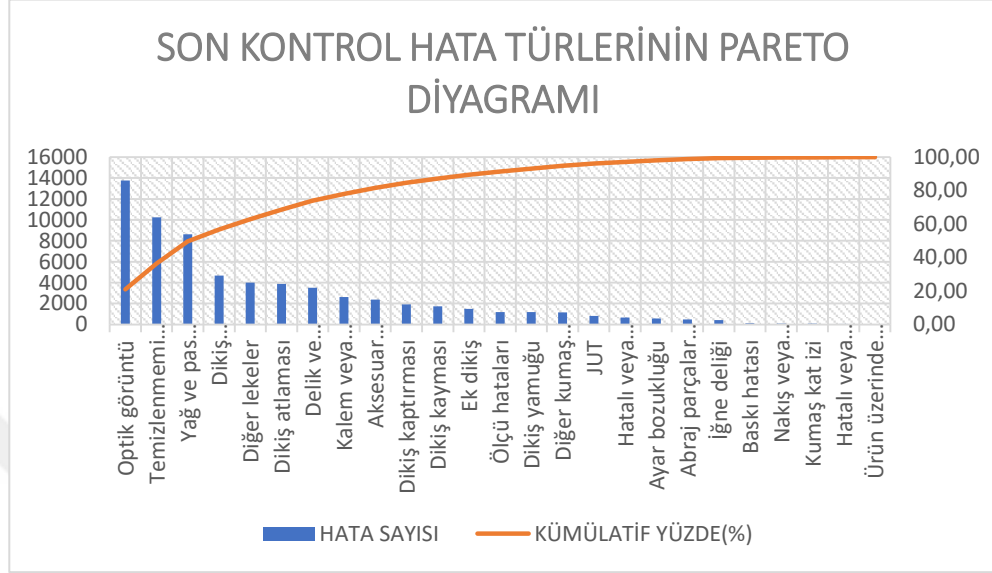
Son kontrolde oluşan hatalar için de ayrı bir pareto analizi yapılmıştır. Son kontrol sonucunda oluşan hata türlerine göre hata sayıları ve kümülatif yüzdeleri Tablo 4.17’de verilmiştir.

Tablo 4.17 Son Kontrol Hata Türlerine Göre Hata Sayıları ve Kümülatif Yüzdeleri

Hata Türleri	Hata Sayısı (Frekans)	Hata Yüzdesi (Görelî Frekans)	Kümülatif Yüzde (Kümülatif Frekans)
Optik görüntü	13754	21%	20,92
Temizlenmemiş iplik uçları	10243	16%	36,5
Yağ ve pas lekeleri	8626	13%	49,62
Dikiş patlağı(ovarlok-reçme)	4669	7%	56,72
Diğer lekeler	4002	6%	62,81
Dikiş atlaması	3873	6%	68,7
Delik ve patlaklar	3507	5%	74,04
Kalem veya boya izleri	2632	4%	78,04
Aksesuar hatası(Talimat-etiket düğme-boncuk)	2393	4%	81,68
Dikiş kaptırması	1912	3%	84,59
Dikiş kayması	1736	3%	87,23
Ek dikiş	1490	2%	89,5
Ölçü hataları	1200	2%	91,32
Dikiş yamuğu	1177	2%	93,11
Diğer kumaş hataları	1155	2%	94,87
JUT	825	1%	96,12
Hatalı veya eksik ilik+düğme	678	1%	97,16
Ayar bozukluğu	579	1%	98,04
Abraj parçalar arası renk farkı	483	1%	98,77
İğne deliği	435	1%	99,43
Baskı hatası	113	0%	99,6
Nakış veya applike hatası	91	0%	99,74
Kumaş kat izi	85	0%	99,87
Hatalı veya eksik ponteriz	70	0%	99,98
Ürün üzerinde iplik renk bozukluğu	14	0%	100
TOPLAM	65742		

Tablo 4.17’de görüldüğü gibi öncelikle son kontrolde oluşan hataların türlerine göre toplamaları alınmıştır. Hataların miktarına göre büyükten küçüğe doğru sıralama

yapılmıştır. Kümülatif yüzdeleri de belirlendikten sonra oluşturulan pareto diyagramı Şekil 4.28'deki gibidir.



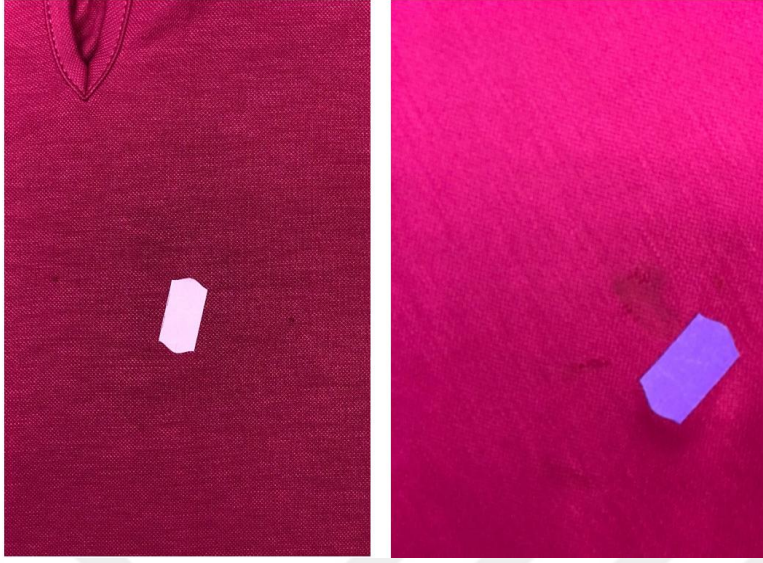
Şekil 4.28 Son Kontrol Hata Türlerinin Pareto Diyagramı

Tablo 4.17' de ve Şekil 5.28'de görüldüğü üzere hataların türlerine göre toplam 65.742 hatanın içerisinde optik görüntü 13.754, temizlenmemiş iplik uçları 10.243, yağ pas lekeleri 8.626 hata sayısı ile en önemli üç hata türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Buna göre bu üç hata türünü “hayati azınlık” olarak ifade etmek mümkündür.

Üretimde son kontrolde en fazla oluşan hata %21 ile optik görüntü hatası, ikinci hata %16 ile ise temizlenmemiş iplik uçları, %13 ile yağ ve pas lekeleridir. Diğer lekeler, kalem ve boya izleri ile yağ pas lekeleri olmak üzere leke hata türlerinin toplam hatanın %23'ünü oluşturduğunu söylemek mümkündür.

4.8.1.2. Önem Sırası Yüksek Hatalar İçin Alternatif Senaryo

Ara kontrolde ve son kontrolde hatalı ürünlerin genel olarak neden kaynaklanabileceği işletme yetkilileri ile birlikte değerlendirilmiştir. Burada en büyük ve en önemli hatanın leke hataları olduğu görülmektedir. Leke hataları olarak değerlendirilen hata türleri yağ pas lekeleri, kalem ve boya izleri ve diğer lekeler olarak tanımlanmıştır. Şekil 4.29'da yağ lekeli hatalarına ilişkin örnek verilmiştir.



Şekil 4.29 Leke Hatalarına Örnek

Leke hatası tekstil işletmelerinde en fazla görülen problemlerden birisidir. Bu lekelerin oluşması kumaşın kesim aşamasından ürünün ambalajlanmasına kadar her aşamada gerçekleşebilmektedir. Dikim hattında ve sonrasında oluşan leke hataları modelin özelliği (ilik, düğme, aksesuar içerip içermediği), modelin çok fazla operasyondan geçmesi (ürünün elden ele dolaşıyor olması yani daha fazla makinede daha fazla operatörün işleminden geçiyor olması), makinelerin bakımının ve temizliğinin yetersiz olması, çalışılan modellerin farklı müşteri gruplarının ürünü olması (titiz ve daha dikkatli müşteriler daha fazla hatalı ürün çıkarabilmektedir) gibi birçok nedenden kaynaklanabilmektedir. Ancak sadece leke hatalarına müdahale etmek bile çok ciddi oranda hata oranını azaltmaktadır (Kaya, 2006, s.118). Leke hatalarını azaltmak için literatürde hatalı ürün sayısını azaltmak veya ürünün reddedilme oranını azaltmak adına yapılan çalışmalara bakıldığında üründe oluşan yağ, pas lekelerinin önüne geçmek için işçilerin günlük temizlik faaliyetlerini gerçekleştirmesi ve böylelikle kirlilik sonucu oluşabilecek hataların engelleneceği, makinelerdeki arızaların bakım zamanı gelmeden farkedilebileceği ve hatanın büyük oranda erken önlenilebileceği vurgulanmaktadır (Kaya, 2006, s.130-131; Bayo-Moriones, Bello-Pintado ve Merino-Díaz-de-Cerio, 2008, s.217; Ahmed ve diğerleri, 2013, s.3713).

İşyerinde işe başlamadan önce yapılan 5 dakikalık temizlik ile işyeri bir sonraki gün işe hazır hale gelmektedir. Böylece çalışanların makine, malzeme ve ekipmanlara

olan ilgisi artıp, sorumluluk üstlenmeleri sağlanmaktadır. Arıza kaynakları çok rahat görünmektedir. Özellikle de yağ kaçaqları önceden görülmesi oluşacak lekelerin önüne geçmektedir. Ayrıca bu tür aksaklıklar üretim öncesinde fark edildiğinde zaman ve emek kaybı da azalmaktadır (<http://www.isgebrar.com>). Nitekim literatürde üretime başlamadan ya da gün sonunda yapılan 5 dakikalık bir temizlik faaliyetinin verimliliği arttırdığına yönelik çalışmalar mevcuttur. Pasale ve Bagi (2013) çalışmalarında, bir üretim işletmesinde uygulanan 5S çalışmasında temizlik faaliyetlerinin günlük 5 dakikalık bir rutine dönüştürülmesi halinde verimliliği arttırdığını vurgulamıştır (Pasale ve Bagi, 2013, s.151-153). Chapman (2005) çalışmasında, işyerinde gün sonunda 5 dakika ayırarak çalışma alanını iyi durumda bırakarak verimliliğin artacağını, Maaaki İmai'nin "Gemba Kaizen" adlı kitabında da üretim hatalarının bu yolla %50 oranında azaldığı ifade edilmiştir (Chapman, 2005, s.28). Puvanasvaran ve Miza (2013), Kayacık (2010) ve Güleriyüz (2012) çalışmalarında temizlik faaliyetinin gün sonunda ya da gün başında 3-5 dakika süreyle yapıldığına işaret etmişlerdir (Puvanasvaran ve Miza, 2013, s.48; Kayacık, 2010, s.51; Güleriyüz, 2012, s.30).

Dikim hattının etkinliğini arttırmak için temizlik faaliyeti yapılan çalışmalardan bazılarına değinecek olursak; Uddin, Sakaline ve Khan (2021) çalışmalarında dikim hattında genel ekipman etkinliğini (OEE) geliştirmek amacıyla TPV(Toplam Üretken Bakım) uygulamışlar ve bu kapsamda 5S çalışması yapmışlardır. Yapılan bu çalışmayla genel ekipman etkinliği %57'den %69'a yükselmiş, yani %12'lik bir iyileşme sağlanmıştır (Uddin ve diğerleri., 2021, s.142). Mridha, Alam, Mahmud, ve Ahmed (2020) giyim endüstrisinde verimliliği arttırmak amaçlı 5S uygulaması yapmış ve çok faktörlü üretkenlik %15'ten fazla artmıştır (Mridha ve diğerleri, 2020, s.27). Pangestu ve Negara (2019) tarafından yapılan çalışmada 5S kriterlerinin ne ölçüde uygulandığı araştırılmıştır. 5S'in daha sağlıklı uygulanması için bir dizi adım atılmış ve böylelikle temizlik faaliyetleri yaklaşık %30 düzeyinde gerçekleştiriliyorken yapılan iyileştirmeyle bu oran %70'lere çıkarılmıştır (Pangestu ve Negara, 2019, s.490-494). Gowda ve Babu çalışmalarında giysi üretiminde 1 sigma atlayarak verimin %31'den %69'a yükseldiğini ortaya koymuşlardır. Bu 1 sigma artış için de yalın 6 sigma uygulamışlardır. Bu kapsamda lekeleri azaltmak için otonom bakım, 5S gibi uygulamalar yapılmış ve lekeler %50 oranında azaltılmıştır (Gowda ve Babu, 2014, s.76-77). Iqbal, Yousuf ve Salam çalışmalarında temizlenmemiş iplik uçları ve kirli noktaların önleyici bakımlar yapılması

denetimleri arttırılması, makinelerin günde iki kere temizlenmesi ve işyerinin düzenli ve temiz tutulması halinde %70 oranında azaltılabileceğini ifade etmişlerdir (Iqbal ve diğerleri, 2018, s.144-152). Literatürde görüldüğü üzere düzenli temizlik ve bakım faaliyetleri ile kirlilik ve lekenin önüne geçmek mümkündür. Ancak işletmeye göre ya da üretilen ürüne göre işletmenin verimliliği üzerindeki etkisi farklı olmaktadır. Her ne kadar sıfır hata amaçlansa da hatasız, hiç reddi olmayan ürün üretmek oldukça zordur.

Literatürde yapılan çalışmalar ışığında işletme yetkilileri ile yapılan görüşmeler neticesinde ve sektörde çalışan üç farklı uzmandan alınan görüş ışığında leke hatalarının işletmenin günlük 9 saatlik çalışma süresi içerisinde ilave mesai oluşturmamak şeklinde her gün işe başlamadan 5 dakika önce temizlik yapılması halinde en az % 60 oranında azaltılacağı kanaatine varılmıştır. Simülasyon modeline temizlik için ayrılan bu süre create modülünde başlangıç zamanının 5 dakika (300 sn) geç başlatılarak dâhil edilmiştir.

Yapılan temizlik faaliyeti öncesi ve sonrasında lekeli ve lekesiz ürün görseli Şekil 4.30'da görülmektedir.

Temizlik Öncesi Lekeli Ürün

Temizlik Sonrası Lekesiz Ürün

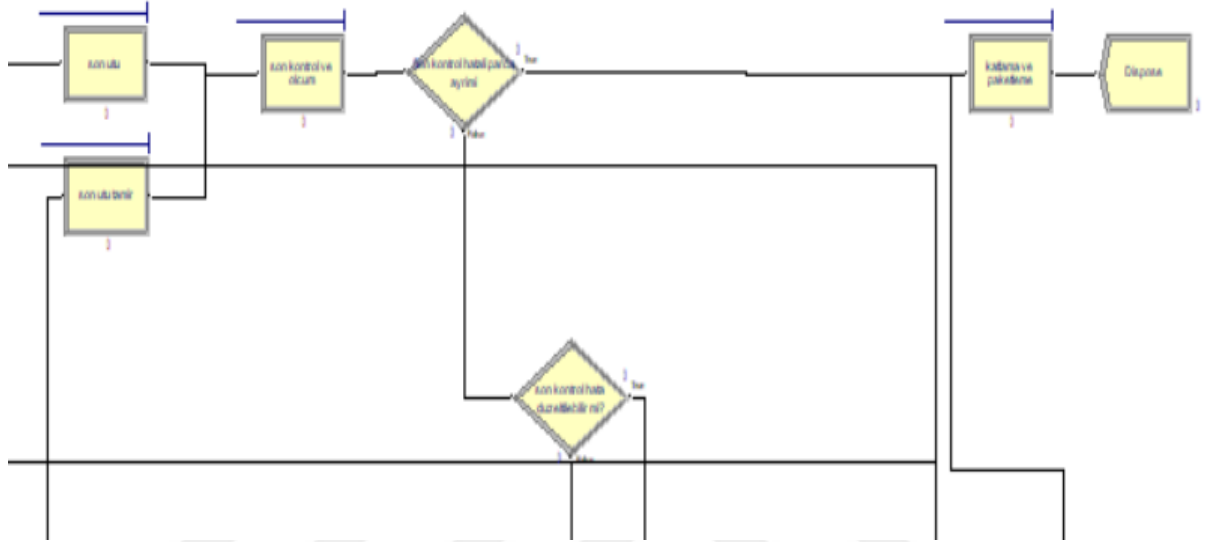


Şekil 4.30 Temizlik Faaliyeti Öncesi ve Sonrası Ürün Görseli

Leke hatalarının %60 oranında azaltılması ile ara kontrolde hatalı parça ayrımı yaparken hata oranı %9.48'den %7'ye düşmüştür. Hatalı ürünün %16'sı düzeltilebilir %84'ü düzeltilemez hatadır. Son kontrolde hatalı parça ayrımı yaparken hata oranı %12.76'dan %10.98'e düşmüştür. Son kontrolde hatalı olan ürünün %66.92'si düzeltilebilir %33.08'i düzeltilemez hata olarak modele dâhil edilmiştir.

İkinci en önemli hata olan optik görüntü hatası birçok nedenden kaynaklanabilir. Ancak dikim hattında ve sonrasında yer alan operasyonlarda optik görüntü hatası ürünün genel olarak istenilen biçimde durmaması olarak ifade edilmektedir. Dikiş, ölçü gibi

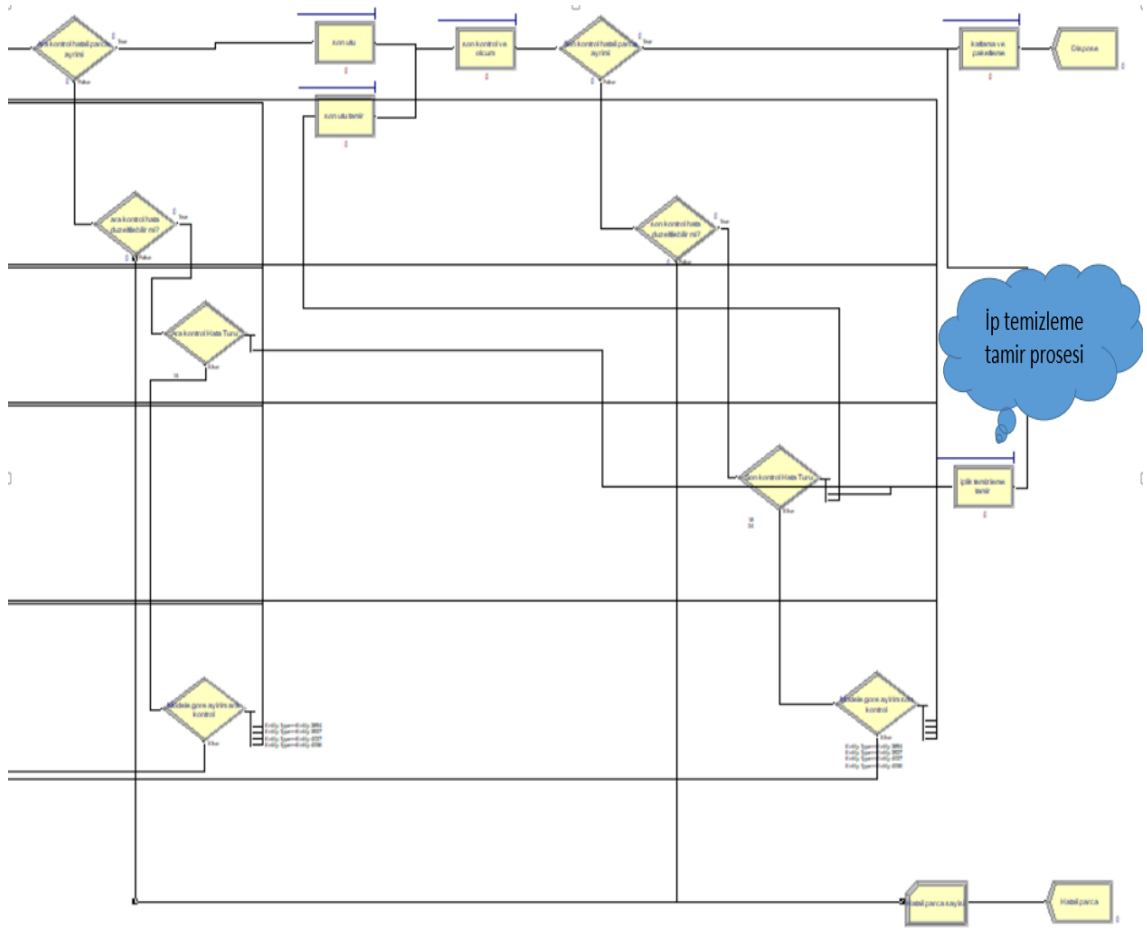
hatalar ayrı bir hata türü olarak ele alındığı için dikim ve sonrasında bu hatanın birçoğu ütünden kaynaklanmaktadır. Nitekim ara kontrolde de optik görüntü hatası %1'in altında çok düşük bir orandadır. Modele bir ütü tamir prosesi ilave edilmiştir. İlave prosenin sürece nasıl dâhil edildiği Şekil 4.31'de verilmiştir.



Şekil 4.31 Ütü Tamir Prosesi İyileştirmesi

Şekil 4.31'de görüldüğü gibi son ütünden sonra optik görüntüden kaynaklanan hatalar ayrıştırılıp bandın en başına gitmek yerine son ütü tamir prosesinde yeniden işlem görmektedir. Son ütü tamir prosesinin süresi için son ütünün operasyon süresi tahmini süre olarak belirlenmiştir.

Diğer önemli hata türü iplik temizleme hatasıdır. İplik temizleme tekstilde yaygın olarak görülen önemli bir hatadır. Çalışanların eğitimsizliği en temel nedendir. Iqbal ve diğerleri (2018) çalışmalarında kesilmemiş iplik uçlarının bandın dışında ayrı bir yerde kesilmesi gerektiğini ve çalışanlara bu konuda eğitim verilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir (Iqbal vd.,2018, s.144-152). İplik temizleme hatalarının düzeltilmesi için ilave bir tamir prosesi oluşturulmuştur. İplik temizleme tamir prosesinin mevcut sisteme ilave edilmiş hali Şekil 4.32'de verilmiştir.



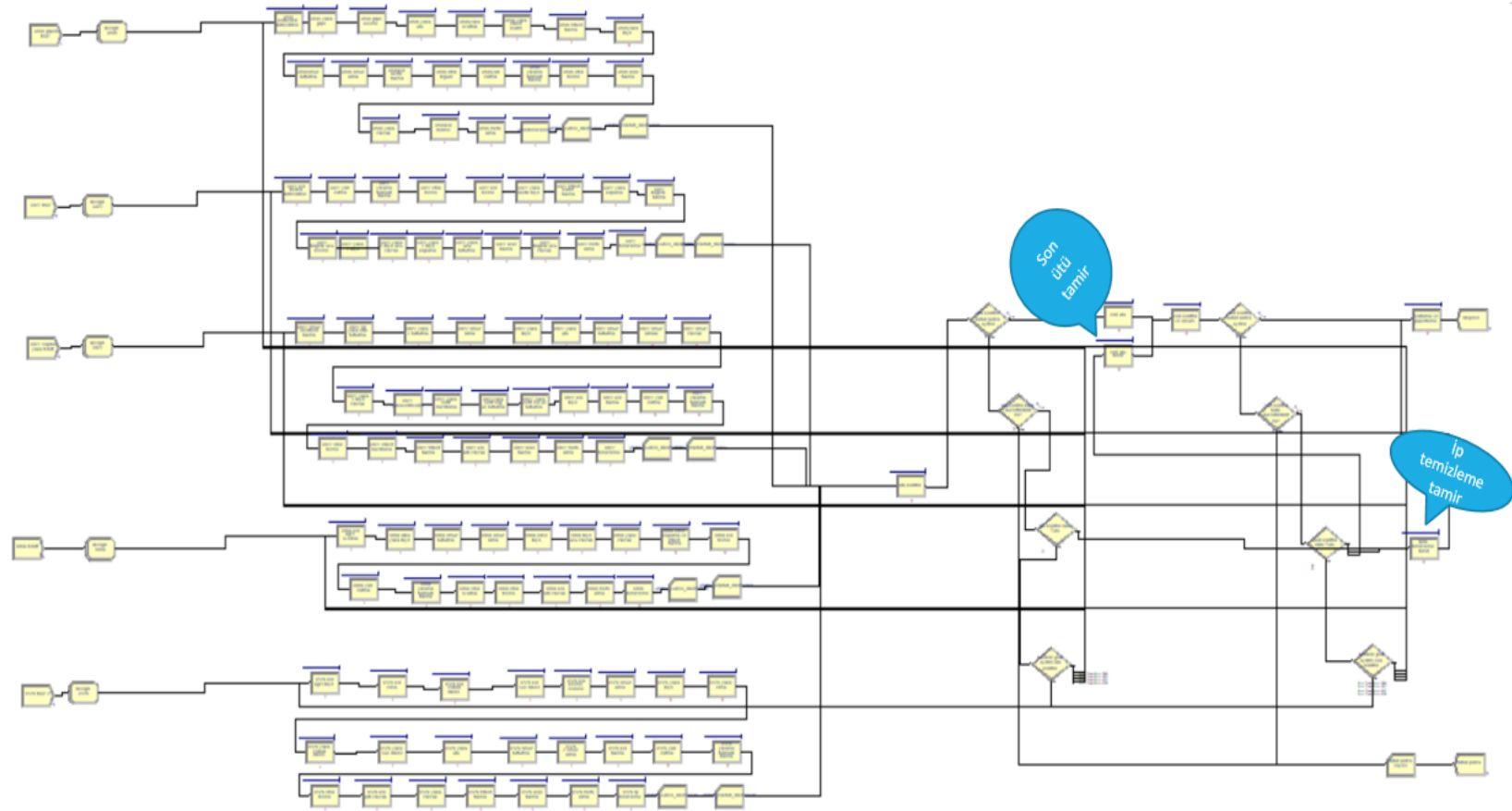
Şekil 4.32 İplik Tamir Prosesi İyileştirmesi

Şekil 4.32’de görüldüğü gibi ara kontrol ve son kontrol noktalarında ayrıştırılan ip temizleme hataları ip temizleme tamir prosesinde işlem görmektedir. İplik tamir prosesinin süresini belirlerken üretim hattında işlem gören 5 adet ürünün iplik temizleme operasyonuna ait sürelerinin ortalaması alınmıştır.

Ara kontrol ve son kontrol sonrasında hatalı parça ayrımını yaparken hatalı olan ürünler hata türlerine göre karar verme (decide) modülü ile ayrıştırılmıştır. Son kontrol pareto analizine göre hataların %21’i optik görüntüden kaynaklanmıştır. Ancak leke hatalarının %60 oranında azaltılması ile toplam hata içindeki payı artmış ve %24’e çıkmıştır. Buna göre hatalı ürünlerin %24’ü son kontrolden sonra son ütü tamir prosesine gönderilmiştir. Bir diğer önemli hata olan iplik temizlemeden kaynaklanan hatalar da ara kontrolde toplam hatanın % 11’ini, son kontrolde %16’sını oluşturmaktaydı. Ancak leke hatalarının %60 oranında azalmasıyla toplam hatadaki payı artmış ve ara kontrolde %15 ve son kontrolde % 18’e yükselmiştir. Buna göre ara kontrol sonrasında hatalı ürünlerin

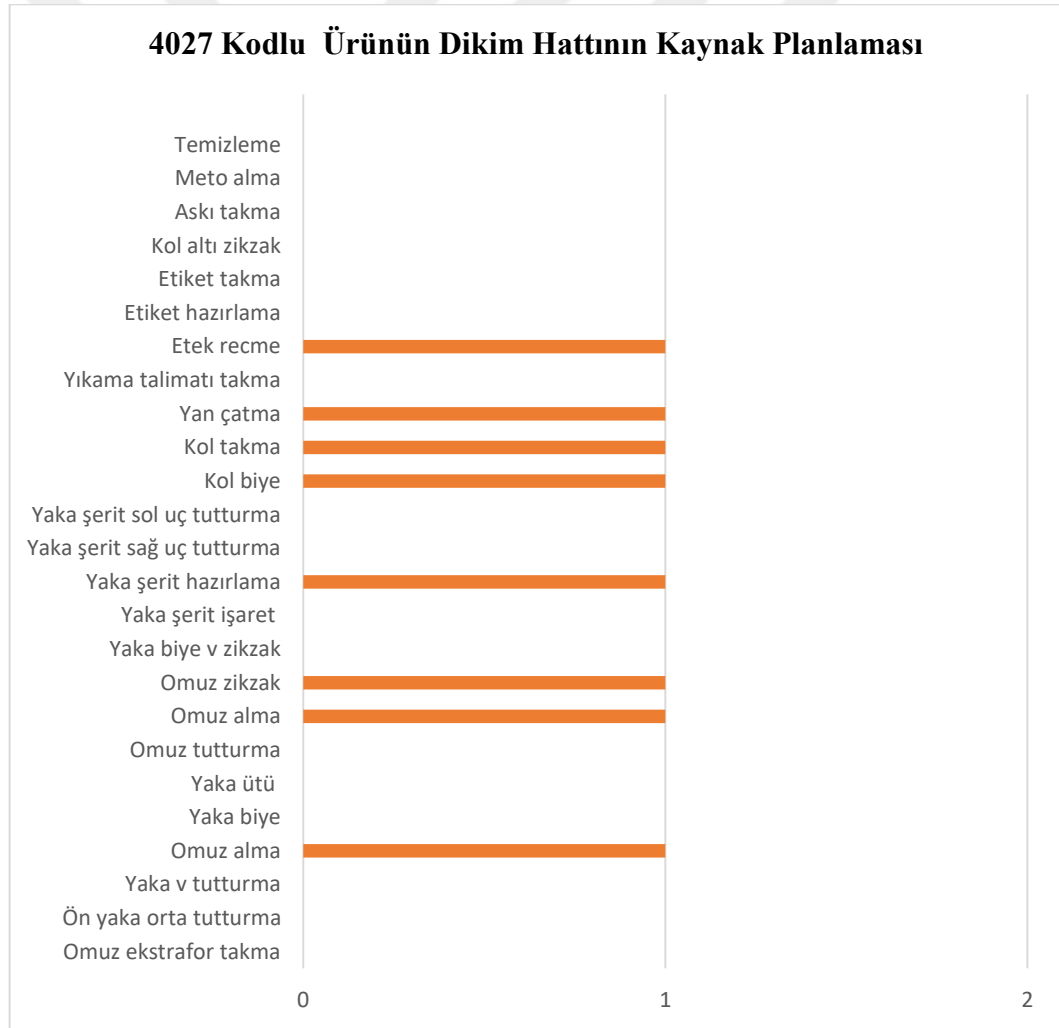
%15'i, son kontrolde de %18'i iplik temizleme tamir prosesine gönderilmiştir. Kalan hatalı ürünler de (decide) modülü ile tekrar ayrıştırılıp her ürün işlem gördüğü bandın başına geri gönderilmiştir. Birinci alternatif senaryo ile yapılan iyileştirmelerin simülasyon modelindeki gösterimi Şekil 4.33'de verilmiştir.





Şekil 4.33 Pareto Analizi Sonuçlarına Göre Simülasyon Modeli İyileştirmesi

Birinci alternatif senaryo oluşturulurken overlok ve recme operasyonlarından kaynaklanan dikiş patlağı hatası ara kontrolde %13, son kontrolde %7 oranında olup dikkate alınması gereken bir hata türüdür. Buna ilişkin olarak işletmenin mevcut kaynakları ile tam kapasite ile çalışması halinde bütün overlok ve recme operasyonlarına ilave kaynak ataması yapılması mümkün değildir. Ancak burada mevcut durum değerlendirmesi yaparken de değinildiği gibi en verimsiz olan 4027 kodlu ürünün dikim hattına odaklanılmıştır. Mevcut durumda atıl olarak duran 8 işçi 4027 kodlu ürünün dikim hattında ağırlıklı olarak overlok ve recme operasyonlarında çalıştırılmak üzere aktarılmıştır ve kaynak dağılımı yeniden düzenlenmiştir. Buna göre 4027 kodlu ürünün birinci alternatif senaryoya göre kaynak planlaması Şekil 4.34’te verilmiştir.

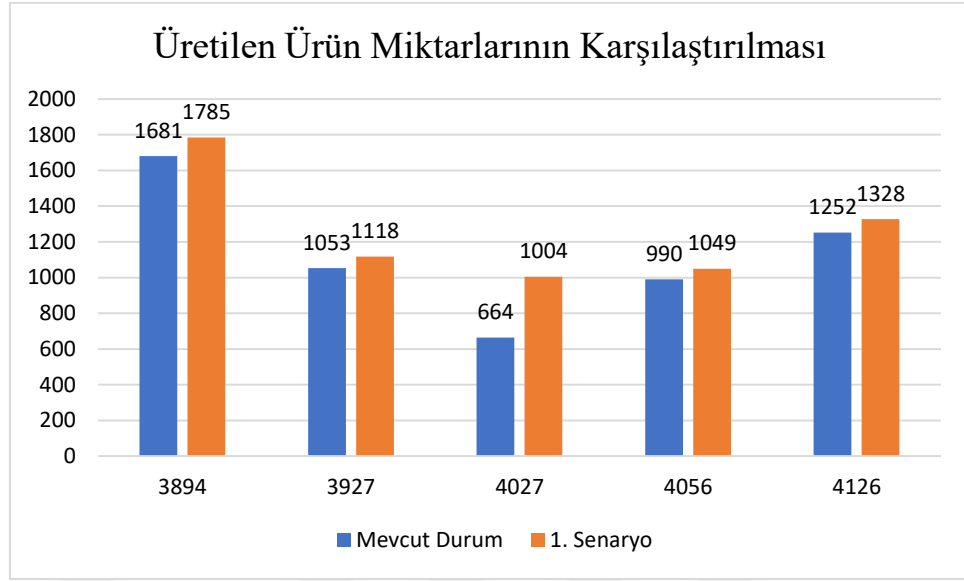


Şekil 4.34 4027 Kodlu Ürünün Dikim Hattının Birinci Alternatif Senaryoda Kaynak Planlaması

Şekil 4.34'te görüldüğü üzere omuz alma operasyonları, omuz zikzak, yaka şerit hazırlama, kol biye, kol takma, yan çatma ve etek recme operasyonlarına atıl durumda bulunan işçilerden ara kontrolden 3, son ütüden 5 işçi olmak üzere birer işçi eklenmiştir. Bunun için ilave bir kaynak maliyetine katlanılmamıştır.

4.8.1.3. Birinci Senaryo Sonuçlarının Değerlendirilmesi

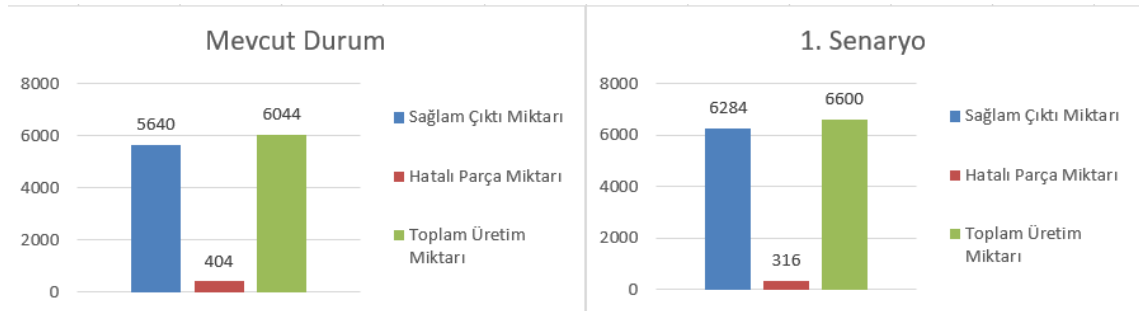
Pareto analizi sonuçlarına göre yapılan sistem iyileştirmesini mevcut sistemle karşılaştırdığımızda, sistemin verimliliğini azaltan üç tane önemli hata türüne yönelik yapılan bu iyileştirmelerin sağlam çıktı miktarını % 11 oranında arttırdığını söylemek mümkündür. Sisteme eklenen iki tamir prosesi için ilave işçi ataması yapılmamıştır. Aksine sistemde kaynak doluluk oranı düşük olan işçiler bu operasyonlara aktarılmıştır. Buna göre 4056 kodlu ürünün ip temizleme prosesinde yer alan işçi 130 ip tamir prosesine aktarılmış, son ütü prosesinde yer alan işçi 183 de son ütü tamir prosesine aktarılmıştır. Böylelikle performansı sıfır olan iki tane işçi en önemli iki tane hatalı ürünün tamirini gerçekleştirmiştir. Her gün işe başlamadan yapılan 5 dakikalık temizlik faaliyeti için herhangi bir ilave zaman maliyetine katlanılmamıştır. Hedeflenen günlük üretim miktarını karşılamakta en yetersiz olan hatta ara kontrolden 3, son kontrolden 5 işçi aktarılmıştır ve 4027 kodlu dikim hattında hedeflenen üretim rakamına %90 oranında ulaşılmıştır. Birinci senaryoda yapılan tüm bu iyileştirmelerin üretilen ürünler bazında sistem üzerindeki etkisi Şekil 4.35'te verilmiştir.



Şekil 4.35 Mevcut Durum ve Birinci Senaryonun Üretilen Ürün Miktarlarının Karşılaştırması

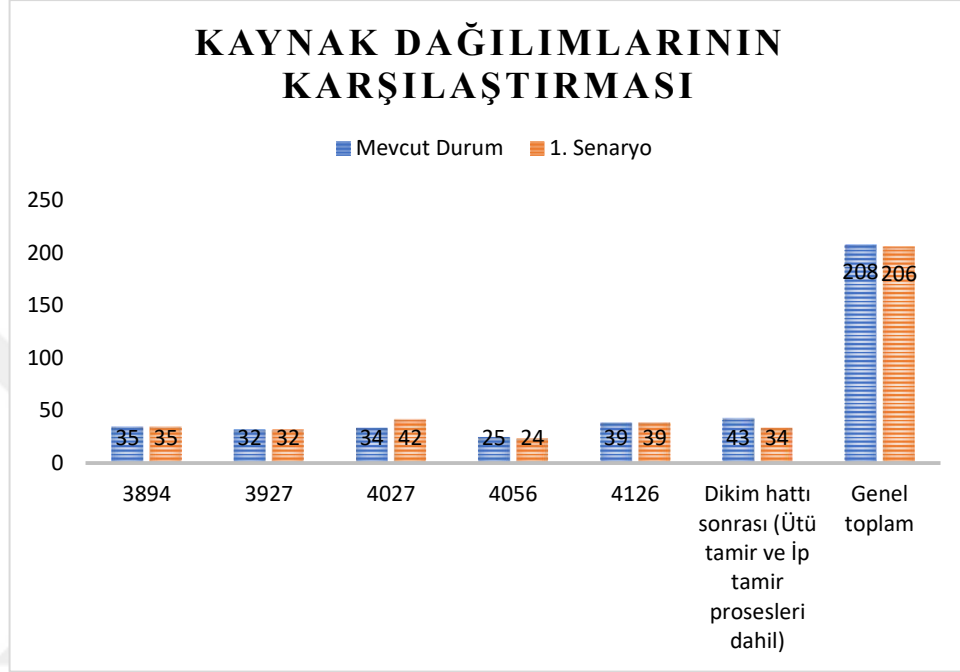
Mevcut sistemde hedeflenen üretim miktarı %78 oranında gerçekleştirilebiliyorken birinci senaryo ile %88 oranında gerçekleşmektedir.

Toplam üretim miktarı açısından mevcut durumla birini alternatif senaryo karşılaştırıldığında Şekil 4.36’da görüldüğü üzere mevcut durumda 6044 adet ürün üretiliyorken, birinci senaryo ile 6600 adet üretim gerçekleştirilmektedir. Yani %9 oranında bir artış sağlanmıştır. Günlük sağlam çıktı miktarı birinci alternatif senaryoda 644 adet daha fazla gerçekleşmiştir ve mevcut durumla kıyasla %11 oranında artış gerçekleşmiştir. Ayrıca hatalı ürün miktarı 404 adetten 316 âdete düşmüş ve birinci alternatif senaryoda %22 oranında azalmıştır. Hata oranı mevcut durumda %7 iken, birinci alternatif senaryoda %5’e düşmüştür. İp tamir prosesine aktarılan işçi 130’un kaynak kullanım oranı %0’dan %8’e yükselmiş, son ütü prosesinden son ütü tamir prosesine aktarılan işçi 188’nin performansı da %0 ’dan %10’a yükselmiştir.



Şekil 4.36 Birinci Alternatif Senaryo ile Mevcut Durumun Karşılaştırılması

Kaynak dağılımları açısından birinci alternatif senaryo ile mevcut durumun kıyaslandığı özet tablo Şekil 4.37’de verilmiştir.



Şekil 4.37 Mevcut Durum ve Birinci Senaryonun Kaynak Dağılımlarının Karşılaştırması

Kaynak dağılımlarına bakıldığında atıl durumda bulunan 8 işçi hedeflenen üretim rakamını en az karşılayan dikim hattına aktarılmıştır. Ayrıca ilave ip tamir prosesi için kullanılan işçi, 4056 kodlu ürünün dikim bandından alınmıştır. Kaynakların genel anlamda verimliliği açısından değerlendirildiğinde mevcut durumda 208 işçi ile günlük kişi başı 27 parça ürün üretiliyorken, birinci senaryoda 206 işçi ile günlük kişi başı 31 parça ürün üretilmektedir.

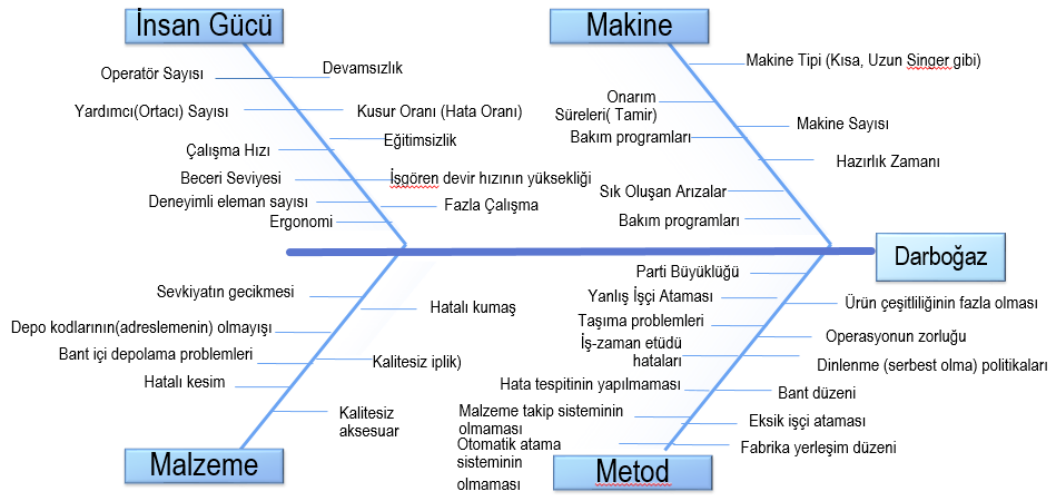
4.8.2. İkinci Senaryo

İkinci alternatif senaryoda dikim ve sonrası üretim hattında oluşan darboğazlara neden olan faktörler neden- sonuç diyagramı ile ortaya konularak müdahale edilebilir alanlara müdahale etmek amaçlanmıştır. Bu kısımda sırasıyla neden- sonuç diyagramının

oluşturulması, müdahale edilebilir darboğaz noktaları için geliştirilen alternatif senaryo ve ikinci alternatif senaryo sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmıştır.

4.8.2.1. Neden-Sonuç (Balık Kılçığı) Diyagramının Oluşturulması

Tekstil ve Hazır giyim işletmelerinde özellikle dikim bandında oluşan darboğazlar insan gücünden, malzemedan, makineden ve metottan kaynaklı olabilmektedir. Literatürde işletmelerin üretim sistemlerinde oluşan darboğazların nedenlerine ilişkin yapılan çalışmalara bakılarak ve yapılan gözlemler neticesinde belirlenen bu ana nedenlerin altında kategorize edilecek nedenler için işletme yetkilileri ile istişare yapılmış ve önce darboğazların nedenleri sıralanmıştır. Daha sonra da bu ana nedenler altında kategorize edilmiştir. Şekil 4.38’de darboğazların nedenlerinin yer aldığı balık kılçığı diyagramı son halini almıştır.



Şekil 4.38 Darboğazlara Neden Olan Faktörlerin Balık Kılçığı Diyagramı

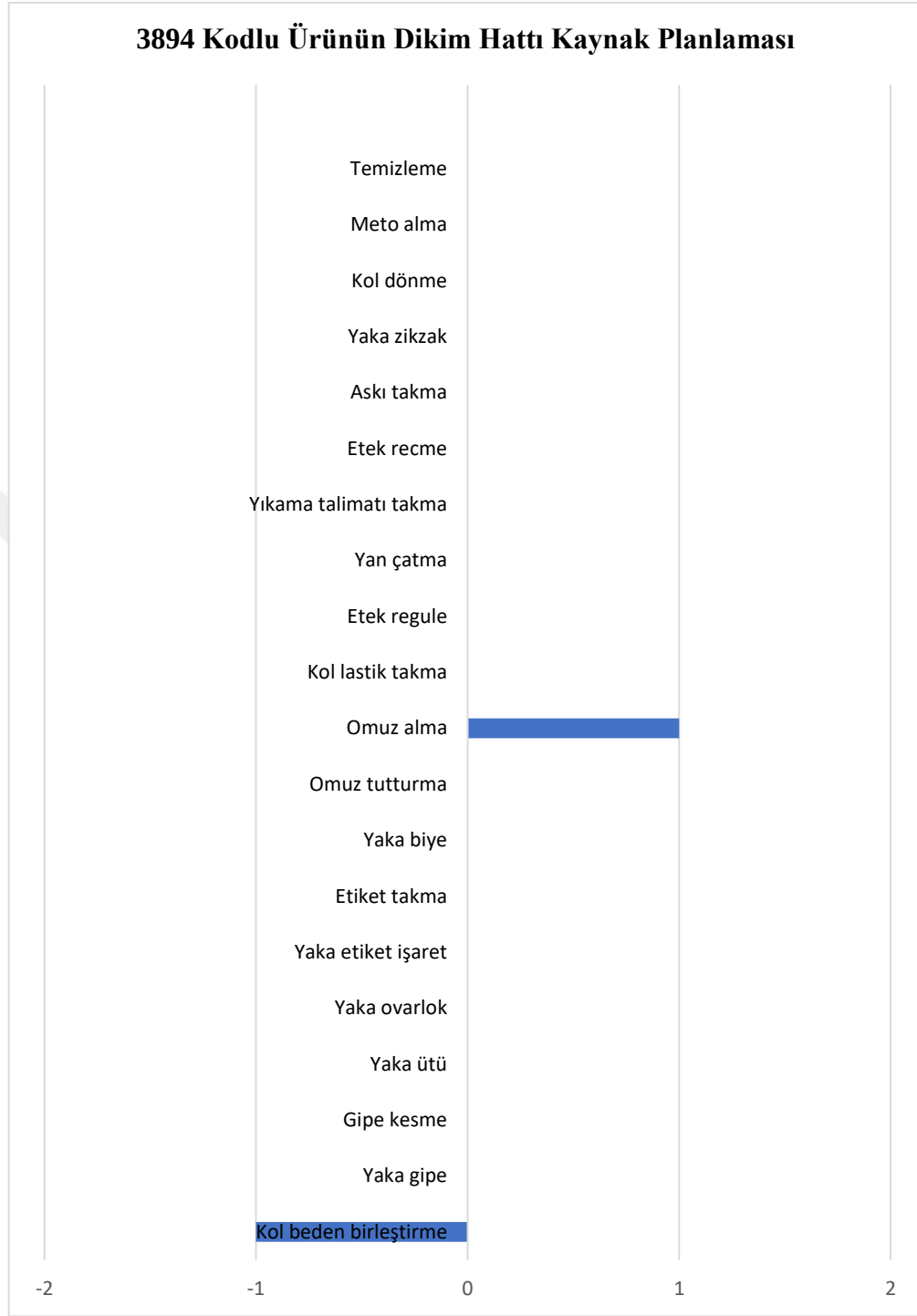
İşletme yeni kurulmuş bir işletmedir. Kapasitesinin altında üretim gerçekleştirdiği için makine sayısını arttırmak gibi bir planı yoktur. Makine bakımlarından ya da arızalarından kaynaklı problemler de diğer problemlere göre kök neden olarak nitelendirilebilecek büyüklükte değildir. Malzemeler merkezi İstanbul’da olan fabrikadan kesimi yapılmış bir şekilde tüm aksesuarlarıyla birlikte dikime hazır bir şekilde gönderilmektedir. Dolayısıyla direkt müdahale edilebilir bir problem değildir. Tokat sanayi alt yapısı yetersiz bir şehir olması sebebiyle, yetişmiş insan gücünden kaynaklı problemleri müdahale imkanı çok fazla olmamaktadır. Çalışanlarla ilgili bir yetkinlik

çalışmasının olmaması, olsa bile çalışanların neredeyse yarısının devir hızının yüksek olması da yine bu konuda etkili bir çözüm önerisi geliştirmeye engel olmaktadır. Ancak işletme mevcut kaynaklarıyla herhangi bir yatırım yapmadan metotta iyileştirmeler yaptığında performansını arttırabilecektir.

Bu doğrultuda işletme yetkilileri ile görüşmeler neticesinde metottan kaynaklı darboğaz oluşmasına neden olabilecek kök nedenler; yanlış işçi ataması, iş-zaman etütlerinden kaynaklı hatalar, hatalara ilişkin operasyonel bazda kayıtlarının olmayışı, operasyonun zorluğu, bant düzeni ve eksik işçi atamaları olarak tespit edilmiştir. Bunlar içerisinde özellikle mevcut sistemin simülasyon modeli üzerinde direkt müdahale edilebilir olanlar değerlendirilecek olursa; doğru iş-zaman etüdü yapılmadığı için operasyon sürelerine göre eksik ya da fazla işçi atamasının en önemli neden olduğunu söylemek mümkündür. Çünkü mevcut durum incelendiğinde bazı operasyonlarda atıl bir şekilde bulunan işçiler bulunmaktadır.

4.8.2.2. Müdahale Edilebilir Darboğaz Noktaları İçin Alternatif Senaryo

Mevcut sistemin simülasyon modelinin sonuçlarına göre oluşan darboğazların özellikle zorlu operasyonlara eksik işçilerin atanması ya da bandın en başına bandın sonunda beklememe olmaması adına ezbere fazla işçinin atanması kısaca yanlış kaynak planlaması sistemi yavaşlattığı için kaynak kullanım oranı düşük olan ve çıkarıldığında sistemi yavaşlatmayacak işçiler darboğaz oluşan operasyonlara eklenmiş ve darboğazlar tamamen ortadan kaldırılamasa dahi büyük oranda azaltılmıştır. Bu doğrultuda 3894 kodlu ürünün dikim hattında yapılan değişiklikler Şekil 4.39'da verilmiştir.



Şekil 4.39 3894 Kodlu Ürünün Dikim Hattı Kaynak Planlaması

Şekil 4.39’da görüldüğü üzere ilk operasyon olan kol beden birleştirme operasyonundan bir işçi çıkartılmış ve omuz alma operasyonuna bir işçi eklenmiştir.

3927 kodlu ürünün dikim hattında yapılan değişiklikler Şekil 4.40’da verilmiştir.



Şekil 4.40 3927 Kodlu Ürünün Dikim Hattı Kaynak Planlaması

Şekil 4.40’da görüldüğü gibi kol beden birleştirme ve yan çatma operasyonlarından ikiye işçi çıkarılmıştır. İp temizleme ve kol reçme operasyonundan atıl duran birer işçi çıkarılmış ve bağcık ucu zikzak operasyonuna bir işçi eklenmiştir.

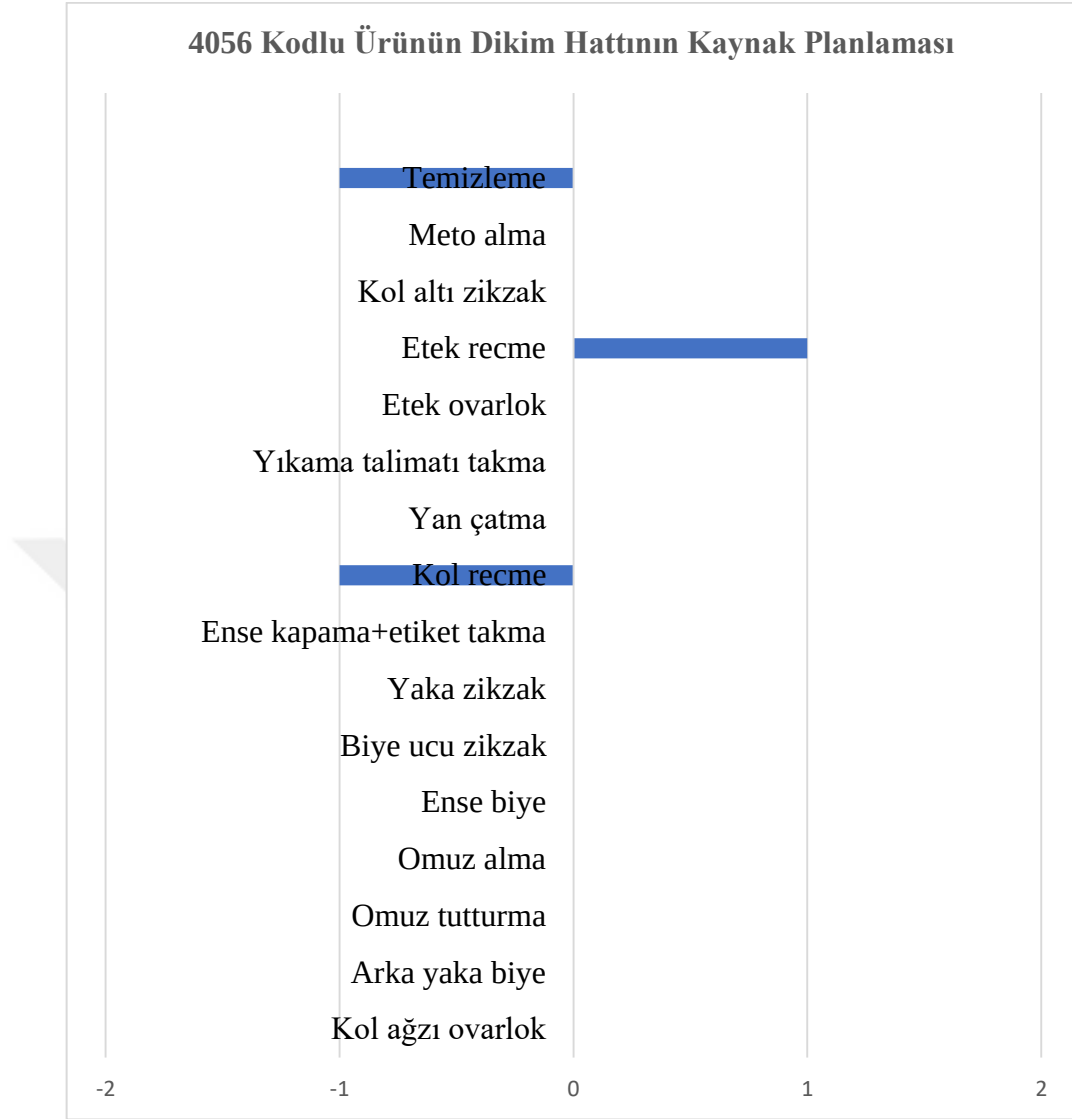
4027 kodlu ürünün dikim bandında yapılan kaynak planlaması ise Şekil 4.41’de gösterilmiştir.



Şekil 4.41 4027 Kodlu Ürünün Dikim Hattı Kaynak Planlaması

Yaka şerit sağ uç tutturma ve ip temizleme operasyonunda atıl durumda buluna işçiler çıkarılmış, yaka ütü ve ön yaka orta tutturma operasyonlarına birer işçi eklenmiştir.

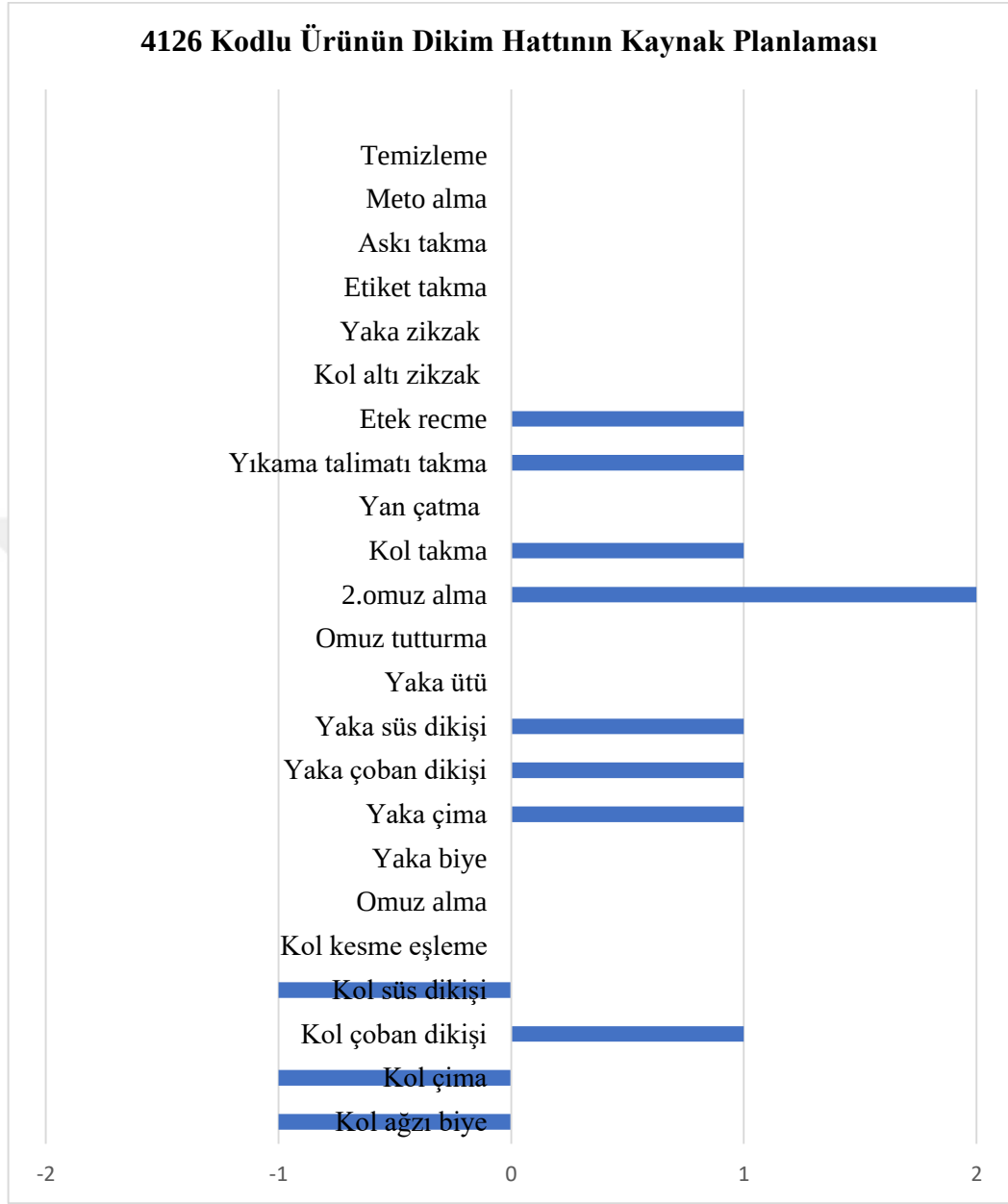
4056 kodlu ürünün dikim bandında ise kaynakların dağılımı Şekil 4.42’de verilmiştir.



Şekil 4.42 4056 Kodlu Ürünün Dikim Hattının Kaynak Planlaması

4056 kodlu ürünün dikim hattında yer alan kol recme ve ip temizleme operasyonlarından birer işçi çıkarılmış, etek recme operasyonuna bir işçi eklenmiştir.

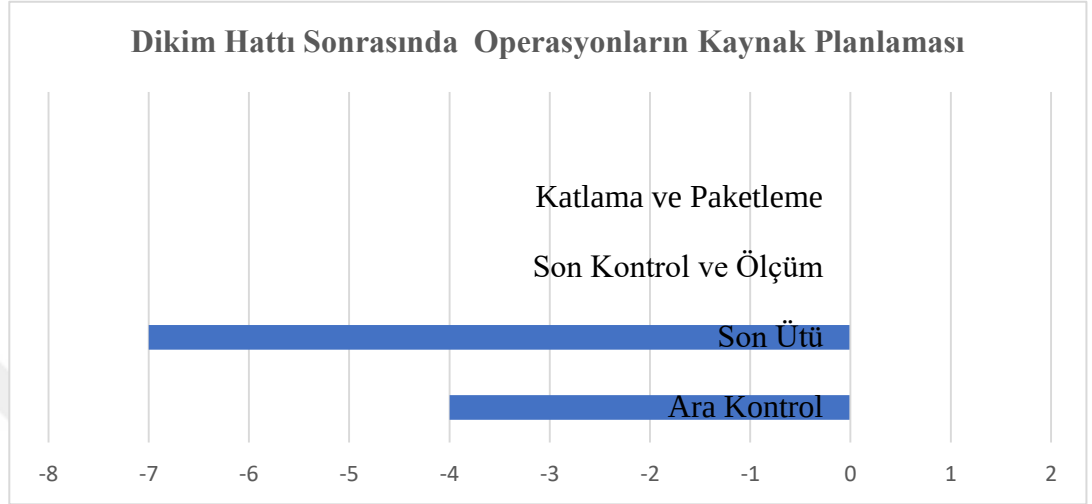
4126 kodlu ürünün dikim hattının kaynak planlaması ise Şekil 4.43'te verilmiştir.



Şekil 4.43 4126 Kodlu Ürünün Dikim Hattının Kaynak Planlaması

4126 kodlu ürünün dikim hattında zorlu birçok operasyona az sayıda işçi atandığı için diğer ürünlerin dikim hatlarından çıkarılan işçilerin büyük kısmı bu ürünün işlem gördüğü hatta aktarılmıştır. Kol ağzı biye, kol çima, kol süs dikişi operasyonlarından birer işçi çıkarılmıştır. Etek recme, yıkama talimatı takma, kol takma, yaka süs dikişi, yaka çoban dikişi, yaka çima ve kol çoban dikişi operasyonlarına birer işçi eklenmiştir. 2. Omuz alma operasyonuna ise iki işçi eklenmiştir.

Dikim hattı sonrasında yer alan üretim hattında (ara kontrol, son ütü, son kontrol ve ölçüm, katlama ve paketleme operasyonları) kaynak dağılımında yaşanan değişim ise Şekil 4.44'te verilmiştir.



Şekil 4.44 Dikim Hattı Sonrası Üretim Hattının Kaynak Planlaması

Burada son ütü operasyonunda atıl durumda bulunan 7 işçi ve ara kontrol operasyonundaki 4 işçi çıkarılmıştır.

4.8.2.3. İkinci Senaryo Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Mevcut sistemde oluşan darboğazların nedenleri Balık Kılçığı Diyagramı ile ortaya konulmuştur. Darboğazlara neden olan faktörler incelenip bu faktörlerden hangilerine mevcut şartlar dâhilinde müdahale edilebileceği firma yetkilileri ile istişare edilmiştir. Buna göre metottan kaynaklı nedenler üzerinde durulmuştur. Doğru kaynak planlamasının yapılmamış olması sistemin yavaşlamasına ve günlük çıktı miktarının azalmasına neden olmaktadır.

Mevcut sistemde yer alan darboğaz noktaları açısından karşılaştırma yapacak olursak; Her ürüne ait ilk operasyonda dikim öncesinden gelen ürünler 15'erli partiler halinde geldiği için ilk operasyonlarda gün sonunda beklemelerin olması son derece normaldir. Bu nedenle ilk operasyonlardaki beklemeler dikkate alınmamıştır.

3894 kodlu ürünün dikim hattında mevcut sistemde yaka gipe operasyonunda 260,29, omuz alma operasyonunda 126,29 adet bekleyen ürün bulunmaktadır. Aynı

ürünün dikim hattında ikinci alternatif senaryo ile bu darboğazlar tamamen ortadan kaldırılmış, yıkama talimatı takma operasyonunda 56,34 adet bekleyen ürün kalmıştır.

3927 kodlu ürünün dikim hattında mevcut sistemde bağcık ucu zikzak operasyonunda 199,46, etek recme operasyonunda 24,29, yaka lastik biye operasyonunda 139,11 ve yıkama talimatı takma operasyonunda 63,26 adet ürün beklemektedir. İkinci alternatif senaryoda ise yaka lastik biye operasyonunda 19,97 adet bekleyen ürün bulunmaktadır.

4027 kodlu ürünün dikim hattında mevcut sistemde kol altı zikzak operasyonunda 92,28, omuz alma operasyonunda 6,18, ön yaka orta tutturma operasyonunda 124,38 ve yaka ütü operasyonunda 249,21 adet ürün beklemektedir. İkinci alternatif senaryoda yaka ütü operasyonundaki darboğaz ortadan kaldırılmıştır. Ancak kol altı zikzak operasyonunda 98,25, omuz alma operasyonunda 10,22, omuz zikzak operasyonunda 90,78, yaka v tutturma operasyonunda 15,97, yaka şerit işaret operasyonunda 40,69, yan çatma operasyonunda 30,80 ve ön yaka orta tutturma operasyonunda 102,95 adet ürün beklemektedir. Burada ön yaka orta tutturma operasyonu baştan ikinci operasyon olduğu için beklemelerin oluşması normaldir.

4056 kodlu ürünün dikim hattında mevcut sistemde etek recme operasyonunda 140,15 adet ürün beklemektedir. İkinci alternatif senaryo ile kol altı zikzak operasyonunda 17,96, kol recme operasyonunda 66,53 adet ürün beklemektedir.

4126 kodlu ürünün dikim hattında mevcut sistemde 2. Omuz alma operasyonunda 225,98, kol çoban dikişi operasyonunda 481,20 ve yaka çoban dikişi operasyonunda 289,08 adet ürün beklemektedir. İkinci alternatif senaryoda kol altı zikzak operasyonunda 90,42, kol takma operasyonunda 67,02, omuz tutturma operasyonunda 32,23, yaka biye operasyonunda 2,42, yaka çoban dikişi operasyonunda 85,93 adet ürün beklemektedir.

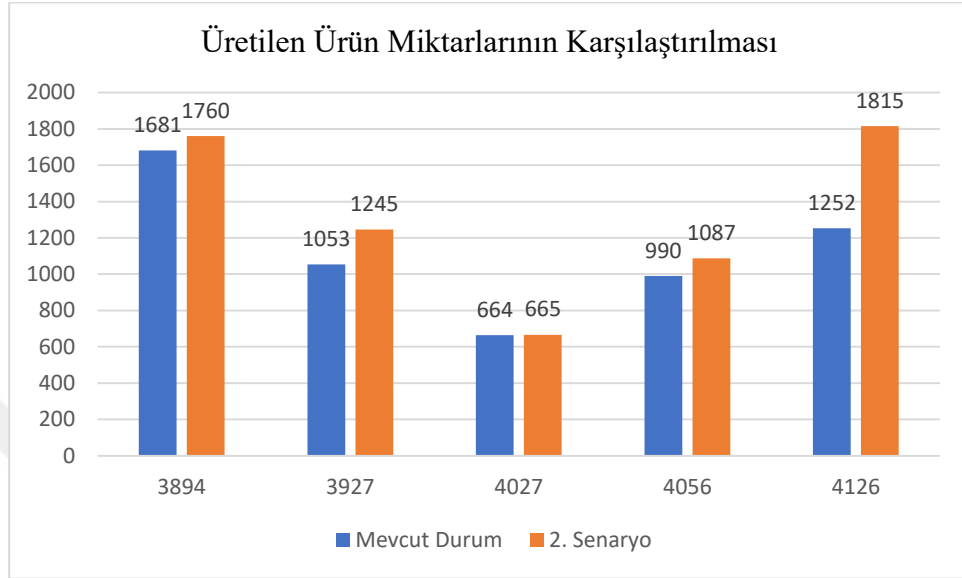
Darboğazların ortadan kaldırılması noktasında yapılan değişikliklerin mevcut durumla karşılaştırması Tablo 4.18’de özetlenmiştir.

Tablo 4.18 İkinci Alternatif Senaryo ve Mevcut Durum Darboğazların Karşılaştırılması

Ürün Kodu	Darboğaz Operasyonu	Bekleyen Ürün Adedi	
		Mevcut Durum	İkinci Alternatif Senaryo
3894	Yaka gipe	260	-
3894	Omuz alma	126	-
3894	Yıkama talimatı takma	-	56
3927	Bağcık ucu zikzak	199	-
3927	Etek reçme	24	-
3927	Yaka lastik biye	139	20
3927	Yıkama talimatı takma	63	-
4027	Kol altı zikzak	92	98
4027	Omuz alma	6	10
4027	Ön yaka orta tutturma	124	103
4027	Yaka ütü	249	-
4027	Omuz zikzak	-	91
4027	Yaka v tutturma	-	16
4056	Etek reçme	140	-
4056	Kol altı zikzak	-	18
4056	Kol reçme	-	67
4126	2. omuz alma	226	-
4126	Kol çoban dikişi	481	-
4126	Yaka çoban dikişi	289	86
4126	Kol altı zikzak	-	90
4126	Kol takma	-	67
4126	Omuz tutturma	-	32
4126	Yaka biye	-	2
Toplam		2418	756

İkinci alternatif senaryo ile hedeflenen üretim miktarının en fazla olduğu ürünlerin günlük üretim çıktıları arttırmak istenmiştir. 3894 ve 4126 kodlu ürünler günlük hedeflenen üretim miktarı en büyük olan iki üründür. Özellikle problemin yoğun yaşandığı 4126 kodlu ürünün dikim hattına ilave 6 adet kaynak atanmıştır. Yine de sistemde ürünler 15'erli partiler halinde geldiği için 100 adet ürünün altında bir bekleme oluşması olası bir durumdur. Küçük müdahalelerle ortadan kaldırılabilir. Fakat 100 adet ürünün üzerinde bekleme olması halinde bu yığılma sistemi yavaşlatacaktır. Nitekim ikinci alternatif senaryoda çok büyük darboğazlar bu nedenle operasyonlara yayılmıştır. Tablo 4.18'de görüldüğü üzere mevcut sistemde toplamda 2418 adet ürün işlem görmeyi bekliyorken, ikinci alternatif senaryo ile bekleyen ürün adedi 756'ya düşürülmüştür. Yani darboğazlarda %69 oranında azalma sağlanmıştır.

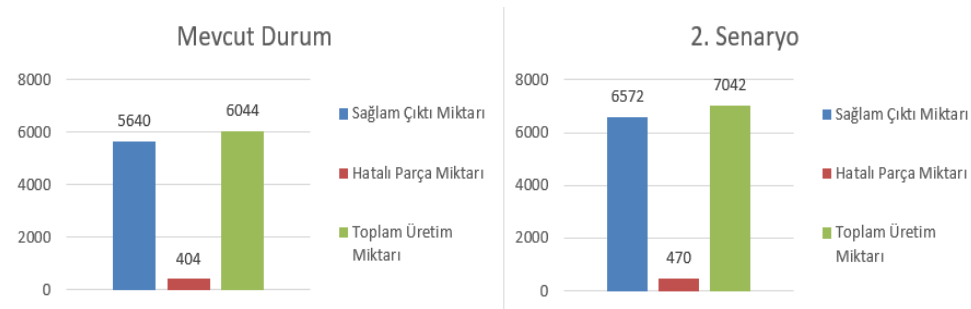
İkinci senaryoda yapılan tüm bu iyileştirmelerin üretilen ürünler bazında sistem üzerindeki etkisi Şekil 4.45'te verilmiştir.



Şekil 4.45 Mevcut Durum ve İkinci Senaryonun Üretilen Ürün Miktarlarının Karşılaştırılması

Mevcut sistemde hedeflenen üretim miktarı %78 oranında gerçekleştirilebiliyorken birinci senaryo ile %90 oranında gerçekleşmektedir.

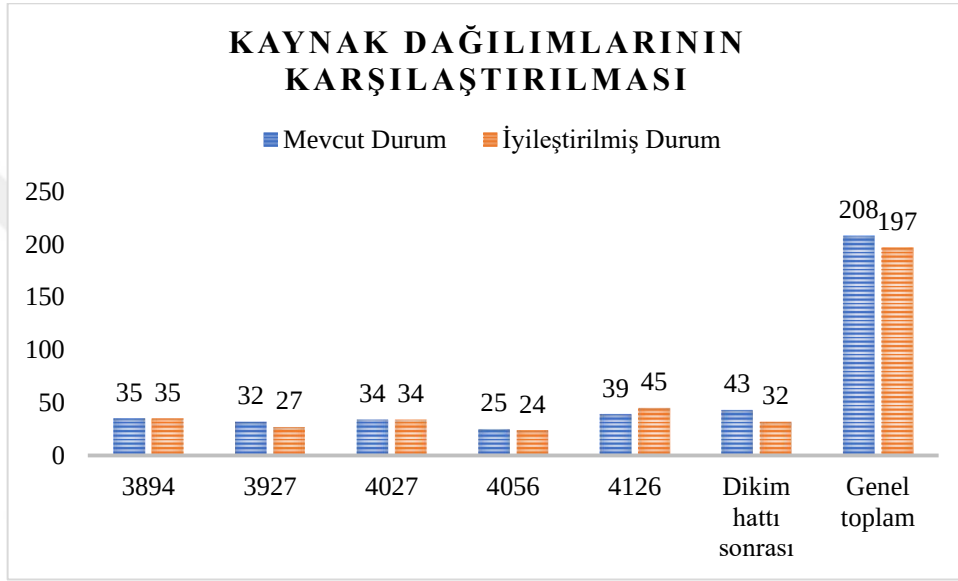
Toplam üretim miktarı açısından mevcut durumla karşılaştırıldığında Şekil 4.46'da görüldüğü üzere mevcut durumda 6044 adet ürün üretiliyorken, ikinci senaryo ile 7042 adet üretim gerçekleştirilmektedir. Yani %17 oranında bir artış sağlanmıştır.



Şekil 4.46 İkinci Alternatif Senaryo ile Mevcut Durumun Karşılaştırılması

Günlük sağlam çıktı miktarı iyileştirilmiş durumda 6572 adet gerçekleşmiştir ve %17 oranında artış gerçekleşmiştir. İkinci senaryoda hatalara yönelik bir müdahale olmadığı için ve üretim miktarı da arttığı için hatalı ürün miktarı da 404 adetten 470 adede yükselmiş ve %16 oranında artmış ve hata oranında bir değişim yaşanmamıştır.

Kaynak dağılımları açısından mevcut durumla ikinci alternatif senaryo karşılaştırma özeti tablo Şekil 4.47’de verilmiştir.



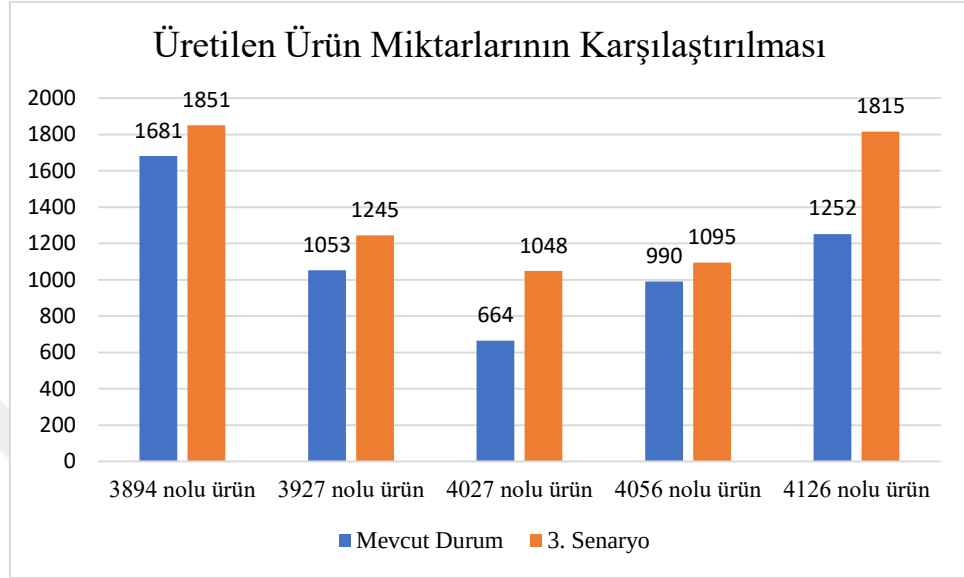
Şekil 4.47 İkinci Alternatif Senaryo ve Mevcut Durum Kaynak Dağılımların Karşılaştırılması

Kaynak dağılımlarına bakıldığında dikim hattı sonrasında yer alan ara kontrol ve son ütü proseslerinde yer alan atıl durumda bulunan toplam 11 işçi çıkarılmıştır. Kaynakların genel anlamda verimliliği açısından değerlendirildiğinde mevcut durumda 208 işçi ile günlük kişi başı 27 parça ürün üretiliyorken, ikinci senaryoda 197 hatta iki farklı ürünün aynı operasyonlarını gerçekleştiren 1 işçi olduğunu düşünecek olursa 196 işçi ile günlük kişi başı 33 parça ürün üretilmektedir.

4.8.3. Üçüncü Senaryo

Mevcut sistem üzerinde yapılan iki iyileştirmenin etkilerini görmek için birbirinden bağımsız olarak iki farklı senaryo geliştirilmiştir. Ancak bu iki senaryoda yapılan iyileştirmelerin bir arada gerçekleştirilmesi halinde yani hem kaynak kullanımını

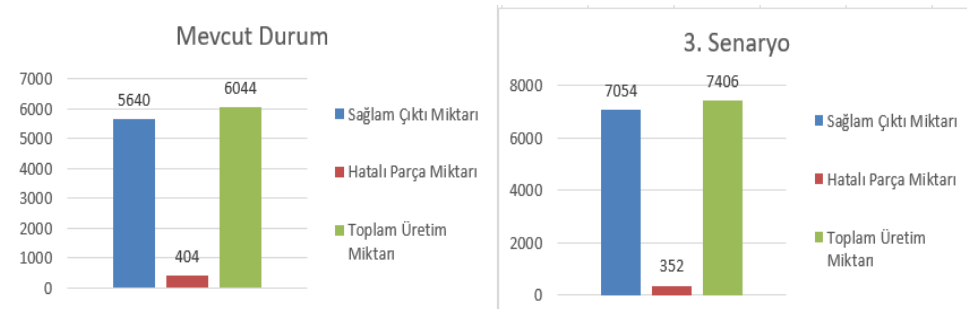
optimum kılmak hem de hatalı ürünlerin sistemde dolaşımını azaltarak günlük çıktı miktarını arttırmak amaçlanan üçüncü alternatif senaryoda üretilen ürün miktarlarının mevcut sistemle karşılaştırılması Şekil 4.48’de verilmiştir.



Şekil 4.48 Mevcut Durum ve Üçüncü Senaryonun Üretilen Üretim Miktarlarının Karşılaştırması

Mevcut sistemde hedeflenen üretim miktarı %78 oranında gerçekleştirilebiliyorken üçüncü senaryo ile %98 oranında gerçekleşmektedir.

Toplam üretim miktarı açısından mevcut durumla üçüncü senaryonun karşılaştırması Şekil 4.49’da verilmiştir.

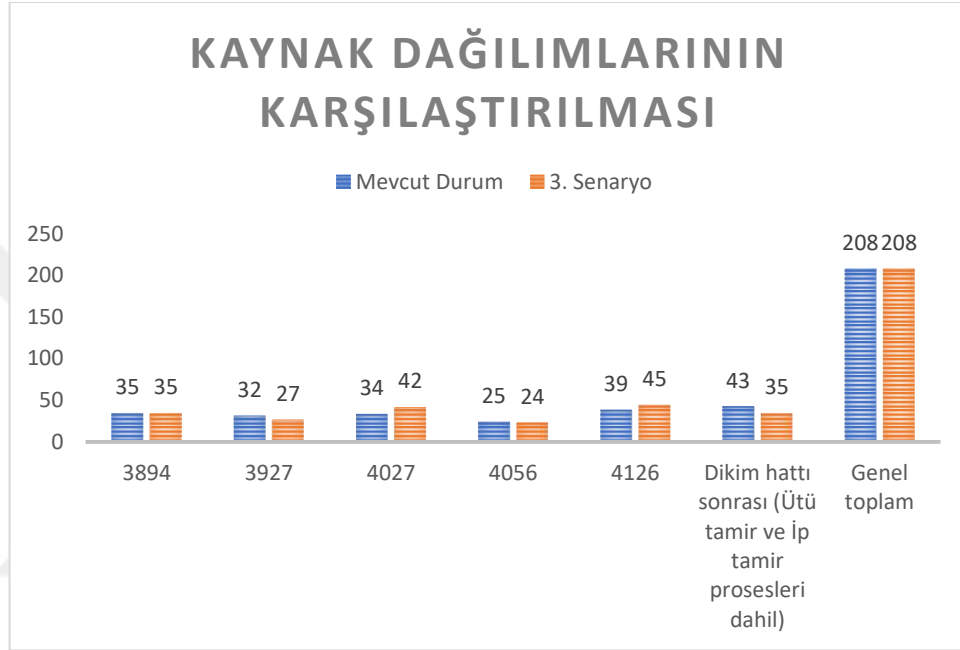


Şekil 4.49 Üçüncü Alternatif Senaryo ile Mevcut Durumun Karşılaştırılması

Şekil 4.49’da görüldüğü üzere mevcut durumda 6044 adet ürün üretiliyorken, üçüncü senaryo ile 7406 adet üretim gerçekleştirilmektedir. Yani %23 oranında bir artış

sağlanmıştır. Günlük sağlam çıktı miktarı üçüncü alternatif senaryo ile 7054 adet gerçekleşmiştir ve mevcut durumla kıyaslandığında %25 oranında artış gerçekleşmiştir. Ayrıca hatalı ürün miktarı da 404 adetten 352 adede düşmüş ve %13 oranında azalmıştır. Hata oranı ise %7'den %5'e düşmüştür.

Üçüncü alternatif senaryoda kaynakların dağılımlarına ilişkin özet tablo Şekil 4.50'de verilmiştir.



Şekil 4.50 Mevcut Durum ve Üçüncü Senaryonun Kaynak Dağılımlarının Karşılaştırılması

Şekil 4.50'de görüldüğü üzere ilave bir kaynak maliyetine katlanılmamıştır. İlk iki alternatif senaryodan farklı olarak dikim hattı sonrasında yer alan son ütü operasyonunda atıl durumda bulunan işçi 189, darboğaz oluşan katlama ve paketleme operasyonuna alınmıştır. Kaynakların genel anlamda verimliliği açısından değerlendirildiğinde mevcut durumda 208 işçi ile günlük kişi başı 27 parça ürün üretiliyorken, üçüncü alternatif senaryoda 208 işçi ile günlük kişi başı 34 parça ürün üretilmektedir.

Üçüncü alternatif senaryo ve mevcut durumda oluşan darboğazların karşılaştırılması Tablo 4.19'da verilmiştir.

Tablo 4.19 Üçüncü Alternatif İyileştirme ve Mevcut Durum Darboğazlarının Karşılaştırılması

Ürün Kodu	Darboğaz Operasyonu	Bekleyen Ürün Adedi	
		Mevcut Durum	İkinci Alternatif Senaryo
3894	Yaka gipe	260	-
3894	Omuz alma	126	-
3927	Bağcık ucu zikzak	199	-
3927	Etek reçme	24	-
3927	Yaka lastik biye	139	18
3927	Yıkama talimatı takma	63	-
4027	Kol altı zikzak	92	-
4027	Omuz alma	6	-
4027	Ön yaka orta tutturma	124	103
4027	Yaka ütü	249	-
4027	Omuz zikzak	-	100
4027	Yaka v tutturma	-	16
4027	Yaka şerit işaret	-	40
4027	Yaka şerit sağ uç tutturma	-	12
4056	Etek reçme	140	-
4056	Kol altı zikzak	-	15
4056	Kol reçme	-	59
4126	2. omuz alma	226	-
4126	Kol çoban dikişi	481	-
4126	Yaka çoban dikişi	289	79
4126	Kol altı zikzak	-	81
4126	Kol takma	-	60
4126	Omuz tutturma	-	30
4126	Yaka biye	-	2
Toplam		2418	615

Operasyonel bazda bekleyen ürün sayıları mevcut durumda 2418 parça iken, üçüncü alternatif senaryo ile bu sayı 615'e düşmüştür. Yani darboğazlarda %75 oranında bir azalma söz konusudur.

5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Tekstil ve Hazır Giyim Sektörü Türkiye'deki ihracat rakamları göz önüne alındığında ülke ekonomisi açısından lokomotif görevi gören sektörlerden birisidir. Dijital dönüşümün gerçekleştiği günümüzde özellikle tekstil ve hazır giyim sektöründe Türkiye'nin, Avrupa'da ve Dünya'da sektörün öncüleri olan ülkelere karşı rekabet avantajı elde edebilmesi için üretim kalitesinin yanı sıra verimliliğini de arttırması gerekmektedir. Birçok işletme verimliliklerinin arttırılabilmesi için ekonomik koşulları dikkate alarak ilave yatırımlar yapmadan işletme kaynaklarını en etkin biçimde kullanabilmeyi amaçlamaktadır. Bu nedenle işletmelerin içinde bulunduğu piyasa koşullarının belirsizliği düşünüldüğünde sistemin performansını değerlendirmeden yüksek maliyetlere katlanarak iyileştirmelerde bulunmak riskli bir adım olarak düşünülmektedir (Domschke vd., 1997: s.447; akt. Deste ve Karabulut, 2021, s.247-258)

Tekstil sektörü gibi emek yoğun sektörlerde, üretimde kullanılan yöntemlerin çıktı miktarı üzerinde önemli bir etkisinin olduğu bilinmektedir. Özellikle kaynak planlaması doğru yapılmadığı takdirde bir dizi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bunlar, siparişlerin zamanında teslim edilememesi, çalışanların sürekli fazla mesaiye maruz bırakılması, fazla mesai sonucunda üretilen ürünlerin kalitesinin azalması ve üretim maliyetlerinin artması sonucunda karlılık oranının azalması olarak sıralanabilir (Topçu ve Kılıç, 2021, s.32-33). İşletmedeki bu tür sorunları üretimdeki darboğazları en aza indirerek çözümlmek mümkün olabilmektedir. Sistemdeki darboğazların tespiti ve azaltılması amacıyla birçok alternatif senaryo oluşturulabilir ve bunların karşılaştırılması yapılabilir. Ancak bazen bu kadar zaman olmayabilir. Ya da bir veya birkaç ürünün takibi yapılsa dahi çok fazla çalışanın olduğu ve tam kapasite ile çalışılan bir işletmede kısa sürede etkili sonuçlar alabilmek için sistem iyileştirme alternatiflerini azaltmak gerekmektedir. Alternatif çözümleri azaltabilmek için ise işletmenin hedefleri doğrultusunda sistematik olarak hareket etmek gerekir. Bu nedenle sistemin simülasyon modelini kurulurken mevcut verilerden yararlanmak ve verileri doğrulayarak mevcut durumun sanal ortamda gözlenebilmesi ve sistem problemlerinin nicel olarak ifade edilebilmesi büyük avantajlar getirmektedir.

Literatürde mevcut durumun tespit edilmesi için birçok çalışma yapılmıştır. Ergen ve diğerleri (2010) çalışmalarında bir tekstil fabrikasında çeşitli kalite araçları

kullanılarak fabrikanın mevcut durumu incelemesi yapılırken Pareto analizi, Balık kılçığı diyagramı, zaman etüdü çalışmaları, hata bazlı alt ve üst kontrol sınırları belirlenmesi teknikleri, gibi tekniklerden yararlanmış ve çevirim hızı iyileştirmesi yapmak için simülasyon tekniğinden yararlanmışlardır. Krishnan ve diğerleri (2017) çalışmalarında bir lastik üretim tesisinde gerçekleştirilen mevcut süreç simülasyonunda, fabrikada mevcut darboğazın perdelama süreci olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Simülasyonla birlikte eş anlı olarak yaptıkları Pareto analizi simülasyon analizi sonucundaki darboğaz noktasını doğrulamakta kullanılmıştır. Leyva ve diğerleri (2018) çalışmalarında siparişlerin % 31'inin yerine getirilmemesi gibi bir ana sorununun olduğu bir tekstil firmasında, değer katan ve katmayan faaliyetleri belirlemişlerdir. Şirketin mevcut durumunun değer akışı haritalandırması yapılmıştır. Çalışılacak hat veya ürünün seçimi noktasında pareto analizinden yararlanılmış ve sürecin karmaşıklığı ve zaman problemi nedeniyle en fazla problemin gözlendiği pijama hattına odaklanılmıştır. Ergen ve diğerleri (2010), Krishnan ve diğerleri (2017) ve Leyva ve diğerleri (2018) çalışmalarında mevcut durumu doğrulamak amaçlı kalite iyileştirme araçlarını kullanmışlardır. Ancak Ergen ve diğerleri (2010) ve Krishnan ve diğerleri (2017) süreci iyileştirmek amacıyla simülasyon modeli geliştirirken sezgisel yöntemler ve deneyimlerden faydalanılarak alternatif senaryolar oluşturmuşlardır. Yani alternatif senaryolar oluşturulurken herhangi bir nicel yöntem kullanılmamıştır. Yapılan bu çalışma bu yönüyle literatüre katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada bir Tekstil işletmesinin dikim ve sonrası üretim hattında öncelikle önem sırası yüksek hatalara müteakiben oluşan darboğazlara odaklanarak hatalı ürünlerin sistemde dolaşımını aza indirmek, darboğaz noktalarını en aza indirmek ve dolayısıyla üretim miktarını arttırmak amaçlanmıştır. Bu kapsamda, işletmenin tam kapasite ile çalışması halinde mevcut durum simülasyon yöntemiyle tespit edilmiş ve mevcut durumu iyileştirmek için kalite iyileştirme araçlarından yararlanılmıştır. Böylelikle alternatif senaryolar oluşturulurken daha sistematik bir yol izlenmiştir. Birinci alternatif senaryoda işletmenin geçmiş hata verilerinden yola çıkarak en fazla gerçekleşen hata türlerinin neler olduğunu belirlemek amacıyla ara kontrol ve son kontrolde oluşan hataların pareto analizi yapılmış; leke, optik görüntü ve temizlenmemiş iplik uçları üç önemli hata olarak tespit edilmiştir. Bu üç önemli hatadan ötürü parçaların sistemde dolaşımını azaltmak için çalışanlara bant temizliği yaptırılmış bunun yanı sıra ütü tamir ve ip temizleme tamir

prosesleri eklenmiştir. Bu operasyonlara ise mevcut çalışan işçilerden sadece iki tanesi aktarılmıştır. Ayrıca atıl durumda bulunan 8 işçi ile verimliliğin en düşük olduğu hatta ağırlıklı olarak overlok ve recme operasyonlarına müdahalede bulunulmuş ve böylelikle yapılan bu iyileştirmelerle 644 adet daha fazla sağlam çıktı elde edilmiştir. İkinci alternatif senaryoda ise işletmenin dikim hattında oluşan darboğazların nedenleri bir sebep-sonuç (balık kılçığı) diyagramı ile ortaya konulmuş ve firmanın kısa vadeli hedefleri ve sorunun müdahale edilebilirliği noktasında metottan kaynaklı problemlere odaklanılmıştır. Bu kapsamda dikim hatlarındaki kaynak dağılımında yapılan değişiklikler neticesinde mevcut kaynaklardan yararlanarak üstelik 11 işçi daha az çalıştırarak 932 parça daha fazla üretmiş ve 6572 adet sağlam çıktı üretimi gerçekleştirilmiştir. Her iki senaryonun da birlikte uygulanması halinde ise sağlam çıktı miktarı 7054 adet olmaktadır. Mevcut sistemin çıktı miktarı ile karşılaştırıldığında 1414 parça daha fazla üretilmektedir.

Çalışmanın amacı doğrultusunda geliştirilen üç farklı senaryo ile mevcut durumun belirlenen performans göstergelerine göre karşılaştırılması Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1 Mevcut Durum ve Alternatif Senaryoların Karşılaştırılması

Performans Göstergeleri	Mevcut Durum	1. Senaryo	2. Senaryo	3. Senaryo
Sağlam Çıktı Miktarı (Adet)/ Değişim(Yüzde)	5640	6284 11%	6572 17%	7054 25%
Hatalı Parça Miktarı (Adet)/Değişim(Yüzde)	404	316 -22%	470 16%	352 -13%
Toplam Üretim Miktarı (Adet)/ Değişim(Yüzde)	6044	6600 9%	7042	7404 23%
Hata Oranı (Yüzde)/ Değişim (Yüzde)	7%	5% -28%	7% 0%	5% -28%

Tablo 5.1’de elde edilen sonuçlara göre birinci senaryo ile %11, ikinci senaryo ile %17 ve üçüncü senaryo ile %25 oranında sağlam çıktı miktarını arttırmanın mümkün olduğu tespit edilmiştir. Üçüncü senaryoda fireleri azaltarak en çok sağlam çıktı miktarına ulaşıldığı görülmektedir. Ürün bazında hedeflenen günlük üretimin karşılanma oranları ise Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.2 Hedeflenen Günlük Üretimin Karşılama Oranları

Ürün Kodları	Hedeflenen Günlük Üretim Miktarı	Gerçekleşen Üretim/ Hedeflenen Günlük Üretimin Karşılama Oranı							
		Mevcut Durum		1. Senaryo		2. Senaryo		3. Senaryo	
3894	1980	1681	85%	1785	90%	1760	89%	1848	93%
3927	1245	1053	85%	1118	90%	1245	100%	1245	100%
4027	1110	664	60%	1004	90%	665	60%	1049	94%
4056	1095	990	90%	1049	96%	1087	99%	1095	100%
4126	1815	1252	69%	1328	73%	1815	100%	1815	100%
Toplam Sağlam Çıktı Miktarı	7245	5640	78%	6284	88%	6572	90%	7052	98%

Tablo 5.2’de mevcut durumda işletmenin tam kapasite ile çalışması halinde termin süreleri baz alınarak hedeflenen günlük üretimi %78 oranında karşılayabildiği görülmektedir. Birinci senaryo ile bu oran %88’e, ikinci senaryo ile %90’a, üçüncü senaryo ile %98’e yükselmiştir.

İşletme mevcut durumda günlük 9 saat çalışma süresi olduğu düşünüldüğünde birim zamanda (dk) 10 parça ürün üretmektedir. Önerilen birinci senaryo ile ve ikinci senaryo ile 12, üçüncü senaryo ile 13 adet ürün üretilmektedir. Sadece birim zamanda üretilen sağlam çıktı miktarı açısından birim zaman maliyeti birinci senaryo ile %10, ikinci senaryo ile %14, üçüncü senaryo ile %20 oranında azalmaktadır.

Çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında geliştirilen öneriler şunlardır:

-Üretim hatalarının operasyonel bazda sınıflandırılarak daha detaylı kayıt altına alınması ile benzer hataların kümelenmesi sağlanabilir. Kümelenen bu hataların üretimdeki etkisine göre problem çözme yaklaşımlarından faydalanılması gelecek araştırmalar için önerilmektedir.

-Yapılacak çalışan yetkinlik analizleri yardımıyla hem kaynak atamalarının daha doğru yapılması hem de hatalı ürün sayısının azaltılması mümkündür.

-Kapsamlı bir toplam verimli bakım ile hatalı ürünleri en aza indirmek ve sağlam çıktı miktarını arttırmak mümkündür.

-Toplam ekipman etkinliği hesaplanarak bilgi akışının sağlanması ve müşteri taleplerinin zamanında karşılayacak çevrim süresinin elde edilmesi sağlanabilir.

-Sistem entegrasyonunu sağlayacak dijital çözümlerin kullanımının yaygınlaştırılması ve anlık veri elde edilebilecek nesnelerin interneti (IoT) gibi sistemlerin kullanılması ile sistem izlenebilir hale getirilerek sistem performansı artırılabilir.

-Mevcut durum simülasyonu üzerindeki israfların tespiti ve azaltılması için yalın üretim çalışmaları yapılabilir.

-Sistem çıktılarının yanında maliyet, kaynak kullanımı, işletme içi taşıma mesafeleri, çalışan performansları vb. faktörlerin etkileri de simülasyon sonuçlarına dahil edilerek sistem sonuçları gözlemlenebilir.

-Geliştirilen modele birkaç teknik değişiklik yapılarak başka tekstil işletmelerine uyumlu hale getirilmesi sağlanabilir.

KAYNAKÇA

- Adem, A., Yılmaz Kaya, B., Çakıt, E. ve Dağdeviren, M. (2022). Üretim sistemlerindeki dijital dönüşümün iş etüdü teknikleri üzerindeki etkisi. *Verimlilik Dergisi*, 110-122.
- Ahmed, T., Acharjee, R. N., Rahim, M. A., Sikder, N., Akther, T., Khan, M. R., ... ve Saha, A. (2013). An application of pareto analysis and cause-effect diagram for minimizing defect percentage in sewing section of a garment factory in Bangladesh. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 3(6), 3700-3715. http://www.ijmer.com/papers/Vol3_Issue6/CE3637003715.pdf adresinden 20 Mayıs 2021 tarihinde alınmıştır.
- Akçacı, T. ve Özyurt, S. (2021). Yalın üretime geçiş: İplik sektöründe bir uygulama. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 9(2), 85-103. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/iicder/issue/65542/1005873> adresinden 15 Mart 2021 tarihinde alınmıştır.
- Akın, B. (1996). *ISO 9000 uygulamasında işletmelerde istatistik proses kontrol-İPK-teknikleri*. Bilim teknik yayınevi.
- Aktan, C. C. (2012). Organizasyonlarda toplam kalite yönetimi. *Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 4(2), 249-256.
- Al-Aomar, R., Williams, E. J. ve Ulgen, O. M. (2015). *Process simulation using witness*. John Wiley & Sons <https://www.perlego.com/book/998466/process-simulation-using-witness-pdf> adresinden 14 Şubat 2021 tarihinde alınmıştır.
- Altıok, T. ve Melamed, B.,(2007). *Simulation modeling and analysis with Arena*, 1, New Jersey, Elsevier Inc.
- Alzoubi,K, Hijazi, H. ve Alkhateeb,A. (2019). Facility planning and assembly Line balancing in garment industry. 2019 the 6th International Conference on Frontiers of Industrial Engineering Doi:[10.1109/ICFIE.2019.89076864](https://doi.org/10.1109/ICFIE.2019.89076864)
- Anıl Kumar, S. ve Suresh, N., (2008) *Production and operations management (with skills development, caselets and cases)*. 2. Baskı. New Age International (P) Ltd., New Delhi.
- Arslan, V. (2019). Kalite kontrol grafikleri ve pareto analizinin hazır beton tesisinde uygulanması . *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi* , 3 (1)

- <https://dergipark.org.tr/en/pub/kifmd/issue/41587/474720> adresinden 12 Şubat 2021 tarihinde alınmıştır.
- Aslan, Ş, Akdağ, R ve Yıldırım, A. (2017). Bir tekstil işletmesinde benzetim yöntemiyle montaj hattı dengeleme uygulaması, *SSSJournal*, Vol:3, Issue:7, pp.1355-1365 DOI :10.26449/sss.167
- Atalay, O. ve KILIÇ, Ö. (2015). Balık kılçığı yöntemi ile mobil vinç kazası olası nedenlerinin incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(1), 73-78.
- Aytaç, E. (2006). *Kalite kontrolde bulanık mantık yaklaşımı ve bir uygulama* [Yüksek Lisans Tezi]. Pamukkale Üniversitesi
- Ayvaz, B., Kuşakçı, A. ve Borat, O. (2017). *Excel Matlab Arena ve Simulink Uygulamalarıyla Sistem Benzetimi*. Ankara: Nobel.
- Bağ, M. E., ve Aslan, E. (2016). Bir tekstil fabrikasında simülasyon uygulaması. *Journal of International Management, Educational and Economics Perspectives*, 4(1), 38-54. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jimeep/issue/32149/356517> adresinden 18 Nisan 2021 tarihinde alınmıştır.
- Banks, J. (Ed). (1998) *Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications and practice*, John Wiley & Sons, Inc., Canada [https://www.academia.edu/36780133/HANDBOOK_OF_SIMULATION Principles Methodology Advances Applications and Practice](https://www.academia.edu/36780133/HANDBOOK_OF_SIMULATION_Principles_Methodology_Advances_Applications_and_Practice) adresinden 10 Nisan 2021 tarihinde alınmıştır.
- Banks, J., Carson, J.S., Nelson, B.L. ve Nicol, D.M. (2001) *Discrete-event system simulation* (3. Baskı). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Banks, J., Nelson, B., L. ve Nicol, D. M. (2004) *Discrete-event system simulation* (4. Baskı). Prentice Hall, New Jersey.
- Banks, J., Carson II, J.S., Nelson, B.L. ve Nicol, D.M. (2010). *Discrete-event system simulation* (5. Baskı) Prentice Hall
- Başak, E.E, Yılmaz, İ.S. ve Deniz, N. (2019). Endüstriyel ürün imalatı yapan bir işletmede yalın üretim uygulaması. *Endüstri Mühendisliği* 30(3), 157-172. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/endustrimuhendisligi/issue/50398/604852> adresinden 20 Aralık 2020 tarihinde alınmıştır.

- Baskak, M. (1991). Montaj hatlarının dengelenmesinde çok amaçlı bir yaklaşım. [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, , İstanbul.
- Bayo-Moriones, A., Bello-Pintado, A., ve Merino-Díaz-de-Cerio, J. (2008). The role of organizational context and infrastructure practices in JIT implementation. *International Journal of Operations & Production Management*, 28(11), 1042-1066 <https://doi.org/10.1108/01443570810910188>
- Bilget, S. (2005). Konfensiyonda simülasyon tekniğiyle yalın üretim sistemlerinin incelenmesi. [Yüksek Lisans Tezi]. Namık Kemal Üniversitesi <http://acikerisim.nku.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/20.500.11776/683/0048912.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bilgin E.(2014, Mayıs). *Süreç iyileştirme için iş etüdü ve ambalaj sektöründe bir uygulaması*, 13. Ulusal İşletmecilik Kongresi, Antalya, s.333-339
- Bongomin, O., Mwasiagi, J. I., Nganyi, E. O.ve Nibikora, I. (2020). Simulation metamodeling approach to complex design of garment assembly lines.PloS one, 15(9), e0239410. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239410>
- Bozkurt, R. (2003). *Süreç iyileştirme*. Ankara: MPM Yayınları.
- Caldeira, R. H. ve Gnanavelbabu, A.(2020). A simheuristic approach for the flexible job shop scheduling problem with stochastic processing times. *Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International*,1–22 <https://doi.org/10.1177/0037549720968891>
- Chapman, C. D. (2005). Clean house with lean 5S. *Quality progress*, 38(6), 27-32. https://www.ame.org/sites/default/files/qrl_docs/Clean%20House%20with%205S%20J%20Rubio_0.pdf adresinden 21 Şubat 2022 tarihinde alınmıştır.
- Chu, H. W. ve Tosirisuk, P. (1991). Process decision program chart: from operations research to total quality control. *Computers & industrial engineering*, 21(1-4), 111-115.
- Chung, C. (2004). *Simulation modeling handbook: a practical approach*. CRC Press. https://www.cin.ufpe.br/~rmfl/ADS_MaterialDidatico/PDFs/simulacaoTransiente/Simulation%20Modeling%20Handbook%20%20A%20Practical%20Approach.pdf adresinden 21 Şubat 2022 tarihinde alınmıştır.

- Cocks, S., ve Harlock, S. (1989). Computer-aided simulation of production in the sewing room of a clothing factory, J. Text.Inst., 80(3), 455-463
<https://doi.org/10.1080/00405008908658298>
- Çetin, C. (2013). *Toplam Kalite Yönetimi*. Beta Basın Yayım Dağıtım.
- Çorlu Sanayi ve Ticaret Odası. (2020) Tekstil, Hazır giyim ve Deri Ürünleri Sektörleri Raporu, s.2- 54 https://www.corlutso.org.tr/uploads/docs/tekstilhazirgiyimvederi_sektorleri_2020.pdf adresinden 24.04.2022 tarihinde alınmıştır.
- Çoruh, E.(2010). Hazır Giyim Endüstrisi İçin Üretim Sistem yaklaşımları. TMMOB Tekstil Mühendisleri Odası. 17(80), 11-19
- Çörekçi, C. (2014).Atölye tipi üretimde simülasyon teknikleri ile dinamik çizelgeleme ve atölye simülasyonu [Yüksek Lisans Tezi]. Kırıkkale Üniversitesi <https://acikerisim.kku.edu.tr:8443/xmlui/handle/20.500.12587/16712> adresinden 21 Aralık 2021 tarihinde alınmıştır.
- Doğan, N. Ö. ve Takcı, E. (2015). Bir tekstil işletmesinde simülasyon yardımıyla süreç iyileştirme/Process improvement in a textile firm using simulation. *Ege Akademik Bakış*,15(2), 185. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/560489> adresinden 10 Haziran 2021 tarihinde alınmıştır.
- Demirdöğen, O., ve Küçük, O. (2011). *Üretim işlemler yönetimi*. Detay Yayıncılık, Ankara.
- Deste, M. ve Karabulut, M. (2021). Doğrusal programlama tekniğiyle üretim planlama yaklaşımı ve tekstil sektöründe bir uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 26(3), 247-258.
- Dietz, M. (1992). Outline of a successful simulation project. *Industrial Engineering*, 24(11), 50-53.
- Diken, A. (2017). *Toplam kalite yönetimi*. Nobel.
- Dulkadir, B. (2019). İş ve zaman analizi yöntemi ile performans bilgi sisteminin oluşturulması. *Pamukkale University Journal of Social Sciences Institute/Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (36).
- Duran, C. ve Çetindere, Ö. G. A. (2012). Konfeksiyon sanayiinde faaliyet gösteren bir işletmede istatistiksel proses kontrol teknikleri ile ürün hatalarının analiz edilmesi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 233-254.

- <https://dergipark.org.tr/tr/pub/cusosbil/issue/4390/60365> adresinden 12 Şubat 2022 tarihinde alınmıştır.
- Efil, İ. (2010). *İşletme organizasyonu ve ekip yönetimi*. Bursa, Dora Yayıncılık.
- Elevli, S. ve Yılmaz, Y. H. (2009). Maden ekipmanlarının öncelikli arıza tiplerinin belirlenmesinde grafiksel yaklaşım. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(1), 31-48.
- El-Haik, B. ve Al-Aomar, R. (2006). *Simulation-based lean six-sigma and design for six-sigma*, John Wiley & Sons, New Jersey. <https://vdoc.pub/documents/simulation-based-lean-six-sigma-and-design-for-six-sigma-7tbgl1i8rrja0> adresinden 21 Nisan 2021 tarihinde alınmıştır.
- Elnaggar G. (2019). Effect of operator skill level on assembly line balancing in apparel manufacturing: a multi-objective simulation optimization approach. Paper presented at: Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, November 26-28, Riyadh, Saudi Arabia, 308-315.
- Engin, A.B. (2015). Investigation of machine efficiencies in case of machines continue to run without operator supervision by reason of lunch time break: An application in the textile industry. *Tekstil ve Konfeksiyon* 25(4), 329-336 <https://dergipark.org.tr/en/pub/tekstilvekonfeksiyon/issue/23653/251968> adresinden 5 Ocak 2022 tarihinde alınmıştır.
- Ergen, E., Şahin, M. ve Zencirkıran, M. (2010). Papatya tekstil mevcut durum analizi ve iyileştirme çalışmaları. (Yayımlanmamış Bitirme Projesi). Maltepe Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İstanbul. <http://openaccess.maltepe.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12415/6608> adresinden 6 Mayıs 2021 tarihinde alınmıştır.
- Ermeydan, B. (2022). Sosyal Bilimlerde Tablo, Grafik Ve Şema Kullanımı. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (51), 239-253.
- Erozan, İ. (2014). Mevcut atölye tipi üretim sisteminin tasarlanacak bir hücreli imalat sistemi ile karşılaştırılması ve çok amaçlı bir model. (Doktora Tezi). Sakarya Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü
- Ersöz, F. (2019). *Benzetim ve Modelleme*. Ankara: Seçkin Yayınevi.

- Eryiğit, S., (2000), Esnek Üretim- Esnek Organizasyon- Esnek Çalışma, Kamu-İş Dergisi, 5(4), 103-118. <https://www.tuhis.org.tr/pdf/5411.pdf> adresinden 10 Aralık 2021 tarihinde alınmıştır.
- Eryürük, S.H. (2005) Bir Konfeksiyon İşletmesinde Montaj Hattı Dengeleme [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi <https://polen.itu.edu.tr/items/c7dc1a98-6f97-451c-a31b-582fb2880636> adresinden 21 Nisan 2021 tarihinde alınmıştır.
- Eryürük, S.H. (2012). Clothing assembly line design using simulation and heuristic line balancing techniques, Refereed Research, *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, 22(4), 360-368,(2012).
- Eryürük,S.H., Kalaoğlu,F. ve Baskak,M. (2014). Etek üretimi yapan bir konfeksiyon işletmesinde montaj hattı dengeleme çalışması, *Journal of Textiles and Engineer*,21(96), 19-26 <https://doi.org/10.7216/130075992014219603>
- Faisal, A. M. (2016, Mart). Simulation modeling and analysis of value stream mapping for the implementation of lean manufacturing in labour-intensive small and medium-sized enterprises. In *2016 International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT)* (3567-3569). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICEEOT.2016.7755369>
- Fozzard, G., Spragg, J., ve Tyler, D. (1996). Simulation of flow lines in clothing manufacture: Part 1: model construction, *Int. J. of Clothing Science and Technology*, 8(4), 17-27 <https://doi.org/10.1108/09556229610123982>
- Gupta N.ve Grover S., (2013). Introduction to modeling and simulation. *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research (IJIEASR)*, 2, (4), .45–50.<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.301.62&rep=rep1&type=pdf> adresinden 10 Kasım 2021 tarihinde alınmıştır.
- Gao, L., Ding, Y., ve Li, F. (2013). Evaluating environmental strategies in a textile printing and dyeing enterprise by an agent-based simulation model. *International Journal of Systems Science*, 44(5), 865-876. <https://doi.org/10.1080/00207721.2011.626904>
- Gogg, T. J.ve Mott, J. R. (1992). *Improve quality and productivity with simulation*. Palos Verdes Pnsl., USA: JMI Consulting Group. <https://epdfonlines.com>

[/ebook/uNJTAAAMAAJ.improve-quality-and-productivity-with-simulation](#) adresinden 9 Ocak 2022 tarihinde alınmıştır.

- Gowda, K. N. ve Babu, V. (2014). The effect of 1 sigma jump in apparel manufacturing. *International Journal of Research in Engineering & Technology* , 2(6), 73-78
- Güleryüz, D. (2012). Yalın yönetim sistemlerinin hastanelere uyarlanabilirliği ve bir hastane uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya
- Güner,M. ve Ünal,C. (2008). Line balancing in the apparel industry using simulation techniques", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 16(2), 75-78. http://www.fibtex.lodz.pl/67_18_75.pdf adresinden 9 Ocak 2022 tarihinde alınmıştır.
- Güner,M.,İşler,M. ve Acar,E. (2014). Bir konfeksiyon ürünü üretiminde dikim hattının farklı yöntemler ile dengelenmesi, ISITES 2014,Karabük
- Gurkan P.ve Taşkın C.(2005,). Application of simulation technique in weaving mills. *Fibers & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 13, No.3(51), . 8-10. https://www.researchgate.net/publication/316988475_Application_of_Simulation_Technique_in_Weaving_Mills adresinden 3 Temmuz 2021 tarihinde alınmıştır.
- Greasley, A. (2008). Using simulation for facility design: A case study. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 16(6): 670–677. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2008.04.009>
- Ham, I., Hitomi, K.,ve Yoshida, T. (1985). *Group technology:Application to production anagement*, Kluwer&Nijhoff Publishing
- Hanan, O. A. ve Seedahmed, A. I. (2019). Garment assembly line balancing using modeling and simulation.*International Journal of Scientific Engineering and Science*, 3(3), 4-7
- Hui, C. veFrency, N, S.F.(1999). A study of the effect of time variations for assembly line balancing in the clothing industry, *Int. J. of Clothing Science and Technolog*, 11, 181-188. <https://doi.org/10.1108/09556229910281894>
- Iqbal, M. A., Yousuf, M. F. H. ve Salam, M. A. (2018). Analysis of an effective quality control system: a study on woven garments. *EPRA International Journal of Research and Development (IJRD)*, 3(12), 144-152.

- Imai, M. (1997). *Kaizen: Japonya'nın rekabetteki başarısının anahtarı*. BRİSA Bridgestone Sabancı Lastik San..
- İstanbul Tekstil Ve Hammadde İhracatçıları Birliği 2018-2021 Raporu (http://www.ithib.org.tr/files/downloads/faaliyet_raporlari/ITHIB%2020182021%20Faaliyet%20Raporu.pdf) Erişim Tarihi :15.04.2022
- İstanbul Hazırgiyim ve Konfeksiyon İhracatçıları Birliği Mc Kinsey Hazır Giyim Araştırma Raporu (<https://www.ihkib.org.tr/fp-icerik/ia/d/2021/12/03/mckinsey-hazir-giyim-raporu-bilgi-notu-202112031320130257-414C1.pdf>) adresinden 15.04.2022 tarihinde alınmıştır.
- İstanbul Hazırgiyim ve Konfeksiyon İhracatçıları Birliği Avrupa Birliği ve Hazırgiyim ve Tekstil Pazarında Türkiye'nin Yeri Aralık 2021 Raporu (<https://www.ihkib.org.tr/fp-icerik/ia/d/2022/03/25/avrupa-birligi-hazirgiyim-ve-tekstil-pazarinda-turkiye-nin-yeri-aralik-2021-202203251644100687-69319.pdf>) adresinden 15.04.2022 tarihinde alınmıştır.
- İTKİB Hedef Aylık Dergisi, Şubat 2021, Sayı 327 <https://www.ihkib.org.tr/fp-icerik/ia/d/2021/02/05/hedef-327-tekli-202102051717100260-A7D17.pdf> adresinden 10 Temmuz 2022 tarihinde alınmıştır.
- Jirasirilerd,G, Pitakaso,R, Sethanan,K, Kaewman,S., Sirirak,W ve Kosacka-Olejnuk,M. (2020). Simple assembly line balancing problem type 2 byvariable neighborhood strategy adaptive search:a case study garment industry. *Journal Open Innovation. Technology, Market and Complexlty*, 6(21) <https://doi.org/10.3390/joitmc6010021>
- Juran, J. M ve Godfrey. A. B. (1999). *Juran's quality handbook*, 5th Edition. New York: McGraw-Hill https://www.academia.edu/35811421/Juran_Quality_Handbook_Fifth_Edition adresinden 14 Aralık 2021 tarihinde alınmıştır.
- Jung, W.-K., Kim, H., Park, Y.-C., Lee, J.-W. ve Suh, E. S. (2020). Real-time data-driven discrete-event simulation for garment production lines. *Production Planning & Control*, 33(5), 480-491 <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1830194>
- Kalaoğlu, F. ve Saricam, C. (2007). Analysis of modular manufacturing system in clothing industry by using simulation. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 15(3), 62. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.135.3293&rep=rep1&type=pdf> adresinden 24 Nisan 2020 tarihinde alınmıştır.
- Kartal, M.(1999), İstatistiksel Kalite Kontrol, Şafak Yayınları, Sivas

- Karuppusami, G. ve Gandhinathan, R. (2002). Pareto analysis of critical success factors of total quality management. *The TQM Magazine*, 18(4), 372–385, DOI: 10.1108/09544780610671048.
- Kaya, S. (2006). Konfeksiyonda Kalite Düzeyini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi [Doktora Tezi]. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=kix6aMdJX6gr6Puk0JS2jg&no=GtG9fhfaL-g7dx9anYEPVg>
- Kayacık, S. (2010). *Yalın Altı Sigma Metodolojisi ve Tekstil Sektöründe Bir Uygulama* (Doktora Tezi). Marmara Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Kayar,M. ve Akalın,M. (2019). A research on the effect of method study on production volume and assembly line effeciency. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 24(2), s.228-239
- Kelton, W. D., Sadowski, R. ve Zupick, N. (2015). Simulation with Arena by Kelton. *McGraw-Hill Education*.
- Khan, M. R. (1999). Simulation modeling of a garment production system using a spreadsheet to minimize production cost. *International Journal of Clothing Science and Technology*,11(5):287–299 <https://doi.org/10.1108/09556229910297554>
- Kırar,N.(2016). *Hazır Giyim İşletmelerinde Kesim Verimliliğini Etkileyen Faktörlerin Simülasyon Yöntemiyle İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kitaw, D., Matebu, A. veTadesse, S. (2010). Assembly line balancing using simulation technique in a garment manufacturing firm, *Journal of EEA*, 27, s.69-80
- Kobu, B. (1994). *Üretim yönetimi*.İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayın No:260 Sekizinci Baskı İstanbul
- Kobu, B. (2017). *Üretim Yönetimi*, Beta Basım. Onsekizinci Baskı İstanbul
- Koren ,Y., (2010) *The Global Manufacturing Revolution: Product-Process-Business Integration and Reconfigurable Systems*, John Wiley & Sons, New Jersey
- Kumaş, Z., Sabır, E. C ve Baykal, P. D. (2016). Konfeksiyon işletmesinin verimliliği için iş etüdü tekniği kullanımı. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(1), s.175-190.
- Kurşun,S. ve Kalaoğlu,F. (2010). Dikim bandında benzetim ile bant dengeleme ,*Tekstil ve Konfeksiyon*, 20(3),257-261

- Kurt, M. ve Dağdeviren, M. (2003). *İş etüdü*, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Krishnan, S., Dev, A. S., Suresh, R., Sumesh, A. ve Rameshkumar, K. (2018). Bottleneck identification in a tyre manufacturing plant using simulation analysis and productivity improvement. *Materials Today: Proceedings*, 5(11), 24720-24730. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.10.270>
- Küçükönder, M. ve Uçar, M. (2015). Üretim etkinliğinde simülasyon.. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* , 5 (1) , 117-126 <http://iibfdergisi.ksu.edu.tr/tr/pub/issue/10270/125992> adresinden 21 Nisan 2021 tarihinde alınmıştır.
- Lalas, C., Mourtzis, D., Papakostas, N. ve Chryssolouris, G. (2006). A simulation-based hybrid backwards scheduling framework for manufacturing systems. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 19(8), 762-774. <https://doi.org/10.1080/09511920600678827>
- Law, A. M. (2015). *Simulation modeling and analysis*. 5. Baskı. New York: Mcgraw-hill.
- Law, A.M. ve Kelton, W.D. (1982). *Simulation modeling and analysis*, McGrawHill Publishing, Newyork.
- Leyva, L. L. L., Perugachi, E. P. C., Piarpuezan, R. V. S., Orges, C. A. M., Montenegro, E. P. O. ve Burgos, G. (2018). Lean Manufacturing application in textile industry. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 26-27).
- Liong, C.-Y., and Abdul Rahim, N. A. (2015) A Simulation study on garment manufacturing process. *AIP Conference Proceedings* 1643, 460. <https://doi.org/10.1063/1.4907481>
- Law, A.M. and Kelton, W.D. (2000) *Simulation Modeling and Analysis*, 2. Baskı. New York, McGraw-Hill <https://faculty.ksu.edu.sa/sites/default/files/index.pdf> adresinden 12 Şubat 2020 tarihinde alınmıştır.
- Montgomery, D. C., (1990). *Statistical quality control*, John Wiley&Sons, Inc., Second Edition, New York.
- Mridha, J. H., Alam, A. R., Mahmud, T.ve Ahmed, T. (2020). Contrivance of 5S system to effectuate higher productivity in apparel industries. *Global Journal of Research in Engineering*, 20(1), 21-28

- Musselman, K. J. (1992, December). Conducting a successful simulation project. In *Proceedings of the 24th conference on Winter simulation*, 115-121
<https://doi.org/10.1145/167293.167313>
- Narlı, Y. (2009). *Sağlık Sektöründe Hasta Memnuniyetini Arttırıcı Süreç İyileştirme Çalışmaları Üzerine Örnek Bir Uygulama: Dışkapı Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi Örneği*. [Yüksek Lisans Tezi] Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Newbold, P. (2013). *Statistics for business and economics*. Pearson.
- Nuttle, H.L.W., King, R.E., Hunter, N.A., Wilson, J.R. ve Fang, S.C. (2000a). Simulation modeling of the textile supply chain, part I: The textile-plant models, *The Journal of the Textile Institute*, part 2: *Textile Economics, Management and Marketing*, 91(1), 35-50 <https://doi.org/10.1080/00405000008659526>
- Nuttle, H.L.W., King, R.E., Fang, S.C., Wilson, J.R. ve Hunter, N.A. (2000b). Simulation modeling of the textile supply chain, part II: Results and research directions. *The Journal of the Textile Institute*, part 2: *Textile Economics, Management and Marketing*, 91(1):51–64. <https://doi.org/10.1080/00405000008659527>
- Özbek, L. (2003). Yeniden pi, *Pivotka*, 2(5), s. 8 – 11
- Özbek, A., Yıldız, A. ve Alan, M. A. Türk tekstil işletmelerinin Endüstri 4.0'a adaptasyonunun incelenmesi. *Acta infologica*, 5(2), 255-265
- Özcan, S. (2001). İstatistiksel proses kontrol tekniklerinden pareto analizi ve çimento sanayiinde bir uygulama. *CÜ İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2(2), 151-174.
- Özkan, Y. (2005). Toplam kalite yönetimi. *Adapazarı: Sakarya Kitabevi*.
- Pan, G. (2014). A quantitative analysis of cellular manufacturing in apparel industry by using simulation. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 7(5), 1385-1396. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099/16335> adresinden 10 Eylül 2021 tarihinde alınmıştır.
- Pangestu, A. A. ve Negara, A. A. P. (2019, August). Implementasi metode 5S (seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke) pada unit reaching di pt. Xyz tekstil majalengka. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 10(1), 490-494). <https://doi.org/10.35313/irwns.v10i1.1434>
- Pasale, R. A., ve Bagi, J. S. (2013). 5S strategy for productivity improvement: a case study. *Indian journal of research*, 2(3), 151-153.

- Pidd, M. (2004). *Computer simulation in management science*. (5. Baskı), USA: Johnson & Wiley Books.
- Puvanasvaran, A. P.ve Miza, F. Y. Z. (2013). Workshop Store Room Improvement With 5s: A Case Study. *Journal of Advanced Manufacturing Technology (JAMT)*, 7(1). <https://jamt.utem.edu.my/jamt/article/view/30> adresinden 15.11.2022 tarihinde alınmıştır.
- Quality Control Circles (QCC). 1984. Yönetim Geliştirme Merkezi Seminer Notları, İstanbul.
- Raja, R. ve Rao, K. S. (2007). Performance evaluation through simulation modeling in a cotton spinning system. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 15(9), 1163-1172. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2007.07.008>
- Rajakumar, S., Arunachalam, V. P. ve Selladurai, V. (2005). Simulation of workflow balancing in assembly shopfloor operations. *Journal of Manufacturing Technology Management*.16, 265-281 DOI:[10.1108/17410380510583590](https://doi.org/10.1108/17410380510583590)
- Robinson, S.(2004), *Simulation: the practice of model development and use*.(1. Baskı), New York: Wiley.
- Roy, R. N. (2005), *A modern approach to operations management*, New Age International (P) Ltd., New Delhi.
- Russel, R. S. ve Taylor, B. W. (2003). *Operation management prentice-hall* Inc, USA.
- Sengupta, R. N., Gupta, A. ve Dutta, J. (Eds.). (2016). *Decision sciences: theory and practice*. Crc Press.
- Sezen, B. (2011). Üretim yönetiminde yeni yaklaşımlar ve uygulamalar. *Ankara: Eflatun Yayıncılık*.
- Shahin, A., Arabzad, S. M. ve Ghorbani, M. (2010). Proposing an integrated framework of seven basic and new quality management tools and techniques: A roadmap. *Research Journal of International Studies*, 17, 183-195.
- Shannon, R. E. (1975). Simulation: A survey with research suggestions. *AIIE Transactions*, 7(3), 289-301.<https://doi.org/10.1080/05695557508975010>
- Shannon, R. E. (1992, December). Introduction to simulation. *In Proceedings of the 24th conference on Winter simulation*, 65-73 <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/167293.167302> adresinden 20 Ocak 2021 tarihinde alınmıştır.

- Stojanow,T.,Yu,X ve Ding,X.(2016). The balancing of sewing production lines in garment manufacture using simulation technique. *Textile Science and Economy VIII 8 th International Scientific-Professional Conference* May 16-19st, Zrenjanin, Serbia
- Tang, Z. X., Wang, X., Fraser, W. B. ve Wang, L. (2006). Simulation and experimental validation of a ring spinning process. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 14(7), 809-816. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2006.01.003>
- Tanrıtanır, E. (1992). Üretim sistemleri ve imalat sistemleri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 40(1), 127-144.
- Tanyaş, M. ve Baskak, M. (2008). *Üretim planlama ve kontrol*. İrfan Yayıncılık : 111. Yönetim Bilimleri Dizisi : 7
- Tikici, M., Aksoy, A. ve Derin, N. (2006). Toplam kalite yönetiminin radikal unsurlarından birisi olarak yalın yönetim, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(15), 20-33. <https://dergipark.org.tr/en/pub/esosder/issue/6129/82202> adresinden 5 Aralık 2021 tarihinde alınmıştır.
- The Data Visualisation Catalogue Scatter plot. <https://datavizcatalogue.com/> adresinden 21.01.2023 tarihinde alınmıştır.
- Thomassey, S. (2014). A simulation based comparison: Manual and automatic distribution setup in a textile yarn rewinding unit of a yarn dyeing factory. *Simulation modelling practice and theory*, 45, 80-90.. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2014.04.002>
- TCMB Reel Sektör İstatistikleri
https://evds2.tcmb.gov.tr/index.php?/evds/serieMarket/collapse_21/6007/DataGroup/turkish/bie_kko2/#collapse_12 adresinden 13 Ekim 2022 tarihinde alınmıştır.
- TÜİK Sanayi Üretim Endeksi, Ekim 2022,
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sanayi-Uretim-Endeksi-Ekim-2022-45740> adresinden 20 Aralık 2022 tarihinde alınmıştır.
- TÜİK Eylül 2022 Ücretli çalışan istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Ucretli-Calisan-Istatistikleri-Eylul-2022-45826> adresinden 20 Aralık 2022 tarihinde alınmıştır.

- Topcu, C. Ve Kılıç, M. (2021). Deri giyim sanayi işletmelerinde üretim planlaması üzerine karabük ilinde bir araştırma. *International Journal of Applied Economic and Finance Studies*, 6(1), s,22-34
- Uddin, M. M., Sakaline, G. ve Khan, M. M. A. (2021). Enhancing OEE as a key metric of TPM approach-a practical analysis in garments industries. *European Journal of Engineering and Technology Research*, 6(2), 142-147. <https://doi.org/10.24018/ejeng.2021.6.2.2376>
- Üçüncü,K. (2020) Makina düzenleme sistem ve teknikleri avesis.ktu.edu.tr › [resume](#) › [downloadfile](#) › [kucuncu](#) adresinden 20 Mayıs 2021 tarihinde alınmıştır.
- Ülgen, O. (1991). Proper management techniques are keys to a successful simulation project. *Industrial Engineering*, 23(8), 37-41.
- Xu, Y., Thomassey, S., Chen, Y. ve Zeng, X. (2017, Ekim). Comprehensive evaluation of garment assembly line with simulation. In *IOP Conference Series: Materials science and engineering*, 254(16), 162013 IOP Publishing. DOI:[10.1088/1757-899X/254/16/162013](https://doi.org/10.1088/1757-899X/254/16/162013)
- Wickramasekara, A. N. ve Perera, H. S. C. (2016). An improved approach to line balancing for garment manufacturing. *Vidyodaya journal of management*, 2(1). <https://vjm.sljol.info/articles/abstract/6/#> adresinden 3 Mart 2020 tarihinde alınmıştır.
- Womack, J.P. ve Jones, D.T. (1998). *Yalın düşünce*. İstanbul: Sistem Yayıncılık.
- Yemane, A., Haque, S. ve Malfanti, S. I. (2017). Optimal layout desing by line balancing using simulation modeling. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bogota Colombia*, 228-245 https://www.researchgate.net/publication/335078941_Optimal_Layout_Design_by_Line_Balancing_Using_Simulation_Modeling_Case_Study_on_MAA_Garmen_t_and_Textile_Factory adresinden 15 Aralık 2020 tarihinde alınmıştır.
- Yavuz, V. A.(2011). Üretim Sistemleri; Editörler: Yılmaz ve Eleren, Üretim Yönetimi, Lisans Yayıncılık
- Yemane, A. (2021). Productivity improvement of BOB t-shirt through line balancing using control limit analysis and discrete event simulation (Case study:-MAA Garment and Textile Factory). *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 14(2), 225-238. DOI: 10.22094/JOIE.2020.561766.1545

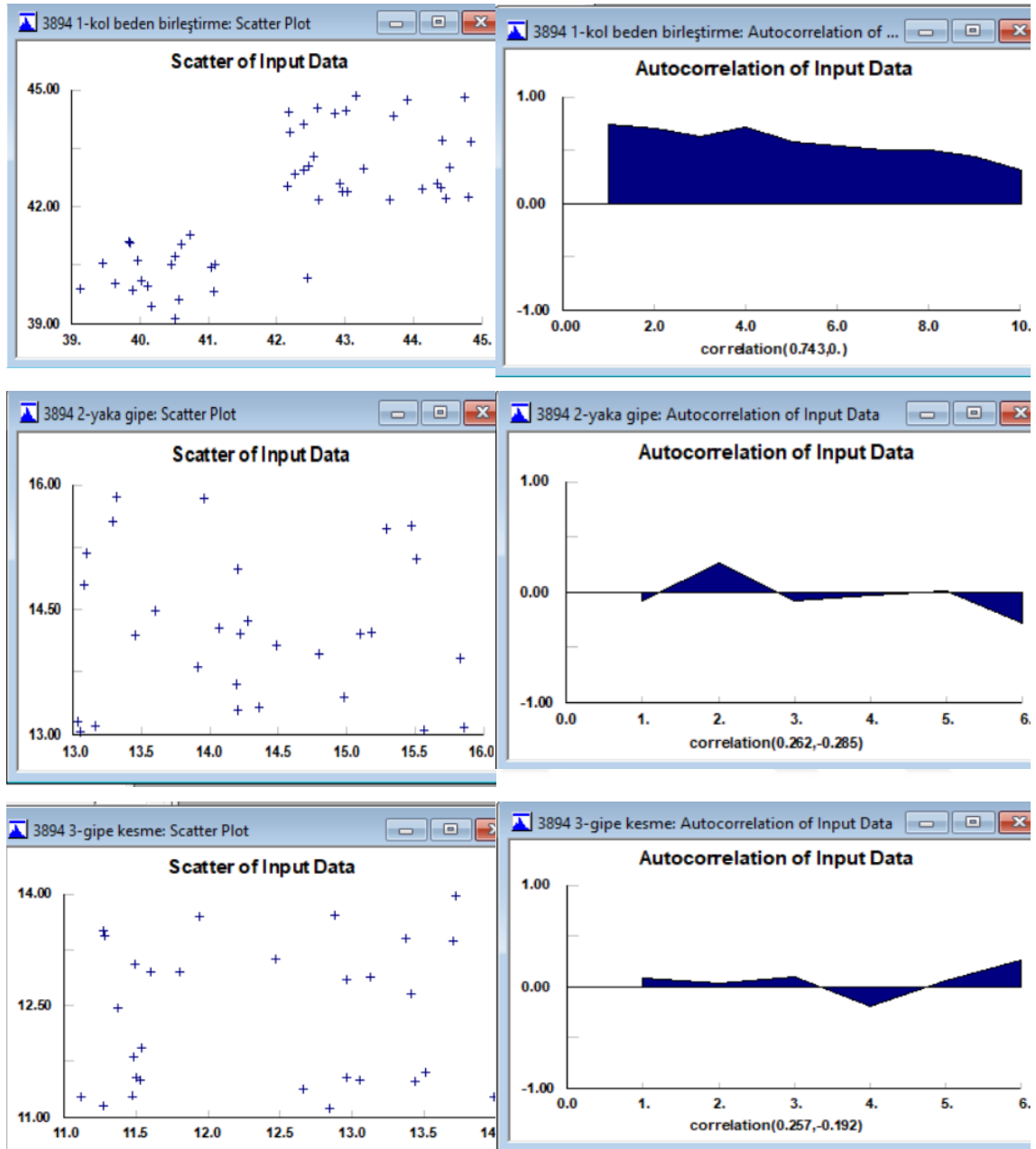
- Yıldırım, H. ve Karaca, E. (2013). Üretim sürecinde istatistiksel proses kontrol (ipk) uygulamaları ve elektronik sektöründe bir inceleme. *Öneri Dergisi*, 10(39), 77-87. <https://dergipark.org.tr/en/pub/maruoneri/issue/17900/187804?publisher=e-dergi-marmara>
- Yıldız, A. (2010). Benzetim Modellemesi İle Üretim Sistemlerinde Süreç Optimizasyonu ve Bir Uygulama Çalışması. [Doktora Tezi], Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İzmir
- Yu, X., Guo, S. ve Huang, X. (2009, Mayıs). Textile enterprise internal process simulation and optimization. In *2009 International Conference on E-Business and Information System Security*, 1-5. DOI: [10.1109/EBISS.2009.5138103](https://doi.org/10.1109/EBISS.2009.5138103)
- Zhou, W., Li, S., Huang, Y. ve Wang, J. (2018). Simulation-based planning of a kind of complex product general assembly line. *Procedia Cirp*, 76, 25-30. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.01.032>
- Zülch, G., Koruca, H. I. Ve Börkircher, M. (2011). Simulation-supported change process for product customization—a case study in a garment company. *Computers in Industry*, 62(6), 568-577. doi:10.1016/j.compind.2011.04.006.
- Zielinski, J. ve Czacherska, M. (2004). Optimization of the work of a sewing team by using computer simulation. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 12(4), 78-8 <http://www.isgebrar.com/ebr/166.pdf> 20.12.2022
- 12 Manage, https://www.12manage.com/%5C/methods_ishikawa_cause_effect_diagram.html adresinden 12 Aralık 2022 tarihinde alınmıştır. <https://datavizcatalogue.com/> adresinden 21.01.2023 tarihinde alınmıştır.

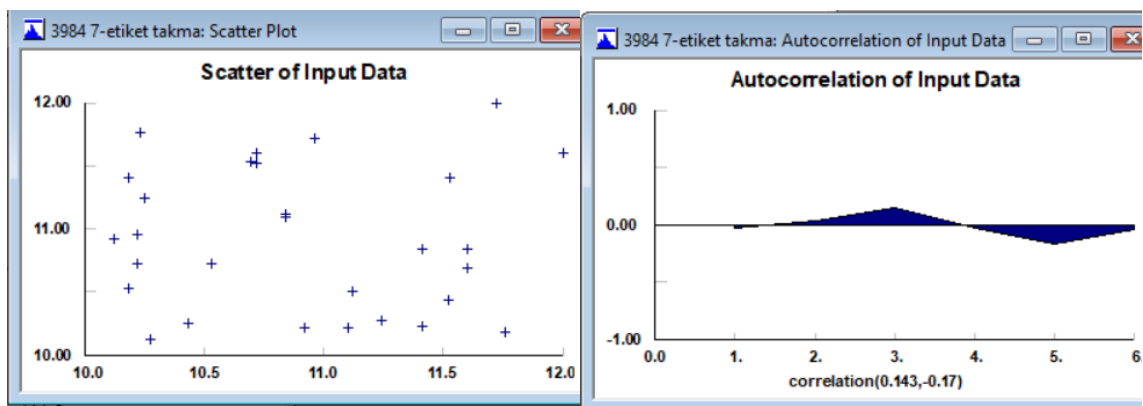
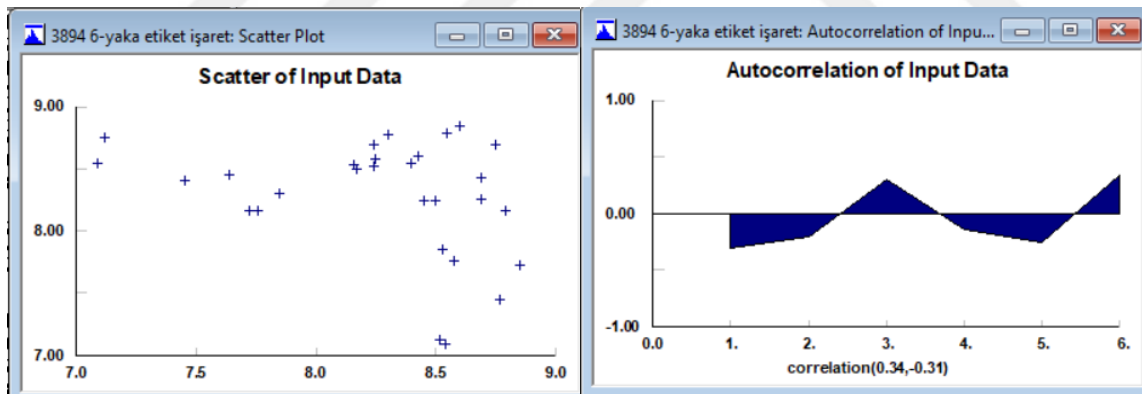
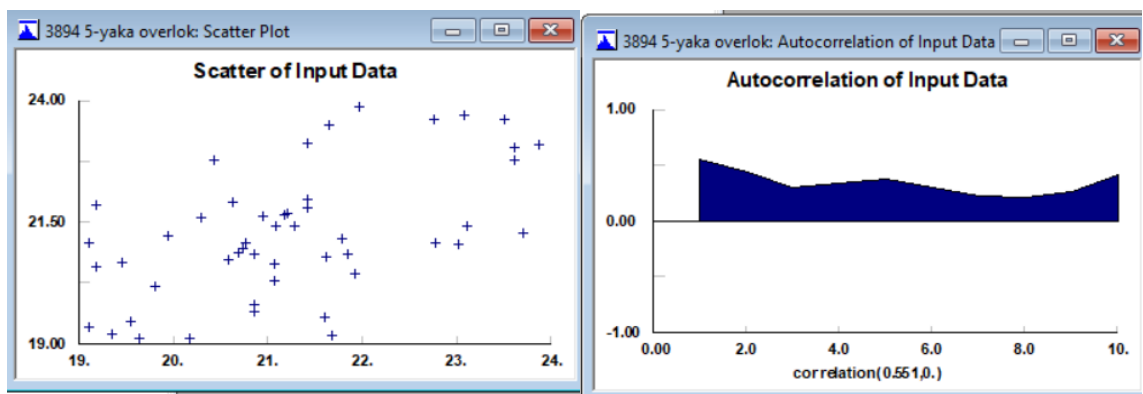
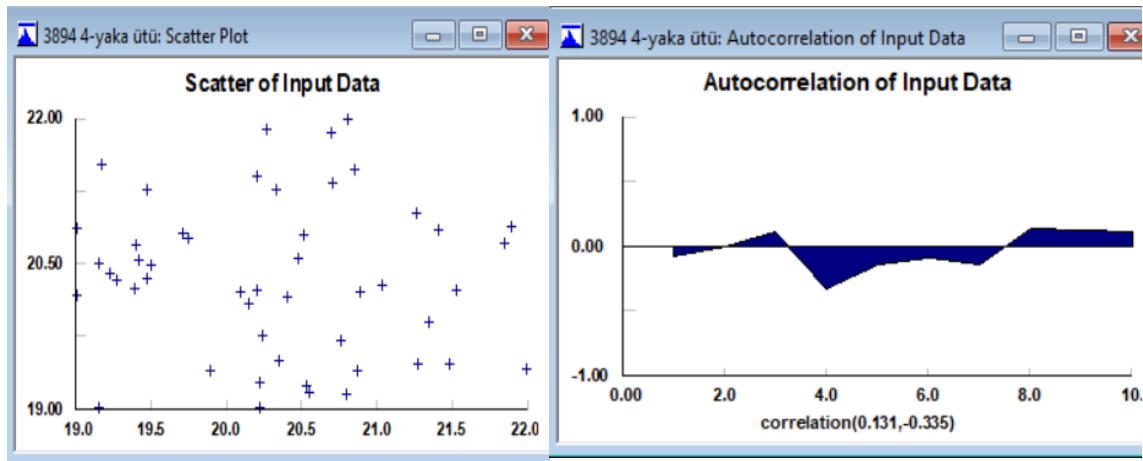
EKLER

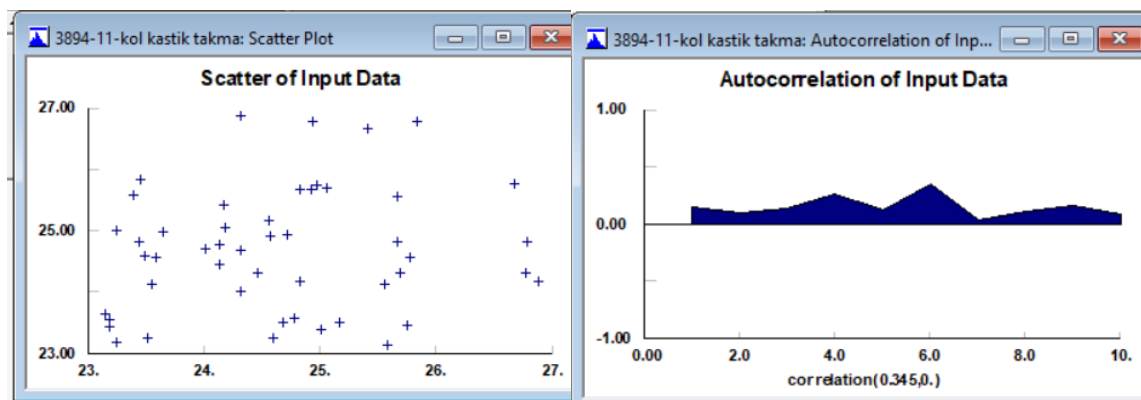
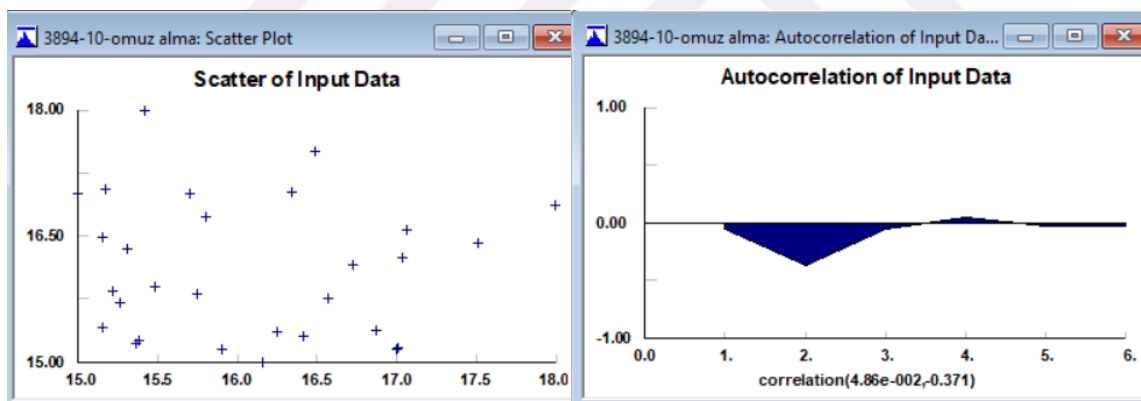
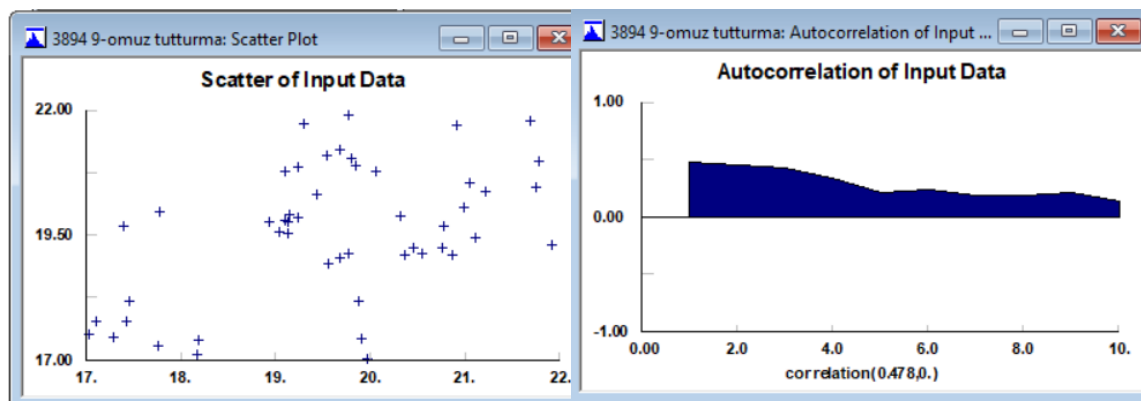
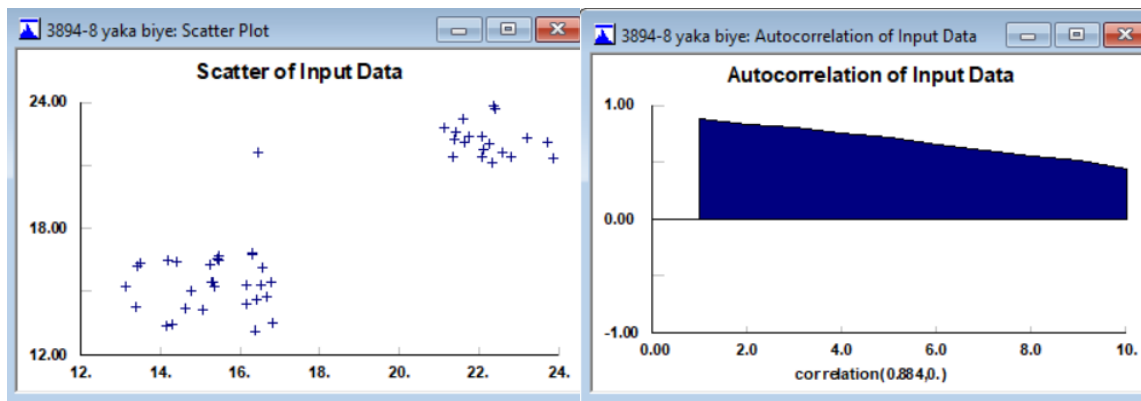
Ek 1 Zaman Etüdü Gözlem Formu

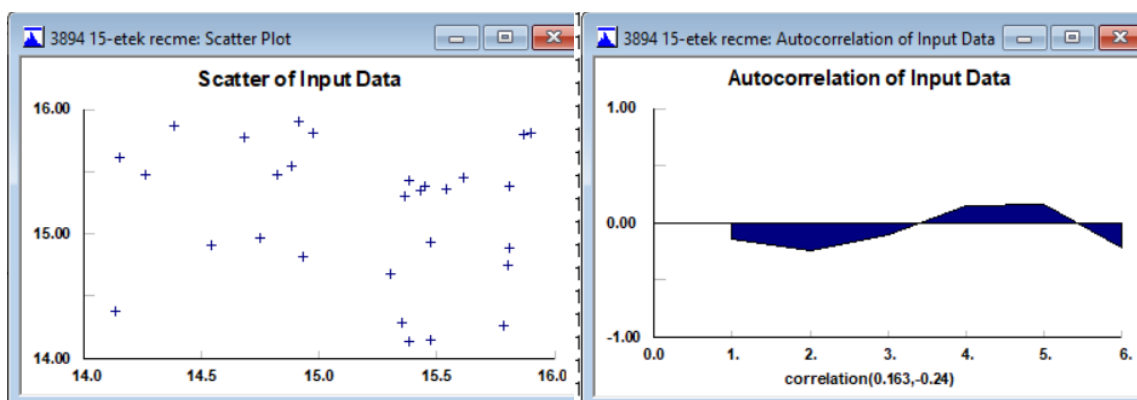
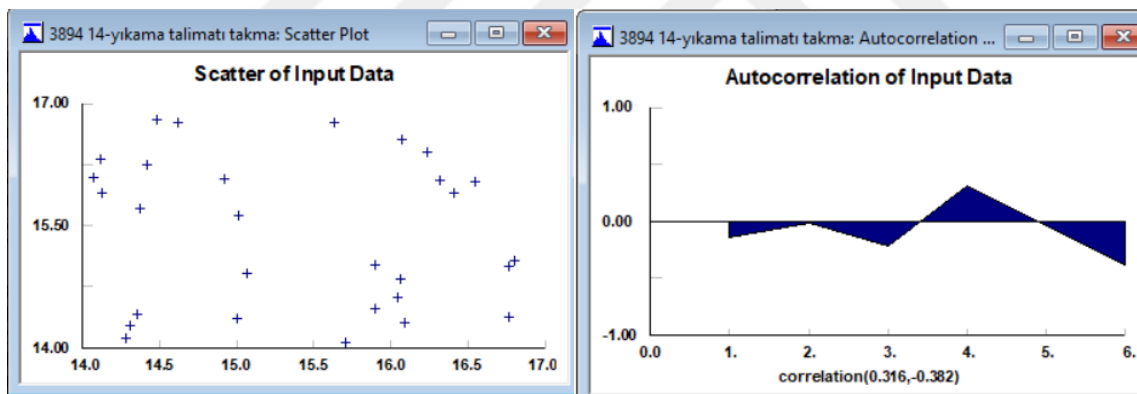
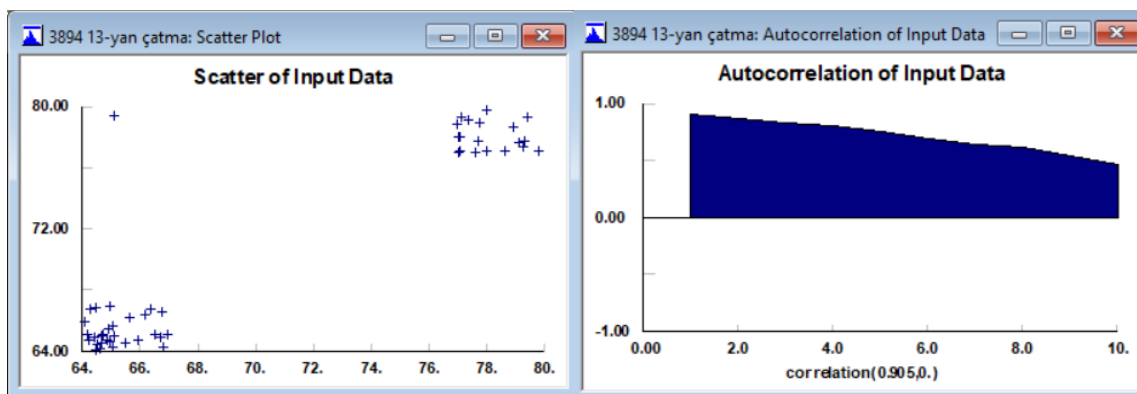
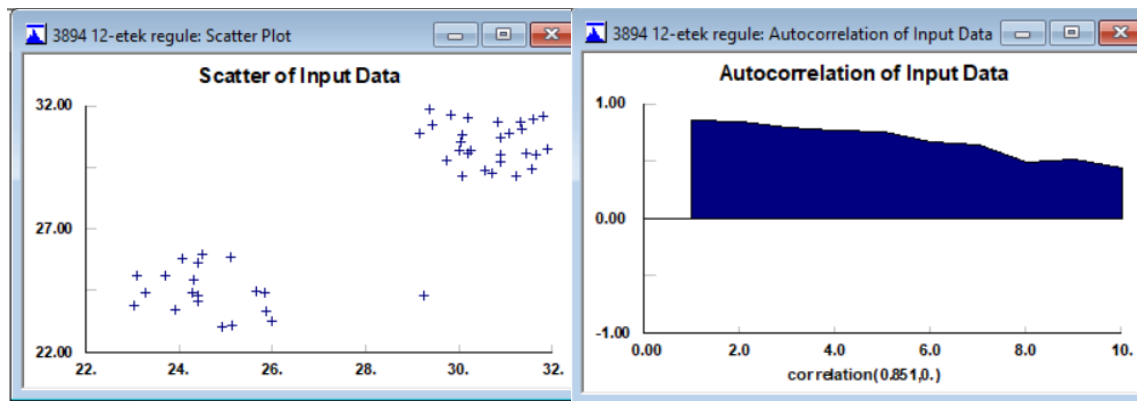
GÖZLEM FORMU																															
ŞEMA NO:		SAYFA NO:																													
Planlanan Üretim Adedi		1980																													
Gerçekleşen Üretim Adedi		1681																													
İS:3984 gözetli süre																															
YÖNTEM: MEVCLUT																															
YER: 1 NOLU BANT																															
TARİH:		01-05-01-2020																													
ÇİZEN:		Yasemin Sağlamcı																													
ONAYLAYAN:		Bengi Dağcı																													
NO	İŞ ELEMANI	ZAMAN																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	KOL BEDEN BİRLEŞTİRME	43,16	44,84	43,66	42,16	42,54	43,27	42,96	42,39	42,93	42,61	42,18	44,43	43,70	44,34	42,60	44,53	43,02	44,48	42,20	43,90	44,74	44,81	42,26	42,85	44,40	42,47	43	42,4	44,1	42,4
2	KOL BEDEN BİRLEŞTİRME	40,16	39,45	40,56	39,63	40,02	40,11	39,97	40,61	41,05	40,45	40,51	39,12	39,89	39,86	41,07	39,83	41,10	40,52	40,73	41,27	40,80	41,31	39,24	40,92	39,40	41,35	41,3	40,5	41,6	41,2
3	KOL BEDEN BİRLEŞTİRME	37,77	38,62	39,29	37,99	39,17	38,33	39,21	37,18	37,69	38,85	37,01	37,80	38,58	38,51	38,05	37,98	37,26	38,22	39,55	38,00	38,82	37,85	37,13	39,61	37,25	37,32	38,3	37,9	37,9	38,3
4	KOL BEDEN BİRLEŞTİRME	54,03	54,87	54,12	52,20	53,45	52,29	54,64	52,37	53,15	53,07	54,92	52,79	52,23	53,41	52,80	52,42	52,02	52,21	53,09	54,24	52,84	52,21	52,67	52,86	53,24	54,45	52,8	53,4	53,1	53,6
5	YAKA GIPE	15,29	15,47	15,51	15,10	14,20	13,29	15,56	13,05	13,03	13,16	13,10	15,18	14,22	14,20	14,98	13,45	14,19	13,60	14,49	14,07	14,28	14,36	13,32	15,86	13,08	14,80	14	15,8	13,9	13,8
6	GIPE KESME	11,47	11,28	13,44	11,48	11,80	12,96	11,53	11,49	13,05	11,50	11,54	11,94	13,70	13,37	13,41	12,66	11,37	12,47	13,13	12,88	13,72	13,98	11,27	13,51	11,60	12,96	12,8	11,1	11,3	11,1
7	YAKA UTU	19,15	20,51	20,80	19,15	19,01	20,87	19,40	20,70	21,85	20,71	21,34	19,89	19,39	20,24	19,75	20,76	19,71	20,81	21,99	19,42	20,53	19,23	20,40	20,15	20,09	20,20	21,4	20,8	21,5	19,5
8	YAKA UTU	20,35	19,50	20,48	20,55	19,17	21,53	20,22	19,27	20,33	21,27	19,47	21,26	21,03	20,27	21,89	20,89	20,20	20,22	19,01	20,18	19,31	21,93	20,96	20,98	20,17	19,32	21,6	19,8	19,1	20,7
9	YAKA OVARLOK	19,94	21,20	21,67	19,17	21,84	20,85	20,85	19,64	19,10	19,35	19,18	20,58	20,73	20,95	21,61	20,77	21,07	20,29	21,60	19,55	19,45	20,68	20,86	19,80	20,17	19,10	21,1	20,6	21,9	20,4
10	YAKA OVARLOK	22,76	23,61	22,77	21,08	21,42	21,96	23,87	23,08	23,70	21,28	21,41	23,11	21,41	21,78	21,17	21,65	23,50	23,60	23,02	21,05	23,81	23,10	23,02	21,22	21,68	22,65	22,4	23,7	21,1	21,9
11	YAKA ETİKET İŞARET	7,64	8,45	8,24	8,52	7,12	8,75	8,69	8,43	8,60	8,85	7,72	8,17	8,50	8,24	8,69	8,25	8,58	7,76	8,16	8,53	7,85	8,30	8,77	7,45	8,40	8,54	7,09	8,55	8,79	8,16
12	ETİKET TAKMA	10,18	11,41	10,84	11,10	10,22	10,72	11,52	10,43	10,25	11,24	10,27	10,12	10,92	10,22	10,96	11,72	12,00	11,60	10,69	11,53	11,41	10,23	11,76	10,18	10,53	10,72	11,6	10,8	11,1	10,5
13	YAKA BIYE	16,37	13,12	15,25	16,29	16,83	13,49	16,32	16,76	15,45	16,67	14,76	15,06	14,16	13,57	14,30	13,43	16,17	15,33	15,42	16,57	16,14	14,41	16,41	14,62	14,20	16,51	15,3	15,3	15,5	16,5
14	YAKA BIYE	21,59	23,22	22,33	21,13	22,80	21,38	22,25	22,06	22,41	23,72	22,09	21,75	22,35	23,86	21,34	21,42	22,60	21,63	22,07	21,42	23,58	21,47	22,12	22,19	22,90	21,87	23,1	22,1	22,2	21,8
15	OMUZ TUTTURMA	19,13	19,77	21,91	19,29	21,74	20,45	19,23	19,84	20,90	21,69	21,78	20,98	20,06	20,76	19,23	20,87	19,10	20,77	19,67	21,22	20,36	19,10	19,80	21,04	20,55	19,13	19,5	21,1	19,4	20,3
16	OMUZ TUTTURMA	19,88	18,17	17,11	17,76	17,29	17,45	18,18	17,40	19,68	19,03	19,55	18,93	19,76	19,14	19,90	17,42	17,77	19,97	17,02	17,51	19,39	19,50	18,33	17,90	17,26	17,09	18,5	19,8	18,1	17,1
17	OMUZ ALMA	15,48	15,90	15,15	15,42	17,99	16,87	15,38	15,26	15,70	17,01	15,17	17,06	16,57	15,75	15,80	16,72	16,16	15,00	17,00	15,15	16,49	17,51	16,41	15,31	16,34	17,03	16,3	15,4	15,2	15,8
18	KOL LASTİK TAKMA	23,18	23,44	24,82	25,67	25,55	24,13	24,78	23,58	24,56	25,16	23,51	23,24	23,18	23,54	24,13	24,46	24,31	24,68	23,49	24,59	23,24	25,01	23,39	25,58	23,14	23,64	25	25,7	23,4	25,8
19	KOL LASTİK TAKMA	26,77	24,31	24,01	24,71	24,93	26,78	24,82	24,18	25,06	25,69	24,31	26,88	24,17	25,41	26,67	25,77	24,57	24,92	25,66	24,82	25,63	25,18	24,99	26,30	25,65	24,42	25,9	25,1	26,9	24,2
20	ETEK REGULE	31,79	31,59	31,43	30,06	30,83	31,32	31,33	31,08	30,89	30,01	30,19	31,54	29,43	31,22	29,16	30,89	29,74	29,80	31,65	30,03	30,56	29,35	31,89	30,23	30,18	30,05	29,2	30,9	30,7	29,2
21	ETEK REGULE	24,28	24,41	25,64	24,49	25,98	23,26	24,41	24,05	25,82	24,41	24,30	24,91	23,04	23,91	23,70	25,13	23,09	25,10	25,87	23,66	23,27	23,84	23,49	25,87	25,72	24,07	23,6	23,1	24,8	25,3
22	YAN ÇATMA	64,48	64,09	65,95	64,66	64,50	64,43	64,87	64,71	65,10	64,97	64,64	64,16	65,08	64,28	66,71	64,92	65,50	64,49	66,83	64,22	64,67	64,96	66,95	65,07	65,64	66,17	66,3	66,8	66,5	65,1
23	YAN ÇATMA	79,42	79,35	77,74	77,76	78,96	78,66	77,11	77,10	78,00	79,80	77,13	79,28	77,37	79,15	77,65	77,04	78,01	77,06	77,01	78,83	77,81	77,30	79,85	77,29	79,26	78,04	78,1	79,7	80	79,9
24	YAN ÇATMA	76,68	74,05	74,02	76,27	76,90	76,25	75,81	76,59	76,56	75,70	76,32	74,55	75,44	75,17	74,19	76,72	75,03	74,57	76,65	75,87	74,38	75,11	76,17	74,03	76,45	75,45	76	74	75	74,1
25	YAN ÇATMA	65,32	67,35	67,78	65,77	66,23	66,33	66,37	66,06	66,66	66,11	67,69	66,44	67,65	65,12	66,61	65,87	66,22	66,16	66,04	67,50	66,19	67,41	67,08	67,14	67,57	66,76	67	67,6	65,8	67
26	YAN ÇATMA	59,63	59,15	61,23	61,56	60,47	59,09	60,80	60,15	60,17	61,77	60,77	61,45	61,16	60,17	60,32	61,18	59,76	61,47	60,19	60,98	60,87	61,33	60,69	59,51	60,02	59,88	59,9	59,2	61,8	60,3
27	YIĞKAMA TALIMATI TAKMA	14,13	15,90	14,48	16,80	15,07	14,92	16,07	16,55	16,04	14,62	16,77	15,00	14,35	14,42	16,24	16,41	15,90	15,01	15,63	16,77	14,37	15,71	14,07	16,09	14,31	14,28	14,1	16,3	16,1	14,8
28	ETEK RECME	14,54	14,91	15,90	15,81	14,88	15,54	15,36	15,30	14,68	15,78	14,26	15,47	14,93	14,82	15,47	14,15	15,61	15,45	15,38	14,13	14,38	15,87	15,80	14,75	14,97	15,81	15,4	15,4	15,3	14,3
29	ASKI TAKMA	12,56	12,91	13,93	13,52	13,07	12,19	12,81	13,13	12,42	12,04	13,01	12,44	13,59	13,09	12,89	13,02	12,63	12,46	13,73	13,84	13,97	12,81	12,30	13,52	13,55	12,10	12,5	13,1	12,6	13,2
30	YAKA ZIKZAK	15,70	13,71	14,18	14,34	14,55	14,33	14,58	13,78	15,40	14,07	13,45	13,48	13,84	14,37	15,78	13,24	13,15	14,18	13,90	15,74	14,23	14,96	13,21	13,66	13,52	14,21	15,7	14	15,3	15,1
31	KOL DÖNME	24,64	26,96	24,55	24,06	25,62	24,06	24,90	26,46	26,20	26,70	25,47	24,61	25,93	26,20	26,80	26,36	26,50	25,79	25,61	26,50	25,68	24,24	24,06	25,63	24,98	25,36	26,9	25,2	24,1	25,7
32	KOL DÖNME	28,15	27,17	27,02	28,27	28,86	27,28	29,77	29,99	28,51	29,37	28,79	27,91	28,51	28,36	29,51	29,11	27,97	29,66	28,12	29,31	27,18	27,96	28,64	29,15	29,49	27,52	27,9	27,9	29,2	27,9
33	METO ALMA	12,29	13,83	11,31	13,96	11,07	12,09	13,46	11,05	11,80	13,85	12,91	12,29	11,11	13,84	11,21	13,60	12,99	13,77	12,45	12,36	13,80	12,41	13,13	11,68	13,15	13,84	11,7	12	12,6	11,5
34	TEMİZLEME	13,12	15,47	15,27	14,72	14,87	13,02	13,38	14,98	15,28	15,59	14,32	14,34	13,43	14,39	15,34	13,02	13,85	14,69	14,59	13,37	15,49	14,42	13,99	15,41	13,09	15,49	14,7	15,3	14,5	14,2
35	TEMİZLEME	14,92	13,34	15,41	14,46	13,11	15,99	14,75	15,22	15,90	14,78	13,88	13,78	15,72	15,33	15,81	15,58	13,57	15,27	13,49	14,92	15,89	13,31	15,98	14,00	14,05	15,32	14,4	15,2	15,3	16

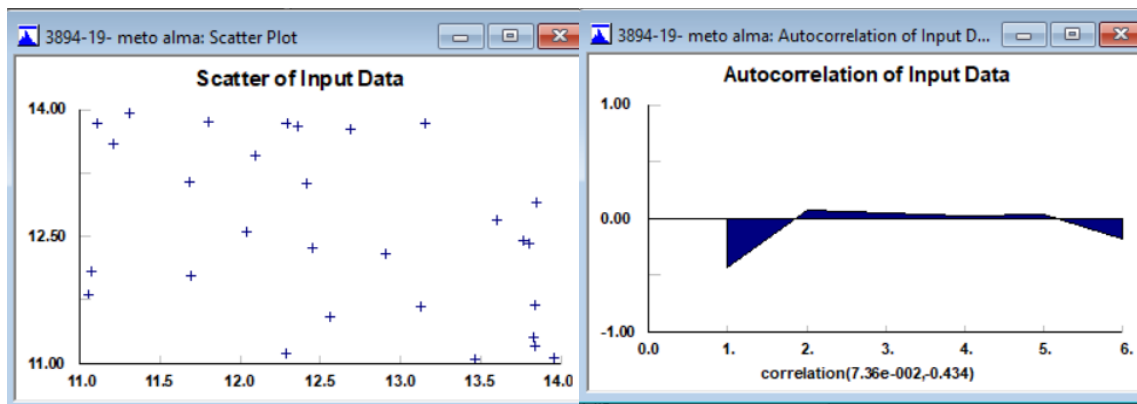
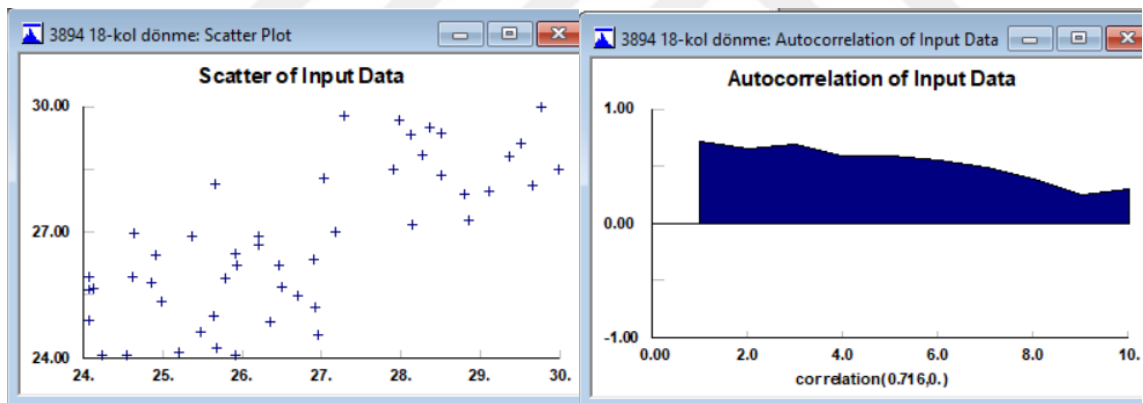
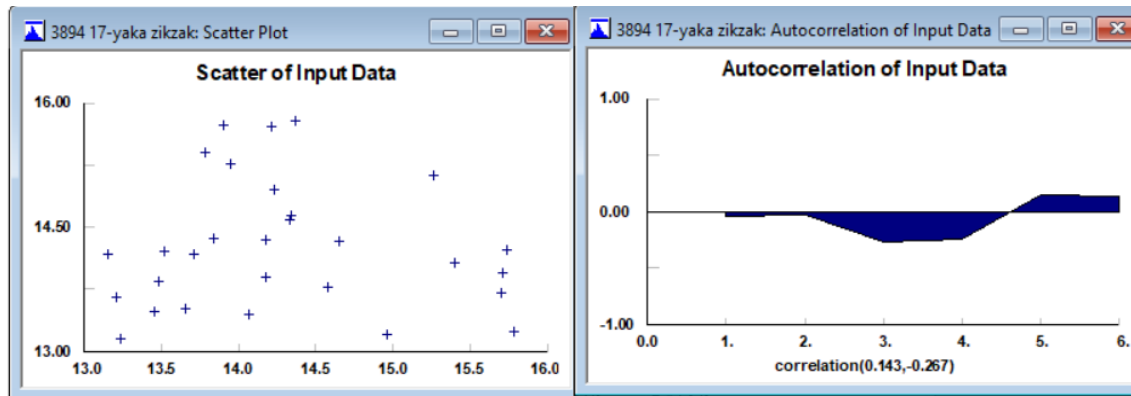
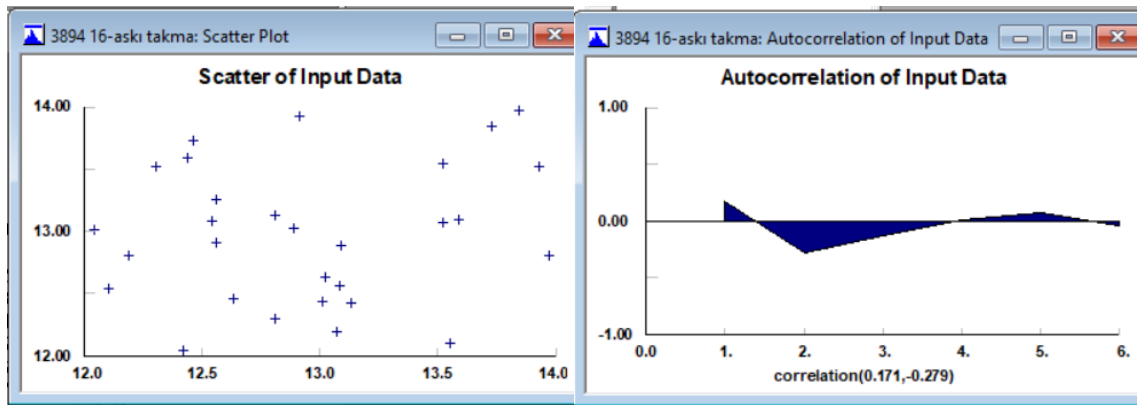
Ek 2 Bağımsızlık Testleri Sonuçları

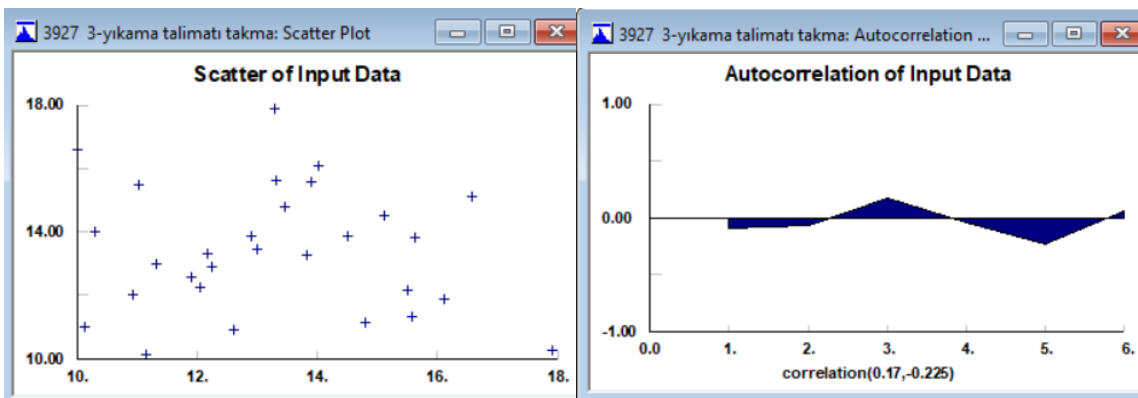
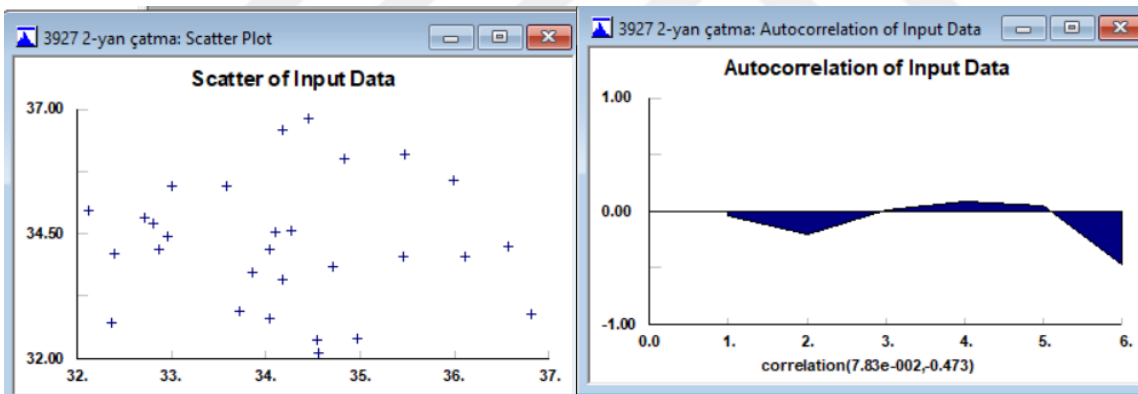
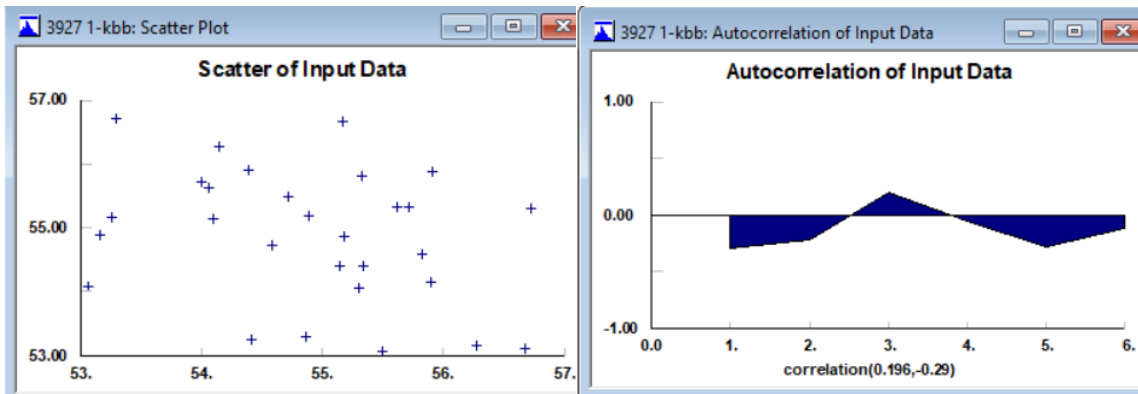
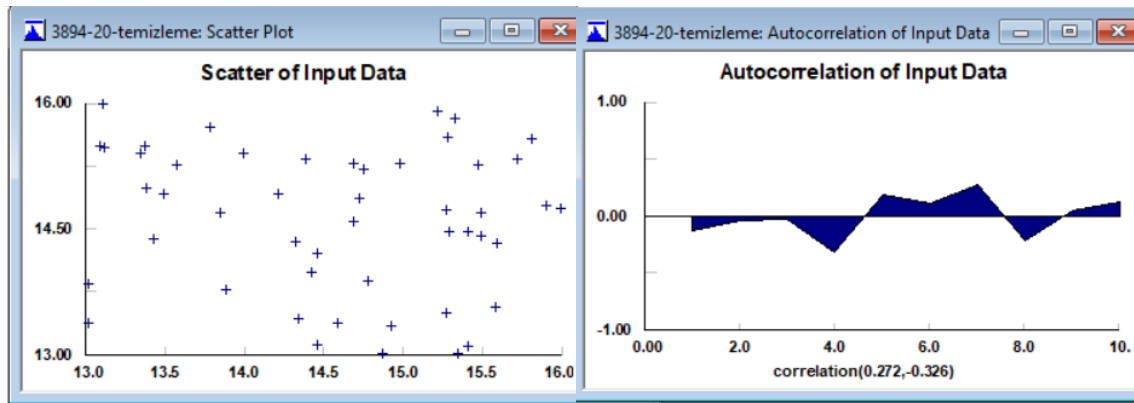


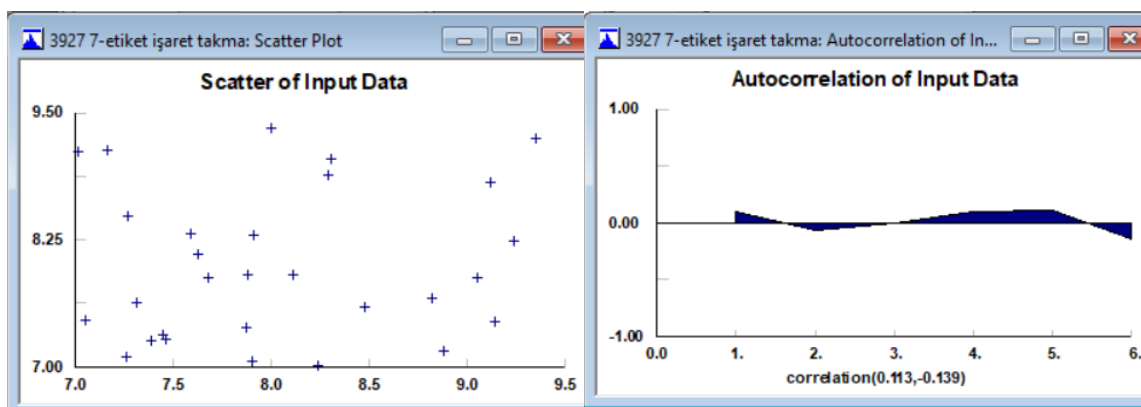
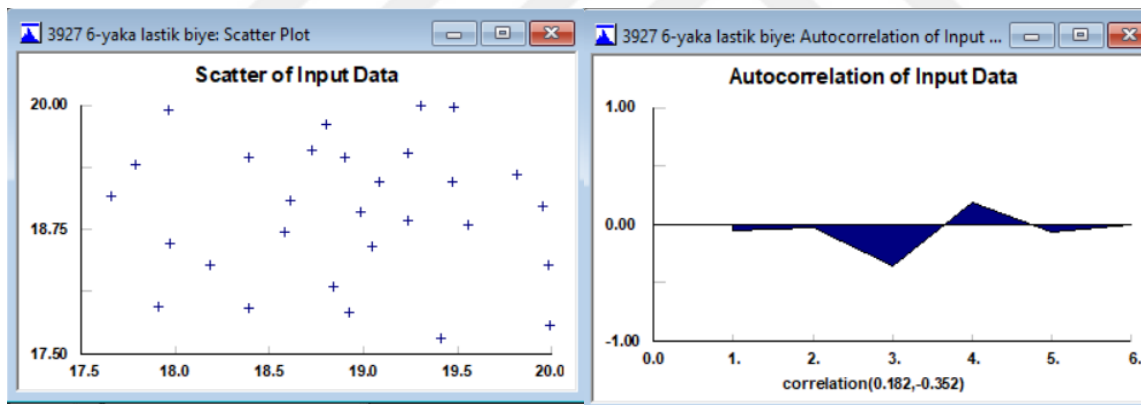
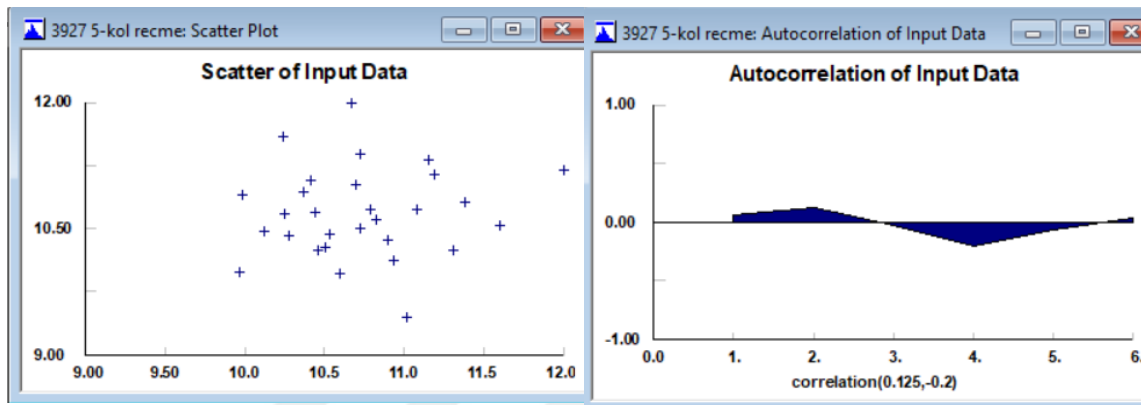
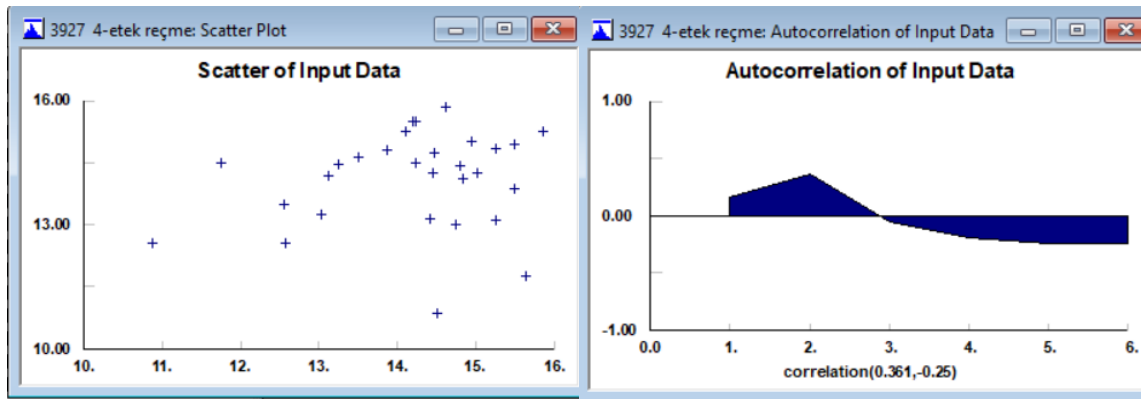


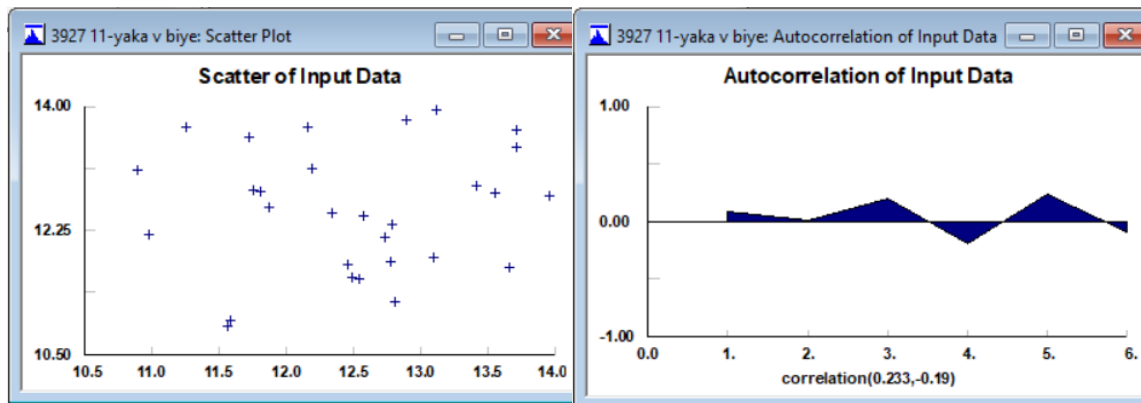
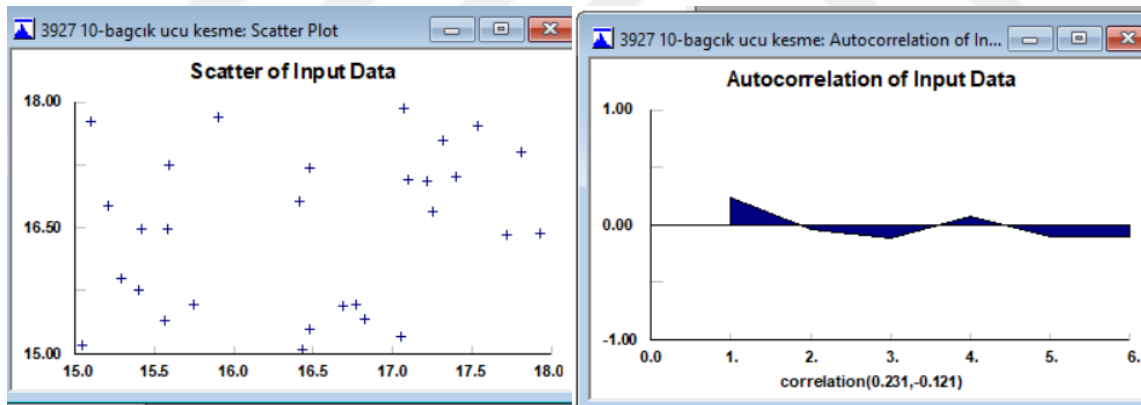
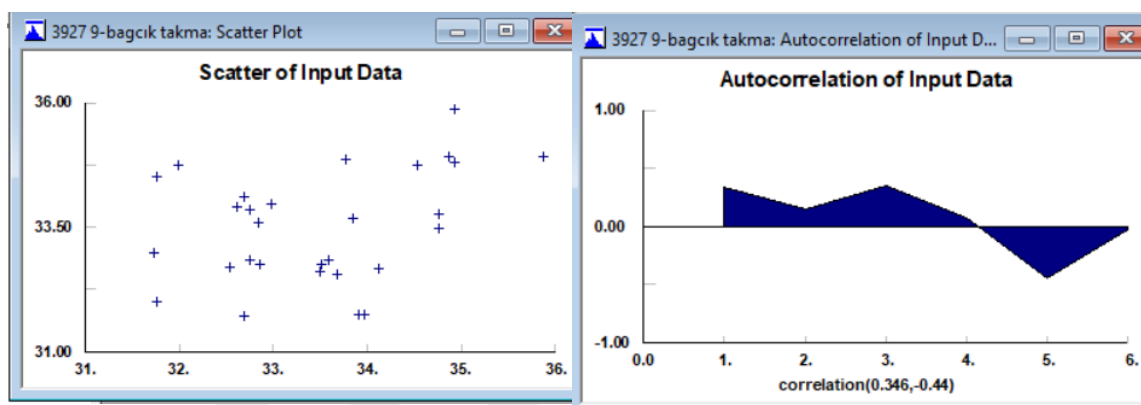
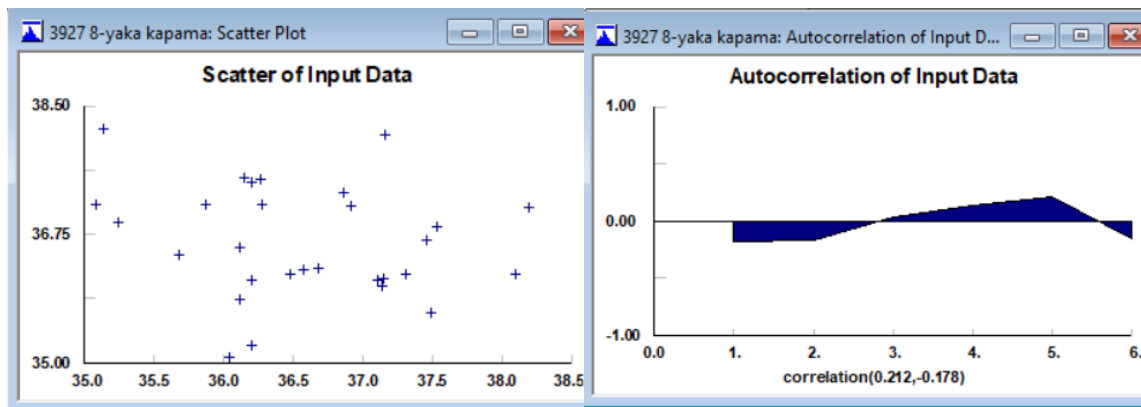


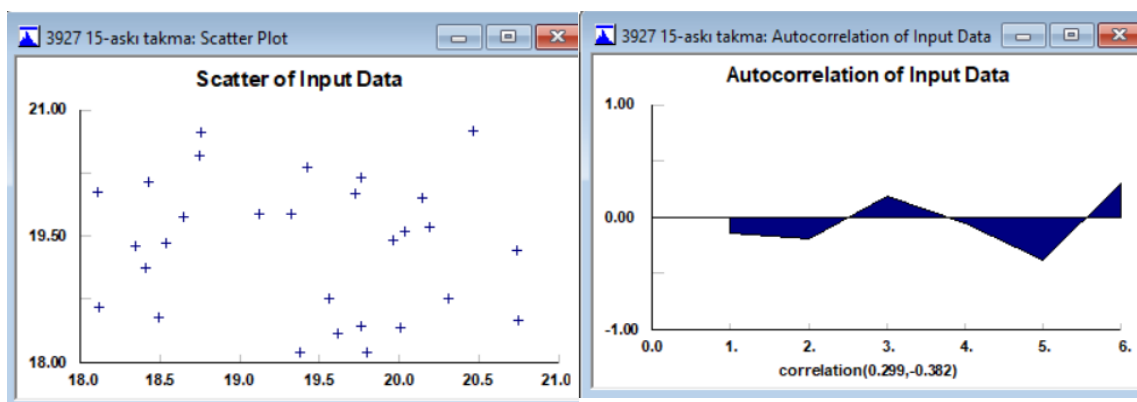
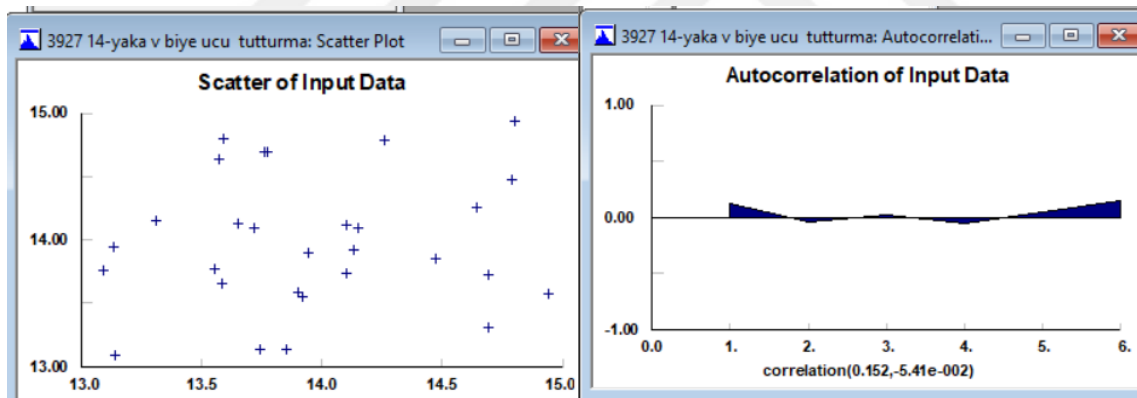
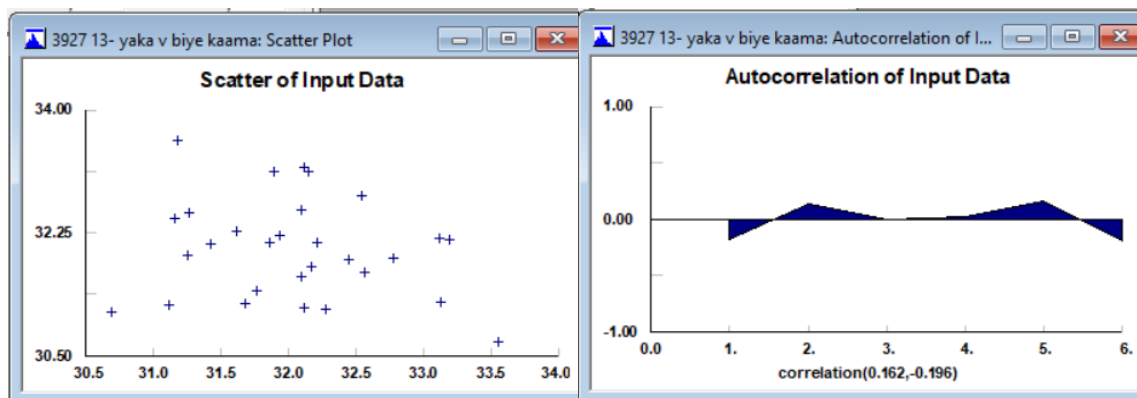
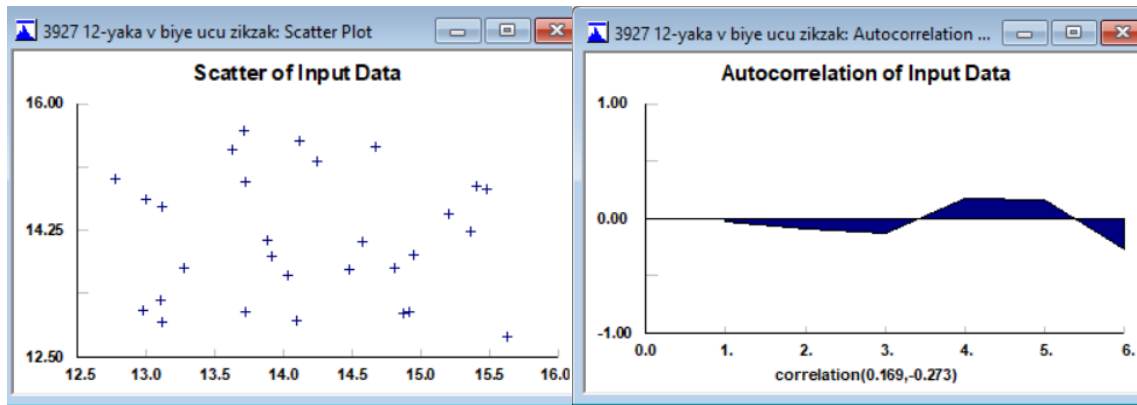


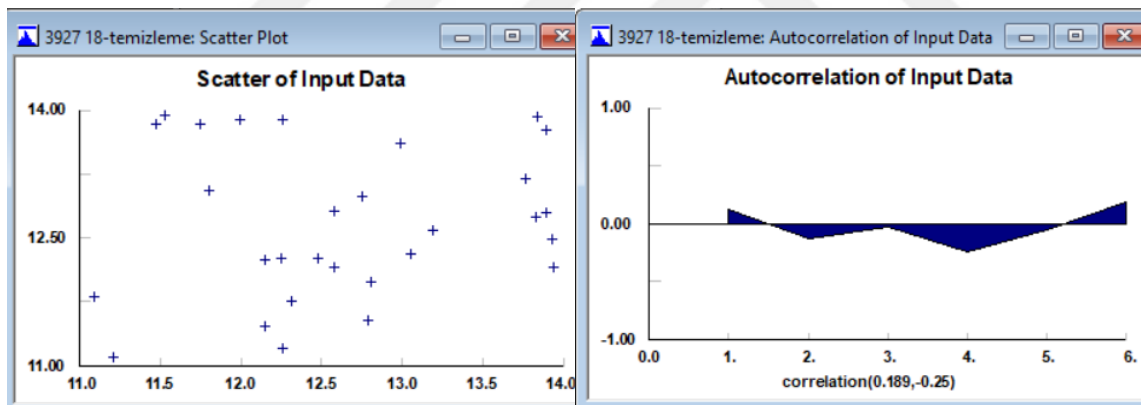
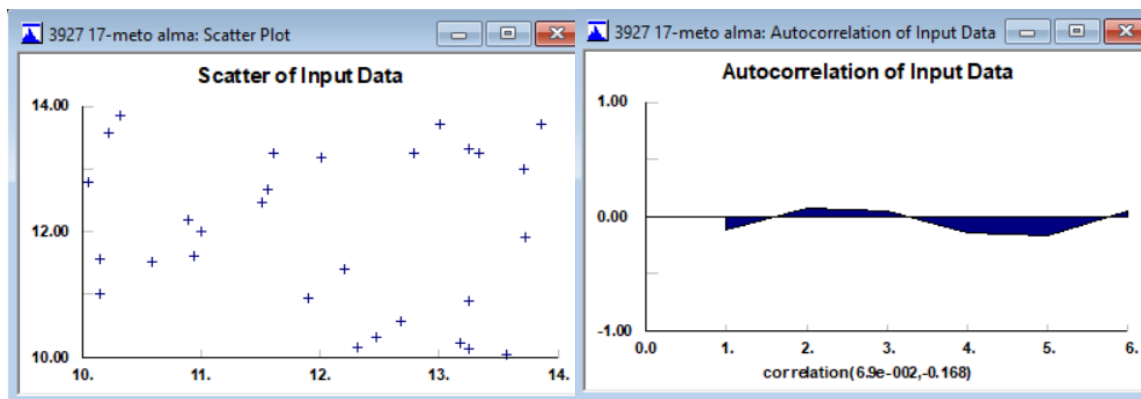
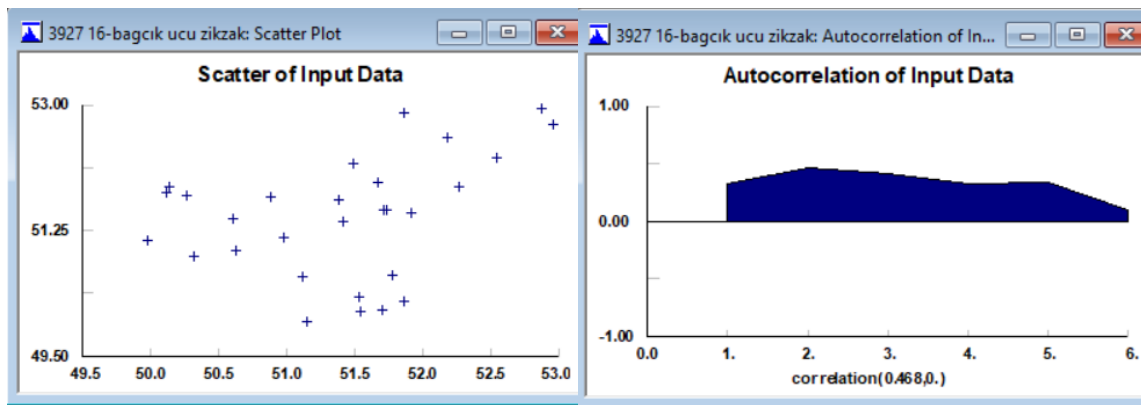


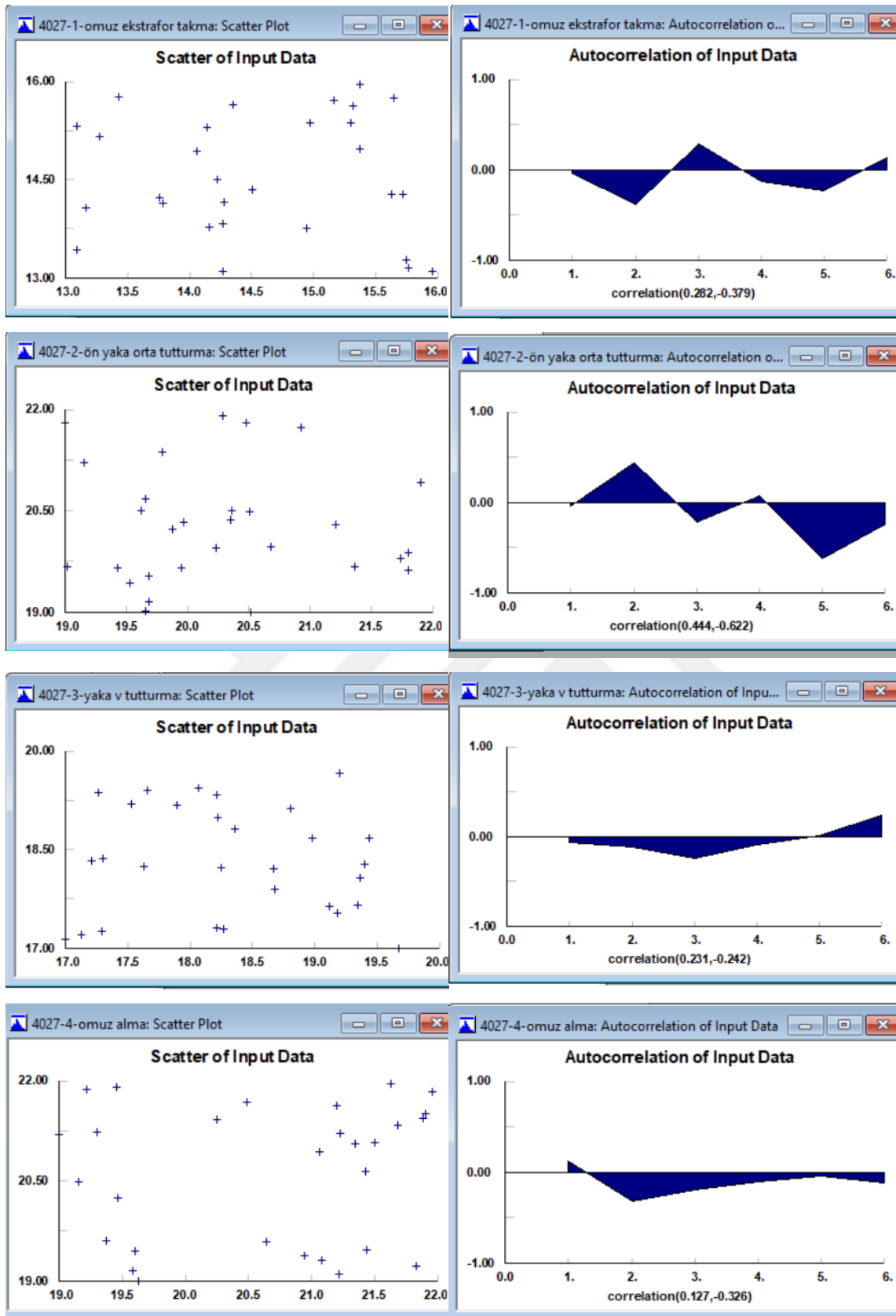


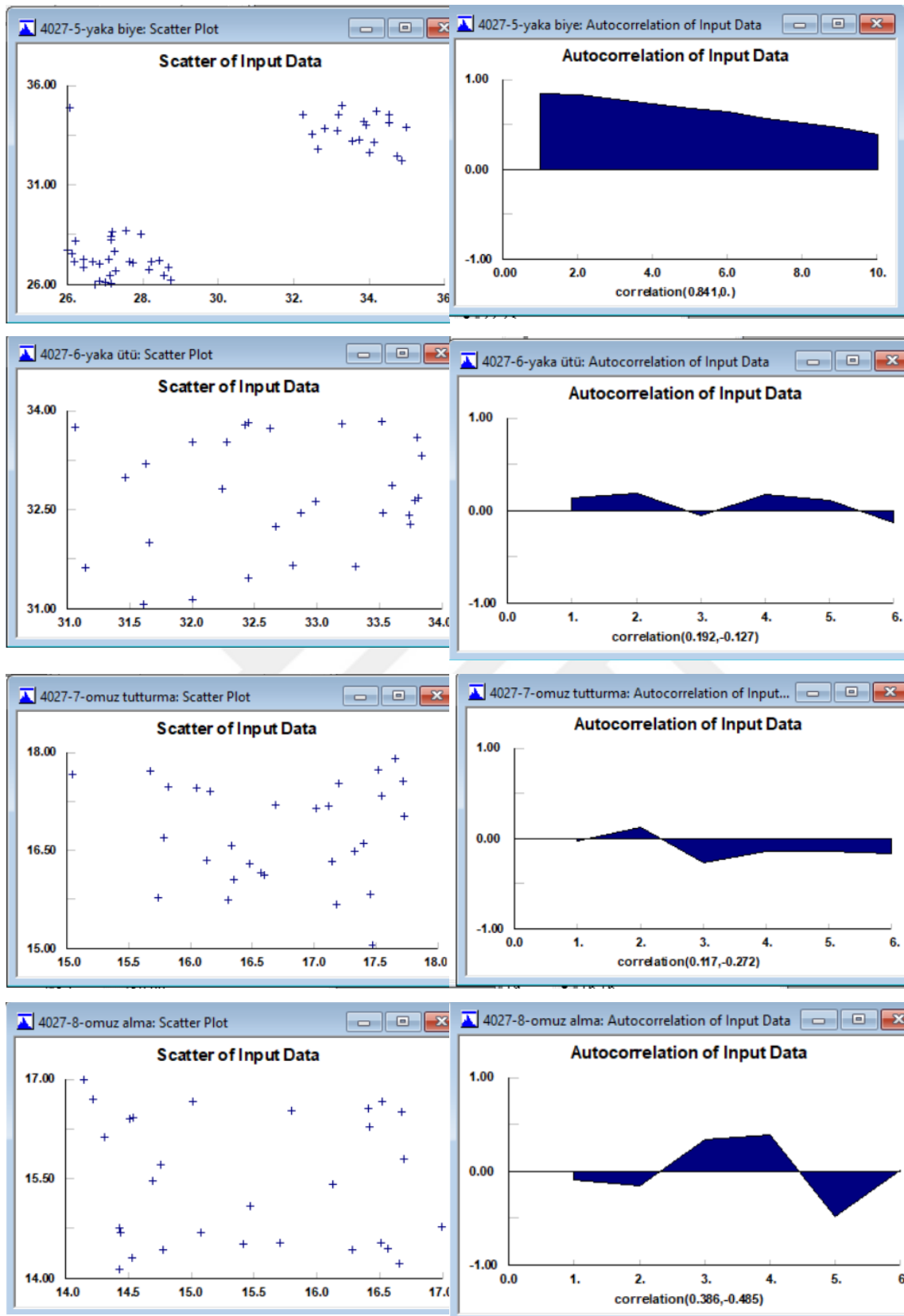


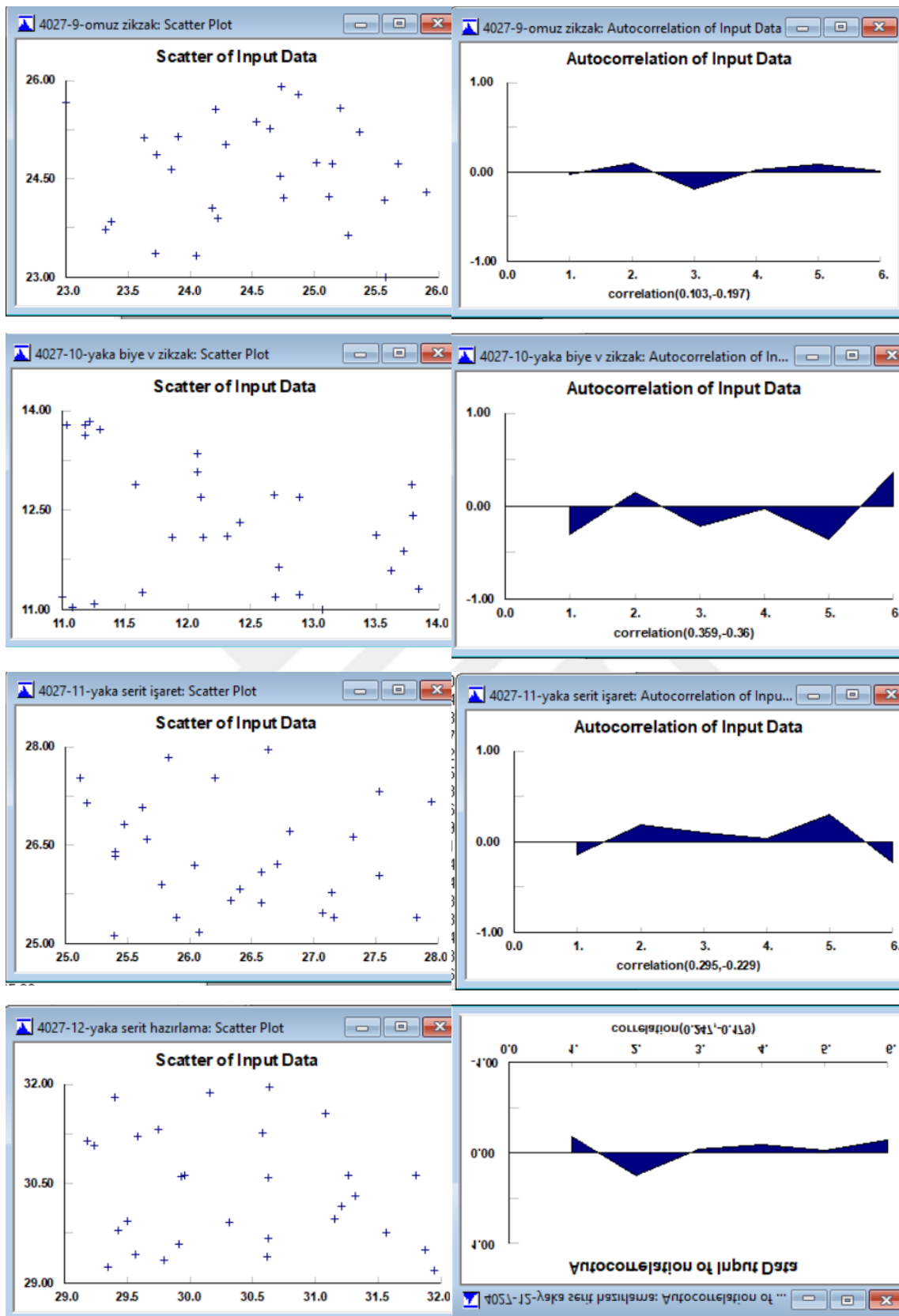


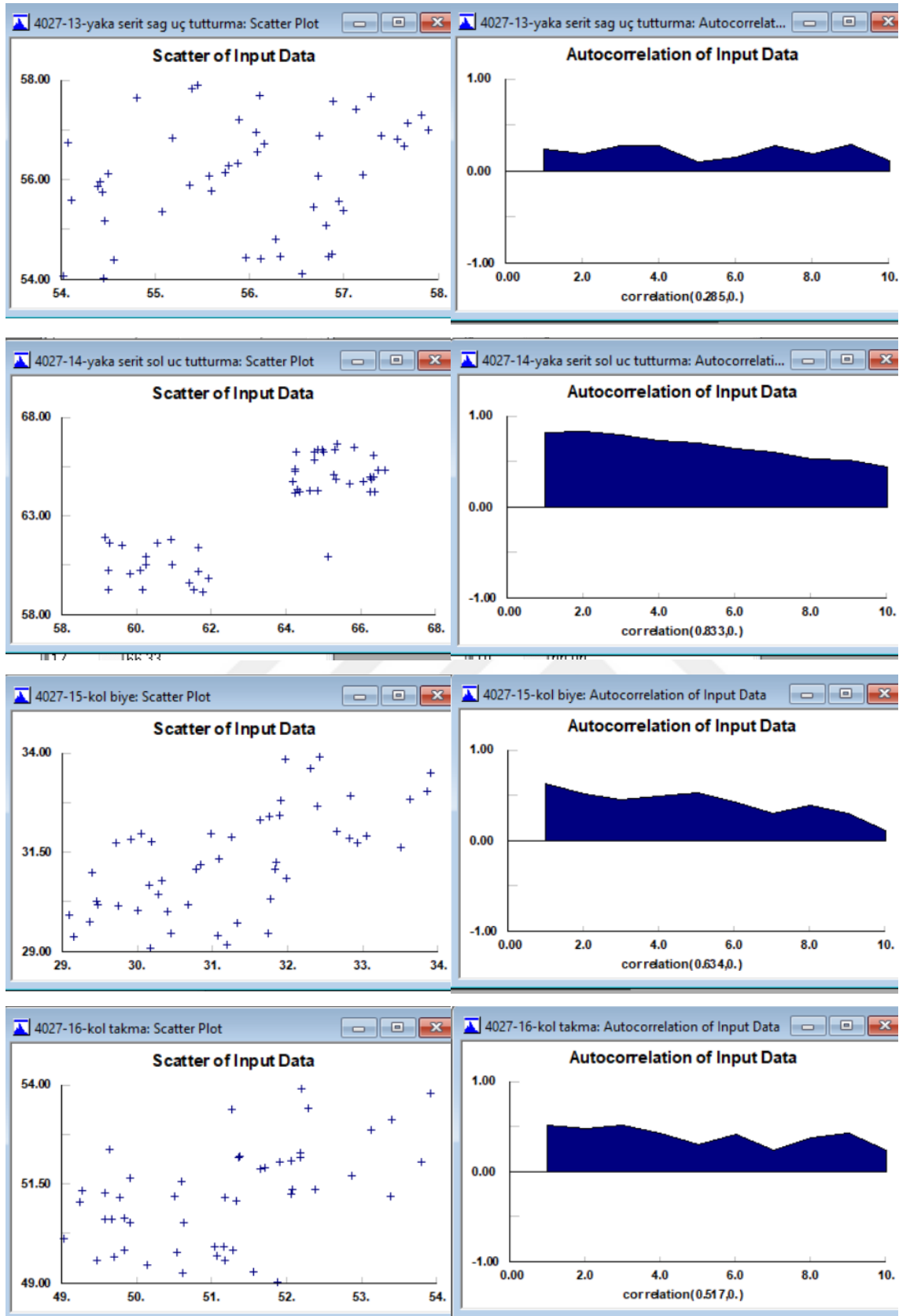


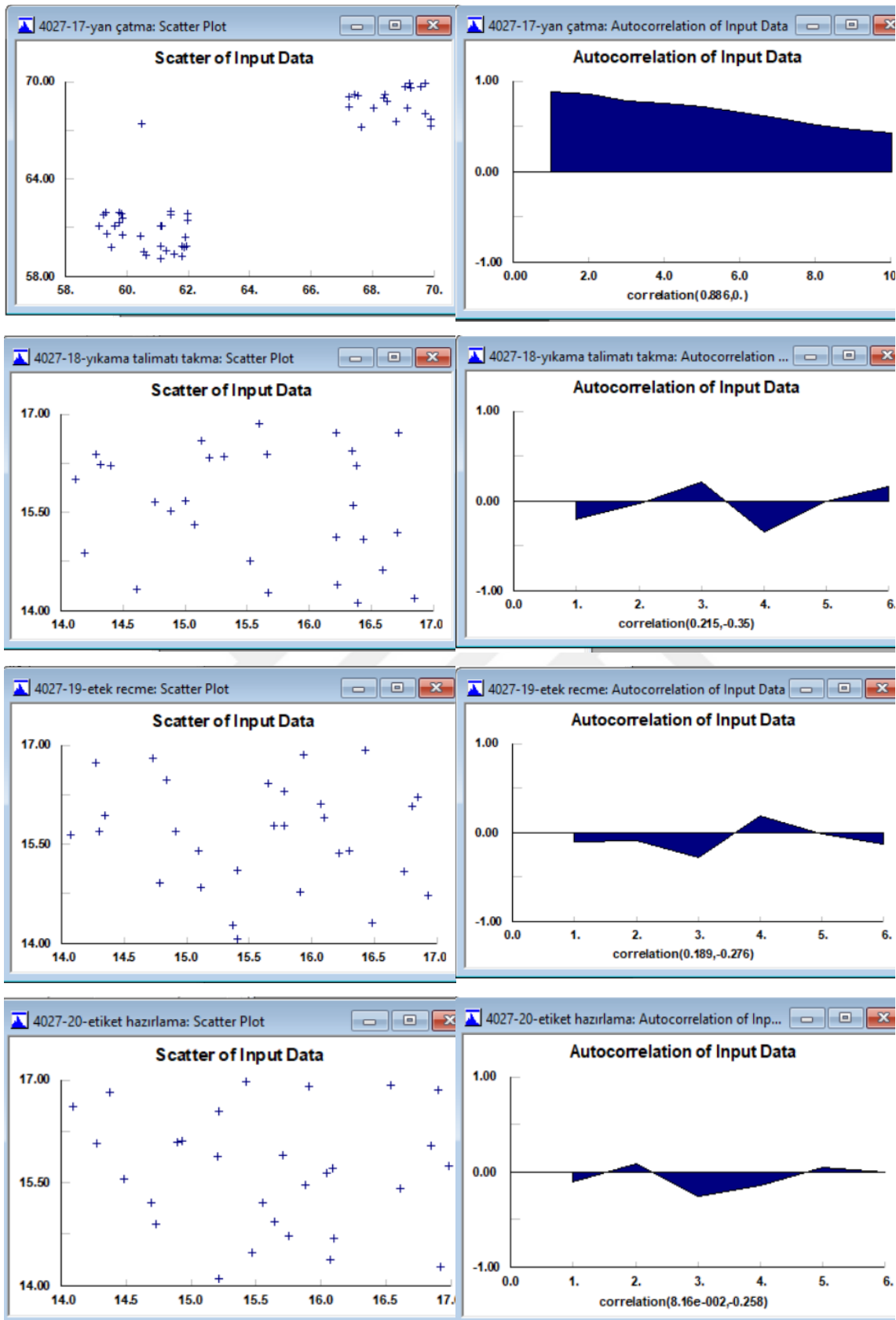


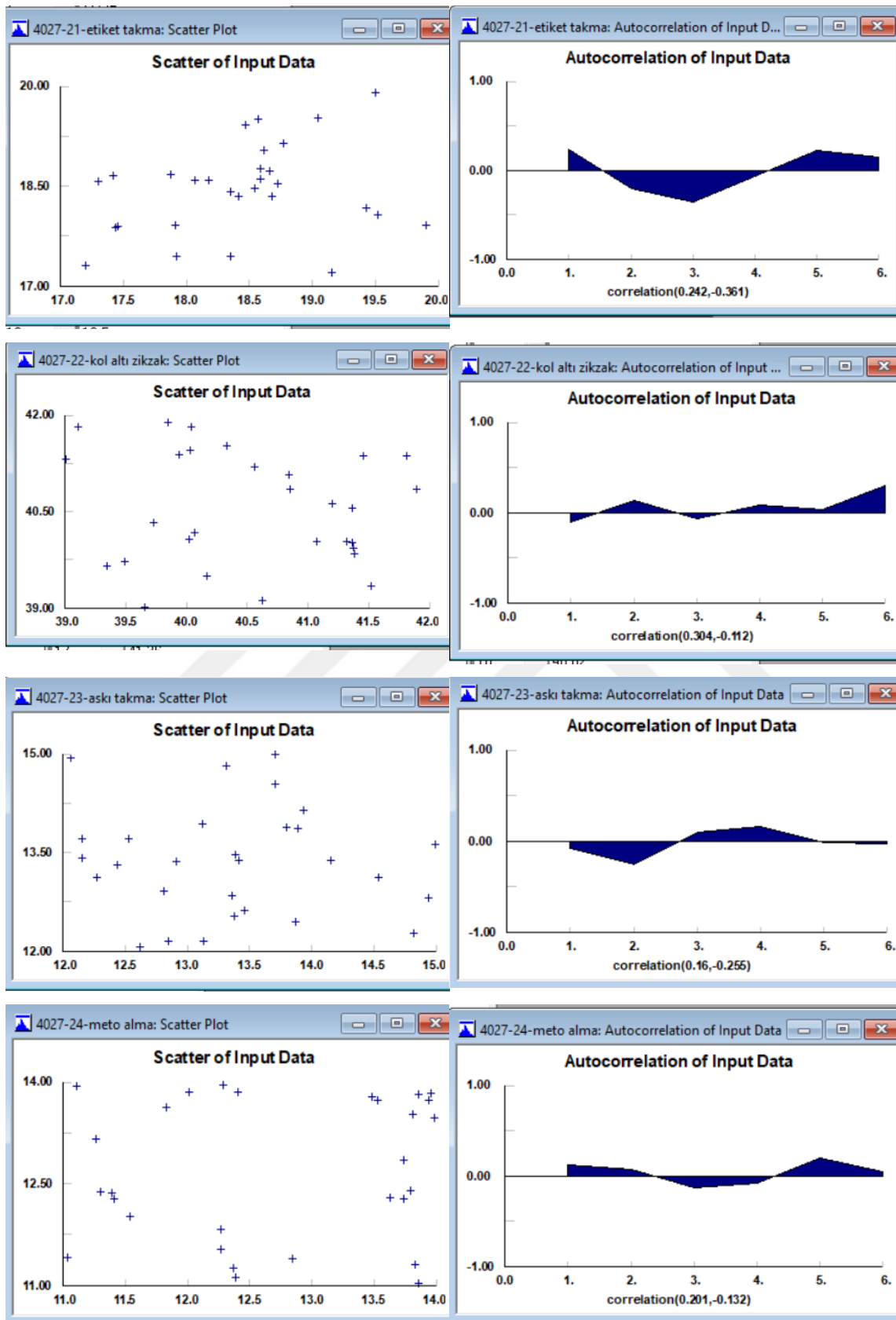


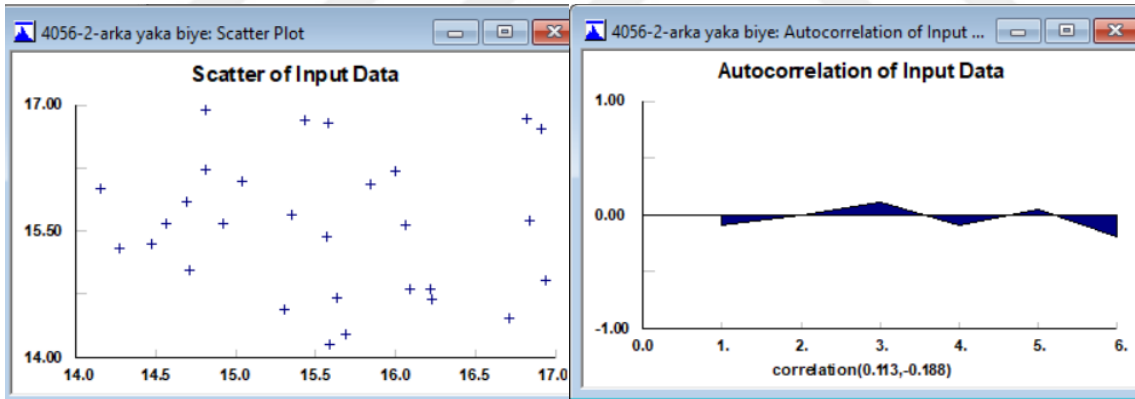
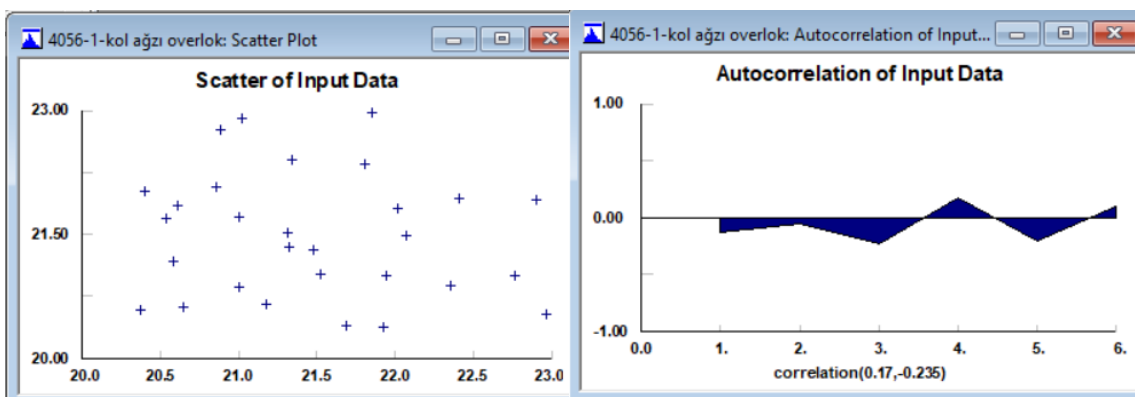
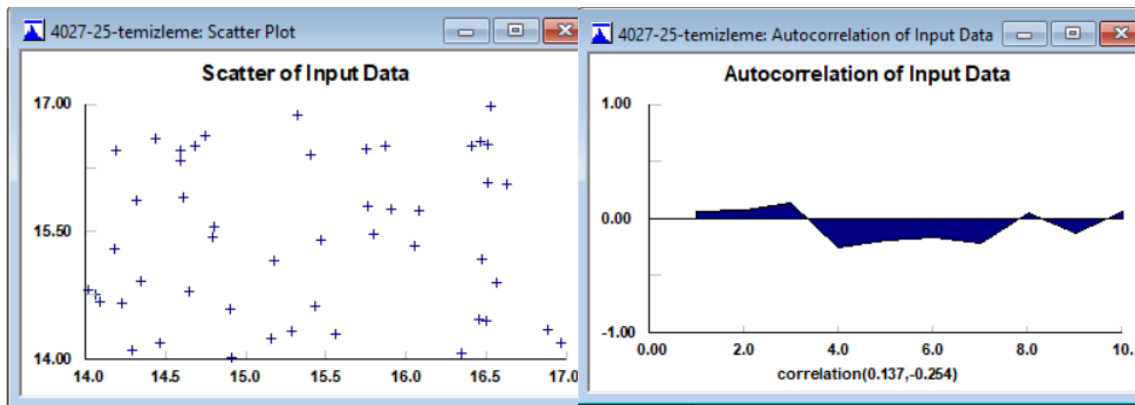


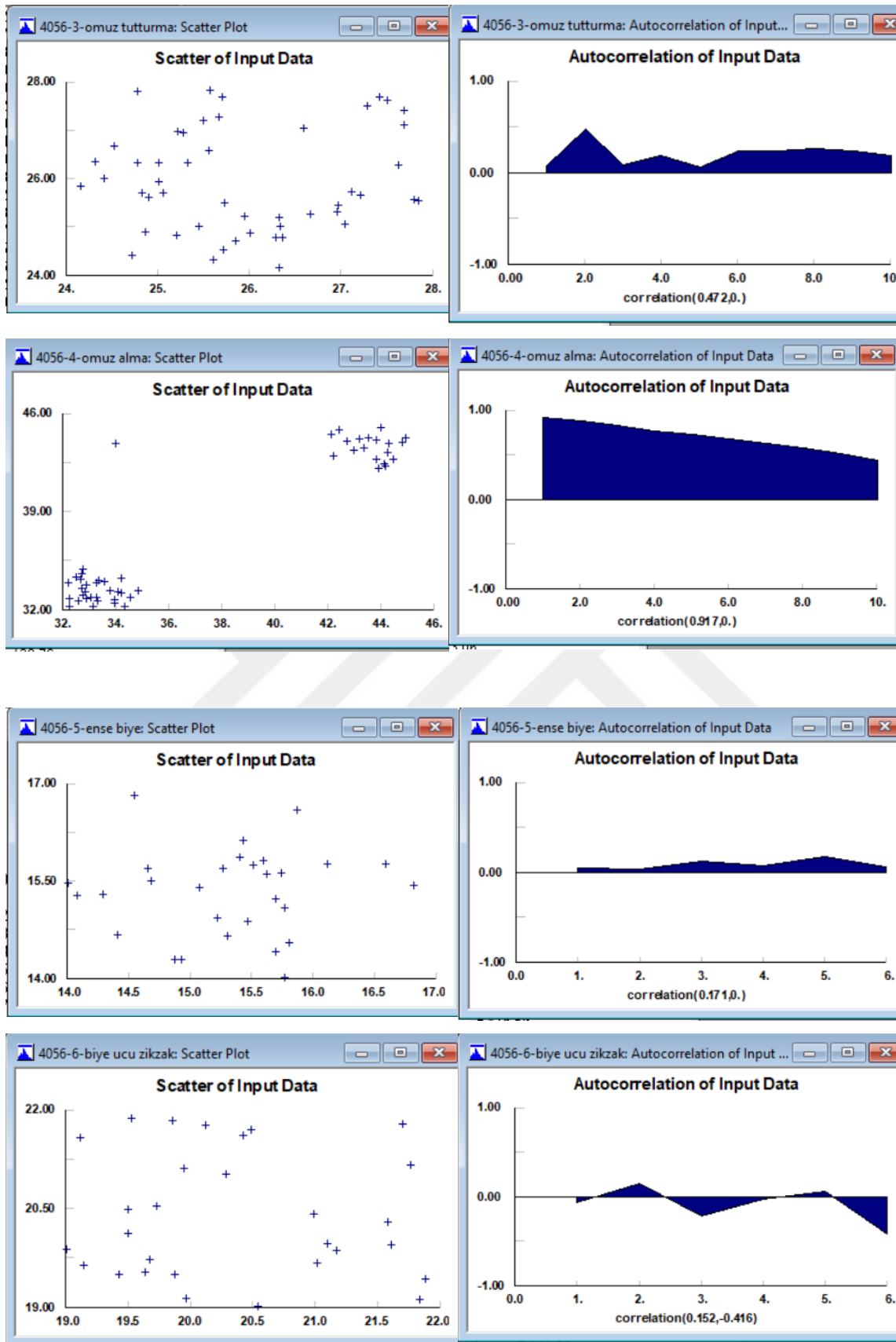


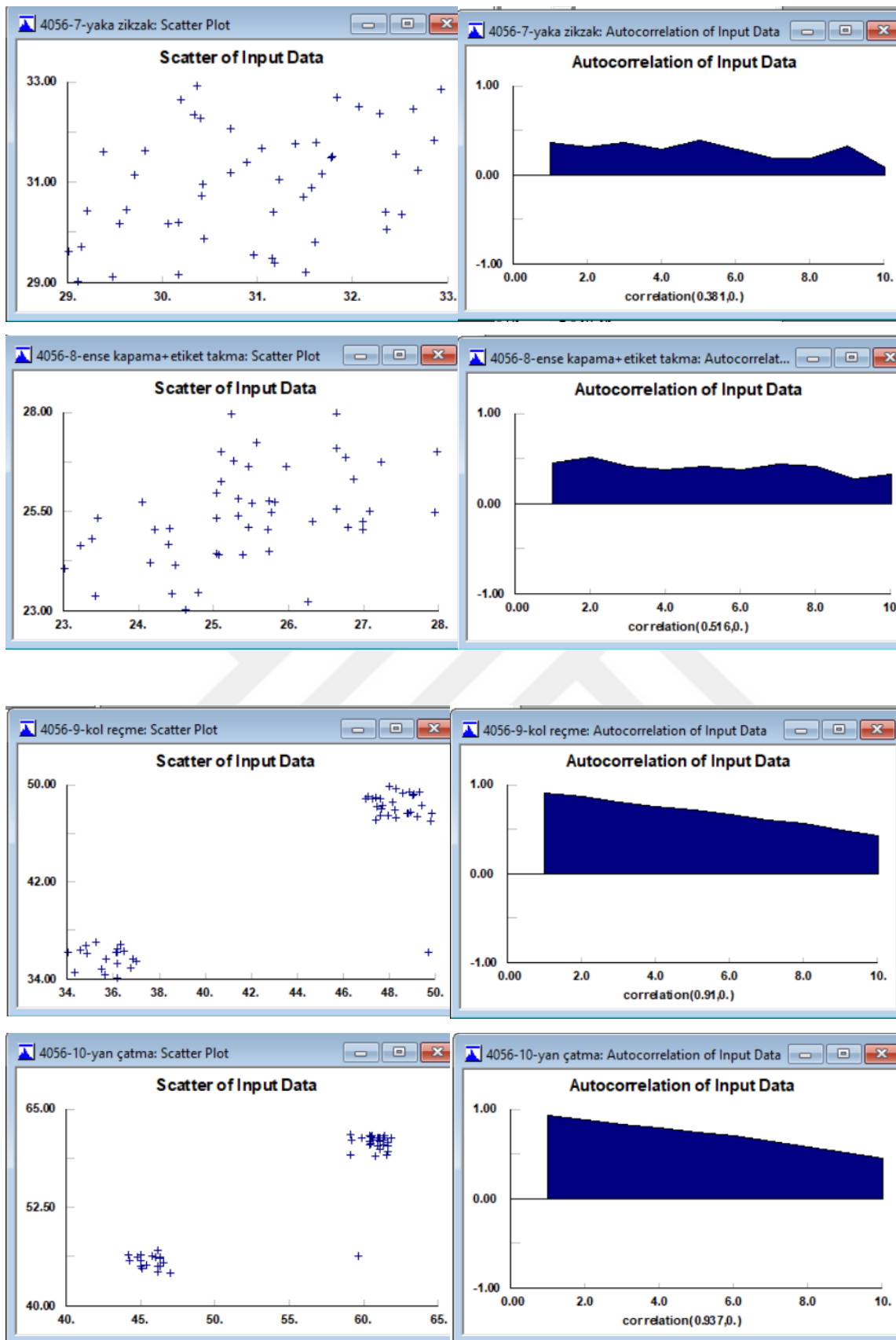


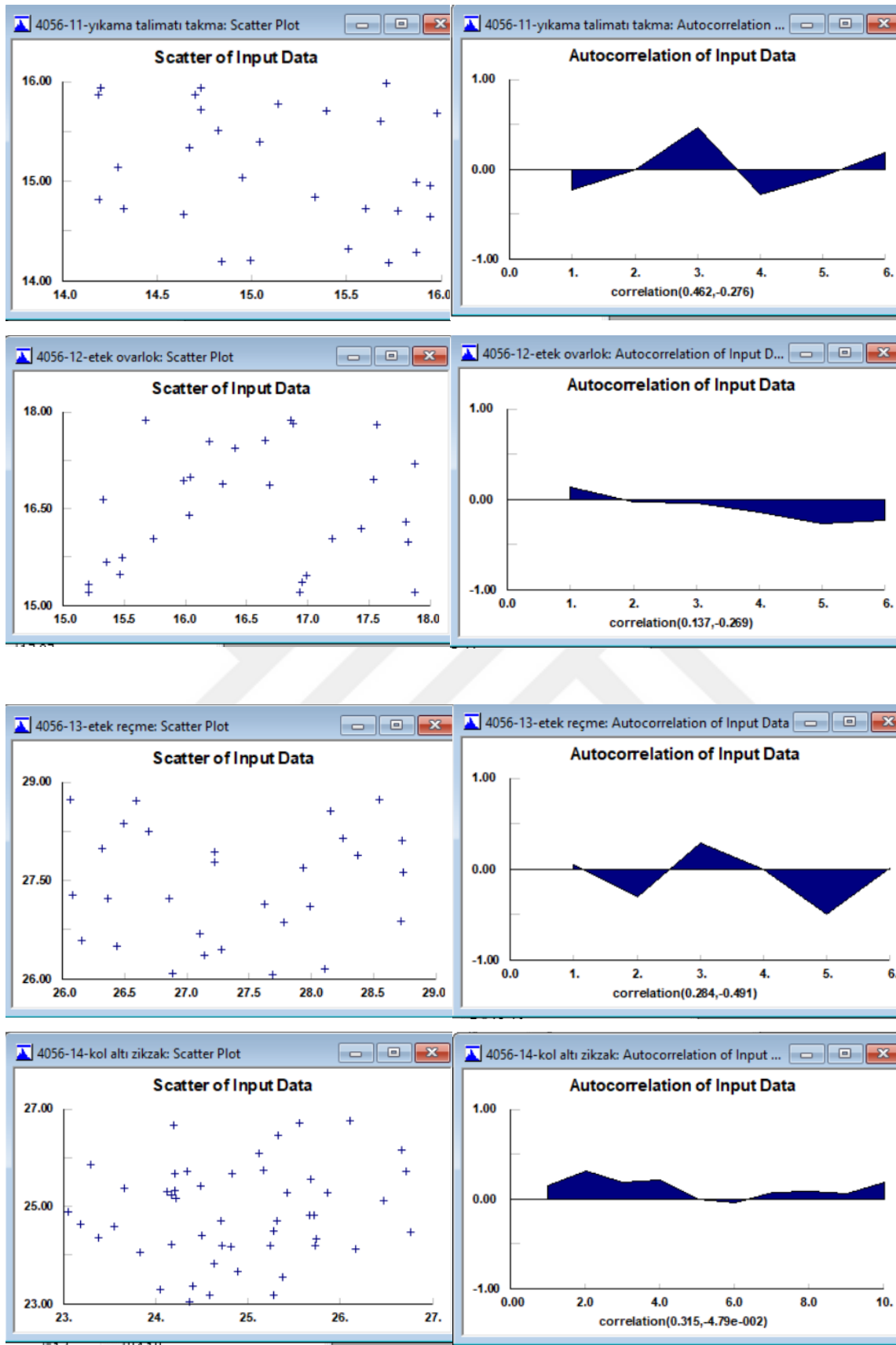


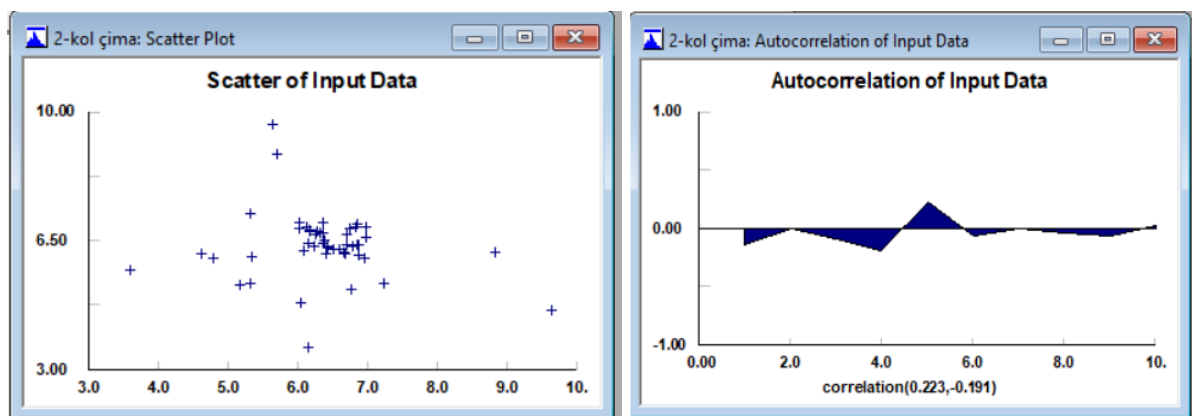
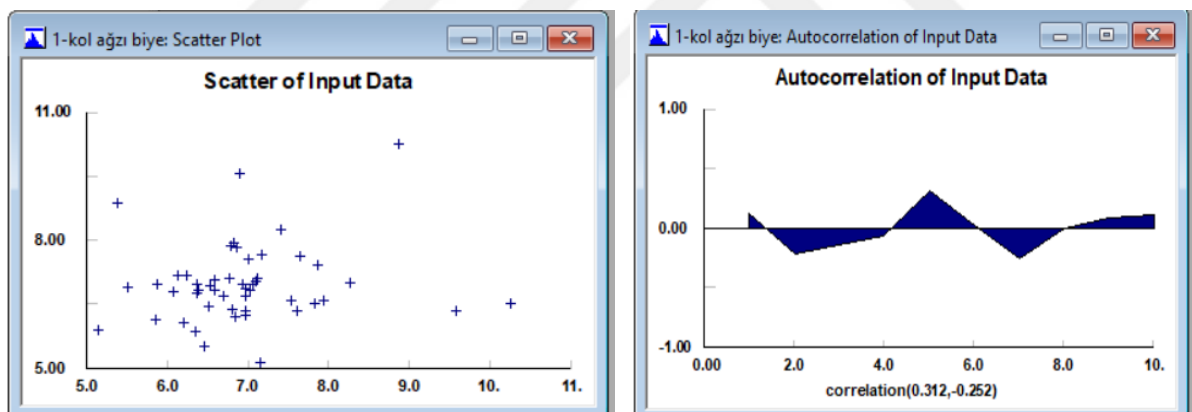
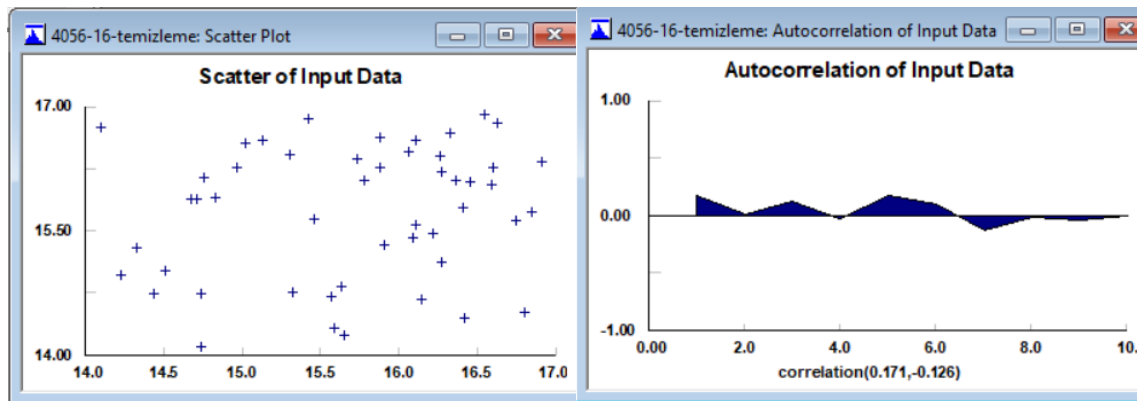
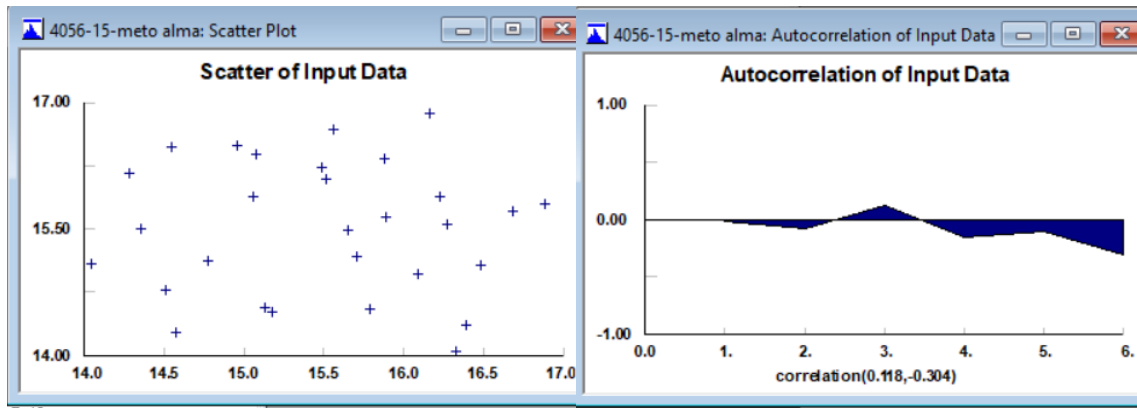


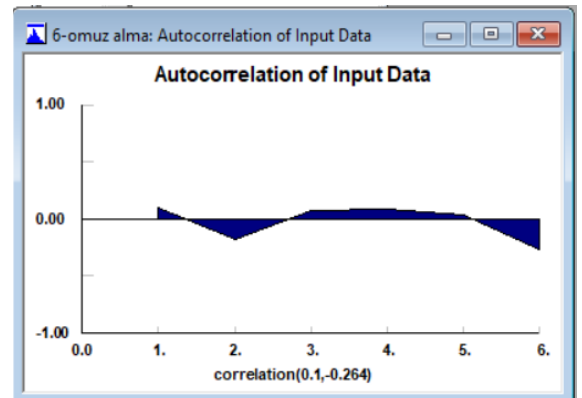
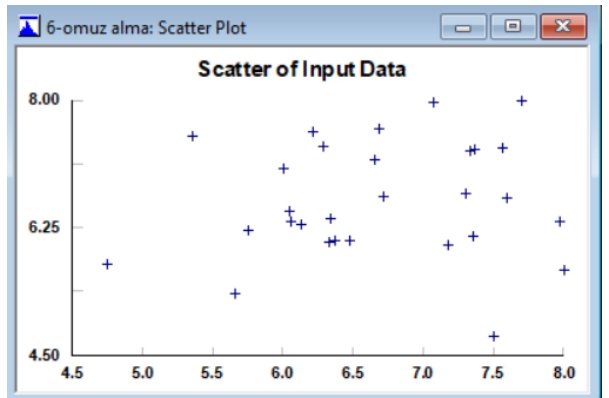
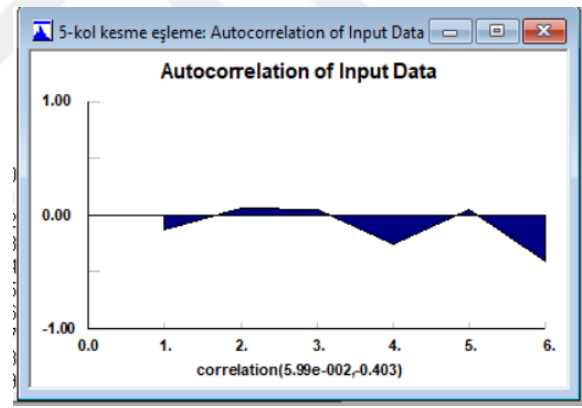
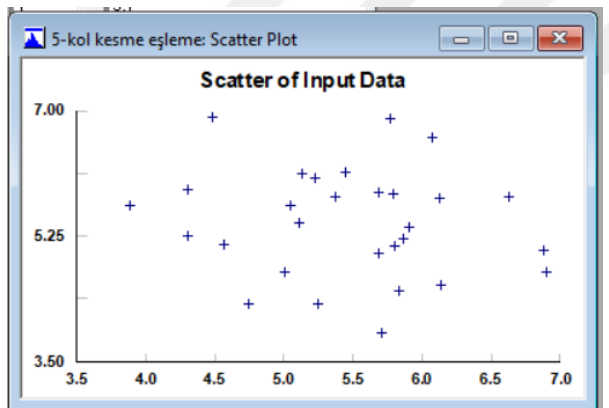
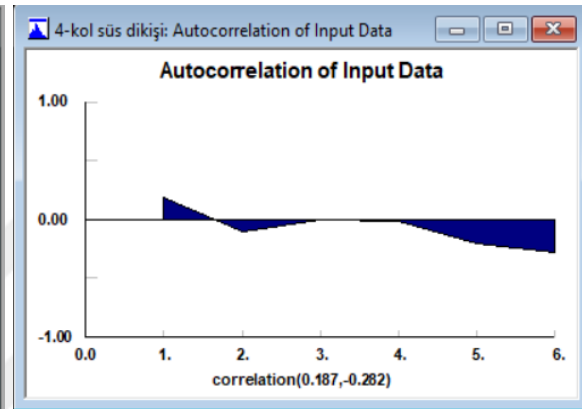
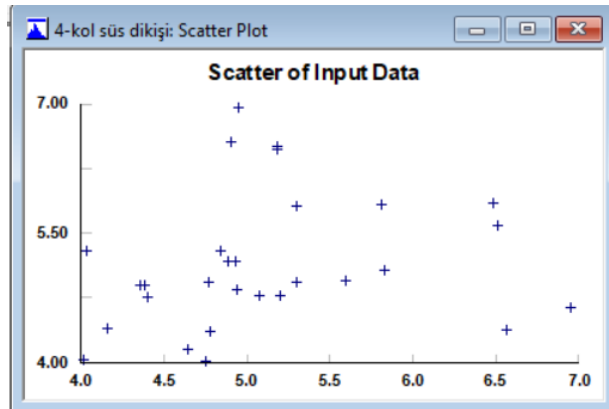
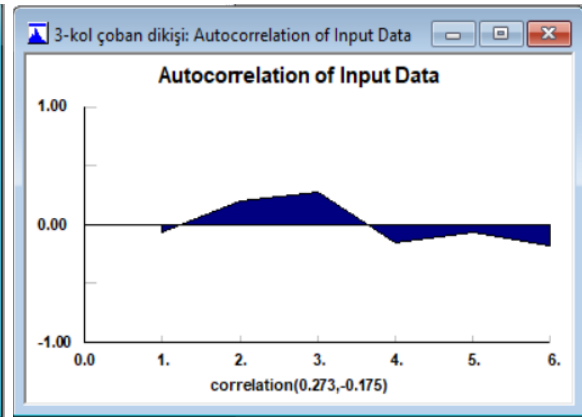
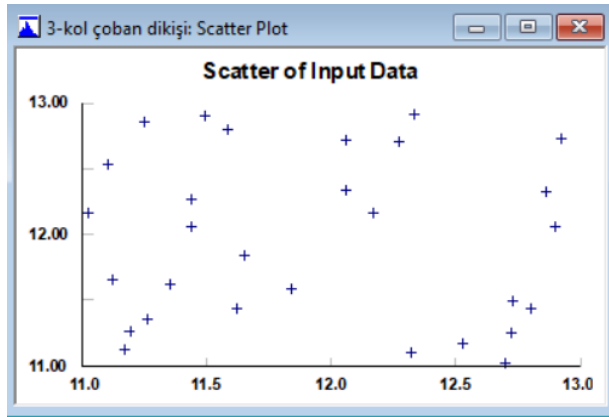


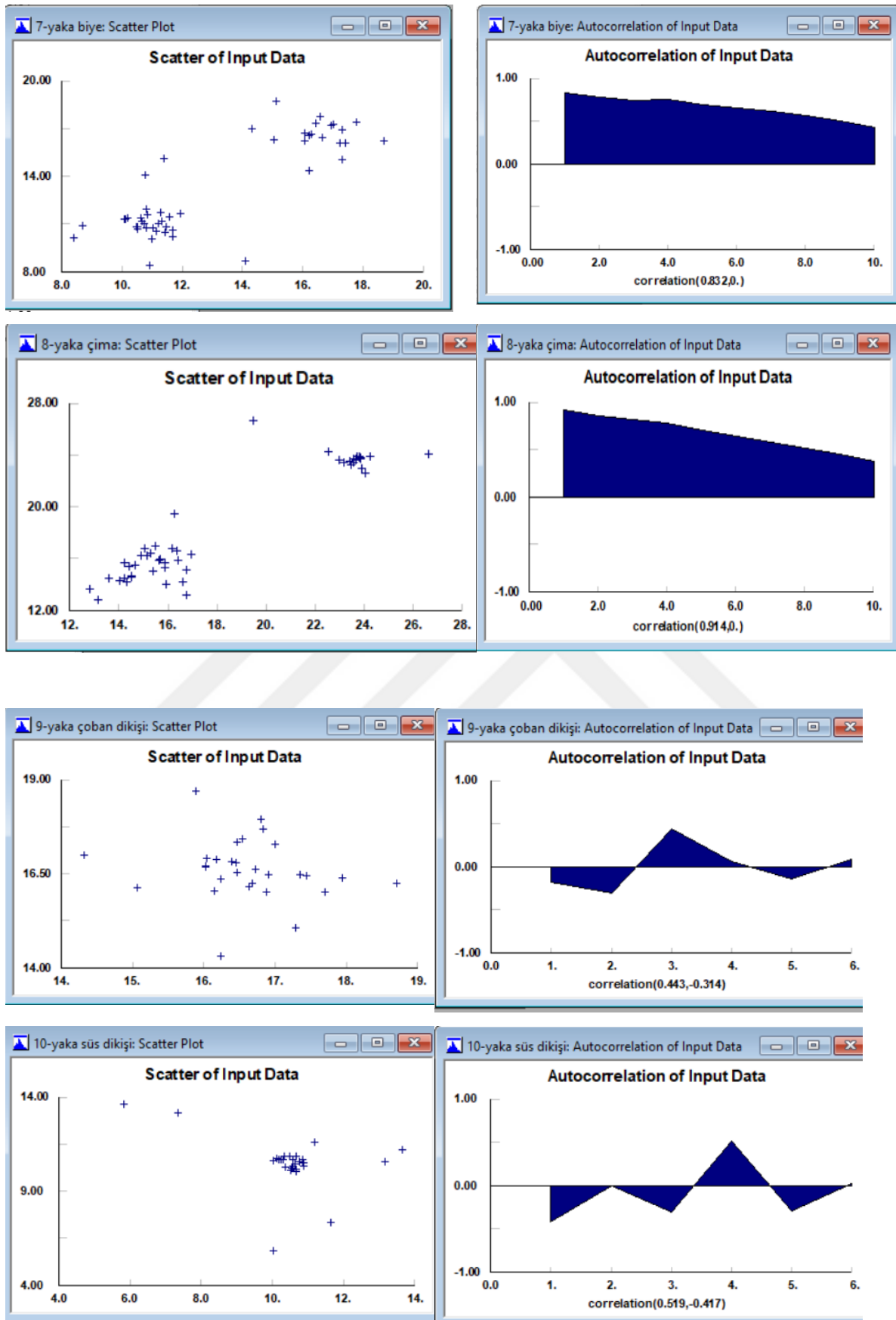


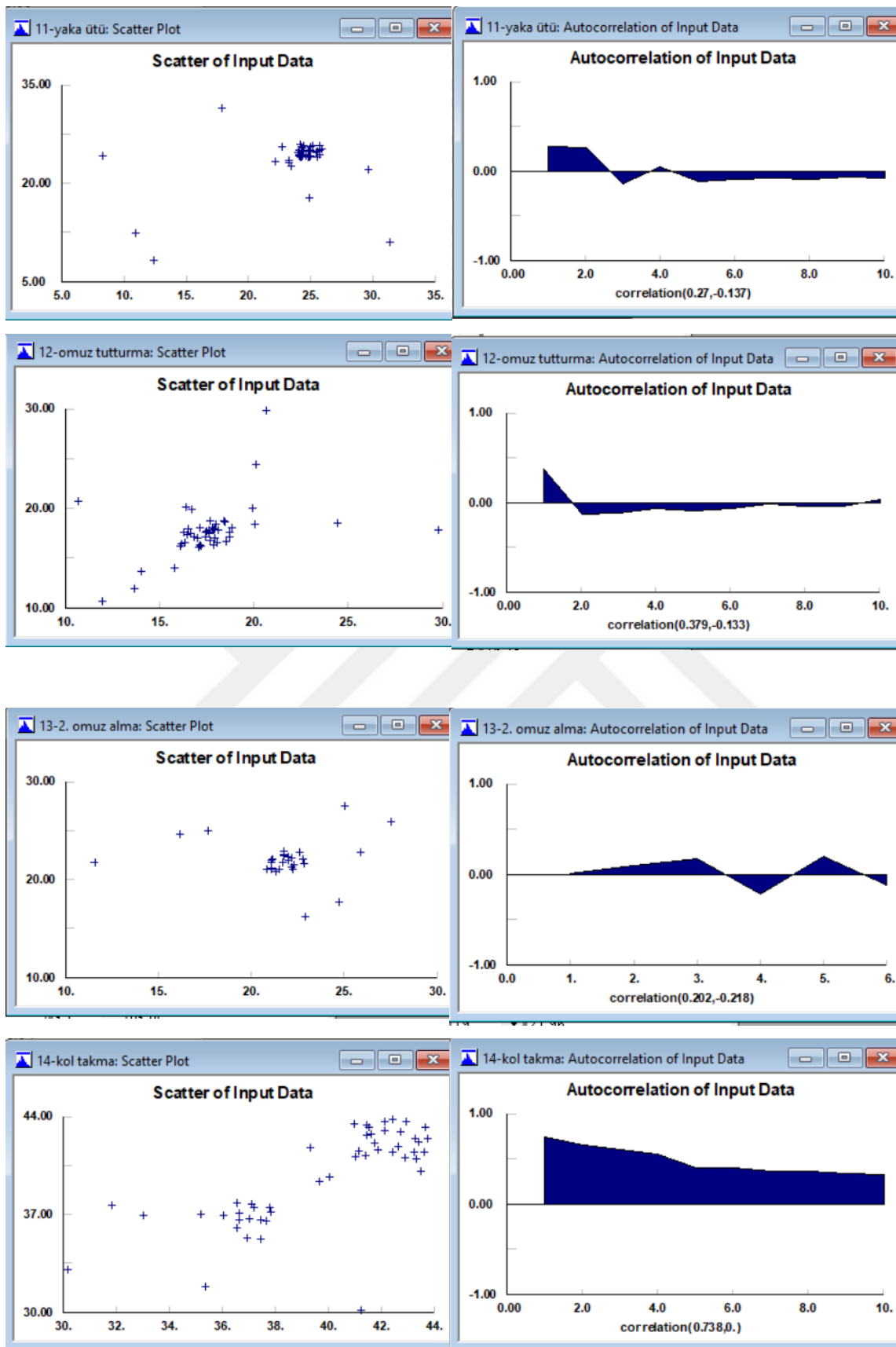


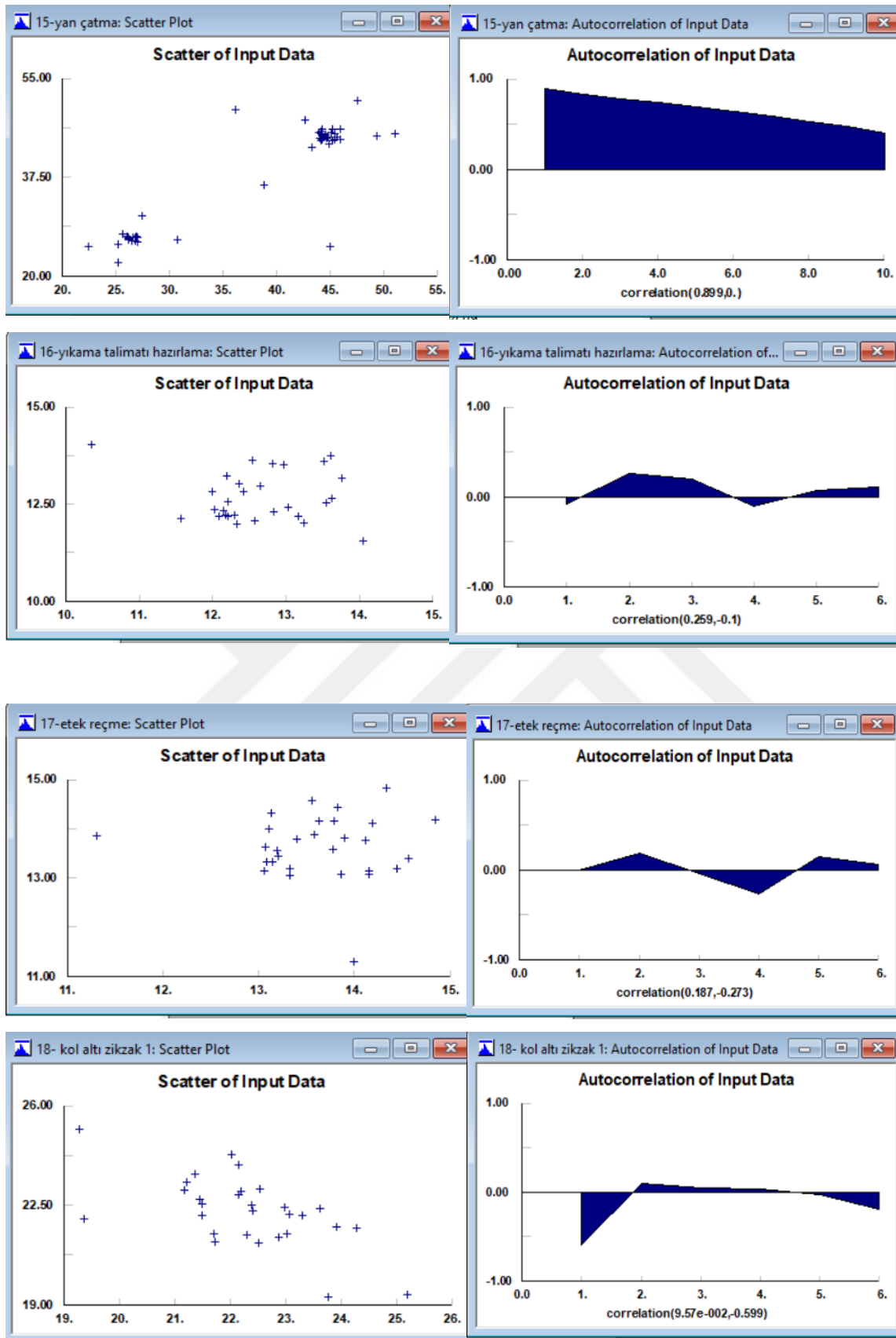


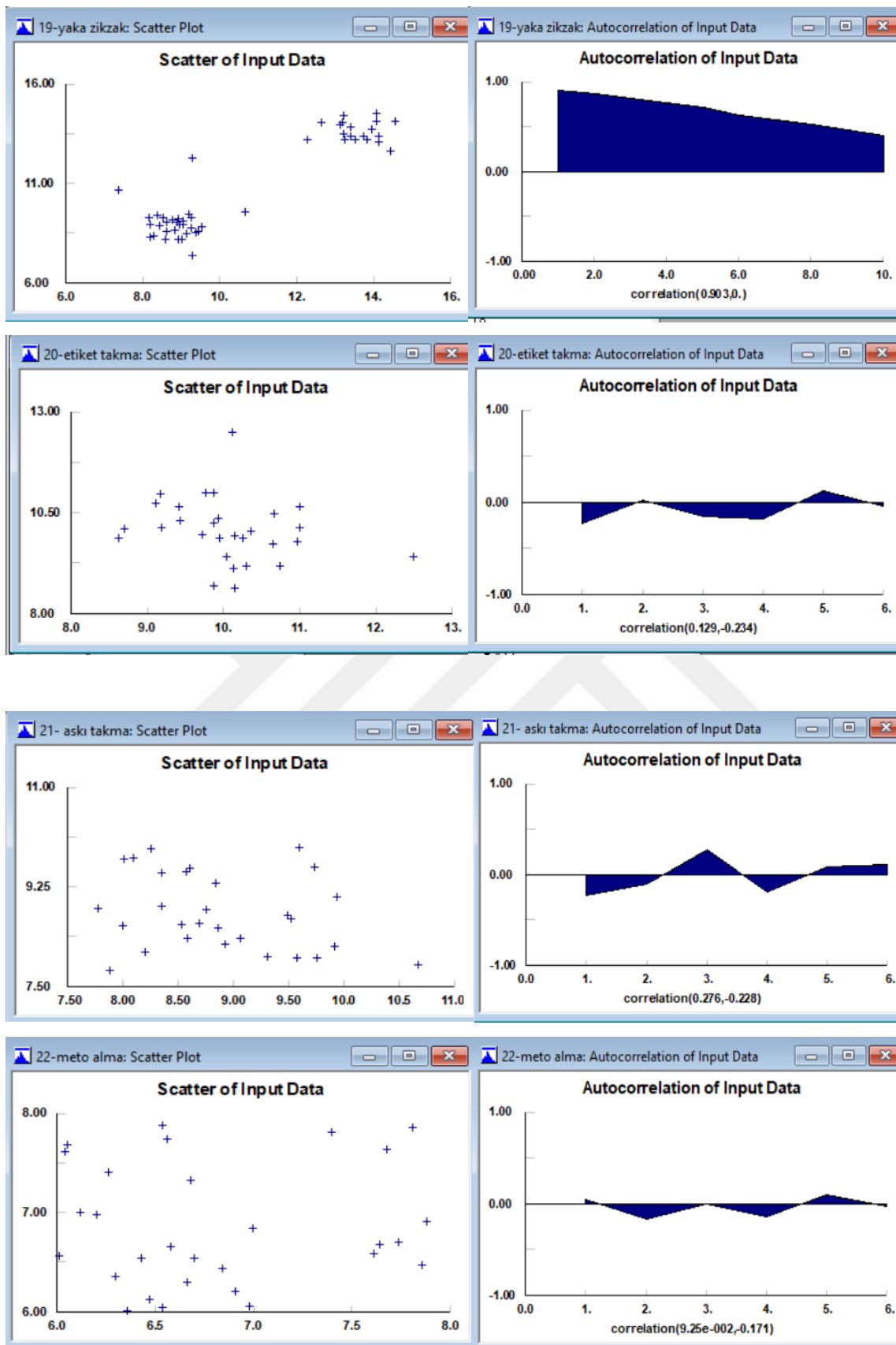


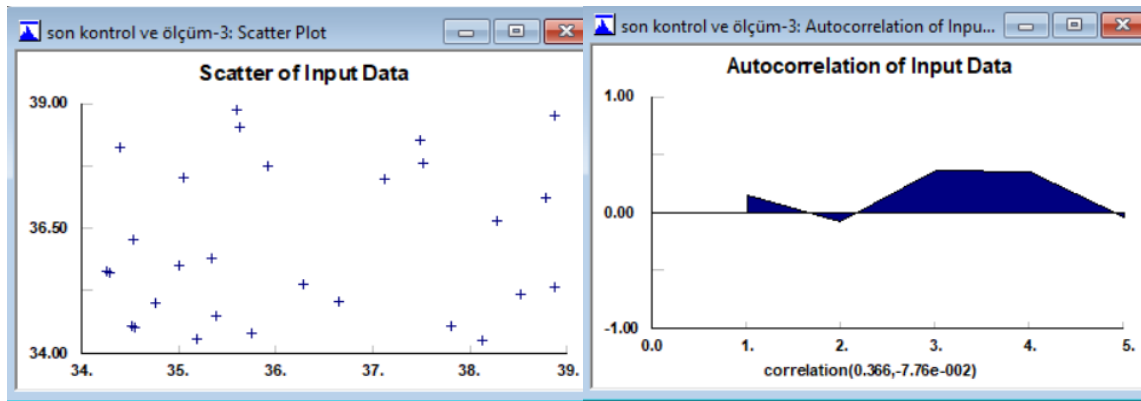
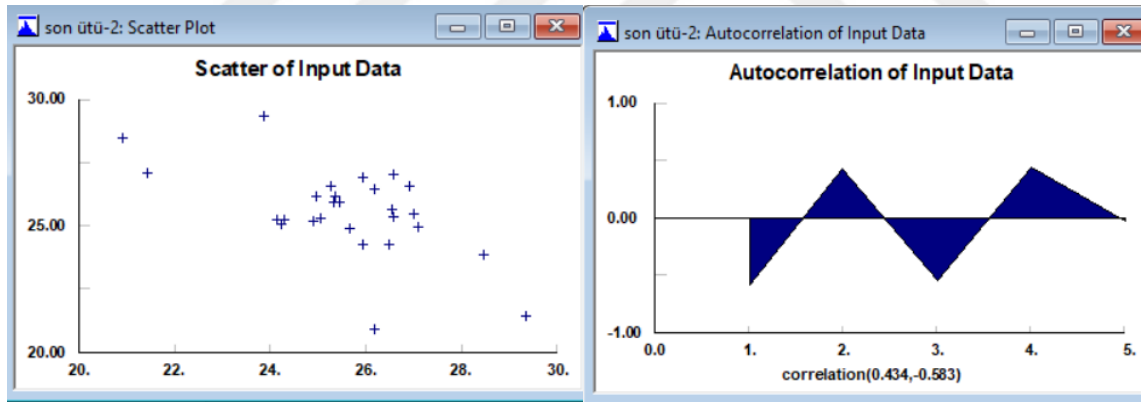
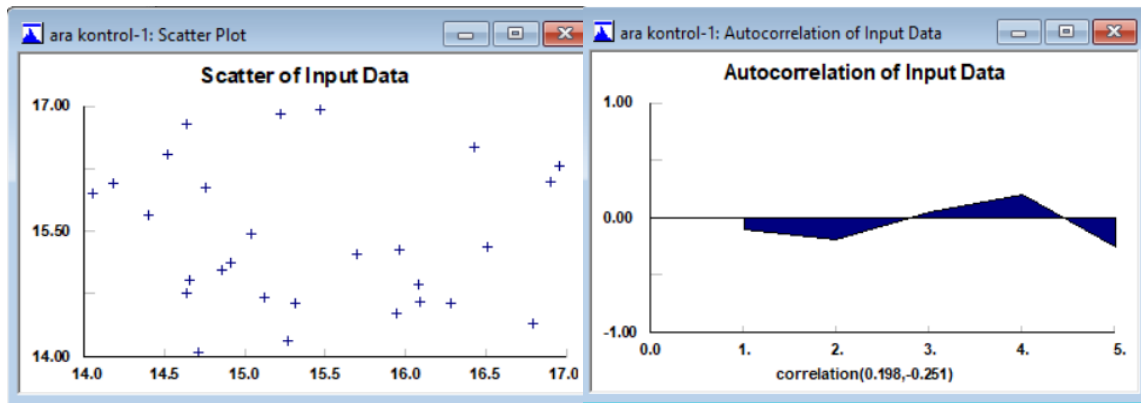
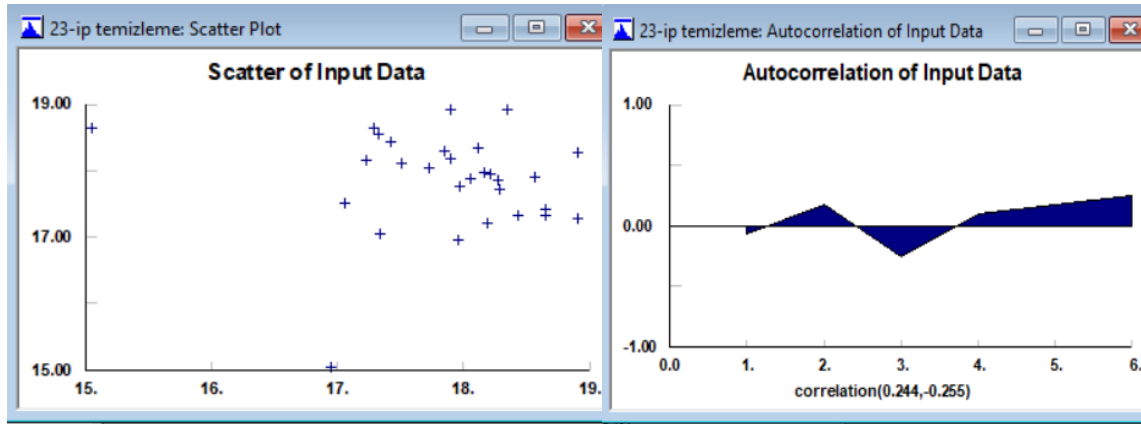


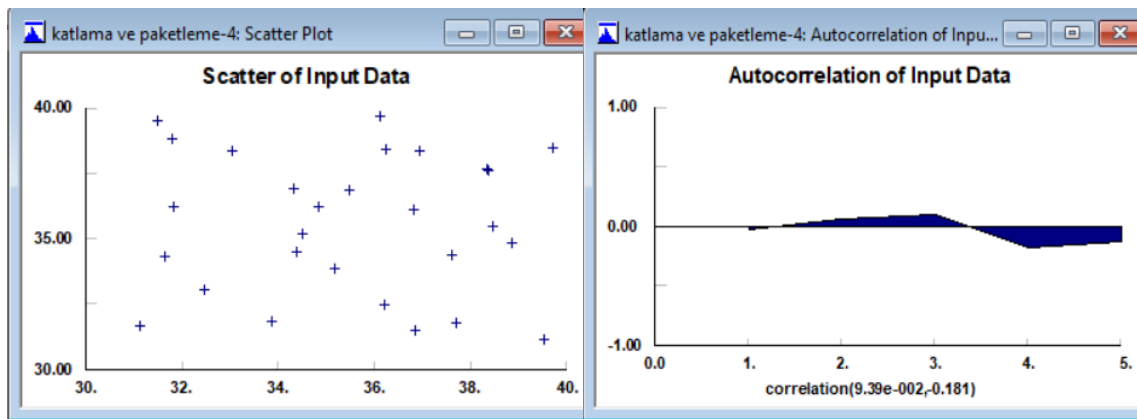






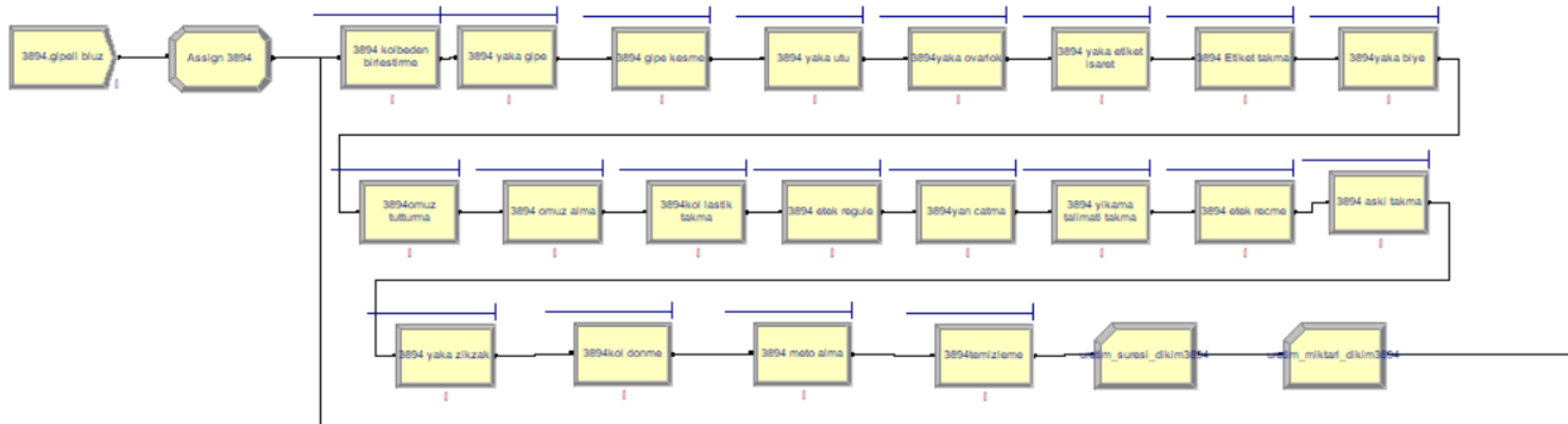




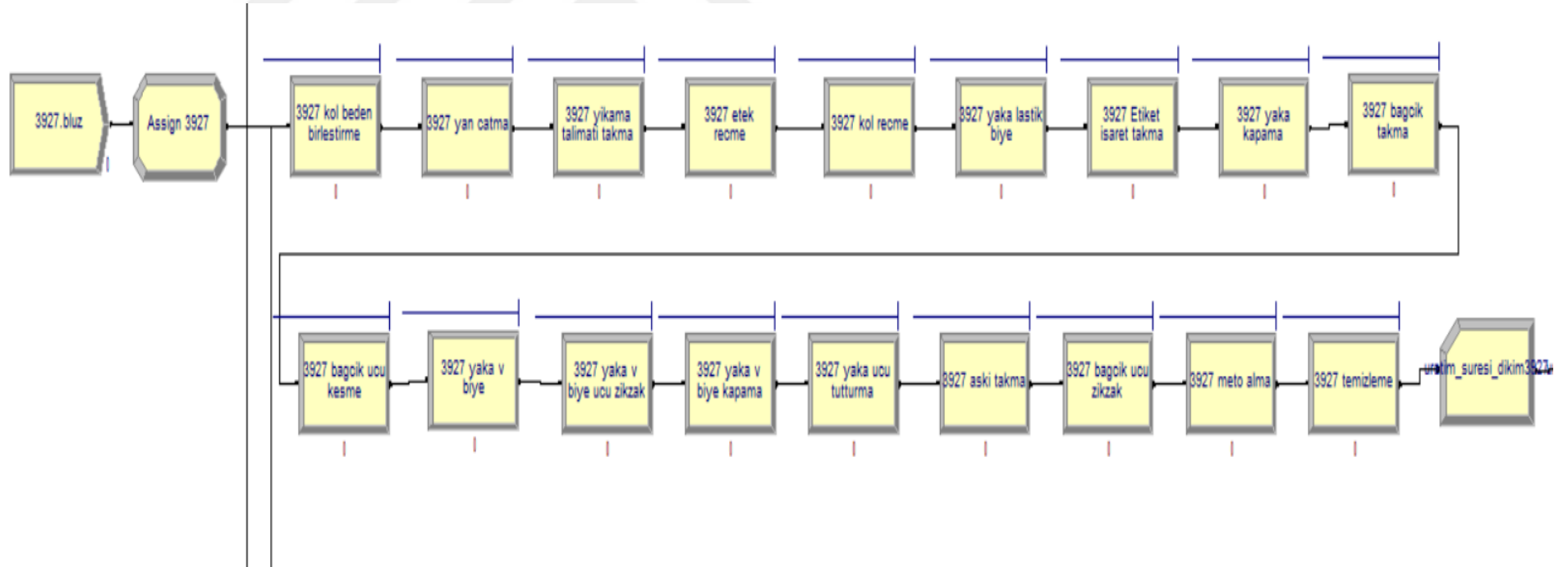


Ek 3 Simülasyon Modeli Detayları

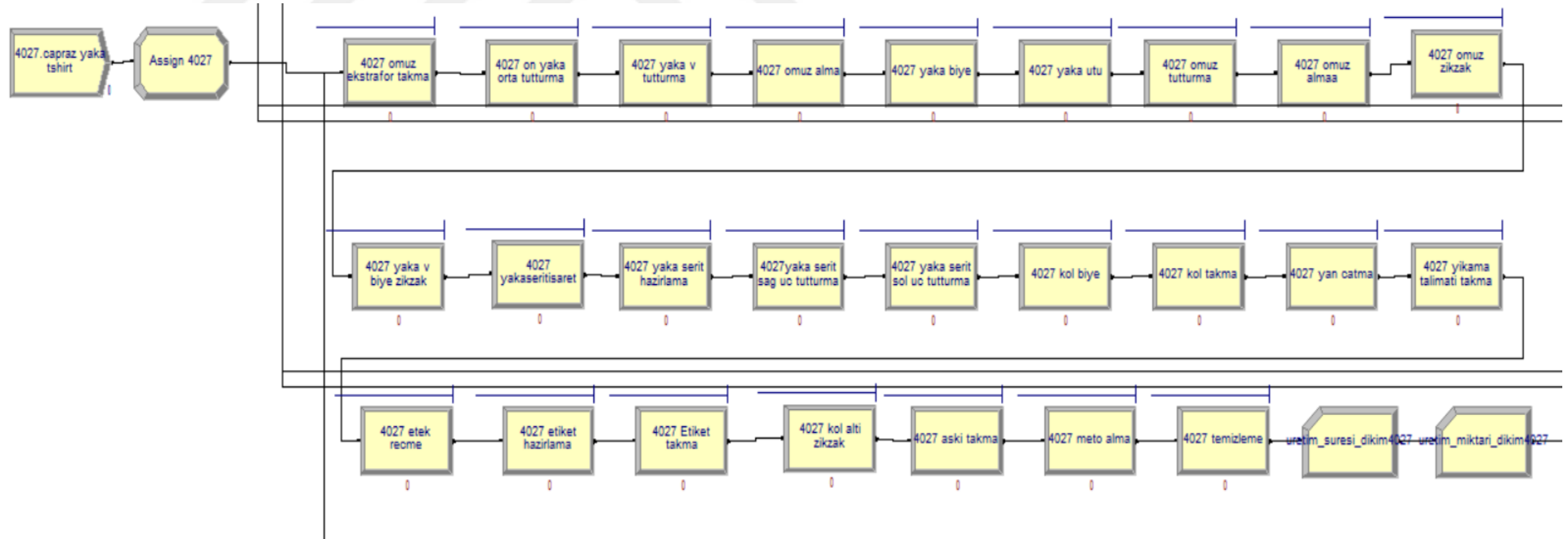
3894 Kodlu Ürünün Dikim Hattının Simülasyon Modeli



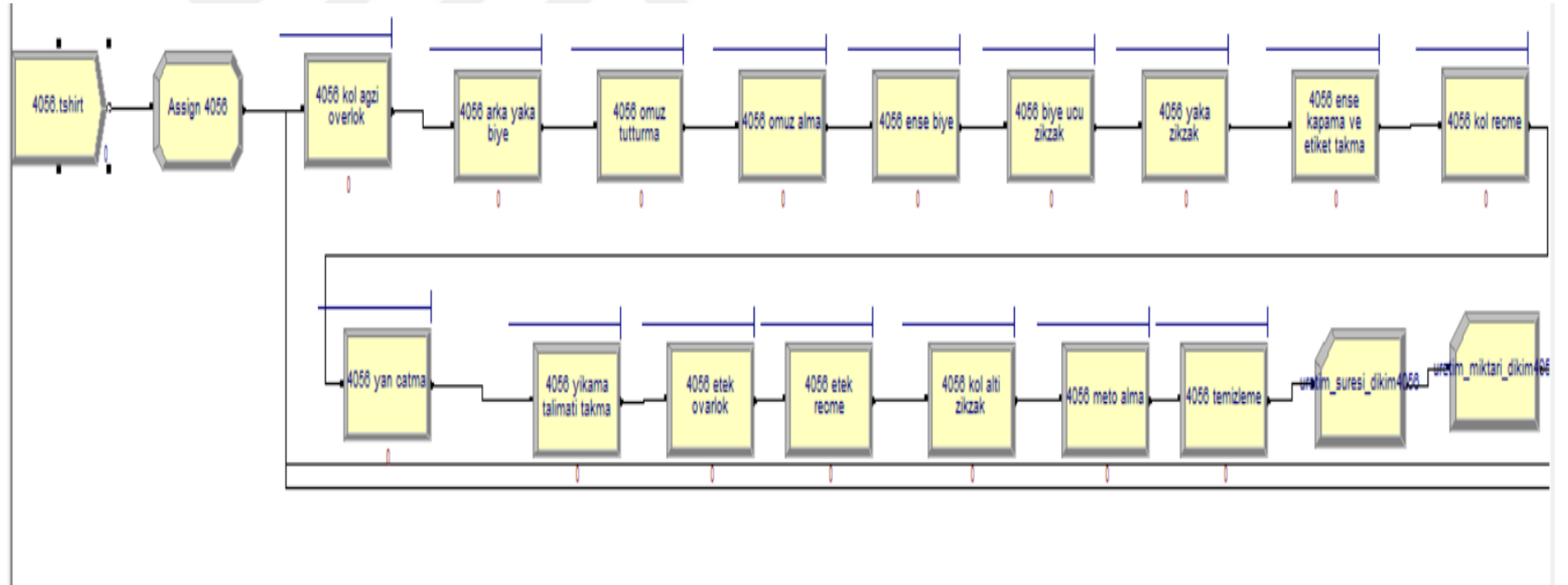
3927 Kodlu Ürünün Dikim Hattının Simülasyon Modeli



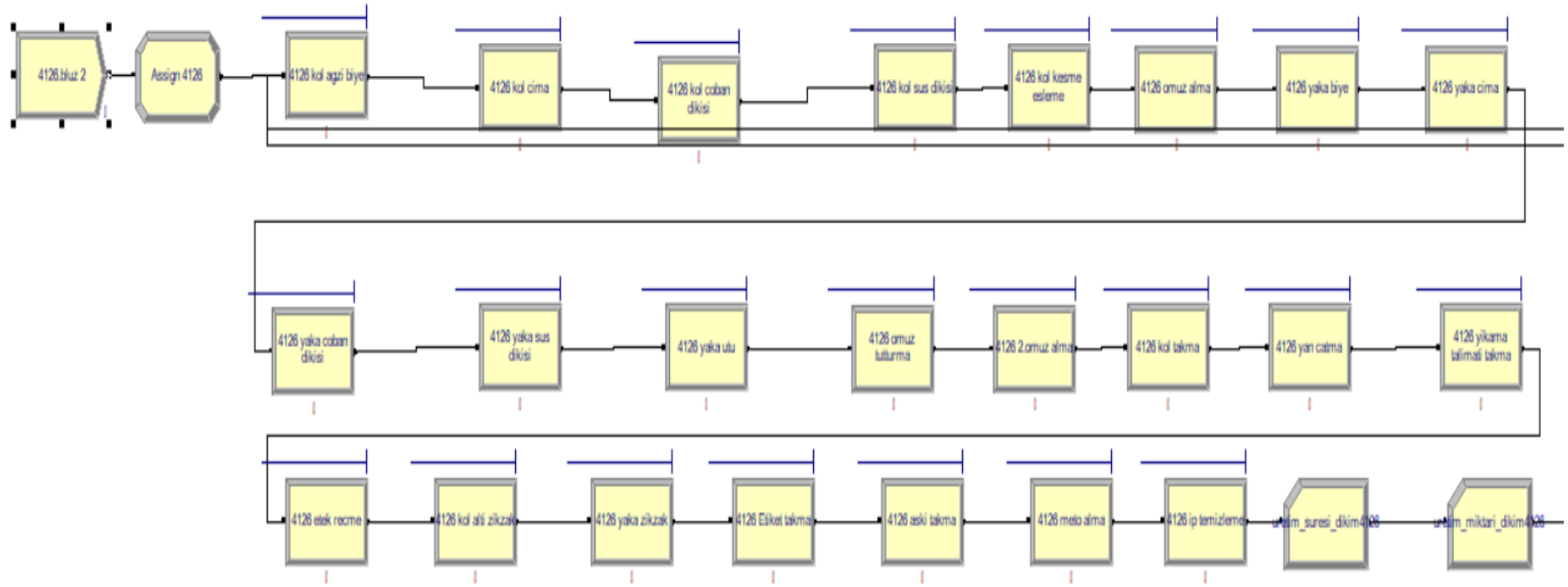
4027 Kodlu Ürünün Dikim Hattının Simülasyon Modeli



4056 Kodlu Ürünün Dikim Hattının Simülasyon Modeli



4126 Kodlu Ürünün Dikim Hattının Simülasyon Modeli



Dikim Sonrası Üretim Hattının simülasyon modeli

