

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE BENZETİM TEKNİĞİ
İLE ÜRETİM HATTI MODELLEMESİ VE UYGUN İŞ
AKIŞ STRATEJİSİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Senem KURŞUN**

Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Programı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2007

**TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE BENZETİM TEKNİĞİ
İLE ÜRETİM HATTI MODELLEMESİ VE UYGUN İŞ
AKIŞ STRATEJİSİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Senem KURŞUN
(507051127)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Mayıs 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 11 Haziran 2007**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Murat DİNÇMEN

Prof. Dr. Fatma KALAOĞLU

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Bülent DURMUŞOĞLU

Doç.Dr. Seçkin POLAT

Doç.Dr. Hale Canbaz KARAKAŞ

HAZİRAN 2007

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tez danışmanlığımı üstlenerek çalışma konusunu belirlememde yardımcı olan, çalışmalarım süresince hem görüş hem de önerileriyle beni yönlendirerek desteğini esirgemeyen, Değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Murat DİNÇMEN'e en içten saygılarımla teşekkür ederim.

Tez konumun belirlenmesinde ve tezimin hazırlık aşamasında benim yanımda olduğu ve değerli bilgilerini benden esirgemeyerek bana verdiği destek için Değerli Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Fatma KALAOĞLU'na en içten saygılarımla teşekkür ederim.

Çalışmamı destekleyen ve işletmelerinde bana uygulama yapma şansı tanıyan VAKKO Tekstil A.Ş çalışanlarına en içten saygılarımla teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca bana destek olan, değerli bilgilerini benden esirgemeyerek görüş ve önerileriyle çalışmama katkı sağlayan Değerli Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. C. Erhan BOZDAĞ'a en içten saygılarımla teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın tamamlanmasında yardımlarını esirgemeyen, görüşlerini paylaşan değerli arkadaşlarım Araş.Gör. Selçuk ÇEBİ'ye, Araş. Gör. Kutay TİNÇ'e ve Fatih TATLI'ya en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Tez çalışmam esnasında her zaman yanımda olan ve benimle çok değerli arkadaşlığını paylaşan arkadaşlarım, Araş. Gör. İnkilem GOCEK'e, Araş. Gör. S.Eren YALÇIN'a , Araş. Gör. Şenay DEMİRKAN'a ve Araş. Gör. Ö. Aydın TEKİN'e, Sibel MUSAOĞLU'na çok teşekkür ederim.

Son olarak benden manevi desteklerini hiç esirgemeyen, her an yanımda olduğunu ve beni her konuda desteklediğini bildiğim sevgili aileme ve sevgili arkadaşım Araş.Gör. Çağrı BAHADIR'a tüm kalbimle teşekkür ederim.

Haziran 2007

Senem KURŞUN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı	1
1.2. Literatür Araştırması	2
2. ÜRETİM SİSTEMLERİ	6
2.1. Üretim Kavramı ve Üretim Yönetimi	6
2.2. Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması	7
2.3. Akış Hatları	9
3. MONTAJ HATLARININ DENGELENMESİ	11
3.1. Montaj Hatları ve Hat Dengeleme Kavramı	11
3.2. Montaj Hatlarının Dengelenmesini Etkileyen Temel Unsurlar	12
3.2.1. Birincil Kısıtlar	12
3.2.2. İkincil Kısıtlar	13
3.3. Montaj Hatlarında Darboğaz Araştırması	13
3.4. Montaj Hattı Dengeleme Yöntemleri	15
3.4.1. Çözüm Yaklaşımına Göre Sınıflandırma	15
3.4.1.1. Sezgisel Bulgusal Yöntemler	15
3.4.1.2. Analitik Yöntemler	16
3.4.1.3. Benzetim Tekniği	16
4. BENZETİM TEKNİĞİ	17
4.1. Benzetim Giriş	17
4.2. Benzetimin Avantajları ve Dezavantajları	17
4.3. Benzetimin Aşamaları	18
4.4. Benzetim Modeli	19
4.5. Model Doğrulama	19
4.6. Montaj Hatları ve Benzetim	20
4.7. Montaj Hatları Benzetiminde Stratejiler	21
4.8. Benzetim Dilleri	21

5. ENTERPRISE DYNAMICS BENZETİM DİLİ	22
5.1. Enterprise Dynamics Temel Atomları	22
6. KONFEKSİYON İŞLETMELERİ ve ÜRETİM PLANLAMA	24
6.1. Üretim Planlama ve Kontrol Kavramı	24
6.2. Dikim Bölümünün Üretim Planlama ve Kontrol Kavramı	24
6.3. Dikim Hattının Oluşturulması ve Dengelenmesi	25
7. UYGULAMA	27
7.1. İşletme Ön bilgisi	27
7.2. Benzetimi Yapılan Atölye	29
7.3. Veri Analizi	33
7.4. Bağımsızlık Testleri	35
7.5. Teorik Dağılımlara Uygunluk ve Kolmogorov-Smirnov Testi	40
7.5.1. İşlem Sürelerinin Belirlenmesi	40
7.6. İş Giriş Debinin Belirlenmesi	44
7.7. Modele İlişkin Veriler	46
7.8. Benzetim Modeline Girilen Veriler:	47
7.9. Benzetim Modelinin Kurulması	48
7.10. Benzetim Hesaplarında Çıktının Doğru Değerlendirilmesi	49
7.10.1. Güven Aralığı Hesabı	50
7.11. Kurulan Modelin Doğruluğu ve Geçerliliği	52
7.12. Mevcut Durum Benzetim Sonuçları	52
7.12.1. Mevcut Durum Yaka Hücresi Benzetim Sonuçları	53
7.12.2. Mevcut Durum Manşet Hücresi Benzetim Sonuçları	56
7.12.3. Mevcut Durum Kol-Arka Hücresi Benzetim Sonuçları	58
7.12.4. Mevcut Durum Ön-Cep Hücresi Benzetim Sonuçları	60
7.12.5. Mevcut Durum Montaj Hücresi Benzetim Sonuçları	63
7.12.6. Mevcut Durum Kalite Kontrol Hücresi Benzetim Sonuçları	65
7.13. Darboğaz Belirlenmesi ve Mevcut Durum İyileştirmesi	69
7.13.1. Seçenek 1	70
7.13.2. Seçenek 2	76
7.13.3. Seçenek 3	81
7.14. Mevcut Durum ile Seçeneklerin Karşılaştırılması	88
8. SONUÇLAR	95
9. ÖNERİLER	97
KAYNAKLAR	98
EKLER	101
ÖZGEÇMİŞ	145

KISALTMALAR

FIFO	: İlk Giren İlk Çıkar (First in First Out)
CAD-CAM	: Bilgisayar Destekli Tasarım-Bilgisayar Destekli İmalat (Computer Aided Design-Computer-Aided Manufacturing)
Exp	: Exponansiyel
www	: World Wide Web

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 7.1 Hücrelere Göre İşlem Adları.....	34
Tablo 7.2 Operatör No: 1 İşlem Süresi Koşum Testleri Sonuçları.....	37
Tablo 7.3 Operatör No: 9 İşlem Süresi Koşum Testleri.....	38
Tablo 7.4 Operatör No: 33 İşlem Süresi Koşum Testleri.....	40
Tablo 7.5 Operatör No: 5-İşlem Süresi Kolmogorov-Smirnov Test Sonucu.....	41
Tablo 7.6 Operatör No: 13-İşlem Süresi Kolmogorov-Smirnov Test Sonucu.....	43
Tablo 7.7 Operatör No: 23-İşlem Süresi Kolmogorov-Smirnov Test Sonucu.....	44
Tablo 7.8 Yaka Hücresi İş Gelişleri Kolmogorov-Smirnov Testi.....	45
Tablo 7.9 Manşet Hücresi İş Gelişleri Kolmogorov-Smirnov Testi	46
Tablo 7.10 Operatörlerin İşlem Süreleri.....	47
Tablo 7.11 Hücrelere İş Gelişleri Arası Süre	48
Tablo 7.12 Modelin Hücrelere Göre Bilgisayara Aktarımı.....	48
Tablo 7.14 Yaka Hücresi Bitirilen Yaka Sayısı	55
Tablo 7.15 Manşet Hücresi Bitirilen Manşet Sayısı.....	57
Tablo 7.16 Kol Arka Hücresi Bitirilen Manşet Ve Arka Sayısı.....	59
Tablo 7.17 Ön-Cep Hücresi Bitirilen Sol ve Sağ Ön Sayısı	62
Tablo 7.18 Montaj Hücresi Bitirilen Gömlek Sayısı.....	64
Tablo 7.19 Bitirilen Ara Ürün Sayıları.....	65
Tablo 7.20 Kalite Kontrol Hücresi Bitirilen Gömlek Sayısı	67
Tablo 7.21 Mevcut Durum: Tüm Hücrelerin Bitirilen İş Sayısına Göre Değerlendirilmesi.....	68
Tablo 7.22 Mevcut Durum: Tüm Hücrelere Ait Kuyrukta Ortalama Bekleyen İş Sayısı	69
Tablo 7.23 Mevcut Durum: Tüm Hücrelere Ait İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi	69
Tablo 7.24 Seçenek 1: Tüm Hücrelerin Bitirilen İş Sayısına Göre Değerlendirilmesi.....	75
Tablo 7.25 Seçenek 1: Tüm Hücrelerin Kuyrukta Bekleyen İş Sayısına Göre Değerlendirilmesi.....	75
Tablo 7.26 Seçenek 1: Tüm Hücrelerin İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Sürelerine Göre Değerlendirilmesi	76
Tablo 7.27 Seçenek 2: Tüm Hücrelere Ait Bitirilen İş Sayısı.....	80
Tablo 7.28 Seçenek 2: Tüm Hücrelere Ait Kuyrukta Bekleyen İş Sayısı.....	80
Tablo 7.29 Seçenek 2: Tüm Hücrelere Ait İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi.....	81
Tablo 7.30 Seçenek 3: Tüm Hücrelerin Bitirilen İş Sayısına Göre Değerlendirilmesi	87
Tablo 7.31 Seçenek 3: Tüm Hücrelere Ait Kuyrukta Ortalama Bekleyen İş Sayısı	88
Tablo 7.32 Seçenek 3: Tüm Hücrelere Ait İşlerin Kuyrukta Bekleme Süresi	88

Tablo 7.33	Mevcut Durum İle Seçenek 1’in Karşılaştırılması.....	93
Tablo 7.34	Mevcut Durum İle Seçenek 2’nin Karşılaştırılması.....	93
Tablo 7.35	Mevcut Durum ile Seçenek 3’ün Karşılaştırılması	94

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1	: Genel Bir Üretim Sistemi	7
Şekil 2.2	: Üretim Sistemlerinin Sınıflandırılması	8
Şekil 2.3	: Sipariş Tipi Atölye Sistemi	8
Şekil 2.4	: Akış Tipi Atölye Sistemi	9
Şekil 2.5	: Sabit Konumlu Atölye Sistemi	9
Şekil 3.1	: Örnek Bir Montaj Hattı Şeması	11
Şekil 3.2	: N İstasyonlu Bir Montaj Hattında Çevrim Süresinin Alt Süreleri	12
Şekil 4.1	: Benzetim Aşamaları	18
Şekil 4.2	: Montaj Hatlarında Toplanması Gereken Veriler	20
Şekil 4.3	: Montaj Hattı Benzetiminde Alınabilecek Stratejiler	20
Şekil 5.1	: Basit Bir Üretim Sisteminin Modeli	23
Şekil 7.1	: Konfeksiyon Üretim Birimi İş Akışı	28
Şekil 7.2	: Gömlek Üretim Şeması	29
Şekil 7.3	: Atölyenin Gömlek Dikim Hattı Yerleşim Planı	30
Şekil 7.4	: Atölyedeki Gömlek Dikim Hattı İşlem Tipleri Ve Hücre Bilgileri	32
Şekil 7.5	: Operatör No: 1 İşlem Süresi Serpilme Diyagramı	36
Şekil 7.6	: Operatör No: 1 İşlem Süresi Otokorelasyon Diyagramı	37
Şekil 7.7	: Operatör No: 9 İşlem Süresi Serpilme Diyagramı	38
Şekil 7.8	: Operatör No: 9 İşlem Süresi Otokorelasyon Diyagramı	38
Şekil 7.9	: Operatör No: 33 İşlem Süresi Serpilme Diyagramı	39
Şekil 7.10	: Operatör No: 33 İşlem Süresi Otokorelasyon Diyagramı	39
Şekil 7.11	: Operatör No: 5-İşlem Süresinin Histogram Gösterimi Ve Uygun Dağılımlar	41
Şekil 7.12	: Operatör No: 13-İşlem Süresinin Histogram Gösterimi Ve Uygun Dağılımlar	42
Şekil 7.13	: Operatör No: 23-İşlem Süresinin Histogram Gösterimi Ve Uygun Dağılım	43
Şekil 7.14	: Yaka Hücresi İş Geliş Aralıklarının Histogramı	45
Şekil 7.15	: Manşet Hazırlama Hücresi İş Geliş Aralıklarının Histogramı	45
Şekil 7.16	: Grup Ortalaması Yöntemi: Her Biri M Uzunluğunda Koşuma Sahip K Adet Gruplu Çıktılar	51
Şekil 7.17	: Yaka Hücresi Kuyrukta Ortalama Toplam Bekleyen İş Sayısı (600koşum)	53
Şekil 7.18	: Yaka Hücresi Kuyrukta Ortalama Toplam Bekleme Süresi (600koşum)	54
Şekil 7.19	: Yaka Hücresi Kuyrukta Ortalama Toplam Bekleyen İş Sayısı (1koşum)	54
Şekil 7.20	: Yaka Hücresi Kuyrukta Ortalama Toplam Bekleme Süresi (1koşum) ..	55
Şekil 7.21	: Yaka Hücresi Bitirilen Yaka Sayısı Grafiği	55

Şekil 7.22 : Manşet Hücresi Kuyrukta Ortalama Toplam Bekleyen İş Sayısı (600koşum)	56
Şekil 7.23 : Manşet Hücresi Kuyrukta Ortalama Toplam Bekleme Süresi (600koşum)	56
Şekil 7.24 : Manşet Hücresi Kuyrukta Ortalama Toplam Bekleyen İş Sayısı (1koşum)	56
Şekil 7.25 : Manşet Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi (1koşum)	57
Şekil 7.26 : Manşet Hücresi Günlük Ortalama Bitirilen Manşet Sayısı Grafiği	57
Şekil 7.27 : Kol-Arka Hücresi Kuyrukta Bekleyen Ortalama İş Sayısı (600koşum)	58
Şekil 7.28 : Kol-Arka Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi (600koşum)	58
Şekil 7.29 : Kol-Arka Hücresi Kuyrukta Bekleyen Ortalama İş Sayısı (1koşum)....	59
Şekil 7.30 : Kol-Arka Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi (1koşum)	59
Şekil 7.31 : Kol-Arka Hücresi Bitirilen Kol Sayısı Grafiği	60
Şekil 7.32 : Kol-Arka Hücresi Bitirilen Arka Sayısı Grafiği	60
Şekil 7.33 : Ön-Cep Hücresi Kuyrukta Ortalama Bekleyen İş Sayısı (600koşum)	60
Şekil 7.34 : Ön-Cep Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi (600koşum)	61
Şekil 7.35 : Ön-Cep Hücresi Kuyrukta Ortalama Bekleyen İş Sayısı (1koşum)	61
Şekil 7.36 : Ön-Cep Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi (1koşum)	61
Şekil 7.37 : Ön-Cep Hücresi Bitirilen Sol Ön Sayısı Grafiği	62
Şekil 7.38 : Ön-Cep Hücresi Bitirilen Sağ Ön Sayısı Grafiği	62
Şekil 7.39 : Montaj Hücresi Kuyrukta Ortalama Bekleyen İş Sayısı (600koşum) ...	63
Şekil 7.40 : Montaj Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi (600koşum)	63
Şekil 7.41 : Montaj Hücresi Kuyrukta Ortalama Bekleyen İş Sayısı (1koşum)	64
Şekil 7.42 : Montaj Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi (1koşum)	64
Şekil 7.43 : Montaj Hücresi Bitirilen Gömlek Sayısı Grafiği	64
Şekil 7.44 : Kalite Kontrol Hücresi Kuyrukta Ortalama Bekleyen İş Sayısı (600koşum)	66
Şekil 7.45 : Kalite Kontrol Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi	66
Şekil 7.46 : Kalite Kontrol Hücresi Kuyrukta Ortalama Bekleyen İş Sayısı (1koşum)	67
Şekil 7.47 : Kalite Kontrol Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi (1koşum)	67
Şekil 7.48 : Kalite Kontrol Hücresi Bitirilen Gömlek Sayısı	68
Şekil 7.49 : Seçenek 1: Manşet Hücresi Bitirilen Ara Ürün:Manşet Sayısı	70
Şekil 7.50 : Seçenek 1: Manşet Hücresi Kuyrukta Bekleyen Ortalama İş Sayısı	70
Şekil 7.51 : Seçenek 1: Manşet Hücresi İşlerin Ortalama Kuyrukta Bekleme Süresi	71
Şekil 7.52 : Seçenek 1: Kol-Arka Hücresi Ortalama Günde Bitirilen İş Sayısı	71
Şekil 7.53 : Seçenek 1: Kol-Arka Hücresi Ortalama Kuyrukta Bekleyen İş Sayısı	71
Şekil 7.54 : Seçenek 1: Kol-Arka Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi	72
Şekil 7.55 : Seçenek 1: Montaj Hücresi Günde Ortalama Bitirilen Gömlek Sayısı	72
Şekil 7.56 : Seçenek 1: Montaj Hücresi Kuyrukta Bekleyen Ortalama İş Sayısı	73
Şekil 7.57 : Seçenek 1: Montaj Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi	73
Şekil 7.58 : Seçenek 1: Kalite Kontrol Hücresi Bitirilen Gömlek Sayısı	73

Şekil 7.59 : Seçenek 1: Kalite Kontrol Hücresi Kuyrukta Bekleyen Ortalama İş Sayısı	74
Şekil 7.60 : Seçenek 1: Kalite Kontrol Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi	74
Şekil 7.61 : Seçenek 2: Kol-Arka Hücresi Bitirilen Kol Sayısı	77
Şekil 7.62 : Seçenek 2: Kol-Arka Hücresi Kuyrukta Bekleyen Ortalama İş Sayısı ..	77
Şekil 7.63 : Seçenek 3: Kol-Arka Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi	77
Şekil 7.64 : Seçenek 2: Montaj Hücresi Ortalama Bitirilen Gömlek Sayısı	78
Şekil 7.65 : Seçenek 2: Montaj Hücresi Kuyrukta Ortalama Bekleyen İş Sayısı	78
Şekil 7.66 : Seçenek 2: İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi	78
Şekil 7.67 : Seçenek 2: Kalite Kontrol Hücresi Günde Ortalama Bitirilen Son Ürün: Gömlek Sayısı	79
Şekil 7.68 : Seçenek 2: Kalite Kontrol Hücresi Kuyrukta Bekleyen Ortalama İş Sayısı	79
Şekil 7.69 : Seçenek 2: Kalite Kontrol Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi	79
Şekil 7.70 : Seçenek 3: Yaka Hücresi Günde Ortalama Bitirilen Yaka Sayısı	81
Şekil 7.71 : Seçenek 3: Manşet Hücresi Kuyrukta Bekleyen Ortalama İş Sayısı	82
Şekil 7.72 : Seçenek 3: Yaka Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi ...	82
Şekil 7.73 : Seçenek 3: Manşet Hücresi Günde Ortalama Bitirilen Manşet Sayısı ..	83
Şekil 7.74 : Seçenek 3: Manşet Hücresi, Kuyrukta Ortalama Bekleyen İş Sayısı	83
Şekil 7.75 : Seçenek 3: Manşet Hücresi, İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi	83
Şekil 7.76 : Seçenek 3: Ön-Cep Hücresi Günde Ortalama Bitirilen Sol Ön Sayısı ..	84
Şekil 7.77 : Seçenek 3: Ön-Cep Hücresi Günde Ortalama Bitirilen Sağ Ön Sayısı ..	84
Şekil 7.78 : Seçenek 3: Ön-Cep Hücresi Kuyrukta Ortalama Bekleyen İş Sayısı	84
Şekil 7.79 : Seçenek 3: Ön-Cep Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi	85
Şekil 7.80 : Seçenek 3: Montaj Hücresi Günde Ortalama Bitirilen Ara Ürün Gömlek Sayısı	85
Şekil 7.81 : Seçenek 3: Montaj Hücresi Kuyrukta Ortalama Bekleyen İş Sayısı (Adet)	86
Şekil 7.82 : Seçenek 3: Montaj Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi(Sn)	86
Şekil 7.83 : Seçenek 3: Kalite Kontrol Hücresi Günde Ortalama Bitirilen Son Ürün Gömlek Sayısı	86
Şekil 7.84 : Seçenek 3: Kalite Kontrol Hücresi Kuyrukta Bekleyen İş Sayısı	87
Şekil 7.85 : Seçenek 3: Kalite Kontrol Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi	87
Şekil 7.86 : Mevcut Durum İle Seçeneklerin Hücrelerdeki Bitirilen İş Sayısına Göre Karşılaştırılması	90
Şekil 7.87 : Mevcut Durum İle Seçeneklerin Hücrelerdeki Kuyrukta Bekleyen İş Sayısına Göre Karşılaştırılması	91
Şekil 7.88 : Mevcut Durum İle Seçeneklerin Hücrelerdeki Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresine Göre Karşılaştırılması	91
Şekil 7.89 : Mevcut Durum İle Seçeneklerin Tüm Hat Boyunca Bitirilen Ortalama Gömlek Sayısına Göre Karşılaştırılması	92
Şekil 7.90 : Mevcut Durum İle Seçeneklerin Tüm Hat Boyunca Toplam Kuyrukta Bekleyen İş Sayısına Göre Karşılaştırılması	92

Şekil 7.91 : Mevcut Durum İle Seçeneklerin Tüm Hat Boyunca Toplam Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresine Göre Karşılaştırılması	93
---	----

SEMBOL LİSTESİ

M_i	: “i.” makina
H_n	: “n” no’lu hipotez
σ	: standart sapma
s	: örnek hacmin standart sapması
n	: toplam örnek hacmi
j	: “lag” (aralık)
α	: anlamlılık düzeyi
X_i	: “i.” verinin değeri
$\bar{X}$	: verilerin ortalama değeri:
$\bar{\bar{X}}$	: ortalamaların ortalaması
k	: grup sayısı
$\sum$	: Toplam
$t_{\% \alpha}^{n-1}$	: “n-1”. dereceden $\% \alpha$ güven düzeyinde t-kritik değeri
z^*	: standart normal dağılım eğrisinden okunan z^* kritik değeri

TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE BENZETİM TEKNİĞİ İLE ÜRETİM HATTI MODELLEMESİ VE UYGUN İŞ AKIŞ STRATEJİSİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Türkiye’de tekstil sektörü incelendiğinde, uzun bir dönem en kârlı, en aktif konumda yer alan sektörde meydana gelen son zamanlardaki gelişmeler, üretim ve ürün pazarlama gibi mevcut yapıda değişikliklerin gerekli olduğunu göstermiştir.

Ucuz işçilik ve düşük üretim maliyetleriyle Çin, dünya tekstil endüstrisinde acımasız bir rekabet ortamı yaratmıştır. Müşterinin talebini zamanında karşılayabilmek için, tekstil üreticileri kendi üretim ve pazarlama stratejilerine önem vermesi gerektiği açıktır. Pazarlama stratejilerinden ayrı olarak Çin’in ucuz işgücü ve düşük üretim maliyetleriyle rekabet edebilmek için, tekstil şirketlerinin üretim-geliştirme çalışmalarına önem vermesi kaçınılmazdır. Tekstil sektöründe en fazla işgücü gerektiren ve karmaşık bir yapıya sahip olan konfeksiyon işletmelerinin düşük verimlilik, ürün miktarının azlığı ve üretim planlamanın zorluğu gibi sorunları vardır.

Bu çalışmada işgücü yoğun olan özel bir konfeksiyon işletmesinin gömlek dikim hattı ele alınmış, darboğaz noktaları belirlenip bu noktalara tezgah, işçi eklemeli çıkarma kararlarıyla hattın dengelenmesi ve alınacak yatırım kararlarına destek olacak önerilerin sunulması amaçlanmıştır. Bunun için öncelikle işletmede iş-zaman etüdü yapılmış, gerek kayıtlardan gerek iş-zaman etüdünden elde edilen veriler istatistiksel testlere tabii tutulmuştur: Bağımsızlık Testi, Teorik Dağılımlara Uygunluk Testi ve Kolmogorov-Smirnov Testi. Elde edilen verilerle kurulan modelin geçerliliği sınanmıştır. İkinci olarak üretim hattındaki darboğaz noktaları belirlenmiştir. Darboğazları elimine etmek için olası senaryolar, çeşitli “what-if” analizleriyle yatırım kararlarını desteklemek için şirket yöneticisine sunulmuş ve son olarak bulunan sonuçlar tartışılmıştır. Modeli kurmak için ENTERPRISE DYNAMICS simülasyon programı kullanılmıştır.

PRODUCTION LINE MODELLING IN TEXTILE INDUSTRY BY SIMULATION and DETERMINATION OF SUITABLE JOB FLOW

SUMMARY

Textile sector had been the most profitable and active sector in Turkey for a long time; however, lately affairs have pointed out that revisions should be done at the ongoing structure, such as production and marketing strategies.

With the low production costs due to the cheap labour, China textile industry have caused a cruel competition in the world textile industry. In response to consumer demand, textile producers have had to renovate their production development and marketing efforts. Apart from marketing efforts, in an effort to combat with Asian textile industry, the companies have to develop their production strategies. In textile industry, the complex production is occurred on apparel production (clothing manufacturing), since apparel production is a labour-intensive so that low productivity, and difficulties in production control.

In this study; to analyze labour-intensive production strategies, a shirt production line has been considered for simulation model to test investment strategies of a specific company. Firstly, the statistical tests of the real data taken from job floor by time studies are performed: Independence tests, distribution fit and Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. Then the real data is entered to simulation model for testing the validity of model. Secondly, bottlenecks in the production line are determined. To eliminate them, possible scenarios are tried by various what-if analyses for suggest investment strategies to company administrator and finally, the results of surveys are given and discussed. To set up the model, ENTERPRISE DYNAMICS simulation program is used.

1. GİRİŞ

Tekstil ve konfeksiyon endüstrisi, Türk ekonomisinin lokomotif sektörüdür. Uluslararası alanda, Türk Tekstil ve konfeksiyon endüstrisi, ABD ve Avrupa ülkelerinin tekstil ve hazır giyim tedarikçisi olarak büyük öneme sahiptir.

Ancak, dünyadaki değişen pazar koşulları nedeniyle, ülkemizdeki konfeksiyon ihracatçılarının uluslararası rekabet güçleri gittikçe azalmaktadır. Standart ürün tiplerinin üretimi, Türkiye'ye rakip olan çok sayıda azgelişmiş ülkeye kaymaktadır. Bu doğrultuda ülkemiz sanayinde tekstil sektörünün geliştirilmesi, tıpkı diğer sektörlerde olduğu gibi gelişen teknolojileri takip etmekle mümkün olacaktır **(Kalaoğlu, 2003)**.

Tekstil sektöründe en fazla işgücü gerektiren ve karmaşık bir yapıya sahip olan konfeksiyon işletmelerinin düşük verimlilik, ürün miktarının azlığı ve üretim planlamanın zorluğu gibi sorunları vardır. Bu sorunlar çerçevesinde gerek üretim sistemi performansının artırılmasını sağlayacak önerilerin değerlendirilmesi, gerekse sistemin organizasyon açısından incelenmesinde kullanılabilecek yöntemlerden biri benzetim tekniğidir.

Üretim sistemlerinde benzetim; sistem tasarımı, analizi ve yönetiminde sistemin dinamik ve karmaşık yapısını basitleştirerek, bilgisayar modeli ile sistem iyileştirme çalışmalarını sağlayan önemli bir karar destek aracıdır. Özellikle de, üretim hatlarının dengelenmesinde ve hatlarda verimliliğin artırılması çalışmalarında benzetim tekniğinden yararlanmak, yapılacak yatırımın faydalı olup olmayacağına karar vermek açısından yatırımcıya bir fikir vermektedir.

1.1 Tezin Amacı

Konfeksiyon işletmelerindeki dikim hatları, çok fazla işgücü gerektirdiğinden işletmelerde verimin en düşük olduğu bölümdür. Atölye ortamındaki belirsizlikten dolayı üretim planlamanın zor olması, konfeksiyon imalatının hızını ve verimliliğini etkilediğinden dikim hatlarında darboğaz işleminin araştırılması ve çözüm

önerilerinin ortaya koyulması gerekmektedir. Bu doğrultuda dikim hatlarını dengelemek, işçi maliyetlerini de göz önünde bulundurarak yatırım kararları alabilmek için çalışmada benzetim tekniğinden yararlanmak hedeflenmiştir.

Yapılan çalışma, VAKKO Tekstil A.Ş' de gerçekleştirilmiş olup üretim birimi olarak konfeksiyon işletmesi gömlek dikim hattı seçilmiştir. Gömlek dikim hattının seçilmesinin sebebi işletmedeki en fazla işgücü gerektiren hat olması ve bunun sonucunda bu hatta verimin düşük olmasıdır. Dikim hattındaki karmaşık iş akışı, beklemlerin yaşanmasına, ara stokların fazla olması gibi sorunlara neden olmakla beraber darboğaz problemini ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmayla VAKKO Tekstil A.Ş gömlek dikim hattının darboğaz noktaları belirlenip bu noktalara tezgah, işçi ekleme-çıkarma kararlarıyla hattın dengelenmesi ve alınacak yatırım kararlarına destek olacak önerilerin sunulması amaçlanmıştır.

1.2 Literatür Araştırması

Literatür araştırması olarak, üretim sistemlerinde darboğaz problemleri ve benzetim yoluyla analiz çalışmaları genel hatlarıyla incelenmiş bununla beraber tekstil-konfeksiyon endüstrisinde hat dengeleme problemleri için ne gibi çalışmalar yapılmış araştırılmıştır.

Demirci (1993), yaptığı çalışmada, atölye tipi üretim sistemi özelliği gösteren herhangi bir atölyenin benzetim tekniği ile incelenmesine olanak sağlayan ve yöneticiye karar verme aşamasında yardımcı olan bir benzetim paketi geliştirmiştir.

Shroer ve diğ.(1984), siman benzetim dilini kullanarak bir üretim sisteminin dengede çalıştırılabileceği minimum stok düzeyini istenilen üretim düzeyle karşılaştırarak bulmaya çalışmışlardır. Simülasyon deney sonuçları, sistemdeki yarı mamul stoğu artırmanın üretim oranını belirli bir düzeye kadar artırabileceğini, azaltmanın ise belirli bir düzeyin altında sistemi dengesizliğe yönelteceğini göstermiştir. Fallon ve Browne (1987), siman benzetim dilini kullanarak çalışmada, hazırlık zamanları ile yığın büyüklükleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Montajı yapılan parçanın çevrim zamanının ve çıktı miktarlarının, yüksek hazırlık zamanları ve düşük yığın büyüklükleriyle olumsuz yönde etkilendiği gösterilmiştir. Kung ve Changchit (1989)'in çalışmalarında, elektrik devreleri üreten bir montaj hattında ele alınan performans ölçütlerini; sistem kullanımı, kuyruk uzunlukları, üretim miktarı,

ortalama akış zamanını Witness benzetim dilini kullanarak incelemiştir (Ertay,1995).

Araz (1992) çalışmasında atölye tipi üretim için yatırım kararlarını sınavan ve benzetim tabanlı karar destek mekanizması olarak çalışan bir uzman sistem programı geliştirmiştir.

Arakawa ve diğ.(2003), çalışmalarında atölye tipi üretim için kapasite düzenlemesi fonksiyonunu içeren iş çizelgeleme metodunu kurdukları benzetim modelleriyle sunmuşlardır.

Wengi ve Aihua (2004), yaptıkları çalışmada, atölye tipi çizelgeleme problemlerinde yayılma süresi en küçükleyen çözüm yöntemlerini araştırmışlardır. İş hazırlama sürelerinin neden olduğu darboğaz için çözüm yöntemleri geliştirmişlerdir.

Dengiz (1994), çalışmasında baskılı devre üreten bir elektronik endüstrisini Slam II benzetim dilini kullanarak incelemiştir. Performans ölçütü olarak, her istasyonda kullanılacak optimum kanban sayısı, optimum parti büyüklüğü, prosesler arasında transfer edilecek yığın büyüklüğünün ne olması gerektiğini araştırmıştır (Ertay, 1995)

Gonzales ve Rios (1997), bir hastanenin poliklinikleri önünde meydana gelen yığılmalara benzetim tekniğiyle çözüm aramışlardır. Hastaneden topladıkları tedavi süresi, kayıt işlem süresi gibi verileri kullanarak poliklinikler önünde meydana gelen darboğaza, benzetim tekniği yardımıyla çözüm üretmişlerdir.

Li ve Shaw (1998), atölye tipi üretim çizelgeleme problemlerinde makine bozulmalarının yada bakım gerektiren durumlarında dikkate alınması gerektiğini vurgulamışlardır. Çalışmalarını AWESİM simülasyon programıyla gerçekleştirmişlerdir.

Varela ve diğ.(2003), atölye tipi üretimde darboğaz problemlerinin çözümü için genetik algoritma yöntemini kullanarak mevcut problem için optimum çözüm aramışlardır.

Sandıkçı ve Sabuncuoğlu (2005) çalışmasında sürekli simülasyonda ısınma evresinin değişimini; işlem süresi, sistem büyüklüğü, sistemin güvenilirliği, darboğaz oluşumu gibi performansı etkileyen faktörlerle seri üretim ve atölye tipi üretim için incelemiş ve karşılaştırmıştır.

Üstün (2005), çalışmasında bir fabrikadaki talaşlı imalat atölyesinin benzetim modelini Avesim benzetim dilini kullanarak kurmuştur. Model yardımıyla atölyenin darboğaz oluşumunu önleyecek yatırım stratejilerini incelemiştir.

Appelqvist ve Lehtonen (2005), yaptıkları çalışmada bir çelik fabrikasının üretim çizelgeleme problemini ele almışlardır. Bunun için üretim hattındaki temel kısıtları dikkate alarak C++’da bir algoritma yazmışlar ve bunu Delmia simülasyon programı Quest 5.3 ile modellemişlerdir. Darboğazların belirlenmesiyle kararlar alınmış ve alınan kararlarla fabrikanın verimi ve sonuç olarak yıllık kapasitesi arttırılmıştır.

Konfeksiyon işletmelerinde hat dengeleme çalışmalarının bazıları aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Cocks ve Harlock (1989), çalışmasında herhangi bir konfeksiyon işletmesinin dikim bölümünün üretimini modellemek için Fortran 77’de bir simülasyon programı yazmıştır. Programda dikim bölümündeki işlemler, makineler ve yaptığı işler, çevrim zamanları, iş sıraları, sistemdeki iş miktarı tanımlanmıştır. Örnekle programın işlevi kullanıcılara tanıtılmıştır.

Chan ve diğ.(1997), gömlek üretim hattını genetik algoritma yardımıyla dengelemeye çalışmışlardır.

Fozzard ve diğ.(1996), konfeksiyonda akış hatlarının benzetim modelini kurarken, operatorun boş kalma süresi, makine beklemeleri-bozulmaları, işlem süreleri gibi kriterlerin de göz önüne alınması gerektiğini, hat denetleyicisinin rolünün de modeli kurarken önemli olduğunu fakat bunun modele aktarılmasının çok karmaşık olduğundan bahsetmiştir.

Hui ve Ng (1999), çalışmasında konfeksiyon üretim hatlarında işlem sürelerinin çok fazla değişiklik gösterdiğini bu durumun özellikle de makine hızı, kumaş ve yardımcı malzemelerin özellikleri, ürün için kalite parametreleri gibi değişkenlerden kaynakladığını belirtmiştir. Bir gömlek üreten konfeksiyon işletmesinde üretim hattının dengelenmesinde çalışarak bu durumu kanıtlamıştır.

Choi ve Ko (2005), çalışmasında simülasyon ve animasyondan giysi tasarımı yararlanmıştır. Giysi tasarımıdaki üç teknik boyutu; tasarım, tasarımın üç boyutlu olarak bilgisayara aktarımı ve renk çözünürlüğünü örneklerle incelemiş ve simülasyonun üretim hızına etkisinden bahsetmiştir.

Caputo ve Polumbo (2006), jean üretimi yapan bir işletmenin üretim hattını Kilbridge ve Wester, yöntemiyle dengelemiş bunun sonucunda alınacak yatırım kararları için bir fizibilite çalışması yapmıştır.

Zielinski ve Czacherska (2004), bir konfeksiyon işletmesinin dikim hattının optimizasyonunu sağlamak amacıyla boş zamanları en küçükleme kriterini ele almışlardır. Hattın verimliliğini maliyetler kısıdı altında Group Witness simülasyon programı kullanarak artırmaya çalışmışlardır.

Rajakumar ve diğ.(2005), 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 rasgele, kısa işlem süresi önce ve uzun işlem süresi önce kombinasyonlarını kullanmıştır.

Literatür araştırmalarında da görüldüğü gibi, atölye tipi üretimde darboğaz problemleri belirlenmiş çözüm için matematiksel modellerden yada benzetim tekniğinden yararlanılmıştır. Söz konusu üretim sistemlerinde tezgah yetersizliği, makine arızası, bakım, işçi beklemleri gibi sorunlardan kaynaklı darboğazlar ele alınmış, verimliliği artırmak için öneriler geliştirilmiştir. Ayrıca benzetim tekniğiyle yatırım kararları da desteklenmiştir.

2. ÜRETİM SİSTEMLERİ

2.1 Üretim Kavramı ve Üretim Yönetimi

En genel bakış açısı ile üretim “ekonomik değeri olan mal veya hizmetlerin oluşturulmasını sağlayan faaliyetler bütünü” olarak tanımlanabilir. Burada önemli olan üretim sonunda ortaya çıkan mal veya hizmetin ekonomik bir değerinin olması ve/veya bir yarar yaratmasıdır **(Tanyaş ve Baskak, 2003)**.

Genel olarak yapılan bu tanımın yanı sıra çeşitli bilim dalları üretimi, kendi açılarından farklı şekillerde tanımlamışlardır. Mühendisler, üretimi belirli bir fiziksel varlık üzerinde, onun değerini artıracak bir değişiklik yapmayı yada hammadde ve yarı mamul maddeleri, bir mamul haline dönüştürme olarak tanımlamaktadır **(Tekin,1996)**. Ekonomistler ise üretimi bir fayda meydana getirilmesi şeklinde düşünürler. Bu iki tanımdan da anlaşılacağı gibi üretim içeriği çok geniş olmasına karşın, ana amacı topluma değer yaratmak olan bir fonksiyondur **(Acar,1996)**.

Eğer amacı topluma değer yaratmak olan öğeler topluluğu var ise ve bunlar birbirleri ve çevresi ile, süreçlere dayalı etkileşim içindeyse bir sistemden bahsetmek mümkündür. Üretim sistemi bir dönüştürme sürecidir. Temel olarak bir üretim sisteminde üç ana eleman mevcuttur. Bunlar girdi, dönüştürme süreci ve çıktıdır. Temel girdiler;

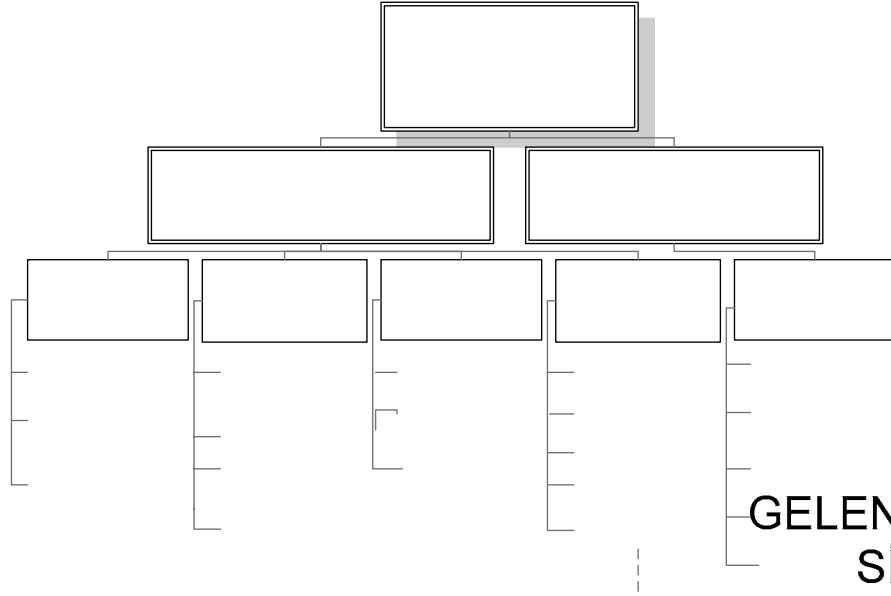
-Doğa (toprak, madenler, su, hava)

-Emek (işgücü)

-Sermâye

Bununla birlikte hızla artan dünya nüfusu ve gelişen teknoloji ile rekabetin artması, üretim kaynaklarının verimli kullanılması gereksinimi ve üretim sistemlerinin karmaşıklaşması gibi etkenlerden dolayı yönetim öğesinin de üretim etmeni olarak düşünülmesi yanlış olmaz.

Üretim yönetimi, işletmenin istenilen ürünü, istenilen miktarda, zamanında ve en uygun maliyetle üretecek şekilde elinde bulunan malzeme, makine ve insan gücü

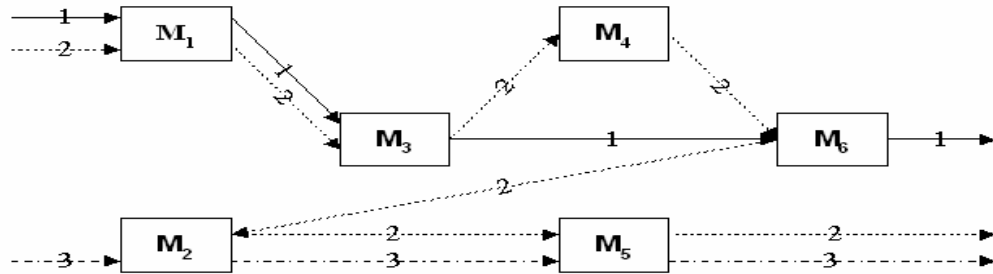


Şekil 2.2 : Üretim sistemlerinin sınıflandırılması

Şekil 2.2’ de görüldüğü gibi çalışmada ilgi alanımıza giren üretim sürecine göre sınıflandırmayı veya ürün cinsine göre sınıflandırmamızda da, tekstil ürünleri üretimini ele alacağız.

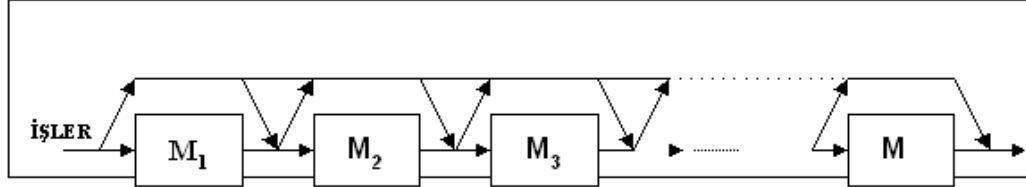
Üretim sürecine göre üretim sistemleri üç farklı şekilde incelenmektedir:

Sipariş Tipi Atölye (Job Shop): Bu tip üretimde daha çok genel amaçlı takım tezgâhları kullanılır. Sisteme giren farklı siparişler, kuyruğa alınmak üzere boş makinelere atanır. İşlerin sürekli makinelerle atandığı durumda, makina kullanım oranı çok yüksek seviyededir. Buna rağmen karmaşık iş akışı süreç içi stoklara, kuyrukta beklemelere sonuç olarak üretim süresinin uzamasına neden olmaktadır. Beklemelerin, ve çevrim süresinin arttığı bu üretim sisteminde maliyet de artmakta bununla beraber kaliteden de düşüş gözlemlenmektedir (Şekil 2.3.)



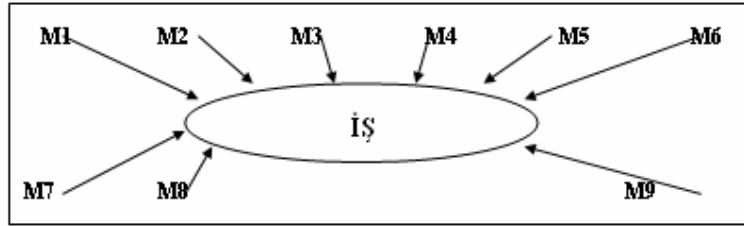
Şekil 2.3 : Sipariş tipi atölye sistemi

Akış Tipi Atölye (Flow Shop): Bu sistemde hatta hammadde veya yarı ürün olarak alınan malzemeler, makinalara ardışık olarak sırayla girerler ve hattı işlemleri tamamlanmış veya ürün olarak terk ederler. Üretim sırasında her tezgahın işlemi için belirli süre ayrılmıştır. Hatta beklemler işlemler arasındaki farklardan dolayı kaynaklanmaktadır. Bunun için de hat dengeleme çalışmaları yapılır (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4 : Akış tipi atölye sistemi

Sabit Konumlu Atölye: Bu sistemde çalışılan ürün büyüklüğü üretim sisteminin sınıflandırılmasında etkindir. Genelde uçak, lokomotif, gemi, tünel, köprü vs. gibi büyük ve taşınması maliyet gerektiren ürün üretimi gerçekleştirildiğinden her türlü üretim etmeni ürünün yanına getirilir. Yani ürün sabittir (Şekil 2.5.).



Şekil 2.5 : Sabit konumlu atölye sistemi

İşletmelerde, üretim tiplerini birbirinden ayırmak zordur. Birkaç üretim tipi işletme içinde bir arada bulunabilmektedir. Fakat üretim tipinin doğru belirlenmesi, yapısal çeşitlilikten kaynaklanan sorunların çözümünde planlama ve kontrol çalışmaları için faydalı olmaktadır (Tanyaş veBaskak, 2003).

2.3 Akış Hatları

Sürekli (Serî) üretim sistemlerinin uygulandığı işletmelerdeki üretim hatları, akış hatları olarak düşünülebilir. Bir akış hattında, tek bir ürün veya aynı ürünün benzer modelleri -farklı işlem sırasıyla- üretilebilir.

Akış hattının verimli bir şekilde işleyebilmesi için, hattı oluşturan istasyonlardaki iş yükleri dengeli bir şekilde dağıtılmalıdır. Ayrıca seri üretimin özelliği gereği istasyonlar birbirlerine bağımlıdır bu da sistem içinde herhangi bir aksamada sistemi

kilitlenmesine sebep verir. Bundan dolayı sistem içinde bakım, malzeme ve kalite plânlamasının etkili bir şekilde uygulanması gerekir.

Kitle üretimini kesikli serî üretim, proses tipi üretimi de sürekli serî üretim olarak düşünebiliriz. Kesikli seri üretim akış hatları kendi içinde ikiye ayrılır:

a) Transfer Hatları: Genel olarak; transfer donanımı ile birbirine bağlanmış otomatik îmalat makina serilerinin oluşturduğu üretim hatları, transfer hatları olarak adlandırılır.

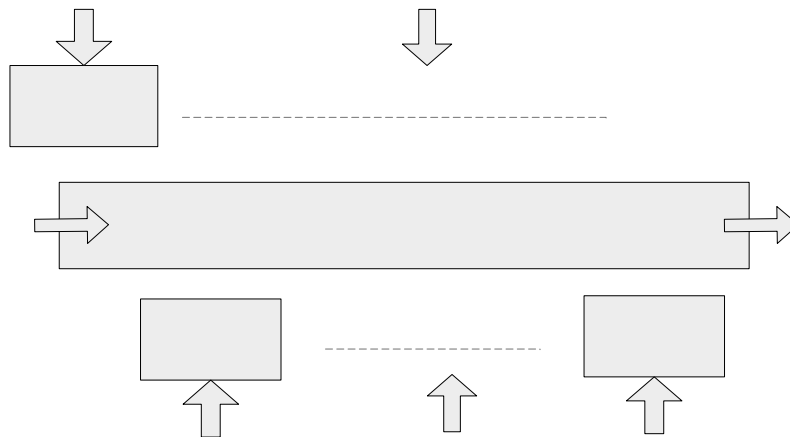
b) Montaj Hatları: Bu hatların en belirgin özelliği, malzemelerin hat boyunca işgücünden yararlanılarak işlenmeleri ve bu işlemlerin de yine bir hat boyunca sıralanmasıdır (**Baskak, 2006**).

3. MONTAJ HATLARININ DENGELENMESİ

3.1 Montaj Hatları ve Hat Dengeleme Kavramı

Montaj kavramını; Wang ve Li, “karmaşık ürünleri oluşturan alt ürünler arasında bir bağlantı” olarak ifâde etmiştir. Delchambre ise montajı şu şekilde tanımlamıştır: “Bir makinanın veya başka bir nesnenin alt parçalarının düzgün bir şekilde bir araya getirilmesi sürecidir.”(Baskak, 2006).

Montajı yapılacak ürünün hattı tasarlandığında, ürünün yapılacak işlemleri arasında süre farklarının dengelenmesi problemi ortaya çıkar. İşte ürün oluşumu sırasında yapılması gereken işlerin, montaj istasyonlarına, kayıp süreleri en aza indirecek şekilde atanması olayına montaj hattı dengeleme denmektedir. Şekil 3.1 ‘da örnek bir montaj hattı şeması görülmektedir. **(Tanyaş ve Baskak, 2003).**



Şekil 3.1 : Örnek bir montaj hattı şeması

Bir montaj hattının kurulmasında ulaşılması gereken amaçlar şunlardır:

- Düzenli bir malzeme akışını sağlamak
- İnsan gücü ve tezgah kapasitelerini en üst düzeyde kullanmak
- İşlemleri en kısa sürede tamamlamak
- Montaj hattı üzerindeki iş istasyonu sayısını enazlamak

-Boş(atıl) süreleri enazlamak

-Atıl süreleri, iş istasyonları arasında düzgün şekilde dağıtmak

-Üretim maliyetlerini enküçükmek

Fakat yukarıda saydığımız amaçların hepsini birden gerçekleştirme olanağımız mümkün değildir bu doğrultuda hat dengelemedeki amacımız en uygun şekilde kısıtları ve yukarıdaki kriterleri göz önüne alarak hattı dengelemek olacaktır (**Tanyaş ve Baskak, 2003**).

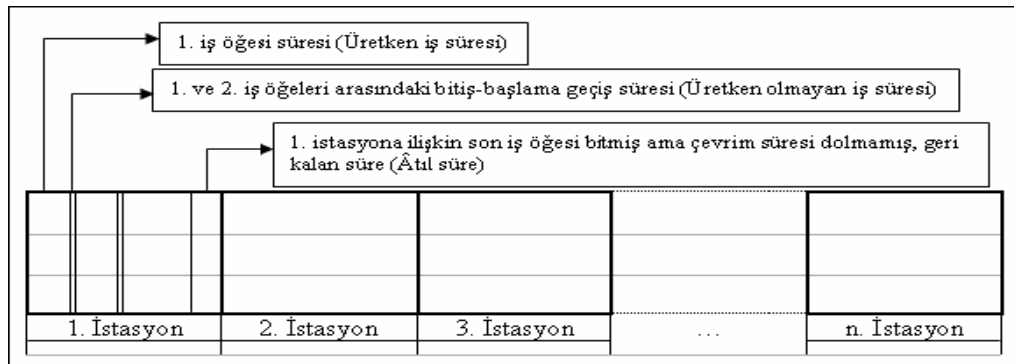
3.2 Montaj Hatlarının Dengelenmesini Etkileyen Temel Unsurlar

Montaj hattını dengelemeyi etkileyen temel kısıtlar birincil ve ikincil kısıtlar olmak üzere ikiye ayrılır:

3.2.1 Birincil Kısıtlar

a) Çevrim Süresi: Çevrim süresi (cycle time), montaj hattında, ürünün bir istasyonda kalabileceği en büyük süre veya bir iş istasyonundaki işçinin o istasyonda yapılması gerekli işleri tamamlaması için gerekli süre olarak tanımlanabilir. Bir istasyona atanan iş öğelerinin süreleri toplamı, çevrim süresini aşamaz. Ardışık öğeler için iş tamamlama ve başlatma arasında belirli bir süre geçer ve bu süreler üç ana alt süreye ayrılabilir: Üretken iş süresi, üretken olmayan iş süresi, atıl süre. Bunlar Şekil 3.2.'de gösterilmiştir (**Baskak, 2006**).

b) Öncelik İlişkileri: Montaj işleminin yapılabilmesi için bazı iş öğelerinin bazı iş öğelerinden önce ve sıraya uyarak yapılması gerekmektedir. Söz konusu iş öğelerinin istasyonlara atanmaları, bu öncelik ilişkileri gözetilerek yapılmalıdır aksi takdirde montaj işlemi eksik veya yanlış sırada işlerin yapılması nedeniyle gerçekleşemez.



Şekil 3.2 : n istasyonlu bir montaj hattında çevrim süresinin alt süreleri

3.2.2 İkincil Kısıtlar

Birincil kısıtların haricinde beş tane ikincil kısıt vardır. Bunlar aşağıda belirtilmiştir:

a) Konum Kısıtı: İşlemcinin hattaki konumu ile montajı yapılan nesnenin konumu arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. İşlemcinin montajı yapılacak ürünün etrafında hareket rahatlığı olmalıdır. Bu mesafe diğer donanımları ve işlemcileri kısıtlamayacak şekilde montaj hattı dengelemenin amaçları doğrultusunda ayarlanmalıdır.

b) Sabit Donanım Kısıtı: Tezgâhlar, test araçları gibi sabit donanımlar, montaj hatlarının bütünleşik parçalarıdır ve değiştirilemez istasyonları oluştururlar. Sabit donanım kısıtı, iş öğelerinin değiştirilebilirliğini azaltır.

c) İstasyon Yüğü: Bazı durumlarda istasyon yığı azaltılabilir. Özellikle, hattın başında olabilecek aksamaları, tüm hatta yansıtmamak için bu istasyonlarda çevrim süresinin %100'den az olması yeğlenebilir.

d) Aynı İstasyona Atanması İstenen İş Öğeleri: Bu özelliğe sahip işlerin, aynı veya birbirlerini izleyen istasyonlara atanması gereklidir. Örneğin, özel aygıt kullanımını gerektiren iki iş öğesinin aynı işçi tarafından yapılması, ikinci bir aygıt gereksinimini ortadan kaldıracağı için, istenilen bir durumdur.

e) Aynı İstasyona Atanmaması İstenen İş Öğeleri: Bazı işlerin diğer bazı işlemlerle aynı istasyona atanması istenmez. Örneğin, hassas bir ölçüm işlemi ile titreşimi yüksek bir işlemin aynı istasyonda yapılması düşünülemez (**Tanyaş ve Baskak,2003**).

3.3 Montaj Hatlarında Darboğaz Araştırması

Üretim sistemlerinin önemli problemlerinden biri olan darboğazın araştırılmasında izlenecek yöntem ve sıranın belirlenebilmesi amacı ile üretim faktörleri (malzeme, makina, işgücü, yöntem) ayrımından yararlanılabilir (**Üstün, 2005**).

-Malzeme darboğazı araştırması; hammadde, yarı mamul, mamul ve yardımcı maddeleri kapsar.

-Makina darboğaz araştırmasına üretime katkıda bulunan tüm makina ve donanımlarla birlikte her türlü araç, kontrol ve ölçüm cihazları dahil edilir.

-İnsan darboğaz araştırmasında, işletmede insana ilişkin tüm problemler, iş gören ve yönetici performansları ve aralarındaki ilişkiler göz önüne alınır.

-Yöntem darboğaz araştırması içinde ise teknik ve örgütsel planlama, düzenleme, maliyet kontrol ve yatırım gibi yönetim sorunları ele alınır.

Çalışmada ilgi alanımıza giren makina darboğazı ile ilgili kriterlerin, belirtileri ve çözüm önerileri Tablo3.1’de görülmektedir (Top, 1996).

Tablo 3.1 : Makina darboğazı ile ilgili kriterlerin belirtileri ve çözüm önerileri

BELİRTİLER	ÖNERİLER
- Arzu edilen kalitede üretim olmaması eksik veya fazla üretim - Az veya çok otomasyon - Esnek olmaması - Çok yer kaplaması - Ömrünün kısa olması - İşletmenin gelecekte öngörülen gelişmelerine uygun olmaması - Demode olması , yeterli olmaması - Yeterli hızda çalışmaması - Çok teferruatlı olması - Yüksek enerji sarfıyatı	- Benzer makinalar için pazar araştırması - Teknoloji karşılaştırması
Yüksek fire	Fire kontrolü ve analizi yapmak
Düşük verimlilik yetersiz veya atıl kapasite	Uzun vadeli yatırım üretim ve kapasite planları ve bunlarla ilgili kuralları belirlemek (Yöneylem Arş. Tekn.)
Emniyetli olmaması sık sık kazaya neden olması	- Otomatik arıza bildirim ve ikaz cihazları ilave etmek - İş güvenliği için eğitim
- Yeterli ara stok yeri imkanına sahip olmaması - Nakliye zorluğu - Hazırlık zamanının yüksek olması	Özel konstrüksiyonlar geliştirmek (üretimin sürekliliği, ara stokların azaltılması ve kullanım kolaylığı gibi nedenler ile)
- Özel kalifiye elemana ihtiyaç göstermesi - Özel mekanlarda bulundurma zorunluluğu	Çalışanlara kalite veya kapasite kullanım prami vermek, iş yükünü düzenli hale getirmek
- Kullanma talimatlarının yeterli olmaması - Bağlantı imkanlarının kısıtlı olması	Model kısıtlamasına gitmek
Sağlığa zararlı dalga yayması, toz duman gaz, gürültü, aşırı ışık, aşırı soğuk, sıcak	Gerekli koruyucu teçhizatı ve elbiseleri sağlamak

Malzeme darboğazı ile ilgili uygulamada gözlemlenen kriterlerin, belirti ve çözüm önerileri Tablo3.2’de verilmektedir (Top, 1996).

Tablo. 3.2 : Malzeme darboğazı ile ilgili kriterlerin belirtileri ve çözüm önerileri

BELİRTİLER

3.4 Montaj Hattı Dengeleme Yöntemleri

3.4.1 Çözüm Yaklaşımına Göre Sınıflandırma, boyut, sağlamlık, parlaklık gibi özelliklerin eksikliği

Montaj hattı dengeleme yöntemleri çözüm yaklaşımına göre de farklı şekilde sınıflandırılır: Sezgisel yöntemler, analitik yöntemler ve benzetim tekniği

3.4.1.1 Sezgisel Bulgusal Yöntemler

- Mamulün kullanım değeri veya ömrü açısından şikayetler

Bu yöntemler, belirli bir yordamın (prosedürün) izlenmesi ve belirli varsayımların yapılması yoluyla, montaj hatlarının dengelenmesi konusunda yaklaşık çözüm

verirler. Yöntemlerin çoğunda, çevrim süresi sabit kabul edilerek istasyon sayısı ve buna bağlı olarak dengeleme kaybı enküçülenmeye çalışılır. Şimdiye kadar geliştirilen oldukça çok sayıda sezgisel yöntem vardır.

- Fazla fire, hatalı mamul sayısının çokluğu, farklı ağırlıklar, malzemede paslanma

Literatürde karşılaşılan bâzı sezgisel yöntemler aşağıda sıralanmıştır:

- Depoda yer sıkıntısı, stok fazlalığı veya eksikliği

-Konum ağırlıklı dengeleme tekniği (Helgeson-Birnle)

-Aşamalı sıralamayla çözüm (Jackson)

-Öncelik diyagramı ile çözüm (Hoffman)

-Aday matris ile çözüm (Salveson)

-COMSOAL tekniği (Arcus)

- İlişkili etkinlik yöntemi (Agrawal)
- İki aşamalı dengeleme tekniği (Moddie-Young)
- Kilbridge-Wester yöntemi
- Probabilistik hat dengeleme (Elsayed-Boucher)
- Raouf-Tsui-Elsayed yöntemi
- Gruplama yöntemi (Tonge)

Literatürde özellikle Jackson, Kilbridge-Wester ve Salveson'un geliştirdiği yöntemler ön plana çıkmaktadır (**Baskak, 2006**).

3.4.1.2 Analitik Yöntemler

Bu yöntemlere, optimizasyon yöntemleri de denilmektedir. E.H.Bowman tarafından geliştirilen doğrusal tamsayılı programlama, Talbot ve Patterson tarafından geliştirilen 0-1 tamsayılı programlama ve Karp-Held-Sharesian tarafından geliştirilen dinamik programlama yaklaşımları analitik yöntemlere örnektir. Yöntemler amaç fonksiyonu ve kısıtlardan oluşmaktadır. Fakat bu yöntemlerde işlem sayılarının artması çözümü karmaşıktır ve çözüme ulaşmak zor hale gelir. (**Tanyaş ve Baskak, 2003**).

3.4.1.3 Benzetim Tekniği

Herhangi bir sistemin işleyişi hakkında bir fikir elde etmek ve sistemin işleyişini değişik stratejilerle deneyip belirlemek için sistemin modelinin bilgisayar ortamında oluşturulmasına ve bu model aracılığı ile deneyler yapılmasına benzetim denir. Bu tekniğin uygulama alanları çok geniştir: Ekonomi, pazarlama, işletme, eğitim, politika, sosyal bilimler, davranış bilimleri, uluslararası ilişkiler, taşımacılık, enerji vb. (**Özkan, 2003**).

4. BENZETİM TEKNİĞİ

4.1 Benzetime Giriş

Her geçen gün rekabetin arttığı, piyasa koşullarının zorlaştığı günümüzde karmaşık süreç ve sistemlerin tasarlanmasında benzetim en güçlü analiz aracıdır. Çünkü benzetim; sistemde oluşabilecek risklere karşı sisteme yeterli esnekliği kazandırabilmek için sistemin işletiminden sorumlu kişilere çalışmalar yapma imkanı sunar (**Pektaş, 1995**).

Benzetim; sistemin davranışını tanıma teorisi veya hipotez kurma, kurulan teoriyi sistemin gelecekteki davranışlarını tahmin etmek için kullanmak şeklinde bir deneme veya uygulama tekniğidir (**Horoz, 1992**). Benzetim, sistem bileşenleri arasındaki ilişkiyi ve hareketleri hesaplayarak karmaşık imalat sistemlerinin davranışını kestirebilmektedir. Bundan dolayı yoğun rekabet sonucu olarak işletmeler, sistemlerinin içerdiği karmaşık etkileşimlerini görmek ve sistemlerinde belirli kararlara destek sağlamak için benzetimi dinamik bir analiz aracı olarak kullanmaktadırlar (**Pektaş, 1995**).

4.2 Benzetimin Avantajları ve Dezavantajları

Benzetimin avantajları:

- Sistemin modeli kurulduktan sonra, farklı durumları analiz etmede bir sınır yoktur.
- Öneri halinde olan ve verilerin detaylandırılmadığı durumlarda oldukça elverişli bir yöntemdir.
- Gerçek sisteme ilişkin veri benzetim modeliyle çok daha kolay ve ucuz elde edilir.
- Analitik yöntemlerle kıyaslandığında uygulanması daha kolaydır.
- Benzetim, analizciyi daha geniş kapsamlı düşünmeye, sistemlerinin evrimselliklerini öne çıkararak dinamik yapılarını incelenmeye zorlar
- Gerçek sistemi tahrip etmez.

-Karmaşık birbirine bağımlı ve değişken yapılar için rapor oluşturulabilir (**Nomak, 2002**).

Benzetimin dezavantajları:

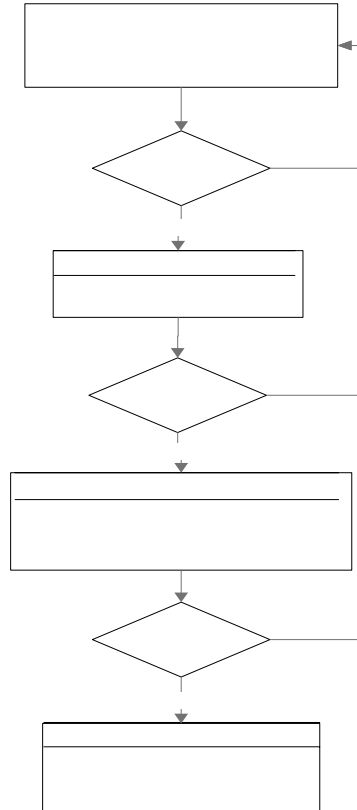
-Başlangıçta pahalı ve zaman alıcı olabilir.

-Kurulan modelin geçerliliği çok iyi test edilmelidir aksi durumda yanlış kararlara sebebiyet vererek istenmeyen maliyetler ortaya çıkarır.

-Sisteme etki eden önceden belirlenemeyen bozucu faktörler, makina ve diğer arızalardan dolayı incelenen sistemin yapısı deterministik değil stokastiktir. Bu nedenle çıkış analizinde, olayların incelenmesinde ve güvenilirlik sınırlarını belirlemede uzmanlık gerekir (**Uzmen, 1990**).

4.3 Benzetimin Aşamaları

Bir benzetim çalışması şekil 4.1'deki aşamaların gerçekleştirilmesiyle sağlanır (**Araz, 1992**).



Şekil 4.1 : Benzetim aşamaları

Benzetimin ilk aşaması olan problem tanımlanır ve sistem öğeleri belirlenir. Veriler belirli bir amaç doğrultusunda toplanır ve verilerin doğruluğu test edilir. Eğer toplanılan veriler doğruysa benzetim modeli kurulur değilse veriler tekrar düzenlenir. Kurulan modelin doğruluğunun kontrol edildiği aşamada oluşan hatanın bulunması için yapılan incelemede verilerde yanlışlık veya eksiklik olup olmadığı tespit edilir. Model kurmanın amacı tanımlanan sistem operasyonlarının geçerli gösterimini yapmaktır. Buna ek olarak çalışmanın amacını karşılamak için modelin istatistik ve grafiksel gösterimleri de verilmelidir. Modelin geçerliliği ve doğruluğu test edildikten sonra benzetim çalışmasında bir sonraki adım olan model ile denemelerin yapılması aşaması uygulanır. Denemelerde modeli tanımlayan bağımsız girdi değişkenleri değiştirilerek denemeler yapılır. Bu değişikliğin diğer bağımlı veya tepki değişkenlerine olan etkisi ölçülür ve ilişkilendirilir. Son olarak benzetim modelinin çalıştırılması sonucu elde edilen çıktılar incelenerek, istatistiksel analizleri yapıp sistem hakkında düşünülen değişiklikler sonuçlarıyla birlikte ortaya koyulur ve bu sonuçlara dayanarak gerçek sistemde geliştirme yapmak için önerilerde bulunulur (Üstün, 2005).

4.4 Benzetim Modeli

Benzetim modelini kurmadan önce giriş verileri gerçek sistemden alınan verilerin değerlendirilmesi sonucunda belirlenen dağılımlardan yola çıkılarak oluşturulur. Bilgisayar modellemesinde bu rastlantısal sayılar sayı üreteçleriyle üretilmektedir.

Veriler derlendikten sonra ele alınan sistem gerçek dünyadan soyutlanarak mantıksal akış modeli veya matematiksel modele dönüştürülür. Gerçek sistemin yerine geçecek olan modelin kurulduğu bu aşamada dikkat edilmesi gereken husus, modelin gereksiz ayrıntıları içermemesi ve yanlış sonuç ve yorumlara neden olacak genelleme ve varsayımlardan sakınılması gerektiğidir (Nomak, 2003).

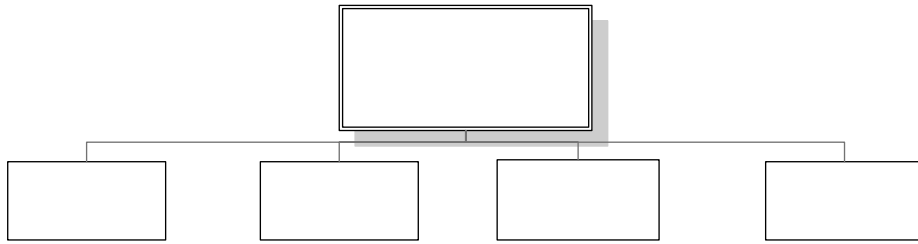
4.5 Model Doğrulama

Modelin gerçek sisteme uygunluğu benzetim çözümlemesinde önemli bir aşamadır. Benzetim modelinin doğru çalıştığının belirlenmesi için, model basitleştirilmiş varsayımlar altında ve basit verilerle çalıştırılır. Modelin geçerliliğin test edilmesi ise model çıktılarının gerçek değerlerle karşılaştırılmasıdır. Eğer model çıktıları gerçek

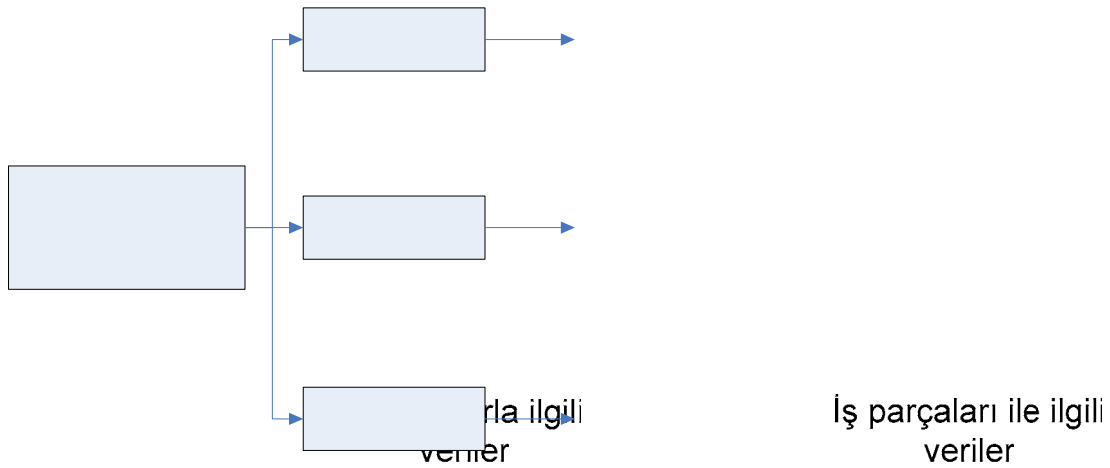
sistemle örtüşüyorsa, sisteme ait çıktılar yorumlanır. Sonuçların çıkartılması ve bulguların da ortaya koyulacak biçime dönüştürülmesiyle benzetim aşaması sona erer (Üstün, 2005).

4.6 Montaj Hatları ve Benzetim

Benzetim öncesi montaj hatlarından birçok veri elde edilmelidir. Bunlar tezgahlarla ilgili veriler, operatörlerle ilgili veriler, iş parçaları ile ilgili veriler, taşıma araçlarıyla ilgili veriler, depolama birimleri ve yardımcı birimlerle ilgili veriler olmak üzere şekil 4.2’ de görüldüğü gibi özetlenebilir (Araz, 1992).



Şekil 4.2 : Montaj hatlarında toplanması gereken veriler



Şekil 4.3 : Montaj hattı benzetiminde alınabilecek stratejiler

- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| Adı | Parça numaraları |
| · Tanıtım numarası | · Parça adları |
| · Sayıları | · Partii büyüklükleri |
| · Seçenek tezgah numaraları | · Teslim tarihleri |
| · Bakım, onarım süreleri | · İşlem sıraları |
| vb.olasılık dağılımlarının tipi | · İşlem göreceği tezgahlar |

4.7 Montaj Hatları Benzetiminde Stratejiler

Benzetim işleminin amacı, çeşitli stratejilerin model üzerinde denenmesi ve atölye davranışlarının incelenmesidir. Montaj hatlarında karar vermeyi destekleyecek ve benzetim modeli üzerinde uygulanabilecek çeşitli stratejiler şekil 4.3'deki gibi sınıflandırılabilir (Araz, 1992).

4.8 Benzetim Dilleri

Günümüzde montaj hattı ve diğer üretim sistemlerinin planlanması ve incelenmesi aşamalarında kullanılmak üzere özel amaçlı ve yüksek seviyeli benzetim dilleri geliştirilmiştir. Bilgisayar destekli benzetim modellerinin geliştirilmesinde; kesikli (discrete), sürekli (continuous) ve birleşik (combined) olmak üzere 3 ayrı yaklaşım kullanılmaktadır.

Kesikli (süreksiz) sistem benzetimi : Değişkenleri zamana bağlı olarak düzensiz bir şekilde değişen sistemlerin benzetimidir. Örneğin üretim sistemlerinin benzetimi gibi.

Sürekli sistem benzetimi : Değişkenleri zamana bağlı olarak sürekli değişen sistemlerin benzetimidir. Örneğin bir borudan sıvı akışı gibi.

Birleşik kesikli-sürekli sistem benzetimi: Bazı sistemlerdeki olaylar ne tamamen kesikli ne de tamamen sürekli. Bu durumda kesikli ve sürekli benzetimin her ikisini de temsil edecek bir model tasarlanır. Böyle modellerle yapılan benzetime birleşik benzetim denir (Law ve Kelton, 1982).

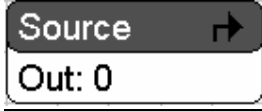
Kesikli-olay benzetiminde birçok olanak sağlayan ve çok amaçlı genel bir program olan Enterprise Dynamics Simulation Programı, bu çalışmada kullanılmıştır.

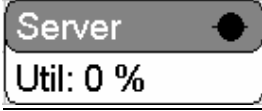
5. ENTERPRISE DYNAMICS BENZETİM DİLİ

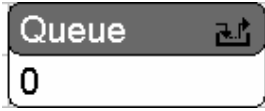
5.1 Enterprise Dynamics Temel Atomları

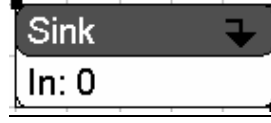
Modelimizi oluşturacak sistemdeki operasyonlara ait bazı temel atomlar aşağıda açıklanmıştır:

Product atom:  Bu atom Enterprise Dynamics programı içinde fiziksel akışların modellenmesi için kullanılan atomdur. Bu akışlar ürün, malzeme, evrak, kişiyi vs. temsil eder.

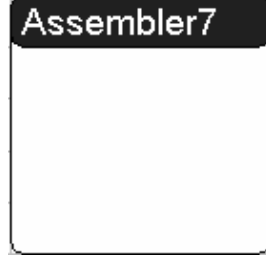
Source atom:  Source atomu ürünlerin belirli hızda modele girmesini sağlar. Modelde ürün, müşteri üreticisi vs. olarak tanımlanabilir. Ürünün kaç adet gireceği, hangi aralıklarla gireceği gibi bilgileri tanımlamamıza olanak tanır.

Server atom:  Bu atom operasyonların belirli bir zaman diliminde gerçekleşmesine yönelik çalışmaktadır. Örnek olarak makina işlem süreleri, müşteri işlem süresi gibi durumlar bu atom aracılığıyla modellenir. Hazırlık zamanı, işlem yapmadaki öncelik kriteri, çevrim zamanı gibi veriler bu atoma tanıtabileğimiz verilerdir. “%” olarak ifade edilen değer tezgah kullanım kapasitesini göstermektedir.

Queue atom:  Bu atomda işler servis görmek için beklerler. İş istasyonları boşsa işler direkt olarak gider ve servis görürler; dolu ise kuyruk atomunda beklerler. İşlerin işlemlerinin yapılmadan önce kuyruğa girmesini modeller. Bu atom aracılığıyla sistemde bekleyen kuyruk sayısı gibi veriler elde edilir.

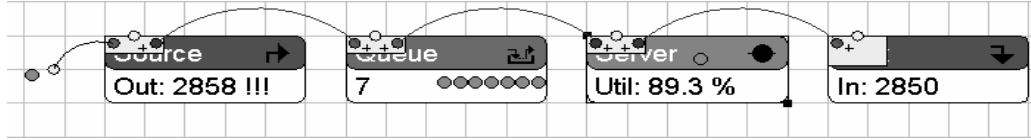


Sink atom: Product atom diye tanımladığımız ürünlerin sistemden çıkışına izin veren atomdur. Bu atomla benzetim sonlanmış olur.



Assembler atom: Montaj işlemini gerçekleştiren, parçaların kaç kaç birleştirileceğini tanımlamamıza olanak sağlayan atomdur.

Yukarıdaki atomlar birleştirilerek model oluşturulur. Örneğin Product, Source, Queue, Server ve Sink atomları birleştirilerek tek kuyruklu veya servisli bir üretim modeli oluşturulabilir (Şekil 5.1)



Şekil 5.1 : Basit bir üretim sisteminin modeli

Burada Source atomuna ürünün gelişler arası süresinin 10 saniye olduğu girilmiştir. Queue atomuna işlerin FIFO kuralı ile girdiği tanımlanmış ve Server atomuna ise çevrim zamanı $\exp(9)$ girilmiştir. Bu doğrultuda model 8 saat için çalıştırılmış ve şekil 5.1’de görülen sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında kuyrukta bekleyen iş sayısının 7 adet olduğu, tezgah kullanım kapasitesinin %89.3 olduğu, giren ürün sayısının 2858 ve çıkan ürün sayısının ise 2850 olduğu gözlenmiştir. Bu sonuç belirli bir zaman diliminin göstergesidir. Burada programın farklı yönleri kullanılarak çeşitli analizlere gidilebilir. Örnekle sadece açıklanmak istenen programın basit olarak nasıl işlediğidir. İleride çalışma ile ilgili olarak çeşitli analizlerin nasıl yapıldığına değinilecektir.

6. KONFEKSİYON İŞLETMELERİ ve ÜRETİM PLANLAMA

6.1 Üretim Planlama ve Kontrol Kavramı

Üretim planlama ve kontrol; istenilen ürünün, istenilen özellikte, miktarda, zamanında üretilmesini ve teslimini gerçekleştirecek faaliyetlerin düzenlenmesidir. İyi bir üretim kontrolü sistemini oluşturabilmek için, fabrikada yapılacak her türlü işlere ne zaman başlanıp, ne zaman bitirileceğinin saptanması, fabrikadaki alet ve tesislerin kapasitelerinin bilinmesi, her iş için ne kadar hammadde ve malzeme için bulundurulacak stok miktarının saptanması, iyi bir kalite kontrol sisteminin bulunması ve fabrikada yapılan işlerin sürekli kontrol edilerek planlarla karşılaştırılması gerekir (**Hatiboğlu, 1996**).

Çok çeşitli parça ve hammadde kullanan, çeşitli ürünler üreten, küçük parti siparişlerle çalışan, montajın çok önemli olduğu şirketlerde üretim planlamanın önemi ve zorluğu ön plana çıkar. Böyle şirketlerde montaj hattındaki ara stokları azaltacak yönde planlama yapmak hem maliyet açısından olumlu hem de hattın işleyişini rahatlatmak açısından etkili olacaktır. Aynı şekilde, her makina ve işçinin boş durma veya az kapasite ile çalışmasına engel olunacak, işçi veya makineler önünde işlenmeye hazır ham veya yarı ürünler birikmeyecektir. Sonuçta malların üretim süreleri kesin olarak hesaplanabilecek ve teslim zamanına uyulacak şekilde üretim hazır hale getirilmiş olacaktır (**Eryuruk, 2005**).

6.2 Dikim Bölümünün Üretim Planlama ve Kontrol Kavramı

Konfeksiyon işletmelerinde imalat; tasarım, model hazırlama, hammadde seçme, kalıp çıkartma, pastal çizimi, kesim, dikim, temizleme, ütü ve paketleme şeklinde gerçekleşir. Söz konusu imalatla, kesimhane için malzeme verimliliği, malzemenin ne kadar iyi kullanıldığı, dikim bölümü için ise işgücü verimliliği önemlidir. Konfeksiyon işletmelerinde en fazla işgücü gerektiren bölüm dikim bölümü

olduğundan, bu bölümün iyi planlanması üretim maliyetleri açısından çok önemlidir **(Tyler, 1991)**.

Bir dikim bölümünü planlamak için önce amaçlarını belirlemek gerekir. Dikim bölümü aşağıdaki etmenlerin ışığında tasarlanır **(Eryuruk, 2005)**.

- a) İşletmenin yapısı
- b) Üretilecek giysi türü
- c) Yerleşim alanı
- d) Yatırım maliyeti
- e) Kullanılacak olan teknoloji
- f) Üretim miktarı

Bu etmenler belirlendikten sonra işçilerin bilgi ve becerisi, işlerin olabildiğince basit üretim evrelerine bölünmesi, işçinin iş alışı ve bitirdiği işinin sevkinin kolay olması, dikiş makinasına yardımcı ekipmanın bulunması, çalışma yerinin rahatlığı, havalandırma ve aydınlatmanın yeterli olması gibi durumlarda üretim verimliliği için düşünülmesi gereken noktalar. Ayrıca makina parkurunun işe uygun olması, makinaların iş basitleştirmeye yönelik aparat ve ekipmanla donatılması, kullanacağı ekip ve aksesuarların zamanında ve yeterince temin edilmesi, dinlenme aralıklarının iyi seçilmesi, işçi ücretlerinin verim ve beceriyle orantılı olarak takdir edilmesi, verimliliği etkileyen diğer öğelerdir. Konfeksiyon işletmelerinin üretim planlama ve organizasyonunda diğer bir önemli aşama dikim hatlarının dengelenmesi aşamasıdır. **(Kalaoğlu, 1993)**.

6.3 Dikim Hattının Oluşturulması ve Dengelenmesi

Dikim hattı, yarı ürünlerin birleştirildiği bir montaj hattıdır. Bu montaj hattı birbiri ardınca gelen iş istasyonlarından oluşur. Tüm çalışma bölgelerinin hat boyunca durmadan çalışması için, ürünün oluşturulmasında gerekli işlem sıralarının mantıksal olarak dizilmesi, bu sıraya uygun gerekli işçi ve makinaların yerleştirilmesi, malzeme ve parçaların iyi organize edilmesi gerekir **(Chuter, 1995)**.

Dikim hattının dengelenmesi için önce dikim işlemlerinin organizasyon bilgileri toplanmalıdır. Bunlar;

- Gerekli işlemlerin tam bir listesi
- Her bir işlemde gerekli dikiş tipi ve makinası
- Her bir işlemin standart süresi

Giysi imalatı için her bir işlemin süresi belirlendikten sonra, üretimde kullanılacak makina sayısı, iş istasyonları, gerekli işçi sayısı hesaplanır. Taşıma sisteminin de belirlenmesiyle, işçilikten en yüksek verimi elde etmek için hat dengelemesi yapılır. Dikim hattı işletmenin hedeflediği üretim kapasitesi miktarına göre dengelenir. Hat dengelerken başvurulabilecek yöntemler aşağıdaki gibi sıralanabilir **(Kalaoglu, 1993,)**

- a) İki veya daha fazla tezgahta bir işçi çalıştırmak
- b) İki kısa işlemin bir işçi tarafından yapılması
- c) İşçinin yükünü artırmak
- d) İşçileri çalışma hızlarına göre dizmek
- e) Gerekli yarı ürün birikimini sağlamak ve iş akışını düzgünleştirmek için ara depolar kullanmak

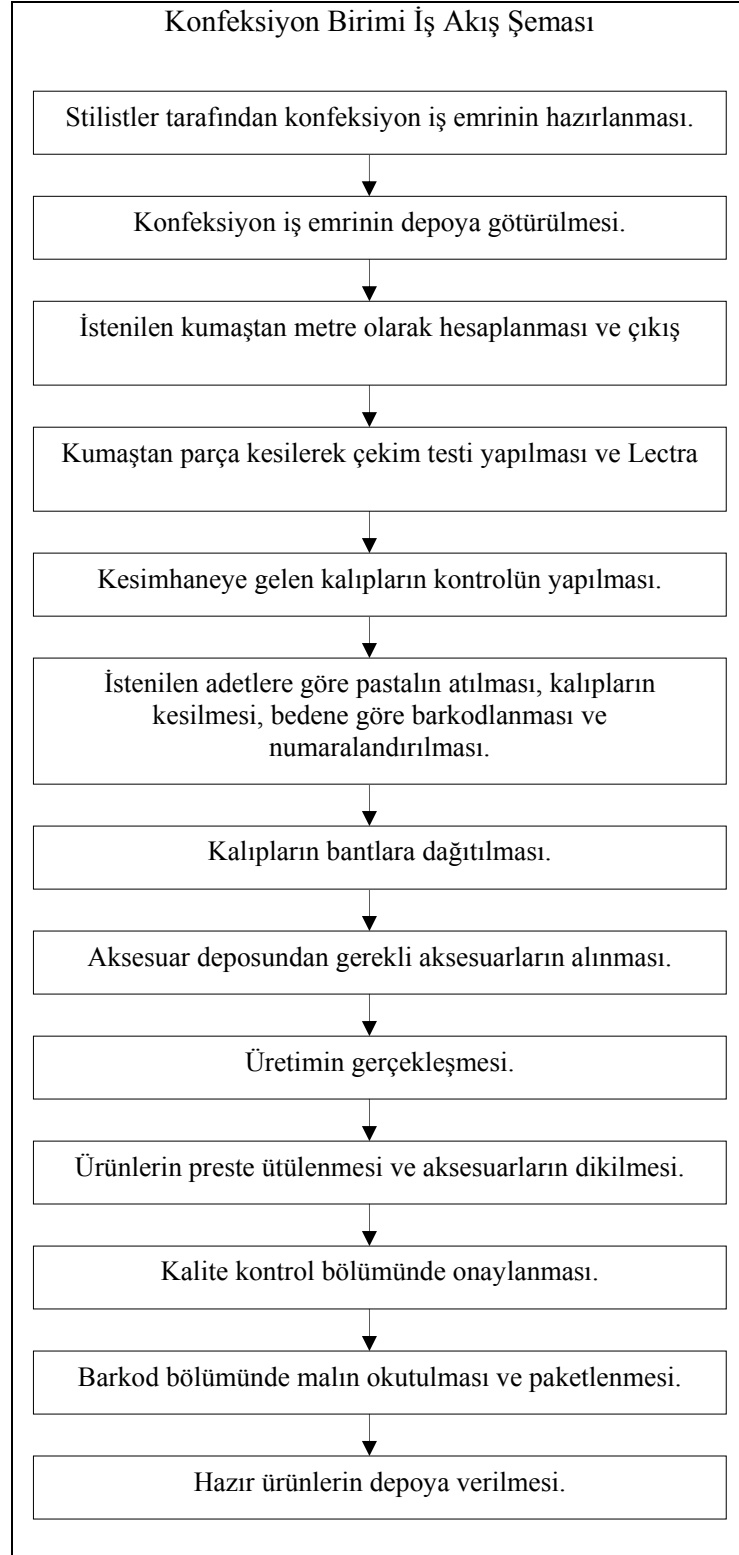
7. UYGULAMA

7.1 İşletme Ön bilgisi

Yapılan çalışma, Vakko Tekstil AŞ’de gerçekleştirilmiş olup üretim birimi olarak konfeksiyon işletmesi gömlek dikim hattı seçilmiştir.

1968’de 40.000 m² arazi üzerine 20.000 m² kapalı alan olarak kurulan ve bugün kapalı alanları 60.000 m²’yi bulan Vakko Fabrika, kurulduğu bölgenin bir tekstil merkezi haline gelmesine öncülük etmiştir. CAD-CAM bilgisayarlı desen ve negatif üretimi, kalıp ve şablon hazırlama, fotoğraf, desen seçim ve konfeksiyon, Vakko Fabrika’daki bölümlerden bazılarıdır. İşletmenin yer aldığı ana sektör Tekstil sektörüdür, bunun dışında kozmetik, dekorasyon, çanta, çikolata gibi birçok alanda da Vakko etiketi bulunmaktadır. İşletmede üç ana bölüm bulunmaktadır. Desen atölyesi ve Emprime İşletme Birimi ipek eşarp üretimini gerçekleştirmekte, konfeksiyon işletme birimi ise erkek gömlek, kadın manto, ceket, pantolon, kravat, elbise üretimini gerçekleştirmektedir.

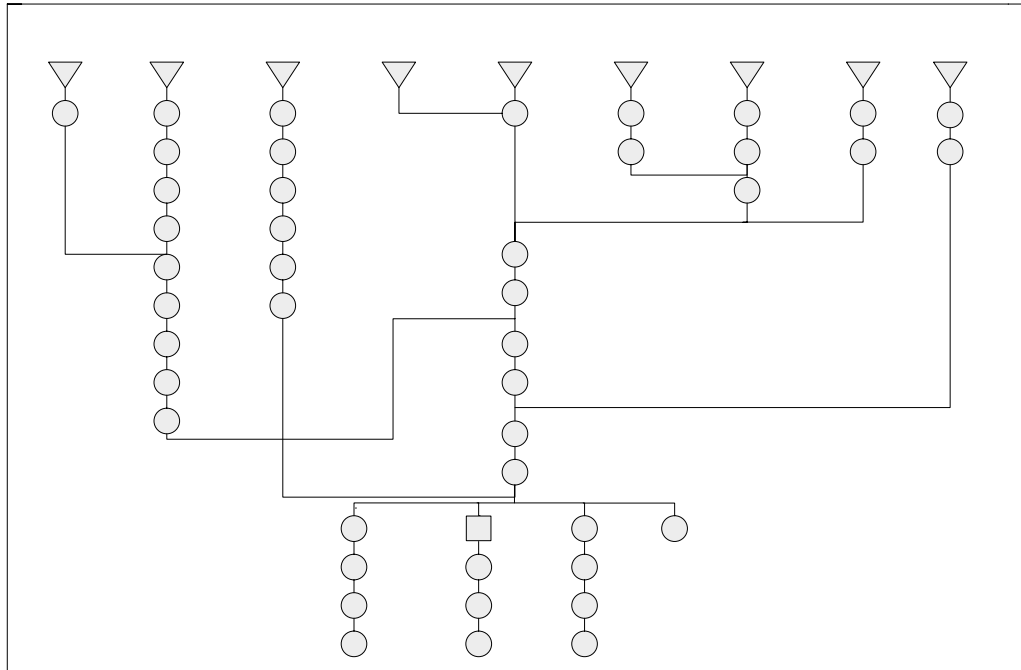
Çalışmamız, konfeksiyon işletme biriminde gerçekleştirildiğinden bu birimdeki iş akışı incelenmiştir (Şekil.7.1). Konfeksiyon işletme birimi, modelhane kesimhane, erkek gömlek bandı, kadın manto, kaban ve ceket bandı, kadın elbise bandı, kravat bandı, pantolon bandı, özel dikim bandı ve kalite kontrol bölümlerinden oluşmaktadır. Modelhanede siparişi alınan modellerin koleksiyonları hazırlanır, kalıpları çıkartılır, bilgisayar sistemi ile serilemesi ve pastal planı çıkartılır. Model ve koleksiyon için gerekli aksesuarlar belirlenip satın almaya bildirilir. Üretime geçmeden önce örnek dikim yapılır ve örnek dikim onaylanırsa, üretime geçilir. Pastal planı hazırlanan modelin kesimhanede kesim işlemi yapılır. Kesilen parçalar dikilmek üzere ilgili dikim bandına gönderilir ve son olarak kalite kontrol ve paketleme işlemi yapılarak sevk edilmek üzere depolara gönderilir.



Şekil 7.1 : Konfeksiyon üretim birimi iş akışı

7.2 Benzetimi Yapılan Atölye

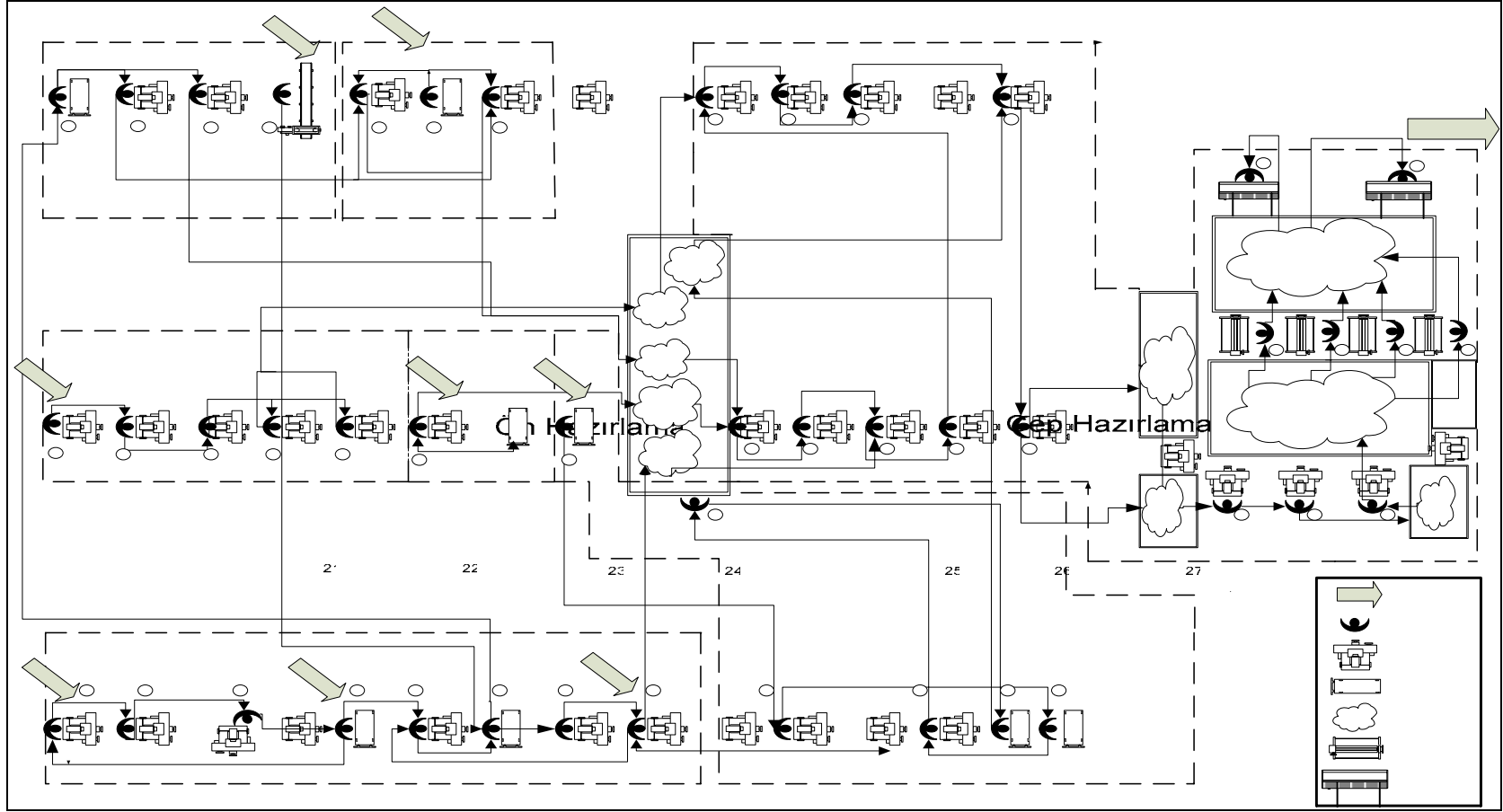
Uygulama yeri olarak; gömlek dikim bandı seçilmiştir. Gömlek dikim bandında işlemler en genel haliyle şekil 7.2'deki gibi gerçekleşmektedir: Öncelikle kesimhaneden gelen her parça metolanır. Metolanan parçalar üretime sırasıyla girerler. Yaka hazırlama, manşet hazırlama, arkaya roba takma, cep hazırlama, sağ-sol ön hazırlama ve kol hazırlama işlemleri eşzamanlı olarak gerçekleştirilmesi gereken işlemlerdir . Gömleği oluşturacak olan bu bölümler hazırlandıktan sonra parçalar sırasıyla birleştirme işlemine tabii tutulur. Öncelikle cepler, sol ön parçaya takılır. Daha sonra sağ ve sol ön arka ile omuzdan birleştirilir. Yaka omuza takılır, kollar gövdeye eklenir. Manşetler kolların ucuna takılır ve gömleğin eteği kıvrılır. Düğme yerlerine ilik açılır, düğmeler takılır ve gömlek aksesuarları eklenir. Bu işlemler bittikten sonra gömlek kalite kontrolden geçirilir, ara ütüler ve son ütülerle beraber gömlek ambalajlanır ve depoya sevk edilir (Kalaoğlu, 2003).



Şekil 7.2 : Gömlek Üretim Şeması

Gömlek dikim hattının benzetimi yapılmadan önce fabrikadaki hattın yerleşim düzeni incelenmiştir (Şekil.7.3.)

Gömlek Üretim Hattı			
Yaka kuşağı	Yaka hazırlama	Manşet hazırlama	Roba
29			
1 Yaka ayağına astarlık dikilmesi	2 Yakanın astarlık ön dikişi	11 Tolanın ön dikişi	Arkaya roba takma
	3 Yaka ucu kesme	12 Üst parçanın	



Şekil 7.3 : Atölyenin Gömlek Dikim Hattı Yerleşim Planı

Manşetler

Kollar

Önler

Arkalar

Benzetim yapılan atölye şekil 7-3’de görüldüğü gibi 8 ana hücreden oluşmaktadır.

Bunlar;

-Yaka hazırlama bölümü

-Manşet hazırlama bölümü

-Kol hazırlama bölümü

-Arka-Roba hazırlama bölümü

-Ön hazırlama bölümü

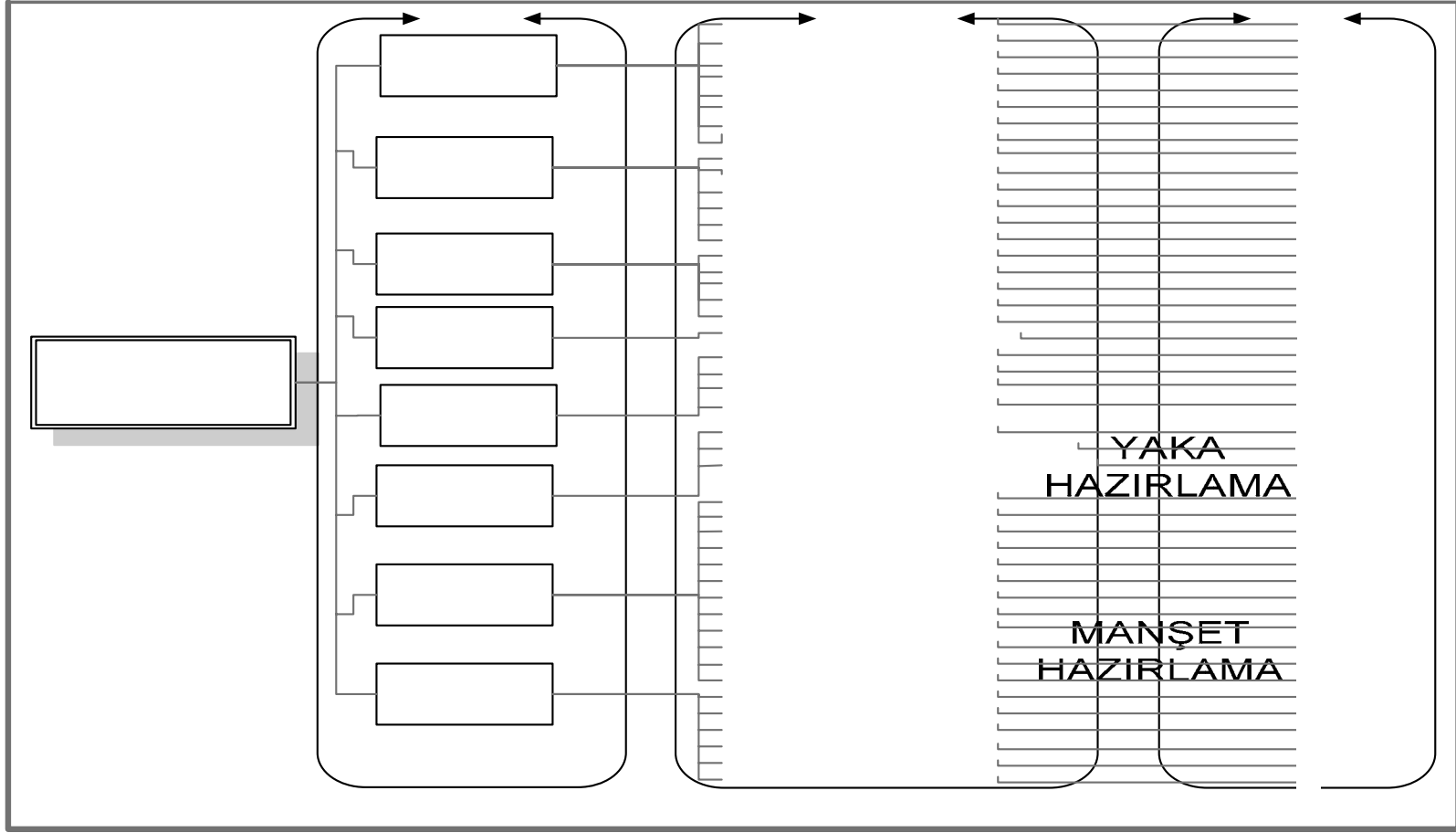
-Cep hazırlama bölümü

-Parça montaj bölümü

-Kalite kontrol bölümü

Her bir hücre kendi alt iş dallarına ayrılmaktadır. Toplam hatta çalışan işçi sayısı 45 olmakla beraber, hatta 37 adet dikiş makinası (düz dikiş, çift iğne dikiş, zincir dikiş, overlok, yaka forum, düğme makinası, ilik makinası vb.), 8 adet ütü, 4 adet iplik temizleme, 2 adet kalite kontrol masası, 6 adet ara stok masası bulunmaktadır. Dikiş makinalarının bazıları yedek makinalar olarak kullanılmaktadır. Bunlar işin yetişmeme durumuna göre ek işçi transferiyle hatta işlem görürler veya yedek makinaların farklı özelliklerine bağlı olarak aynı işçi birden çok tezgahı kullanabilmektedir. Şekil 7.3’de görülen ok işaretleri “  ” kesimhaneden gelen parçaların ilk olarak beslendiği yerleri göstermektedir. Ayrıca ürün çıkış noktasını göstermek üzere de kullanılmıştır. Ara stoklar yarı bitmiş ürünün (yaka, manşet, ön, arka, kol) depolanması için ve ürünlerin montajı yapılacak hücreye sevkini kolaylaştırmak için hat içinde yerini almaktadır. Bunun haricinde kalite kontrol ve düğme takma- ilik açma hücrelerinde yığılmalar çok olduğundan o hücrelerde de ara stok masaları gözlenmektedir. Şekil 7.3’den de görüldüğü gibi iş akışı çok karmaşıktır. Bir işçi birden fazla tezgahta çalıştığından, birden fazla iş yaptığından ve farklı işlerin tezgahları işçinin kendi tezgahına yakın olmadığından atölyede iş akışı karmaşılaşmaktadır.

Şekil 7.4’de atölye gömlek dikim hattı, işlem tiplerine göre hücre ve hücre alt gruplarına ayrılmış hangi operatör hangi işlemi yapıyor özetlenmiştir.



Şekil 7.4 : Atölyedeki gömlek dikim hattı işlem tipleri ve hücre bilgisi

7.3 Veri Analizi

Çok istasyonlu üretim hatlarının tasarımındaki problemlerden biri, farklı iş elemanlarının farklı iş istasyonlarına atanmasıdır. Bu çalışmada işletmenin dikim hattının benzetim modeli kurularak mevcut darboğazların yanı sıra üretim hattında yapılacak değişikliklerde ve yeni yatırımlar sonucu oluşabilecek darboğazların belirlenmesi gibi konularda karar mekanizmasına destek verecek bilgilerin elde edilmesi amaçlanmıştır.

Dikim hattı benzetim modeli Enterprise Dynamics Simulation benzetim dili kullanılarak oluşturulmuştur. Modelin temel verilerini oluşturan atölye bilgileri, işler (geliş aralıkları, işlem sıraları, işlendikleri tezgah ve tezgah grupları, işlem süreleri gibi), tezgahlar (tezgah ad ve noları) ile ilgili bilgilerdir. Veri toplama işlemi üretim hattı üzerinde kısmen geçmişe ait kayıtlardan alınmış, kısmen de atölyede iş-zaman etüdü ve gözlem yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu bilgiler esas alınarak benzetim modeli oluşturulmuştur.

İncelenen gömlek dikim hattı çok çeşit gömlek üretimine izin verecek niteliktedir. Gömleğin modeline göre çeşitlilik fazla olsa da gömlek dikim hattındaki rotalama çok fazla değişkenlik göstermemektedir. Genel itibariyle gömlek modelinin çeşitliliği kumaşın yapısından (kalınlık, incelik vs.), kumaş tasarımından (kareli, çizgili vs.) ve aksesuarlardan (yaka aparatı, düğme vs.) kaynaklanmaktadır; uzun kollu ve kısa kollu gömlek olmak üzere ayırım yapılabilir. Aynı hat üzerinde üretilen uzun kollu ve kısa kollu gömlek üretimi değerlendirildiğinde; hat, uzun kollu gömlek üretimine izin verecek şekilde tasarlanmıştır. Çünkü kısa kollu gömleğin uzun kollu gömleğe göre işlem süresi daha kısadır, farklılaşma sadece kol bölümünde olduğu için uzun kollu gömlek üretiminin kol bölümü için yapılan ekstra işlemler kısa gömlek üretimi için yapılmaz. Ayrıca işletmede gelen parti önce işlenir, diğer parti bir önceki parti bitmeden işleme alınmamaktadır. Yani dikim hattında aynı zaman diliminde birden fazla modelle çalışılmamaktadır. Bu yüzden incelenen dikim hattı modellenirken tek modellenen hat gibi kabul edilerek değerlendirilmeye alınmıştır.

Atölyeye gelen işlerin işlem gördüğü tezgahlar göz önünde bulundurularak hücrelendirme yapılmıştır. Hücreler kendi alt gruplarına ayrılarak gerek gözlem, iş zaman etüdü, gerek kayıtlar incelenerek aşağıdaki bilgiler elde edilmiştir:

-İşin adı,

- İşleneceği tezgah no,
- Operatör no,
- Tezgah adı,
- Rota (operasyon sırası),
- Hazırlık süresi,
- İşlem süresi,
- Operatörün kaç farklı iş yaptığı,
- Operatörün işlem yapmadaki öncelik sırası,

İşlerle ilgili veriler değerlendirildikten sonra benzetim modeline girilecek veriler için hücrelerin yapacağı işler Tablo 7.1’de gösterilmiştir.

Tablo 7.1 : Hücrelere göre işlem adları

Yaka Hazırlama		Ön Hazırlama	
Operatör no:	İşlem adı	Operatör no:	İşlem adı
1	Yaka alt parçası(seyyar balen)	24	Sağ+ sol ön pat kesimi
2	Yaka çatma(telalı parça dikimi)	21_1	Ön pat Ütüsü (sağ)
3_1	Yaka çevirme	21_2	Ön pat Ütüsü (sol)
3_2	Yaka forum	22_1	Sol ön pat dikişi(parça
4_1	Yaka ütü	22_2	Sol ön pat dikişi
4_2	Tela yapıştırma,Tela kesme+ütü	23	Sağ ön pat dikişi
5	Yaka gazesi, Yaka kuşaklama	Cep hazırlama	
6_1	Yaka Ütü	Operatör no:	İşlem adı
6_2	Sağ-sol ön pat ütü	26	Cep ütüsü, cep ağzı kırma
7	Kuşak gaze, yakaya	25	Cep regule+montaj,çıma
8_1	Kuşak regule	27	Cep regülesi+montaj
8_2	Yaka regule ve işaret	Montaj	
Manşet Hazırlama		Operatör no:	İşlem adı
Operatör no:	İşlem adı	28	Ön arka omuzdan birleşiyor
19	Manşet tela ütüsü	29	Omuz çıması
9	Manşet tulumlama	30	Omuza yaka takma

12	Manşet tulumlama ütü	31	Yaka kapatma
10	Manşet gazesi	33	Kol takma
20	Manşet çevirme-kıvrır	34	Kol üstü boz dikiş
11	Manşet çevirme ütüsü	35	Yan kapama+kol çift iğne
Kol Hazırlama		36	Manşet takma
Operator no:	İşlem adı	32	Etek kıvrırma
13	Apatura parça monte	37	İlik açma
14	Kol apatura biyesi	38	Düğme yeri İşaret alma
15	Kol pile ve biye	39	Düğme takma makinası
16	Apatura kapama	Kalite kontrol	
17	Apatura Kapama	Operator no:	İşlem adı
Arka Hazırlama		40	İplik Temizleme
Operator no:	İşlem adı	41	İplik Temizleme
18	Arkaya Roba Takma+Roba Ütüsü	42	İplik Temizleme
		43	İplik Temizleme
		44	Kalite Kontrol
		45	Kalite Kontrol

Kayıtlardaki işlem süresi bir tek işin işlem süresi olup [sn] cinsindendir. İşlem sürelerinde hazırlık süreleri hesaba katılmamıştır. Çünkü dikim işleminin başlayabilmesi için özel bir hazırlık işlemine gerek yoktur, makinaların çalışıyor olması ve kesimhaneden parçaların aksamadan gelmesi dikim işleminin başlaması için yeterlidir. Model kurmadaki amaç; işlem sürelerindeki farklılıklardan kaynaklanan beklemleri en aza indirgeyerek hatta verimlilik artışı sağlamaya çalışmaktır. Bu doğrultuda işletmede iş-zaman etüdü yapılarak ve kayıtlar incelenerek toplanılan işlem süreleri bilgisi EK Tablo A' da gösterilmiştir.

7.4 Bağımsızlık Testleri

Veri analizinde öncelikle iş zaman etüdü yapılarak ve kayıtlar incelenerek toplanılan işlem sürelerinin bağımsızlığı kontrol edilmiştir. İşlem sürelerinin bağımsızlığını kontrol etmek için serpilme diyagramı, otokorelasyon ve koşum testleri uygulanmıştır. Koşum testleri medyana göre ve dönüm noktasına göre yapılmıştır. Koşum testlerinde güven aralığı $\alpha=0,05$ alınmıştır. Test için p-değeri $\geq 0,05$

olduğunda verilerin bağımsız olduğu kabul edilmiştir. Ölçüm değerleri 20 adet olduğundan (medyana göre koşum testinde, medyanın altında ve üstünde kalan veri sayısı $x \geq 10$ olmalıdır (**Stat:Fit, 2001**)). Medyana göre koşum testinden bazı işlem süreleri için sonuç alınamamıştır. Fakat otokorelasyon, serpilme diyagramı ve dönüm noktası koşum testine göre verilerin bağımsızlığı kabul edilmiştir.

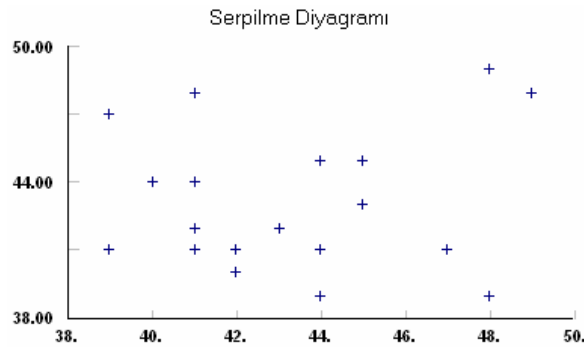
Korelasyon iki değişken arasındaki bağımlılığı ölçmektir. Simülasyon çalışmasında ise veriler kendi içinde bağımlı mıdır o değerlendirilir. Bunun için ise verilerin sabit bir işlem kümesinden geldiği, istatistiksel olarak aynı şekilde sıralandığı varsayılarak x ve y değişkenleri oluşturulur ve bu şekilde analiz yapılır. Bu yapılan işleme otokorelasyon denir (**Bozdağ, 2007**). Otokorelasyon şu şekilde hesaplanır:

$$\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})(X_{i+j} - \bar{X})}{\sigma^2 (n-j)} \quad (7-1)$$

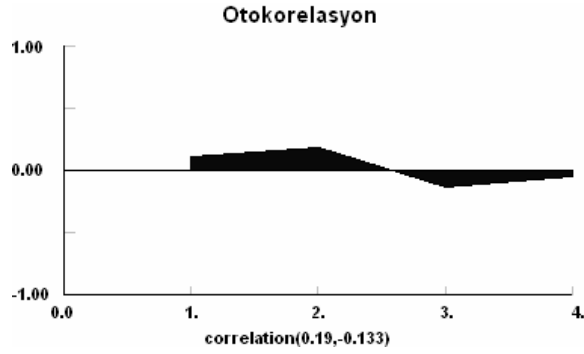
Burada σ verilerin standart sapmasını, n toplam veri sayısını ve j de y oluşturulurken bir sonraki verinin kaç sonra alınacağını yani “lag”i ifade etmektedir. Otokorelasyon $-1 \leq \rho \leq 1$ aralığında değişmektedir (**Stat:Fit, 2001**). Çalışmamızda otokorelasyon testi için çoğunlukla $-0,3 \leq \rho \leq 0,3$ aralığı bağımsızlık göstergesi olarak kabul edilmiştir.

Çalışmada tüm verilerin bağımsızlık testleri Stat:Fit programıyla gerçekleştirilmiştir (EK Tablo B). Örnek göstermek amacıyla aşağıda bir kaç hücrenin işlemi için hesaplanan bağımsızlık testlerinin sonuçları açıklanmıştır.

Hücre: Yaka Hazırlama / Operatör no:1- işlem



Şekil 7.5 : Operatör no: 1 işlem süresi serpilme diyagramı



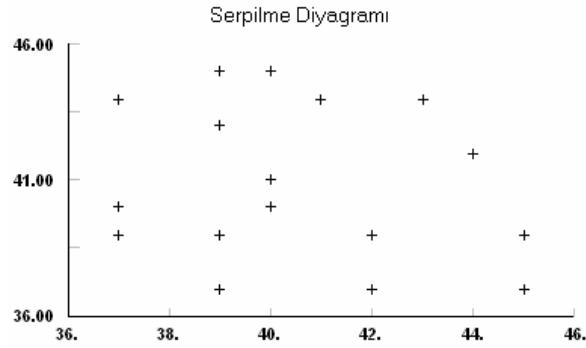
Şekil 7.6 : Operatör no: 1 işlem süresi otokorelasyon diyagramı

Tablo 7.2 : Operatör no: 1 işlem süresi koşum testleri sonuçları

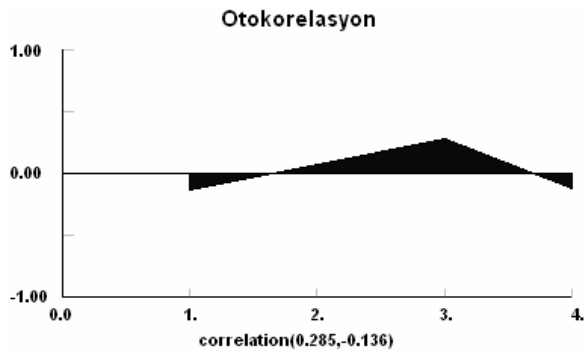
runs test (above/below median)		runs test (turning points)	
data points	20	data points	18
points above median	10	turning points	12
points below median	10	mean turnings	11.6667
total runs	10	standard deviation turnings	1.6964
mean runs	11.	turnings statistic	0.196494
standard deviation runs	2.17643	level of significance	5.e-002
runs statistic	0.459468	turnings statistic(2.5e-002)	1.95996
level of significance	5.e-002	p-value	0.844223
runs statistic(2.5e-002)	1.95996	result	DO NOT REJECT
p-value	0.645898		
result	DO NOT REJECT		

Görüldüğü gibi yaka hazırlama hücresi, operatör no:1 işlem süresinin bağımsızlığı serpilme diyagramı, otokorelasyon ve koşum testlerine göre değerlendirilmiştir. Serpilme diyagramına baktığımızda (Şekil 7.5) veriler dağılmış şekilde, bir nokta etrafında toplanmayıp durmaktadır. 2. değerlendirme olarak otokorelasyon grafiğinde ise (şekil 7.6) otokorelasyon 0.19 ve -0.133 değerlerini aldığı görülmektedir. Bu değerler $-0,3 \leq p \leq 0,3$ aralığında olduğundan ve pozitif- negatif olarak değiştiğinden testi geçmektedir. Son olarak ise koşum testlerine baktığımızda medyana göre p-değeri 0.645, dönüm noktasına göre ise p-değeri 0.844 olmaktadır (Tablo 7.2). p-değerinin yüksek olması koşum testlerini değerlendirmede önemlidir ve sonuç olarak işlem süreleri her iki koşum testinden geçmiştir. Bu üç test operatör no:1 işlem sürelerinin bağımsızlığını değerlendirmiş ve 20 ölçümün de birbirinden bağımsız olduğunu kanıtlamıştır.

Hücre: Manşet Hazırlama/ Operatör no:9-işlem



Şekil 7.7 : Operatör no: 9 işlem süresi serpilme diyagramı



Şekil 7.8 : Operatör no: 9 işlem süresi otokorelasyon diyagramı

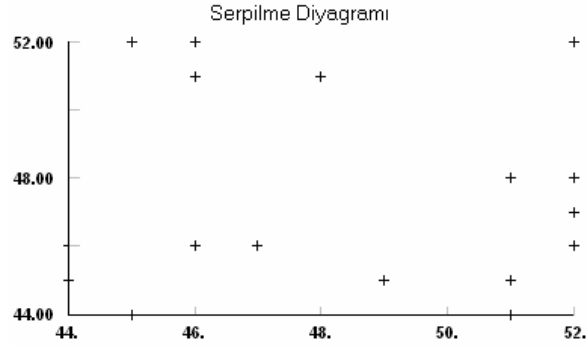
Tablo 7.3 : Operatör no:9 işlem süresi koşum testleri

runs test (above/below median)		runs test (turning points)	
data points	20	data points	19
points above median	10	turning points	13
points below median	10	mean turnings	12.3333
total runs	11	standard deviation turnings	1.74801
mean runs	11.	turnings statistic	0.381385
standard deviation runs	2.17643	level of significance	5.e-002
runs statistic	0.	turnings statistic(2.5e-002)	1.95996
level of significance	5.e-002	p-value	0.702918
runs statistic(2.5e-002)	1.95996	result	DO NOT REJECT
p-value	1.		
result	DO NOT REJECT		

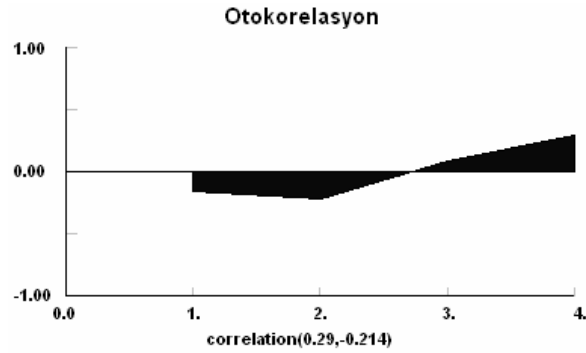
Görüldüğü gibi manşet hazırlama hücresi, operatör no:9 işlem süresi serpilme diyagramına baktığımızda (Şekil 7.7) veriler dağılmış şekilde durmakta olup bir nokta etrafında toplanmamıştır. Otokorelasyon grafiğinde ise (şekil 7.8) otokorelasyon 0.285 ve -0.136 değerlerini almıştır. Bu değerler $-0,3 \leq \rho \leq 0,3$ aralığında olduğundan ve pozitif/negatif olarak değiştiğinden testi geçmektedir. Son olarak ise koşum testlerine baktığımızda medyana göre p-değerinin 1, dönüm noktasına göre ise p-değerinin 0.702 olduğu görülmektedir (Tablo 7.3). Sonuç olarak bu üç test,

manşet hazırlama hücresi operatör no: 9 işlem sürelerinin bağımsızlığını değerlendirmiş ve 20 ölçümün de birbirinden bağımsız olduğunu kanıtlamıştır.

Hücre: Montaj/ Operatör no:33-işlem



Şekil 7.9 : Operatör no:33 işlem süresi serpilme diyagramı



Şekil 7.10 : Operatör no:33 işlem süresi otokorelasyon diyagramı

Montaj hücresi operatör no:33 için işlem sürelerinin bağımsızlığı test edildiğinde ise değerler şu şekilde bulunmuştur: serpilme diyagramında (Şekil 7.9) veriler dağılmış olarak bulunmaktadır. Otokorelasyon değerlerimiz 0.29 ve -0.214 olup $-0,3 \leq p \leq 0,3$ aralığına düşmektedir (Şekil 7.10). Koşum testlerine bakıldığında da medyana göre p-değeri 1, dönüm noktasına göre p-değeri 0.844 dür (Tablo 7.4). Bu değerler değerlendirme bağımsızlık testi için yeterli düzeydedir. Sonuçta operatör no:33 için 20 adet ölçülen işlem sürelerinin birbirine göre bağımsızlığı kanıtlanmıştır.

Tablo 7.4 : Operatör no:33 işlem süresi koşum testleri

runs test (above/below median)		runs test (turning points)	
data points	20	data points	18
points above median	10	turning points	12
points below median	10	mean turnings	11.6667
total runs	11	standard deviation turnings	1.6964
mean runs	11.	turnings statistic	0.196494
standard deviation runs	2.17643	level of significance	5.e-002
runs statistic	0.	turnings statistic(2.5e-002)	1.95996
level of significance	5.e-002	p-value	0.844223
runs statistic(2.5e-002)	1.95996	result	DO NOT REJECT
p-value	1.		
result	DO NOT REJECT		

7.5 Teorik Dağılımlara Uygunluk ve Kolmogorov-Smirnov Testi

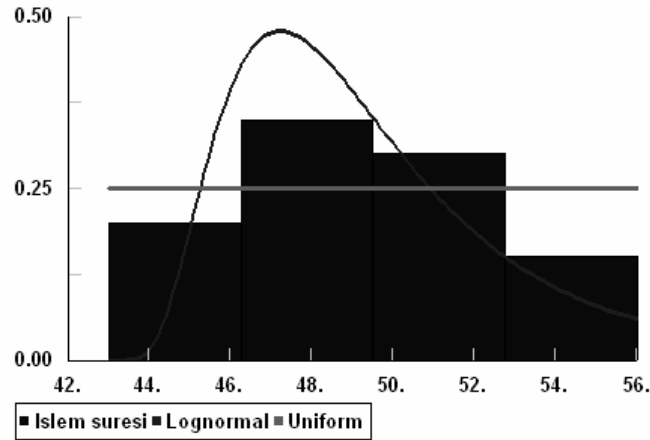
EK Tablo A' da verilen her bir operatörün yaptığı işlem sürelerinin bağımsızlığı kanıtlandıktan sonra, hangi dağılıma uygun olduğunun belirlenmesi için verilerin histogramı çizilmiştir. Stat:Fit programı yardımıyla çizilen histogramların hangi dağılımlara uyduğu tahmin edilmiş ve Kolmogorov-Smirnov uygunluk testi aracılığıyla tahmin edilen dağılıma uyup uymadığı kontrol edilmiştir.

Çalışma kapsamında Kolmogorov-Smirnov testi, Ki-Kare testine nazaran daha güçlü görünmektedir. Çünkü; sınıf büyüklüğü ile ilgili herhangi bir sınırlama olmadığından Kolmogorov-Smirnov testi küçük örneklerle de uygulanabilir (**Halaç, 1998**). Sonuç olarak her bir işleme ait 20 ölçümümüz bulunduğundan Ki-Kare değil de Kolmogorov-Smirnov uygunluk testini uygulamak daha mantıklı olacaktır. Çalışmada, Kolmogorov-Smirnov testini değerlendirirken $\alpha=0,05$ güven aralığı kullanılmıştır. Ayrıca test sonucunda p-değerinin yüksek olması tahminde bulunulan dağılımın uygunluğunu belirtmek için önemlidir. Çalışmada bazı durumlarda verilerin iki farklı dağılıma uygunluğu tahmin edilmiş bunlardan p-değeri en yüksek olan dağılım uygun dağılım olarak seçilmiştir (**Stat:Fit, 2001**). Aşağıda bazı hücrelere ait işlem sürelerinin ve iş gelişlerinin hangi dağılıma uyduğu ve bu uygunluğun Kolmogorov-Smirnov testi ile nasıl sonuçlandırıldığı açıklanmıştır.

7.5.1 İşlem Sürelerinin Belirlenmesi

Şekil 7.11'de operatör no:5'in işlem süresinin histogram gösterimi ile 3 farklı dağılıma benzediği söylenebilir. Bunlar lognormal, uniform (düzgün) ve expansiyel dağılımdır. Bu şartlar altında aşağıdaki hipotez kurulmuştur:

Hücre: Yaka Hazırlama Operatör no:5-işlem süresi



Şekil 7.11 : Operatör no: 5-işlem süresinin histogram gösterimi ve uygun dağılımlar

Hipotez:

H_0 = Operatör no: 5-işlem süresi Lognormal (43, 1.74, 0.55) dağılımına uymaktadır.

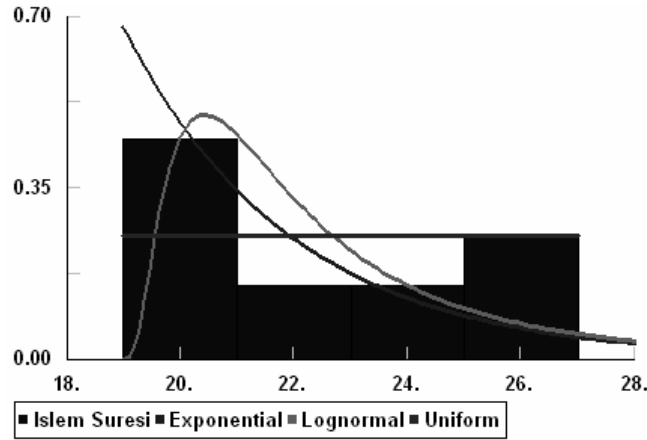
H_1 =Operatör no: 5-işlem süresi Lognormal (43, 1.74, 0.55) dağılımına uymamaktadır.

Tablo 7.5 : Operatör no: 5-işlem süresi Kolmogorov-Smirnov test sonucu

Lognormal (43, 1.74, 0.55)	Uniform (43, 56)	Exponential (43, 6.25)
minimum = 43.[fixed]	Minimum = 43. [fixed]	minimum = 43. [fixed]
mu = 1.74494	Maximum= 56.	beta = 6.25
sigma = 0.54957	Kolmogorov-Smirnov	Kolmogorov-Smirnov
Kolmogorov-Smirnov	data points 20	data points 20
data points 20	ks stat 0.158	ks stat 0.273
ks stat 0.145	alpha 5.e-002	alpha 5.e-002
alpha 5.e-002	ks stat(20,5.e-002) 0.294	ks stat(20,5.e-002) 0.294
ks stat(20,5.e-002) 0.294	p-value 0.646	p-value 8.35e-002
p-value 0.744	result DO NOT REJECT	result DO NOT REJECT
result DO NOT REJECT		

Tablo 7.5’de görüldüğü gibi operatör no:5 işlem süresinin her üç dağılım içinde uygun olabileceği Kolmogorov-Smirnov uygunluk testi ile kanıtlanmış bunlar arasından ise en uygun dağılım $\alpha=0,05$ güven aralığı için p-değerine bakılarak karar verilmiştir. Lognormal dağılımının p-değeri 0,744 olup $\alpha=0,05$ güven aralığı için bu değer dağılımlar arasında en yüksektir. Bundan dolayı da operatör no:5 işlem süresinin Lognormal (43, 1.74, 0.55) dağılımına uygunluğunu rededecek yeterli kanıt bulunamıştır ve H_0 hipotezi doğrulanmıştır.

Hücre: Kol Hazırlama Operator no:13-işlem süresi



Şekil 7.12 : Operatör no: 13-işlem süresinin histogram gösterimi ve uygun dağılımlar

Şekil 7.12’de operatör no:13’e ait işlem süresinin histogramı gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi işlem sürelerinin 3 farklı dağılıma benzediği söylenebilir. Bunlar: lognormal, uniform ve exponential dağılım. Hangi dağılıma daha çok uygun olduğunu bulabilmek için Kolmogorov-Smirnov uygunluk testinin sonuçları incelenmiş ve yine kurulan hipotezlerin geçerliliği değerlendirilmiştir.

Hipotez 1:

H_0 = Operatör no: 13-işlem süresi Lognormal (19, 1.01, 0.807) dağılımına uymaktadır.

H_1 = Operatör no: 13-işlem süresi Lognormal (19, 1.01, 0.807) dağılımına uymamaktadır.

Tablo 7.6 dan görüldüğü gibi Kolmogorov-Smirnov test sonucu, Operatör no: 13-işlem süresinin Lognormal (19, 1.01, 0.807) dağılımına uyduğunu rededecek yeterli kanıt bulmuştur. p-değeri 1.26e-002 olmakla beraber $\alpha=5.e-002$ değerinden küçüktür. Yani H_0 hipotezini rededecek yeterli kanıt bulunmuştur. Bu durumda diğer bir hipotez için;

Hipotez 2:

H_0 = Operatör no: 13-işlem süresi Exponential (19, 2.95) dağılımına uymaktadır.

H_1 = Operatör no: 13-işlem süresi Exponential (19, 2.95) dağılımına uymamaktadır.

Tablo 7.6 : Operatör no: 13-işlem süresi Kolmogorov-Smirnov test sonucu

Lognormal (19,1.01, 0.807)	Uniform (19, 27)	Exponential (19, 2.95)
minimum = 19. [fixed]	minimum = 19. [fixed]	minimum = 19. [fixed]
mu = 1.01065	maximum = 27.	beta = 2.95
sigma = 0.807265	Kolmogorov-Smirnov	Kolmogorov-Smirnov
Kolmogorov-Smirnov	data points 20	data points 20
data points 20	ks stat 0.35	ks stat 0.2
ks stat 0.345	alpha 5.e-002	alpha 5.e-002
alpha 5.e-002	ks stat(20,5.e-002) 0.294	ks stat(20,5.e-002) 0.294
ks stat(20,5.e-002) 0.294	p-value 1.08e-002	p-value 0.353
p-value 1.26e-002	result REJECT	result DO NOT REJECT
result REJECT		

Kolmogorov-Smirnov test sonucu yorumlandığında “ H_0 = Operatör no: 13-işlem süresi Exponential (19, 2.95) dağılıma uymaktadır.” hipotezini rededecek yeterli kanıt bulunmadığından H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Yani Operatör no: 13-işlem süresi Exponential (19, 2.95) dağılıma uymaktadır.

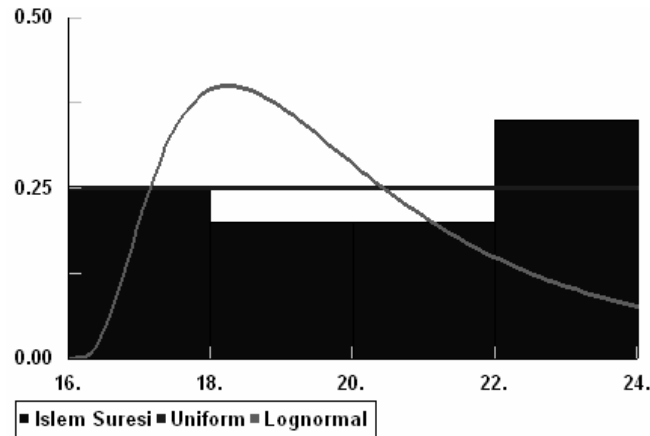
Hücre: Ön hazırlama Operator no:23-işlem süresi

Şekil 7.13’de operatör no: 23-işlem süresinin histogram diyagramı incelendiğinde uniform dağılıma benzediği görülmektedir.

Hipotez:

H_0 = Operatör no: 23-işlem süresi Uniform (16, 24) dağılımına uymaktadır.

H_1 = Operatör no: 23-işlem süresi Uniform (16, 24) dağılımına uymamaktadır.

**Şekil 7.13 :** Operatör no: 23-işlem süresinin histogram gösterimi ve uygun dağılım

Tablo 7.7 : Operatör no: 23-işlem süresi Kolmogorov-Smirnov test sonucu

Uniform (16, 24)		
minimum	=	16. [fixed]
maximum	=	24.
Kolmogorov-Smirnov		
data points		20
ks stat		0.125
alpha		5.e-002
ks stat(20,5.e-002)		0.294
p-value		0.876
result		DO NOT REJECT

Tablo 7.7’de görüldüğü gibi p-değeri 0.876 çıkmıştır: p-değeri 0,876 olmakla beraber $\alpha=5.e-002$ değerinden büyüktür. Yani “ H_0 = Operatör no: 23-işlem süresi Uniform (16, 24) dağılımına uymaktadır.” hipotezini reddedecek yeterli kanıt bulunamamıştır ve H_0 hipotezi kabul edilmiştir.

EK Tablo C’de her hücredeki tüm işlem süreleri için uygun dağılımlar belirlenmiş ve dağılımlara Kolmogorov-Smirnov uygunluk testi uygulanmıştır .

7.6 İş Giriş Debinin Belirlenmesi

Şekil 7.3’de görülen yerleşim planına göre hattın yaka, manşet, kol, ön , arka ve cep hazırlama bölümlerine, işin başlayabilmesi için belirli kumaş parçaları beslenmektedir.

Hücre: Yaka Hazırlama

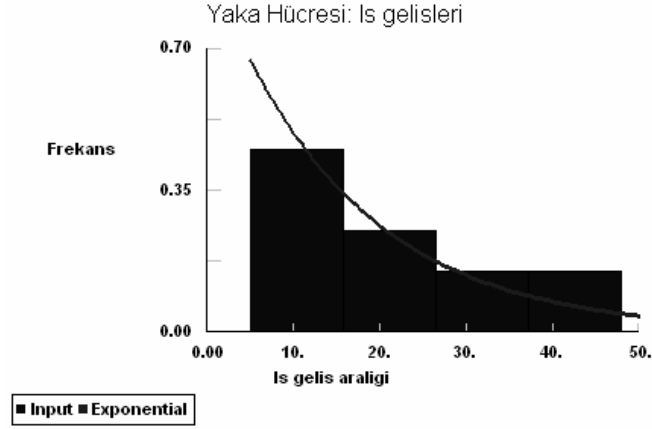
Yaka hazırlama bölümünde 3 farklı noktadan kumaş parçası beslenmektedir. Bunlar;

-Operatör no:1 →Yaka alt parça

-Operatör no:4→Tela

-Operatör no:8→Yaka kuşağı

Yaka hazırlama bölümünde bu üç parça aynı zaman dilimi içinde hatta beslendiği varsayılmış ve sadece bir operatör için iş zaman etüdü yapılmış ve parçaların gelişler arası süreleri bulunmuştur. Ek Tablo D’ de verilen bu verilerin değerlendirilmesi sonucu iki iş girişi arasındaki sürenin hangi dağılıma uygun olduğunun belirlenmesi için yine ilk olarak verilerin şekil 7.14’de gösterilen histogramı çizilmiştir. Çizilen histogramdan uygun dağılımın eksponansiyel olduğu tahmin edilerek Stat:Fit programında Kolmogorov –Smirnov uygunluk testi yapılmıştır. Test edilen verilerin, öngörülen dağılıma uygun olduğunu söylemek mümkündür (Tablo.7.8)



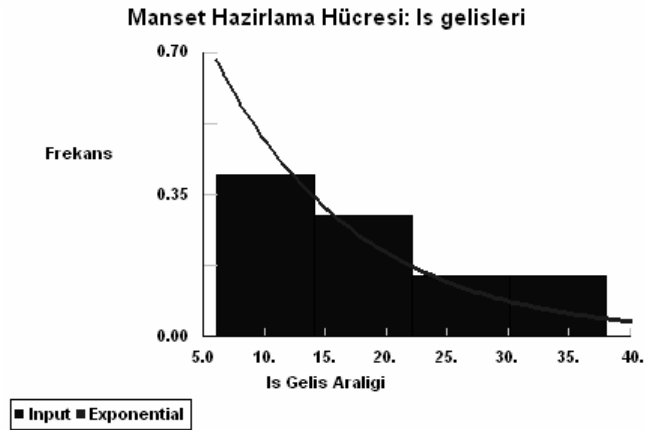
Şekil 7.14 : Yaka hücresi iş geliş aralıklarının histogramı

Tablo 7.8 : Yaka Hücresi İş Gelişleri Kolmogorov-Smirnov Testi

Yaka Hücresi: Exponential (5, 16)		
Exponential		
minimum	=	5. [fixed]
beta	=	16.
Kolmogorov-Smirnov		
data points		20
ks stat		0.118
alpha		5.e-002
ks stat(20,5.e-002)		0.294
p-value		0.911
result		DO NOT REJECT

Hücre: Manşet Hazırlama

Manşet hazırlama hücresinde iş başlayabilmesi için sadece bir yerden kumaş parçası beslemesi yapılmaktadır. Besleme yapılan tezgaha ait işler arası geliş süreleri EKTablo D’de verilmektedir.



Şekil 7.15 : Manşet hazırlama hücresi iş geliş aralıklarının histogramı

Şekil 7.15’de görüldüğü gibi manşet hazırlama hücresinin işler arası geliş sürelerinin de eksponansiyel dağılıma uygun olduğunu söylemek mümkündür. Bu dağılıma uygunluk Tablo.7.9’de Kolmogorov-Smirnov testiyle kanıtlanmıştır.

Aynı şekilde manşet, kol, ön , arka ve cep hazırlama hücrelerinde de iş geliş aralıklarını hesaplamak için iş zaman etüdü yapılmıştır (EKTablo D). Her hücre için iş geliş aralıklarının histogramları çizilerek uygun dağılımlar tahmin edilmiş, ve uygunluğun kanıtlanması için Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmıştır (EKTablo E).

Tablo 7.9 : Manşet Hücresi İş Gelişleri Kolmogorov-Smirnov Testi

Manşet Hücresi: Exponential (6, 11.7)		
Exponential		
minimum	=	6. [fixed]
beta	=	11.736
Kolmogorov-Smirnov		
data points		20
ks stat		0.147
alpha		5.e-002
ks stat(20,5.e-002)		0.294
p-value		0.729
result		DO NOT REJECT

7.7 Modele İlişkin Veriler

Modelde sistem bileşenleri:

- 1.Operatörler
- 2.Hammadde (kumaş, tela vs.)
- 3.Makinalar (Dikiş, ütü, ilik açma, düğme takma vs.) olarak belirlenmiştir.

Modele ilişkin değişkenler:

- Makinalardaki işlem süreleri
- Kuyruktaki iş bekleme süreleri
- Kuyrukta bekleyen iş sayıları
- Çıktı miktarı

Modele ilişkin varsayımlar:

- Sistem günde 9 saat çalışmaktadır.
- Sistemde kişisel ihtiyaç payları (wc’ye gitme,hapşırma vs.) dikkate alınmamıştır.

- Sistemde dinlenme (öğle yemeği, çay molası vs.) süreleri dikkate alınmamıştır.
- Sistemde gecikme zamanları (makina bozulmaları, aparat değiştirme vs.) dikkate alınmamıştır.
- Sistemde enerji probleminin olmadığı,
- Kumaş kayıplarının göz ardı edildiği,
- Hammaddenin sınırsız kabul edildiği varsayılmıştır.
- Sistemden çıkan parçaların hata oranı yaklaşık %2 dür. Fakat kusurlu çıkan ürünlerin hata yapılan yere göre beslenmeleri sınıflandırılamamıştır. Çünkü 45 farklı dikiş işleminin hata oranına göre sınıflandırılması için işletmede uzun bir zaman aralığında gözlem gerektirmektedir. Bundan dolayı hata oranı besleneceği yer açısından çok fazla çeşitlilik gösterdiğinden modele aktarılmamıştır.

7.8 Benzetim Modeline Girilen Veriler:

Bölüm 7.3 de açıklanan bilgiler çerçevesinde operatörlerin işlem sürelerine (Tablo 7.10) ve iş giriş debisine (Tablo 7.11) ait uygun dağılımları modele aktarılmıştır.

Tablo 7.10 : Operatörlerin işlem süreleri

Operatör no:	İşlem süresi (sn)	Operatör no:	İşlem süresi (sn)
1	Uniform (39, 49)	22_1	Uniform (31, 41)
2	Uniform (26, 36)	22_2	Uniform (31, 41)
3	Uniform (20, 29)	23	Uniform (16, 24)
4_1	Uniform (9, 17)	24	Uniform (19, 28)
4_2	Uniform (26, 35)	25	Uniform (65, 75)
5	Lognormal (43, 1.74, 0.549)	26	Uniform (60, 68)
6_1	Uniform (31, 40)	27	Exponential(67, 3.55)
6_2	Uniform (8, 14)	28	Uniform (43, 52)
7	Uniform (32, 41)	29	Lognormal (19, 1.56, 0.523)
8_1	Lognormal (5, 1.01, 0.522)	30	Lognormal (63, 1.65, 0.394)
8_2	Lognormal (19, 1.59, 0.378)	31	Lognormal (78, 1.67, 0.545)
9	Uniform (37, 45)	32	Lognormal (34, 1.64, 0.435)
10	Uniform (17, 27)	33	Lognormal (44, 1.24, 0.757)
11	Uniform (28, 37)	34	Uniform (45, 53)
12	Lognormal (18, 1.67, 0.519)	35	Lognormal (26, 1.24, 0.639)
13	Exponential(19, 2.95)	36	Lognormal (50, 1.40, 0.787)
14	Uniform (27, 37)	37	Uniform (59, 67)

15	Lognormal (41, 1.23, 0.614)	38	Uniform (32, 41)
16	Lognormal (58, 1.47, 0.675)	39	Exponential(49, 3.45)
17	Uniform (86, 95)	40	Uniform (124, 133)
18	Uniform (35, 45)	41	Uniform (141, 150)
19	Uniform (3, 8)	42	Lognormal(132,1.47,0.522)
20	Lognormal (8, 1.29, 0.674)	43	Lognormal(127,1.50,0.595)
21_1	Lognormal (9, 1.17, 0.716)	44	Uniform (76, 85)
21_2	Uniform (32, 41)	45	Lognormal(67,1.52,0.587)

Tablo 7.11 : Hücrelere iş gelişleri arası süre

Hücreler	İş Gelişleri Arası Süre (sn)
Yaka Hazırlama	Exponential (5, 16)
Manşet Hazırlama	Exponential (6, 11.7)
Kol Hazırlama	Exponential (5, 10.2)
Arka-Roba	Exponential (8,15.8)
Ön Hazırlama	Exponential (13, 10.7)
Cep Hazırlama	Exponential (9, 16.8)

7.9 Benzetim Modelinin Kurulması

Dikim hattı benzetim modeli Enterprise Dynamics Simulation benzetim dili kullanılarak oluşturulmuştur. Fakat çalışmada Enterprise Dynamics Simulation programının öğrenci versiyonu ile çalışıldığından maksimum 30 atoma kadar veri girilebilmiştir. Bu sebeple hat modellenirken şekil 7.4 de belirtilen hücreler birebir veya birleştirilerek (atom kısıdına göre) bilgisayara aktarılmıştır Modelin hücrelere göre bilgisayara aktarımı Tablo7.12’de özetlenmiştir. Her bir hücrenin birebir bilgisayarda kurulan modelleri ise toplu olarak EK Tablo F’de gösterilmiştir.

Tablo 7.12 : Modelin Hücrelere Göre Bilgisayara Aktarımı

Model 1:	Yaka Hazırlama Hücresi
Model 2:	Manşet Hazırlama Hücresi
Model 3:	Kol-Arka Hazırlama Hücresi
Model 4:	Ön-Cep Hazırlama Hücresi
Model 5:	Montaj Hücresi*
Model 6:	Kalite Kontrol Hücresi

*Montaj hücresine ait 37, 38 ve 39 numaralı işlemler atom kısıdı sebebiyle Kalite Kontrol Hücresinin ele alındığı Model 6’ya eklenmiştir.

7.10 Benzetim Hesaplarında Çıktının Doğru Değerlendirilmesi

Benzetim modelinin başlangıç durumu ya tezgahların boş ve atölyenin iş beklediği sıfıncı zaman veya tezgahların dolu ve atölyede bekleyen işlerin olduğu t. zaman olabilir. Benzetim zamanının ilerlemesiyle sistem bir geçiş döneminden sonra denge durumuna gelir. Değerlendirme ölçütlerinin hesabı, model denge durumunda iken yapılırsa, sonuçlar daha güvenilir olur. Bu nedenle modelin başlangıç koşullarının etkisini ortadan kaldırılması gerekir ve bunun için çeşitli budama algoritmaları kullanılır (Üstün, 2005).

Simülasyonda kullanılan değişkenler rastsal olduğu için programın her koşulunda sonuçlar değişmektedir. Sonuçların farklı olması nedeniyle hangi sonuca güvenerek hareket edeceğimizi bilemeyiz. Bu nedenle simülasyon sonuçları analiz edilmelidir. Simülasyon modelleri sonuçların analizi bakımından “Sonlanan (Terminating)” ve “Sonlanmayan (Nonterminating)” Simülasyon olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Sonlanan simülasyonda sonlandıran doğal bir olay vardır ve sistem bu olayla beraber başlangıç koşullarına geri döner. Sonlanmayan simülasyonda ise sistemi sonlandıran doğal bir olay yoktur ve temel sorun simülasyonun ne zaman durdurulacağıdır. Sonlanmayan simülasyon literatürde “Steady-State Simulation” olarak da bilinmektedir (Law ve Kelton, 1982).

Çalışmada incelenen dikim hattı modeli sonlanmayan simülasyon modeline uygundur. Çünkü dikim işlemi mesai süresi bittiğinde durmakta ve ertesi sabah kuyrukta bekleyen işler aynen kaldığı yerden dikim işlemine tabi olmaktadır. Yani başlangıç koşullarına geri dönme söz konusu değildir. Süper market örneği ise sonlu simülasyon modeline örnek gösterilebilir. Çünkü market sabah tekrardan açıldığında kuyrukta bekleyen müşteri sayısı yoktur yani sistem başlangıç koşullarına döner.

Sonlu sistemlerde olduğu gibi n koşum yapıp hepsinin ortalamasını alarak güven aralığı hesabı yapmak doğru olmaz. Çünkü sonlanmayan sistemlerde koşum süresi çok uzun olması nedeniyle n deney yapmak fazla zaman alacaktır. Sonlanmayan sistemlerde başlangıç koşullarına dönülmediği için n deney yapmamız durumunda her sefer başlangıç koşulları söz konusu olur bu yüzden çözüm olarak n deney yapmaktansa n deney uzunluğunda 1 koşum yapılır. Geçiş dönemi iptal edilir. Geçiş döneminin etkisini azaltmak için;

-Geçiş dönemi atılır.

-Koşum uzunluğu artırılır.

-Başlangıç koşulları gerçek hayattan elde edilip kullanılabilir veya simülasyon bir kez çalıştırılıp elde edilen sonuçlar bir sonraki simülasyonda başlangıç koşulu olarak kullanılır.

Bu doğrultuda çalışmamızda ele alınan dikim hattı 9*600 koşum yerine 5400 saatlik 1 koşum olarak çalıştırılmıştır. Sistemde bekleyen iş sayısı ve bekleme zamanı buna göre incelenmiştir. Geçiş döneminin etkisini azaltmak için ise sistemin denge durumu noktası belirlenmiş, “warm-up period (geçiş dönemi)” zamanı dikkate alınarak sistem tekrardan çalıştırılmıştır.

Fakat sistemdeki günlük üretilen gömlek miktarını hesaplamak için ise sistem sonlu olarak ele alınmıştır. **Law ve Kelton (1982)**; kitabında (sayfa, 281), çıktı analizinin doğru değerlendirilmesi için sistem davranışlarını sonlu ve sonsuz simülasyon olmak üzere ikiye ayırmıştır. Fakat bazı durumlarda sistemlerin değerlendirilmesinde; analizcinin sistemi hakkında neyi öğrenmek istediğine bağlı olarak her iki çeşit simülasyonu da (sonlu ve sonsuz simülasyon) analizcinin amacı doğrultusunda sistemini değerlendirmek için kullanılabileceğini ifade etmiştir. Bu doğrultuda günlük üretilen gömlek miktarını hesaplamak için, sistem sonlu olarak ele alınmış ve klasik istatistik uygulamalarını içeren yöntemlerden yararlanılmıştır.

7.10.1 Güven Aralığı Hesabı

Denge durumu benzetim hesaplarında çıktının doğru değerlendirilmesi ve güven aralığı formülünün uygulanabilmesi için;

-Örneklem içindeki verilerin birbirinden bağımsız olması,

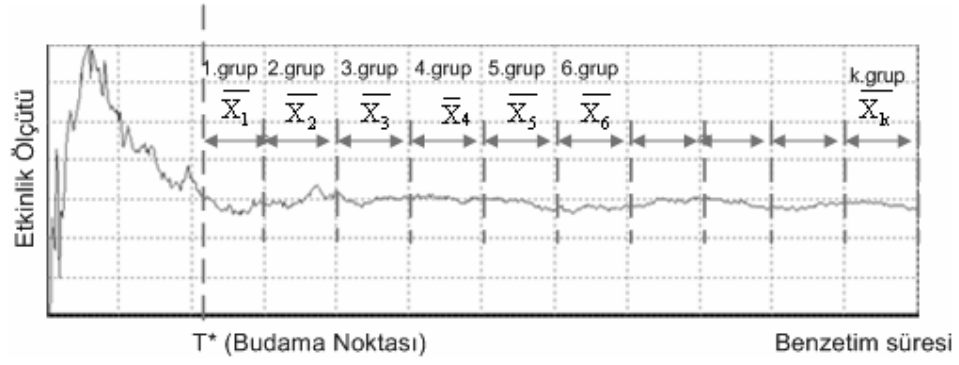
-Yığının normal dağılıma uygun olması gerekmektedir.

Bu iki kriteri sağlamak amacıyla veriler farklı bir şekilde ele alınırlar:

- Grup ortalaması yöntemi (Batch-Means),

- Hesap tekrarı yöntemi (Replication)

Bu çalışmada benzetim çıktılarının birbirine bağımlı gözlem değerleri grup ortalaması yöntemi kullanılarak bağımsız gözlem değerlerine dönüştürülmesi amaçlanmıştır.



Şekil 7.16 : Grup Ortalaması Yöntemi: Her Biri m Uzunluğunda Koşuma Sahip k Adet Gruplu Çıktılar

Grup ortalaması yönteminde bir deney yapılarak her biri m uzunluğunda ve k adet grup elde edilir (Şekil 7.16). Fakat bu yöntemde önce warm-up periyodu (T^*) belirlenerek elimine edilir. Daha sonra her bir grubun kendi içinde ortalaması alınır ve k adet grup için ortalamaların ortalaması (7-2) ayrıca standart sapması (7-3) da hesaplanır.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{X}_i \quad (7-2)$$

$$\bar{s} = \sqrt{\frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (\bar{X} - \bar{X}_i)^2} \quad (7-3)$$

Grup ortalaması yönteminde kurulan grupların ortalama değerleri merkezi limit teoremine göre normal dağılıma uyarlar. Diğer taraftan grup büyüklüğünün uygun seçilmesiyle ortalama değerlerin birbirine olan bağımlılığı giderek azalır. Böylece güven aralığı formülü kullanma kriterleri yerine gelmiş olur (**Dinçmen, 2005**). Güven aralığı formülü aşağıdaki gibidir (7-4):

$$\bar{\bar{X}} - \frac{\bar{s}}{\sqrt{n}} t_{\% \alpha}^{n-1} < \mu < \bar{\bar{X}} + \frac{\bar{s}}{\sqrt{n}} t_{\% \alpha}^{n-1} \quad (7-4)$$

Bu çalışmada koşum sayısı 600 olarak seçilmiştir. Yığının örnek hacmi yeterli derece de büyük olduğundan ($n=600 \gg 30$) aldığımız örneğin ortalamasının ve standart sapmasının yığın değerlerine yaklaşacağı beklenmektedir (**Peck ve diğ., 2001**). Bunun için de yığının normal dağıldığı varsayılarak güven aralığı hesabı yapılmıştır.

7.11 Kurulan Modelin Doğruluğu ve Geçerliliği

Bu çalışmada modelin doğruluğunu ve geçerliliğini ispatlamak için; sistem basit bir modelden karmaşık bir modele adım adım getirilmiştir. İlk olarak iş sayıları ve iş istasyonlarındaki tezgah sayıları mevcut olanlara göre az sayıda tutulmuştur ve kademeli olarak artırılmıştır. İşlem süreleri ve iş geliş aralıkları belli dağılımlara uygun rastsal değerler olmasına rağmen başlangıçta bu değerler sabit kabul edilmiştir. Kabul edilen bu değerlerle modelin çalıştırılması sonucu elde edilen çıktı değerlerinden işlem gören iş sayısı, işlem süresi gibi kriterlere göre doğru sonuçlar verip vermediği kontrol edilmiştir. Ayrıca benzetimin belirlenen süreler için çalıştırılması sonucundaki çıktı değerlerindeki iş istasyonları önünde bekleyen iş sayısının ve atölyenin normal iş yükünün gerçek değerlerine yakın olduğu görülmüştür.

7.12 Mevcut Durum Benzetim Sonuçları

İncelemede, değerlendirme ölçütlerinden kuyrukta bekleyen iş sayıları, bekleme zamanları, ve bitirilen iş sayıları her hücre grubu için esas alınmıştır:

Ortalama bekleyen iş sayısına ve bekleme zamanına göre sistem;

-Sonlu olmayan sistem olarak değerlendirilmiş ve 5400 saatlik 1 koşum yapılmıştır. Bulunan bekleyen iş sayısı direkt sonuç olarak yansıtılmıştır. Fakat değerlendirme öncesinde işçilerin performansına bağlı olarak işe alışma devresi öncelikle hesaplanmıştır. Bunun için model 9*600 saatlik bir koşum yaptırılarak çalıştırılmış ve “geçiş devresi (warm-up period)” her hücre grubu için belirlenmiştir. Daha sonra belirlenen geçiş devresi, 5400 saatlik 1 koşum olarak çalıştırılacak modele aktarılmıştır.

Günlük bitirilen iş sayısına göre sistem;

-Sonlu sistem olarak değerlendirilmiş ve günlük çalışma süresi 9 saatten 600 koşum yapılmıştır. Gözlenen her koşum için değerlerin ortalaması alınarak sonuç yansıtılmıştır. Güven aralığı hesabı ise örnek olarak şu şekilde yapılmıştır:

Örnek: Yaka hücresi günlük bitirilen iş sayısı güven aralığı hesabı;

Tablo 7.13’de görüldüğü gibi 600 koşum için

- $\bar{X}$ (Ortalama) = 529.92

- $\bar{s}$ (Standart sapma) = 3.9

- n (örnek hacmi (koşum sayısı)) = 600

- α (anlamlılık düzeyi) = 0.05 (%95 güven aralığı)

- $t_{\%95}^{599} = 1.96$ (t kritik değeri n=600>>120 olduğundan serbestlik derecesi ∞ olarak

T-tablosundan okunmuştur.) Ayrıca bu değer yığının normal dağılıma yaklaştığını da söylemektedir (standart normal dağılım eğrisine göre %95 güven aralığında $z^*=1.96$)

Bölüm 7.10.1’de anlatılan güven aralığı formülüne değerler konduğunda;

$$\bar{X} - \frac{\bar{s}}{\sqrt{n}} t_{\% \alpha}^{n-1} < \mu < \bar{X} + \frac{\bar{s}}{\sqrt{n}} t_{\% \alpha}^{n-1} \quad (7-4)$$

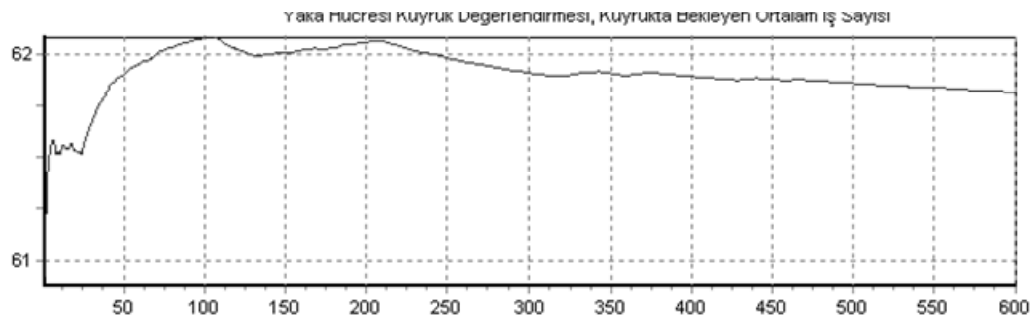
529.6079 < μ < 530.232 bulunur.

Tablo 7.13’de yaka hücresine ait değerler toplu bir şekilde gösterilmiştir.

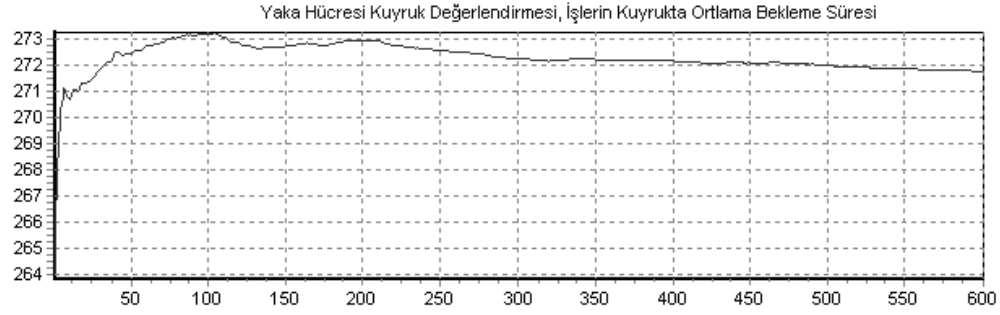
Benzetim sonucu değerlendirme ölçütleri incelenerek sistemde darboğaz oluşan noktalar tespit edilmiştir. Darboğaz oluşan tezgah gruplarına ekleme yapılarak model üzerinde farklı stratejiler denenmiştir.

7.12.1 Mevcut Durum Yaka Hücresi Benzetim Sonuçları

Ortalama bekleyen iş sayısına ve bekleme zamanına göre sistem önce 9 saatlik*600 koşum olarak çalıştırılmış ve sistemin “warm-up” periyodu belirlenmiştir;

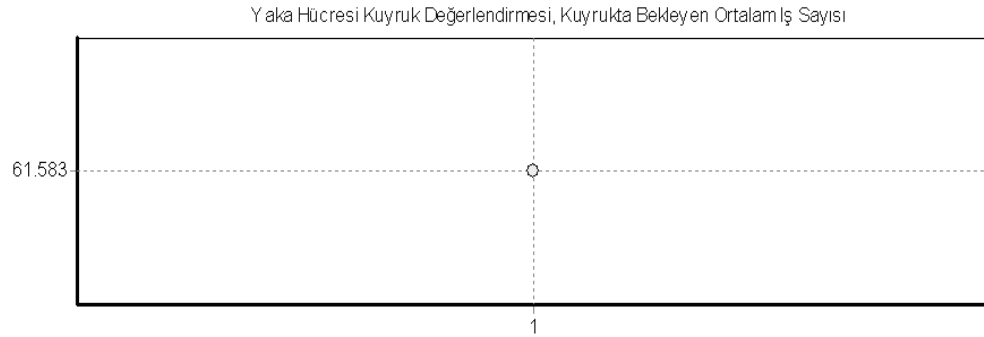


Şekil 7.17 : Yaka Hücresi Kuyrukta Ortalama Toplam Bekleyen İş Sayısı
(600koşum)



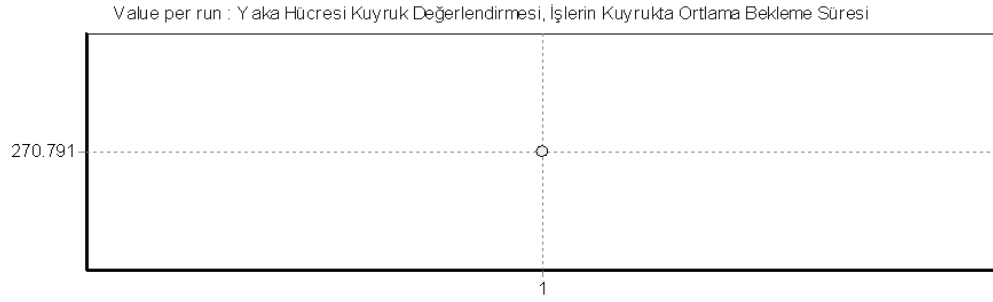
Şekil 7.18 : Yaka Hücresi Kuyrukta Ortalama Toplam Bekleme Süresi (600koşum)

Şekil 7.17-7.18'den görüldüğü gibi sistem yaklaşık 100 koşum sonra dengeye gelmektedir. Yani sistemin warm-up periyodu 100 koşum*9 saat'ten 900 saat olarak belirlenmiştir. Bu zaman dilimi, sistemde bekleyen ortalama iş sayısını ve bekleme zamanını araştırmak istediğimizden 5400 saatlik 1 koşum'un warm-up periyodu olarak girilmiştir. Böylece araştırmak istediğimiz çıktıyı doğru değerlendirebilmek için sistemimiz sonlu olmayan sistem olarak ele alınmış olmaktadır. Şekil 7.19 ve 7.20'da de yaka hücresinin kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı ve bekleme süresinin 5400 saatlik 1 koşum sonucundaki değerleri görülmektedir. Görüldüğü gibi warm-up periyodu belirlendikten sonra sistemde bekleyen ortalama iş sayısı 61,58 (şekil 7.19) ve ortalama bekleme süresi 270,791 saniyedir (Şekil7.20).



Şekil 7.19 : Yaka Hücresi Kuyrukta Ortalama Toplam Bekleyen İş Sayısı (1koşum)

Günlük bitirilen iş sayısını değerlendirmek için de sistem sonlu sistem olarak ele alınmış ve %95 güven aralığında 600 kez çalıştırılmıştır. 600 koşumun sonucunda bitirilen yaka sayısı 517 ile 543 arasında değişmekte olup ortalama bitirilen yaka sayısı ise 529,92 olarak bulunmuştur (Tablo 7.13). Bu sonuç gerçek sistemle karşılaştırıldığında geçerlidir, çünkü gerçek sistemde de günde bitirilen yaka sayısı ortalama 500 civarındadır. Şekil 7.21 de görüldüğü gibi sistem dengeye yaklaşık 100 koşum sonunda ulaşmaktadır.



Şekil 7.20 : Yaka Hücresi Kuyrukta Ortalama Toplam Bekleme Süresi (1koşum)

Yaka hücresi benzetim sonucu değerlendirme ölçütleri incelenerek sistemde darboğaz oluşan noktalar tespit edilmiştir. Yaka hücresinde 3 farklı noktada kuyrukta birikmelerin yaşandığı gözlemlenmiştir. Bunlar

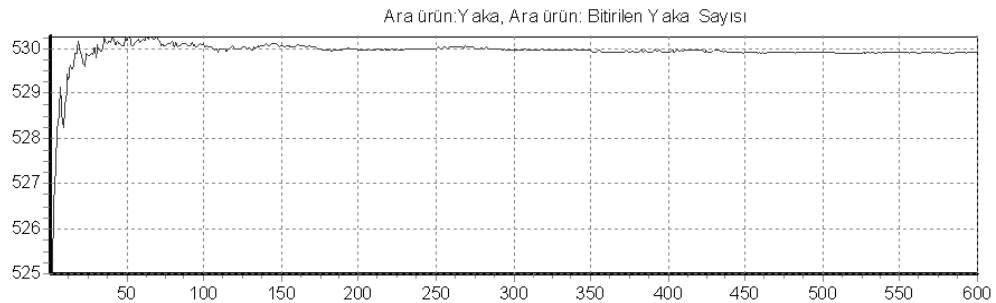
Operatör no-4: Tela yapıştırma,Tela kesme+ütü ve Yaka ütü

Operatör no-5: Yaka gazesi, Yaka kuşaklama

Operatör no-8: Kuşak regule ve Yaka regule- işaret

Tablo 7.13 : Yaka Hücresi Bitirilen Yaka Sayısı

Ara ürün:Yaka						
	Ortalama	St.Sapma	Alt sınır(95%)	Üst sınır(95%)	Minimum	Maximum
Bitirilen Yaka Sayısı	529.92	3,90	529.61	530.23	517.00	543.00

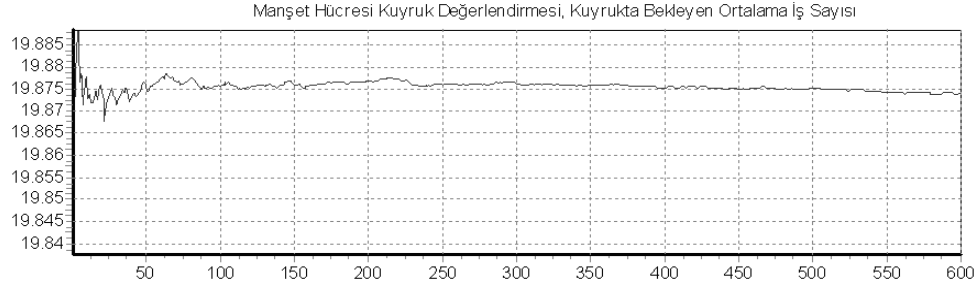


Şekil 7.21 : Yaka Hücresi Bitirilen Yaka Sayısı Grafiği

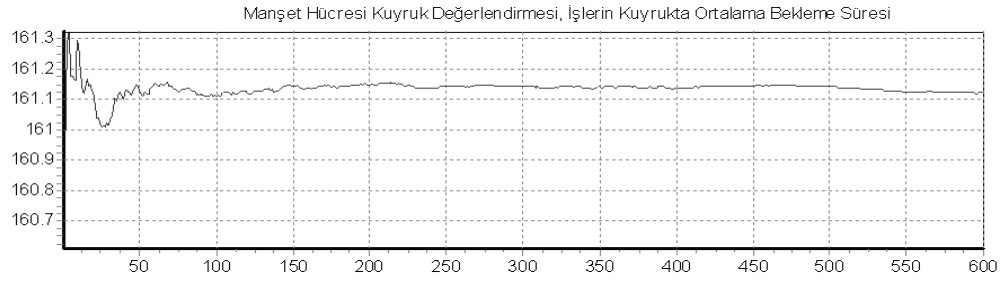
Operatörlerin işlem sürelerinin uzun olması ve farklı iş yapmalarından kaynaklı darboğazlar oluşmaktadır. Bunun için darboğaz oluşan tezgah gruplarına ekleme yapılarak model üzerinde farklı stratejiler denenecektir.

7.12.2 Mevcut Durum Manşet Hücresi Benzetim Sonuçları

Ortalama bekleyen iş sayısına ve bekleme zamanına göre sistem önce 9 saatlik*600 koşum olarak çalıştırılmış ve sistemin “warm-up” periyodu belirlenmiştir:



Şekil 7.22 : Manşet Hücresi Kuyrukta Ortalama Toplam Bekleyen İş Sayısı (600koşum)



Şekil 7.23 : Manşet Hücresi Kuyrukta Ortalama Toplam Bekleme Süresi (600koşum)

Şekil 7.22 ve 7.23’den görüldüğü gibi sistemin ısınma devresi yaklaşık 100 koşum (900 saat) olarak belirlenmiştir ve modele warm-up periyodu girilerek sistem, 5400 saatlik 1 koşum için tekrardan çalıştırılmıştır. Şekil 7.24’da görüldüğü gibi manşet hücresinde ortalama kuyrukta bekleyen iş sayısı 20, şekil 7.25’de görüldüğü üzere hücrede kuyrukta bekleyen işlerin ortalama bekleme süreleri 164 saniyedir.



Şekil 7.24 : Manşet Hücresi Kuyrukta Ortalama Toplam Bekleyen İş Sayısı (1koşum)

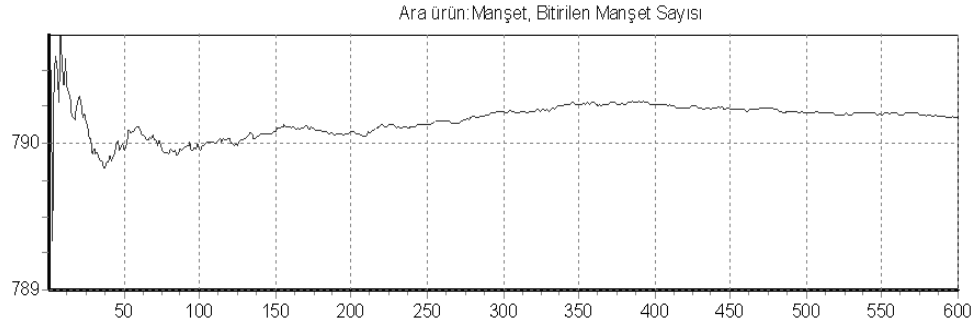


Şekil 7.25 : Manşet Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi (1koşum)

Günlük bitirilen iş sayısını değerlendirmek için de sistem sonlu sistem olarak ele alınmış ve %95 güven aralığında 600 kez çalıştırılmıştır. 600 koşumun sonucunda bitirilen manşet sayısı 785 ile 795 arasında değişmektedir. Ortalama bitirilen manşet sayısı ise 790,18 olarak bulunmuştur (Tablo 7.14). Bu sonuç gerçekte günde bitirilen manşet sayısı ile benzerdir. Şekil 7.26 da görüldüğü gibi sistem dengeye yaklaşık 100 koşum sonunda ulaşmaktadır.

Tablo 7.14 : Manşet Hücresi Bitirilen Manşet Sayısı

Ara ürün:Manşet						
	Ortalama	Std.Sapma	Alt sınır(95%)	Üst sınır(95%)	Minimum	Maximum
Bitirilen Manşet Sayısı	790.18	1,59	790.05	790.31	785.00	795.00



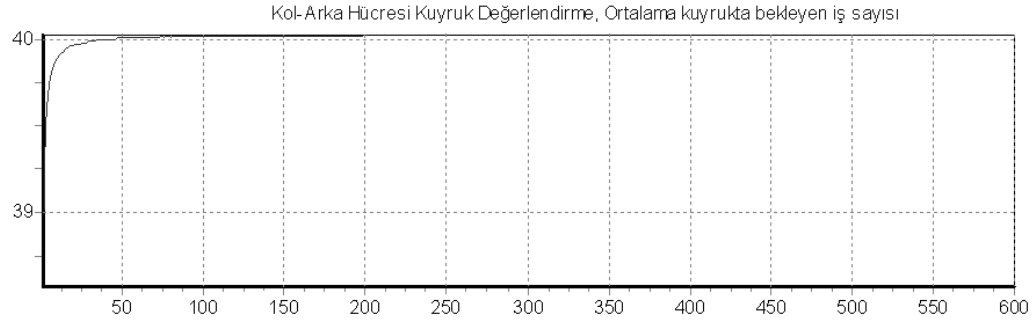
Şekil 7.26 : Manşet Hücresi Günlük Ortalama Bitirilen Manşet Sayısı Grafiği

Manşet hücresi incelendiğinde yine darboğaz söz konusudur. Bu yüzden sistem performansını artırmak için bu noktaya bir tezgah daha eklenmesi gerekmektedir. Ayrıca manşet hücresinde operatör fazlalığı söz konusudur. Operatör no 19 ve 20 nin yaptığı işlerin işlem süreleri kısadır ve sonuç olarak tezgahlar full kapasite ile

çalışmamakta boşa beklemektedirler. Bu iki farklı işin yapılabilirlik durumu tek operatör için araştırılacaktır.

7.12.3 Mevcut Durum Kol-Arka Hücresi Benzetim Sonuçları

Mevcut durum değerlendirildiğinde sistem yine yaklaşık 100 koşum sonrasında dengeye gelmektedir (Şekil 7.27 ve 7.28) . Warm-up periyodu olarak yine 900 saat belirlenmiş ve model tekrardan çalıştırılmıştır.

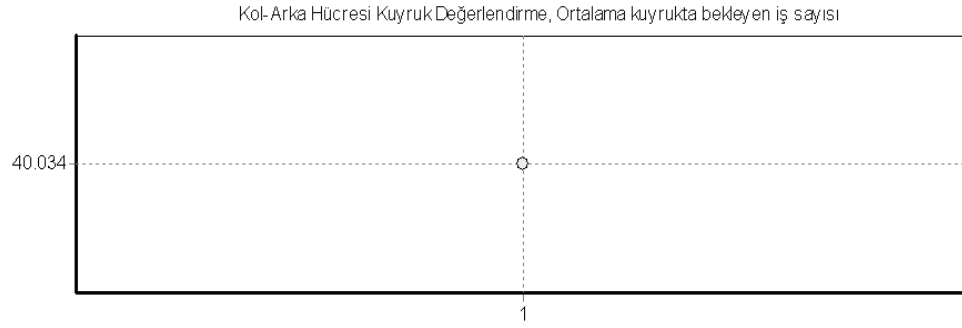


Şekil 7.27 : Kol-Arka Hücresi Kuyrukta Bekleyen Ortalama İş Sayısı(600koşum)



Şekil 7.28 : Kol-Arka Hücresi işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi (600koşum)

Kol-Arka hücresinin kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı ve bekleme süresi şekil 7.29 ve 7.30’de görüldüğü gibidir.Ortalama bekleyen iş sayısı 40, işlerin kuyrukta bekleme süresi ise ortalama 547,154saniyedir.



Şekil 7.29 : Kol-Arka Hücresi Kuyrukta Bekleyen Ortalama İş Sayısı (1koşum)

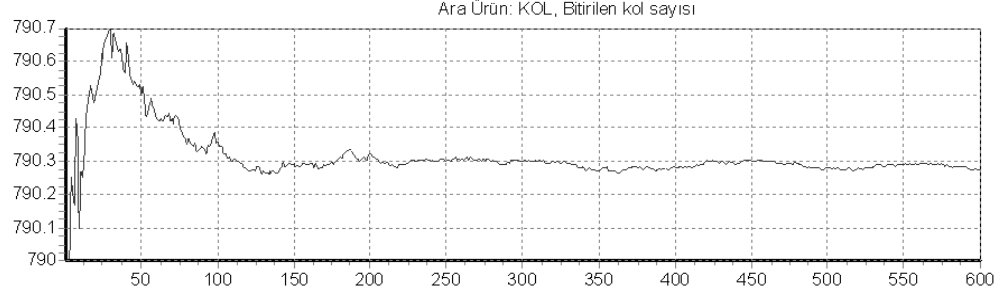


Şekil 7.30 : Kol-Arka Hücresi işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi (1koşum)

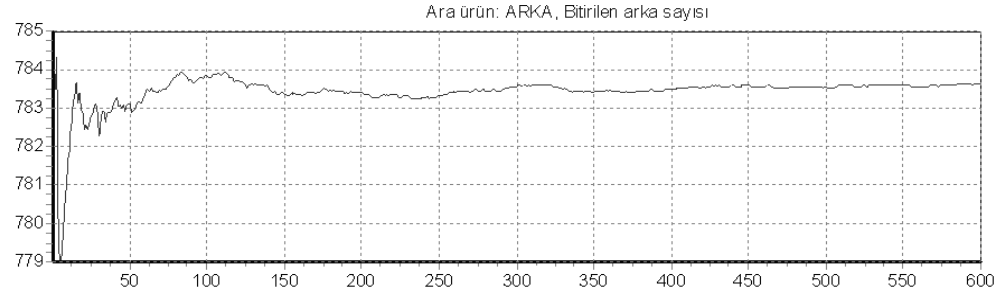
Günlük bitirilen iş sayısını değerlendirmek için de sistem sonlu sistem olarak ele alınmış ve %95 güven aralığında 600 kez çalıştırılmıştır. 600 koşumun sonucunda bitirilen kol sayısı 787 ile 794 ve bitirilen arka sayısı 764 ile 798 arasında değişmektedir. Ortalama bitirilen kol sayısı 790,28, ortalama bitirilen arka sayısı ise 783,64 olarak bulunmuştur (Tablo 7.15). Bu sonuç gerçekte günde bitirilen arka ve kol sayısı ile benzerdir. Şekil 7.31 ve 7.32 de görüldüğü gibi sistem dengeye yaklaşık 100 koşum sonunda ulaşmaktadır.

Tablo 7.15 : Kol Arka Hücresi Bitirilen Manşet ve Arka Sayısı

Ara Ürün: KOL						
	Ortalama	St.Sapma	Alt sınır(95%)	Üst sınır(95%)	Minimum	Maximum
Bitirilen kol sayısı	790.28	1,11	790.19	790.37	787.00	794.00
Ara ürün: ARKA						
	Ortalama	St.Sapma	Alt sınır(95%)	Üst sınır(95%)	Minimum	Maximum
Bitirilen arka sayısı	783.64	4,88	783.25	784.03	764.00	798.00



Şekil 7.31 : Kol-Arka Hücresi Bitirilen kol sayısı grafiği

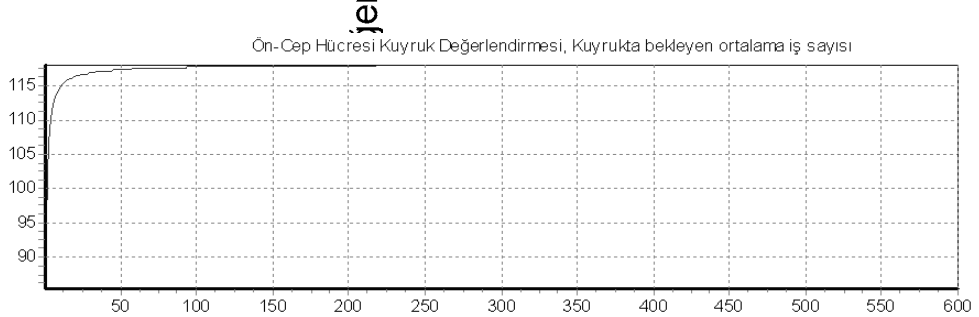


Şekil 7.32 : Kol-Arka Hücresi Bitirilen arka sayısı grafiği

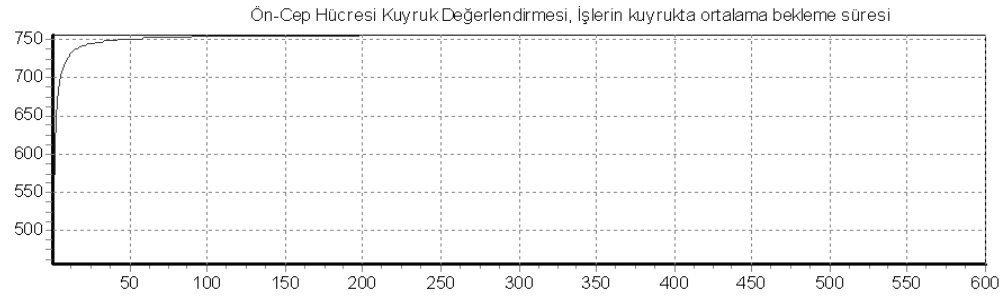
Kol-Arka hücresi genel olarak incelendiğinde yine darboğazlar görülmektedir. Özellikle de operatör no: 14 ve 15 in önünde biriken işler hattın dengesiz olduğunu göstermektedir.

7.12.4 Mevcut Durum Ön-Cep Hücresi Benzetim Sonuçları

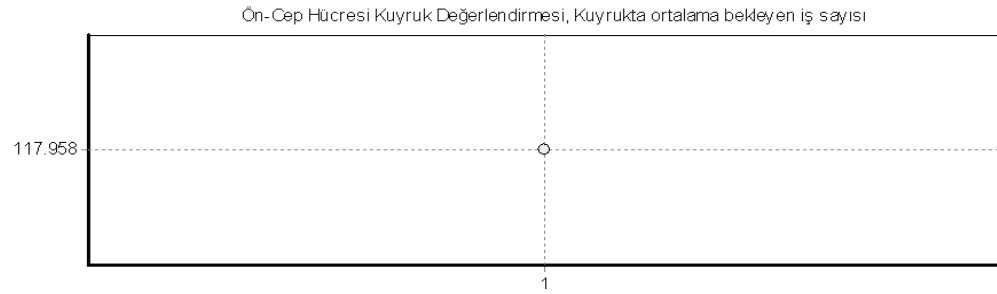
Şekil 7.33 ve 7.34 den warm-up periyodun yine yaklaşık 100 koşum süresi olan 900 saat olduğu belirlenmiş ve model tekrardan çalıştırılmıştır. Sonlanmayan simülasyon olarak ele alınan modelin kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı 117 ve bekleme zamanı 755 saniyedir (şekil 7.35 ve 7.36)



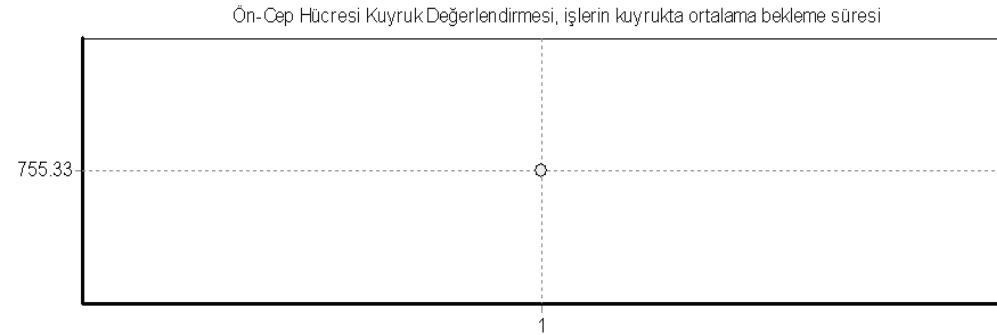
Şekil 7.33 : Ön-Cep Hücresi kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı (600koşum)



Şekil 7.34: Ön-Cep Hücresi işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi (600koşum)



Şekil 7.35 : Ön-Cep Hücresi kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı (1koşum)

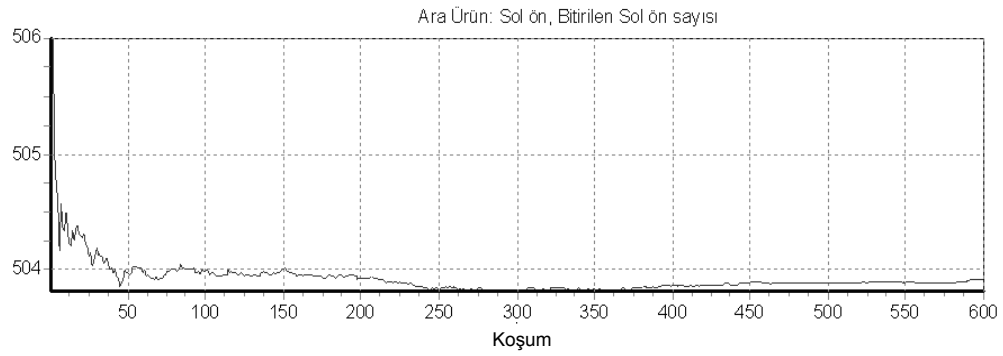


Şekil 7.36 : Ön-Cep Hücresi işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi (1koşum)

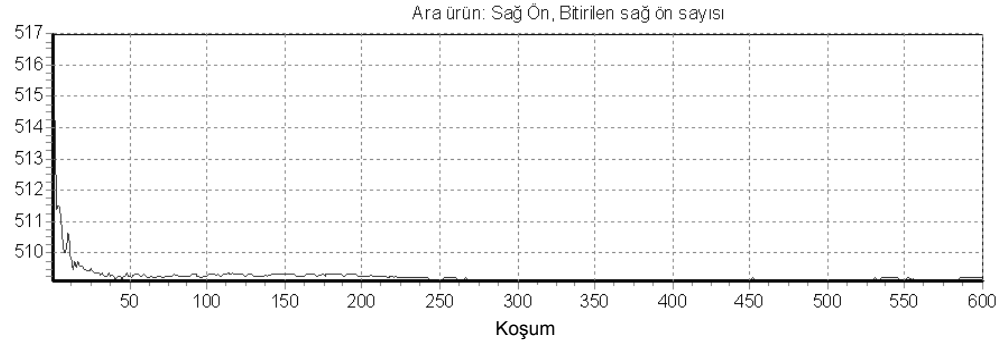
Günlük olarak bitirilen sol ön iş sayısı 498 ile 508 arası değişmekte ve ortalaması 503'dür. Bitirilen sağ ön ortalaması 509 olmakla beraber sol önden daha fazladır (Tablo 7.16). Bunun sebebi gömleğin sol önüne cep dikilme işlemidir ve bu işlem kaynaklı olarak bitirilen sol ön sayısı sağ öne göre daha az olur. Bu sonuç gerçek sistemle örtüşmektedir. Şekil 7.37 ve 7.38 incelendiğinde sistem yaklaşık 50 koşum sonra dengeye gelmektedir.

Tablo 7.16 : Ön-Cep Hücresi Bitirilen Sol ve Sağ Ön Sayısı

Ara ürün: Sol Ön						
	Ortalama	St.Sapma	Alt sınır(95%)	Üst sınır(95%)	Minimum	Maximum
Bitirilen Sol ön sayısı	503.92	1,54	503.79	504.04	498.00	508.00
Ara ürün: Sağ Ön						
	Ortalama	St.Sapma	Alt sınır(95%)	Üst sınır(95%)	Minimum	Maximum
Bitirilen sağ ön sayısı	509.17	2,34	508.98	509.35	502.00	517.00



Şekil 7.37 : Ön-Cep Hücresi Bitirilen Sol Ön Sayısı Grafiği



Şekil 7.38 : Ön-Cep Hücresi Bitirilen Sağ Ön Sayısı Grafiği

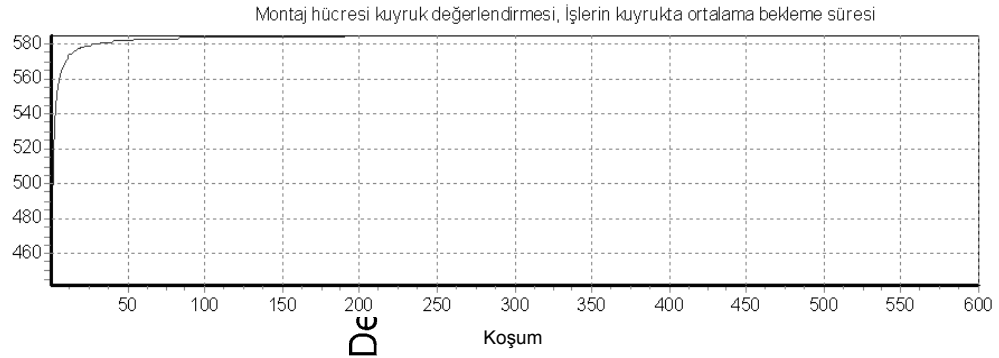
Ön cep hücresinde de diğer hücrelerde olduğu gibi darboğazlar söz konusudur. Bu darboğazlardan dolayı kuyruktaki bekleyen iş sayısı artmakta ve sistem performansı olumsuz etkilenmektedir. Bunun için bu hücrede de darboğaz noktaları belirlenmiş ve ek tezgahlar eklenerek hat dengelenmeye çalışılmıştır.

7.12.5 Mevcut Durum Montaj Hücresi Benzetim Sonuçları

Montaj hücresi incelendiğinde yine warm-up periyodunun bulunması için model 600 koşum çalıştırılmıştır (Şekil 7.39-7.40). Warm-up periyodu 900 saat belirlenmiş ve model çıktıları doğru değerlendirebilmek için tekrar çalıştırılmıştır.



Şekil 7.39 : Montaj Hücresi kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı (600koşum)



Şekil 7.40 : Montaj Hücresi işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi (600koşum)

Model 5400 saatlik 1 koşum için (Sonlu olmayan simülasyon olarak ele alındığında) çalıştırıldığında kuyrukta bekleyen ortalama iş sayısı 60,97 ve ortalama bekleme süresi 585'dir (Şekil 7.41-42).

Montaj hücresine ait model 600 kez çalıştırıldığında ortalama bitirilen gömlek sayısı 394 bulunmuştur (Tablo7.18). Şekil 7.43'e bakıldığında sistemden çıkan gömlek sayısının yaklaşık 100 koşum sonra dengelendiği gözlenmiştir. Sistemde ortalama üretilen gömlek sayısı bir önceki hücrelerde üretilen ara ürün sayısı ile orantılı olduğu için gayet normaldir (Tablo7.19).



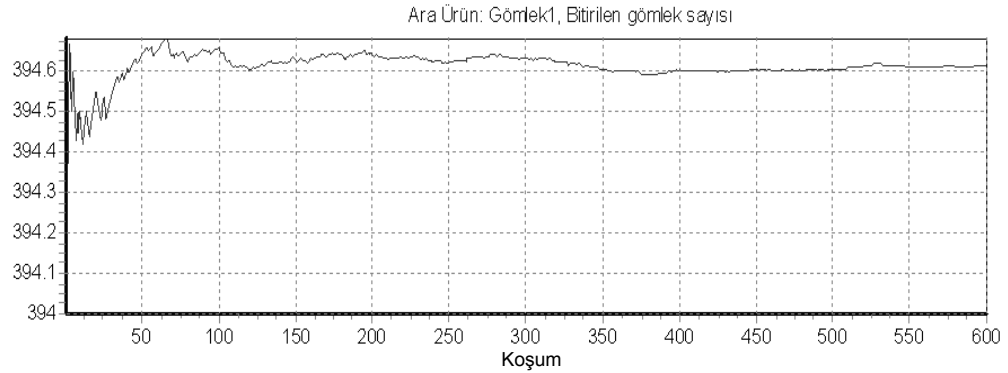
Şekil 7.41 : Montaj Hücresi kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı (1koşum)



Şekil 7.42 : Montaj Hücresi işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi (1koşum)

Tablo 7.17 : Montaj Hücresi Bitirilen Gömlek Sayısı

Ara Ürün: Gömlek						
	Ortalama	St.Sapma	Alt sınır(95%)	Üst sınır(95%)	Minimum	Maximum
Bitirilen gömlek sayısı	394.61	0.59	394.57	394.66	393.00	396.00



Şekil 7.43 : Montaj Hücresi Bitirilen Gömlek Sayısı Grafiği

Gömlek montajında işlemler şu sırayla takip etmektedir:

-2 adet ön ile 1 adet arka birleştirilir.

-Birleşen parçaya 1 adet yaka eklenir.

-Birleşen parçaya 2 adet kol eklenir.

-Son olarak birleşen parçaya 2 adet manşet eklenir.

İşlemlere bakıldığında montaj hücresinde ara ürün olarak çıkacak gömleği ön, kol veya manşet sayıları sınırlamaktadır. Bu noktada incelediğimizde üretilen ara ürün: kol, ön ve manşet miktarlarında sınırlayıcı olan 790 ortalamayla manşet ve kol miktarlarıdır. Sonuç olarak montaj hücresinin günde ortalama 394 gömlek üretmesi, ara ürün olan manşet ve kol miktarlarından kaynaklanmaktadır. Bunun için öncelikle manşet ve kol hücrelerinde dengeleme yapmaya çalışmak, darboğazları belirlemek dikim hattının günlük üretilecek ürün kapasitesini artırmak açısından yararlı olacaktır.

Montaj hücresi kendi içinde değerlendirildiğinde yine darboğazlar söz konusudur. Kuyrukta bekleyen ortalama iş sayısı bu darboğazlardan kaynaklı olarak artmakta ve sistemin çıktı kapasitesi sınırlanmaktadır.

Tablo 7.18 : Bitirilen Ara Ürün Sayıları

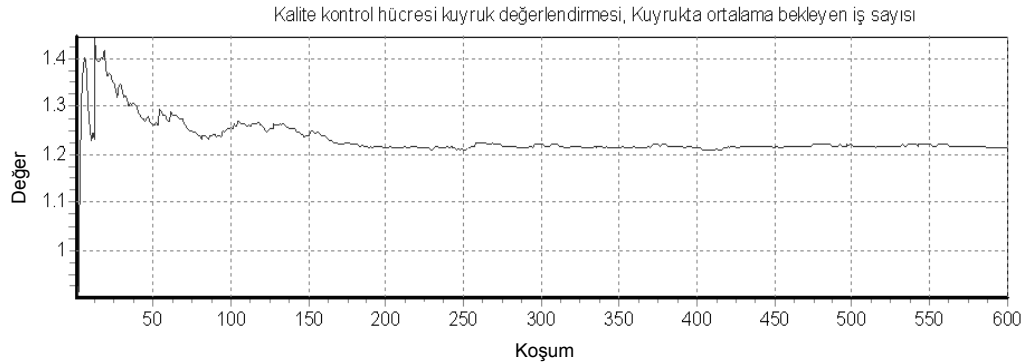
		Ortalama	St.Sapma	Alt sınır(95%)	Üst sınır(95%)	Min	Max
Ara Ürünler	Bitirilen Yaka Sayısı	529.92	3,90	529.61	530.23	517.00	543.00
	Bitirilen Manşet Sayısı	790.18	1,59	790.05	790.31	785.00	795.00
	Bitirilen Sol Ön Sayısı*	503.92*2	1,54	503.79*2	504.04*2	498.00*2	508.00*2
	Bitirilen Kol Sayısı	790.28	1,11	790.19	790.37	787.00	794.00
	Bitirilen Arka Sayısı	783.64	4,88	783.25	784.03	764.00	798.00

*Bitirilen sol ön sayısına bağlı olarak sisteme sağ ön girişi olacağından toplam ön sayısı sol ön sayısı*2 şeklinde ifade edilmiştir.

7.12.6 Mevcut Durum Kalite Kontrol Hücresi Benzetim Sonuçları

Kalite kontrol hücresi için de warm-up periyodunun belirlenmesi için model 600 kez çalıştırılmıştır. Şekil 7.44 ve 7.45’den de görüleceği üzere warm-up periyodu

yaklaşık 150 (1350saat) koşum olarak belirlenmiş ve model tekrardan 1 koşum (5400 saat) için çalıştırılmıştır.



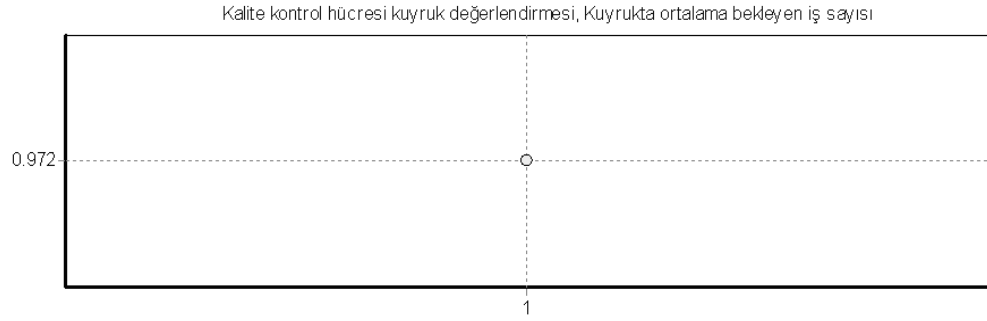
Şekil 7.44 : Kalite Kontrol Hücresi kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı (600koşum)

Model 5400 saat çalıştırdıktan sonra kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı 0,972 olarak bulunmuştur (Şekil 7.46). Bu sonuç işlerin bu hücrede aksamadan yürüdüğüne göstergesidir. Fakat bulduğumuz sonuç gerçek sistemle karşılaştırıldığında örtüşmemektedir.



Şekil 7.45 : Kalite Kontrol Hücresi işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi

Çünkü bu hücrede ara depolarda yığılmalar fazladır. Bunun tek geçerli sebebi işçilerin fazla bekleme yapmalarıdır ki bu işletme müdürleri tarafından da dikkati çekmiştir. Çünkü hat dengelemesi yığılmalar çok olduğu için önemle yapılmış ve yapılan çalışmada da hattın dengeli bir şekilde çalıştığı gözlenmiştir. İşçilerin fazla bekleme yapmalarını engellemek için şirket yöneticileri tarafından farklı politikalar geliştirilmiştir. Özellikle bu hücrede son 6 işçinin bekleme yaptığı fark edilmiş bunun için de son 6 işçinin performansı kontrollü bir şekilde izlenmeye çalışılmıştır. Bu sayede hattın kontrolü sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu hücreden bulduğumuz diğer sonuç ise işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi 19,919dur (Şekil 7.47).



Şekil 7.46 : Kalite Kontrol Hücresi kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı (1koşum)



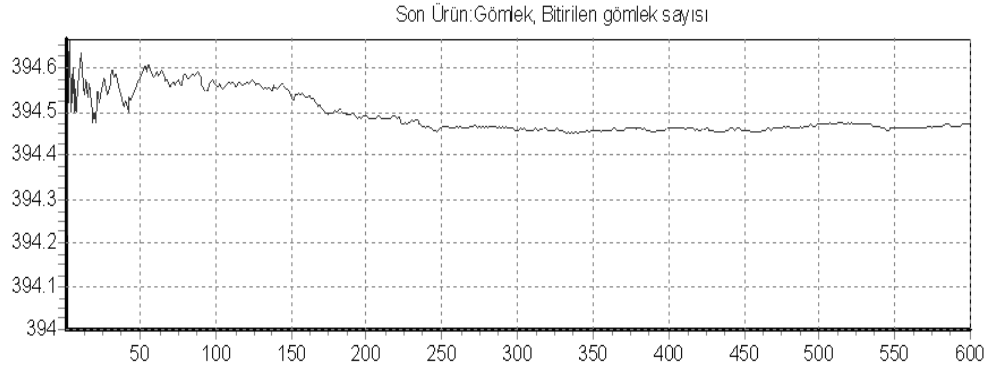
Şekil 7.47 : Kalite Kontrol Hücresi işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi (1koşum)

Kalite kontrol hücresinden çıkan ürün, işlemi tamamlanarak son ürün:gömlek olarak çıkmaktadır. Bu noktadan sonra gömlek ambalajlamaya geçer. Hücre değerlendirildiğinde ortalama günde 394 adet gömlek çıkmaktadır (Tablo 7.19 ve Şekil 7.48). Bu sonuç bir önceki montaj hücresine birebir bağlıdır. Bu hücrede herhangi bir aksama olmadığından montaj hücresinden gelen her ara ürün, işlemi tamamlanarak hücreyi son ürün olarak terk etmektedir. Genel itibariyle işletmenin günlük üretim kapasitesi 400 civarlarındadır ve bulduğumuz sonuç gerçek sistemle örtüşmektedir.

Tablo 7.19 Kalite Kontrol Hücresi Bitirilen Gömlek Sayısı

Son Ürün: Gömlek						
	Ortalama	St.Sapma	Alt sınır(95%)	Üst sınır(95%)	Min	Max
Bitirilen gömlek sayısı	394.47	0.60	394.42	394.52	393.00	396.00

Mevcut durumdaki tüm hücreler değerlendirme ölçütlerinden kuyrukta ortalama bekleyen iş sayılarına, ortalama bekleme zamanlarına, ve bitirilen iş sayılarına göre değerlendirilmiş ve toplu olarak Tablo 7.20-22’de özetlenmiştir.



Şekil 7.48 : Kalite Kontrol Hücresi Bitirilen Gömlek Sayısı

Bitirilen iş sayısına göre:

Tablo 7.20 : Mevcut Durum, Tüm Hücrelerin Bitirilen İş Sayısına Göre Değerlendirilmesi

Bitirilen İş	Ortalama	St.Sapma	Alt sınır(95%)	Üst sınır(95%)	Min.	Max.
Bitirilen Yaka Sayısı	529.92	3,90	529.61	530.23	517.00	543.00
Bitirilen Manşet Sayısı	790.18	1,59	790.05	790.31	785.00	795.00
Bitirilen Sol Ön Sayısı	503.92	1,54	503.79	504.04	498.00	508.00
Bitirilen Sağ Ön Sayısı	509.17	2,34	508.98	509.35	502.00	517.00
Bitirilen Kol Sayısı	790.28	1,11	790.19	790.37	787.00	794.00
Bitirilen Arka Sayısı	783.64	4,88	783.25	784.03	764.00	798.00
Bitirilen Ara Ürün Gömlek Sayısı	394.61	0.59	394.57	394.66	393.00	396.00
Bitirilen Son ürün Gömlek Sayısı	394.47	0.60	394.42	394.52	393.00	396.00

Kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısına göre:

Tablo 7.21 : Mevcut Durum, Tüm Hücelere Ait Kuyrukta Ortalama Bekleyen İş Sayısı

Hücre	Kuyrukta Ortalama Bekleyen İş Sayısı
Yaka Hücresi	61,583
Manşet Hücresi	20,005
Ön-Cep Hücresi	117,958
Kol-Arka Hücresi	40,034
Montaj Hücresi	60,971
Kalite Kontrol Hücresi	0,972

İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresine göre,

Tablo 7.22 : Mevcut Durum, Tüm Hücelere Ait İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi

Hücre	İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi (sn)
Yaka Hücresi	270,791
Manşet Hücresi	164,068
Ön-Cep Hücresi	755,33
Kol-Arka Hücresi	547,154
Montaj Hücresi	585,016
Kalite Kontrol Hücresi	19,919

7.13 Darboğaz Belirlenmesi ve Mevcut Durum İyileştirmesi

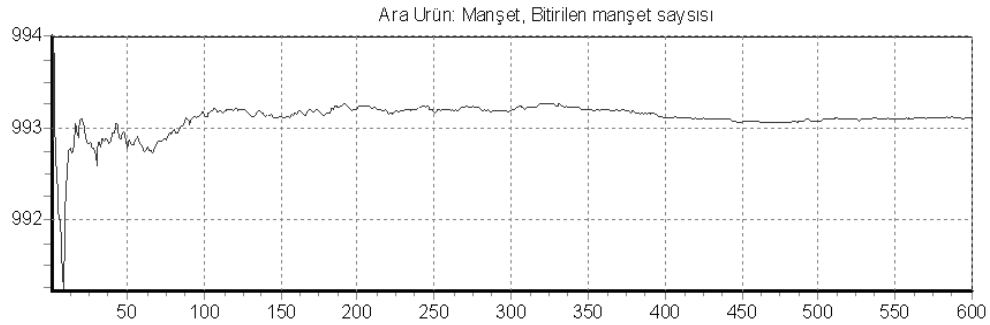
Mevcut durum, gerçek sistem verilerinin değerlendirilmesiyle elde edilen verilerdir. Bölüm 7.7’de anlatıldığı üzere benzetim modeli ilk olarak bu verilerle çalıştırılarak sistemin davranışları incelenmiştir. İncelemede değerlendirme ölçütlerinden bekleme zamanları, bekleyen iş sayıları ve bitirilen iş sayıları tezgah grupları için esas alınmıştır. Benzetim sonucu değerlendirme ölçütleri incelenerek sistemde darboğaz oluşan noktalar tespit edilmiştir. Darboğaz oluşan tezgah gruplarına ekleme yapılarak model üzerinde Seçenek 1, Seçenek 2 ve Seçenek 3 olmak üzere 3 farklı strateji denenmiştir.

7.13.1 Seçenek 1

Seçenek 1’de mevcut durumun son ürün: gömlek sayısını kısıtlayan hücreler öncelikle ele alınmıştır. Tablo 7.20 de görüldüğü üzere bitirilen ara ürün: manşet ve kol sayısının düşük olması nedeniyle günlük üretilen gömlek sayısı kısıtlanmaktadır. Bu doğrultuda öncelikle bu hücreler kontrol edilmiş ve darboğazlar belirlenerek bu hücrelerde iyileştirmelere gidilmiştir.

Seçenek 1: Manşet Hücresi İyileştirmesi

Hücre incelendiğinde 9 numaralı operatörde darboğaz görülmektedir. Bu operatör öncesi kuyrukta beklemeler artmakta ve hatta üretilen ara ürün: manşet sayısı kısıtlanmaktadır. Bunun haricinde model çalıştırılıp incelendiğinde operatör 19 ve 20’nin tezgah kullanım oranları çok düşüktür. Bu noktada operatör 19 ve 20 nin yaptığı işler, operatör 19’a atanmış, 9 numaralı operatörde gözüken darboğazı engellemek için de sisteme bir tezgah daha eklenmiş ve operatör 20 de bu tezgaha atanarak hat dengelenmeye çalışılmıştır. Şekil 7.49’a bakıldığında bitirilen manşet sayısı mevcut duruma göre 993’e yükselmiştir. Kuyrukta bekleyen iş sayısı ortalama 23,853 ve işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi ise 155,021’dir (Şekil7.50-51).



Şekil 7.49 : Seçenek 1: Manşet Hücresi Bitirilen Ara Ürün:Manşet Sayısı



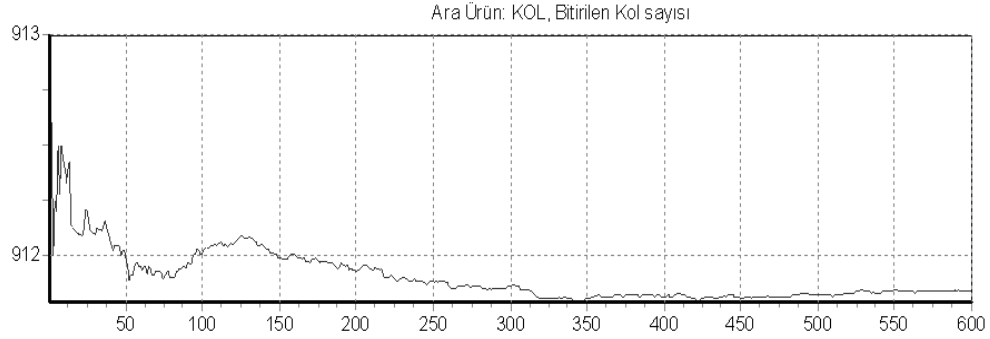
Şekil 7.50 : Seçenek 1: Manşet Hücresi Kuyrukta Bekleyen Ortalama İş Sayısı



Şekil 7.51 : Seçenek 1: Manşet Hücresi İşlerin Ortalama Kuyrukta Bekleme Süresi

Seçenek 1: Kol-Arka Hücresi İyileştirme

Model çalıştırıldığında 15 no'lu operatörde darboğaz belirlenmiştir ve bu noktaya 1 adet tezgah daha eklenerek deney yapılmıştır. Sonuçlara bakıldığında günde ortalama bitirilen kol sayısı (911 adet/gün), mevcut duruma göre artmıştır (Şekil 7.52). Kuyrukta bekleyen ortalama iş sayısı 59.53, işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi ise 701,421 olmuştur (Şekil 7.53-7.54).



Şekil 7.52 : Seçenek 1: Kol-Arka Hücresi Ortalama Günde Bitirilen İş Sayısı



Şekil 7.53 : Seçenek 1: Kol-Arka Hücresi Ortalama Kuyrukta Bekleyen İş Sayısı

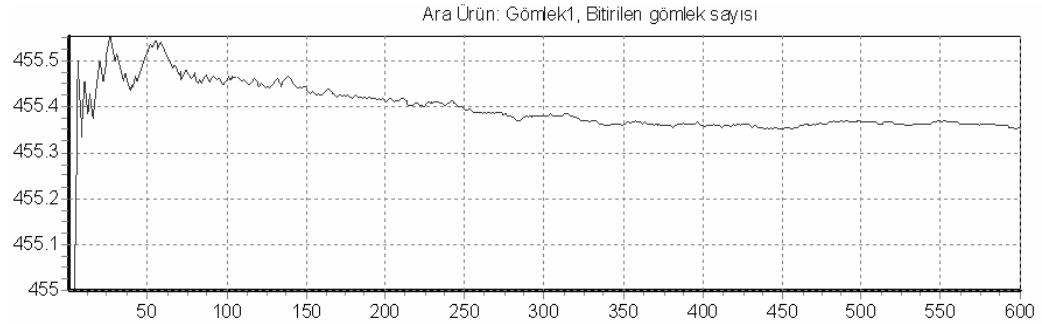


Şekil 7.54 : Seçenek 1: Kol-Arka Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi

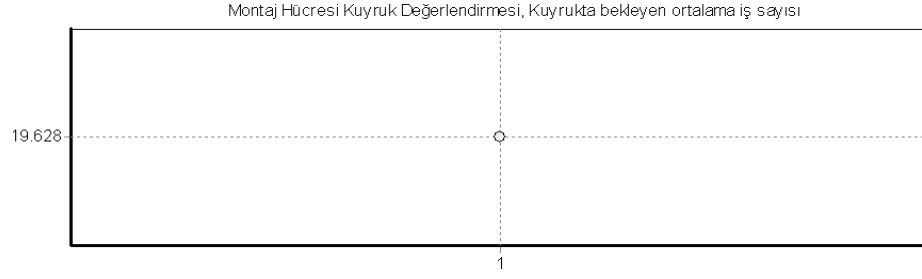
Kol-Arka Hücresi ve manşet hücresinde yapılan iyileştirmeler, montaj hücresindeki girdi değerlerini değiştireceğinden montaj hücresi ve kalite kontrol hücresi de incelenmiştir.

Seçenek 1: Montaj Hücresi İyileştirmesi

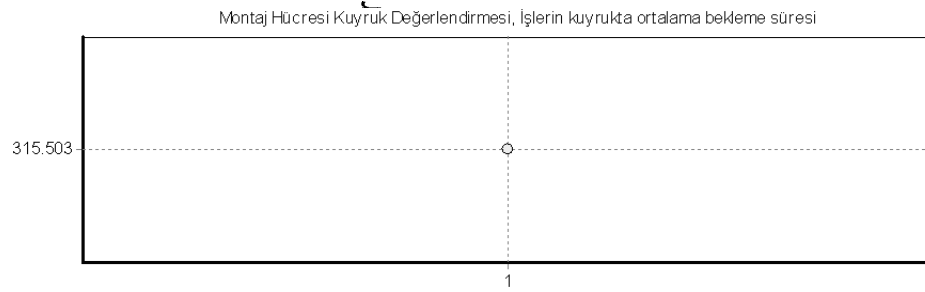
Montaj hücresine girilen ara ürün sayılarındaki değişimler hücrenin performansını etkilemiştir ve bu hücrede de darboğazlar oluşmuştur. Model çalıştırıldıktan sonra özellikle 30 no'lu operatörde darboğaz söz konusudur ve bu noktaya bir tezgah daha eklenerek deney yapılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde günde bitirilen ortalama ara ürün: gömlek sayısı 455'e yükselmiştir (Şekil 7.55) Kuyrukta bekleyen ortalama iş sayısı 19,628 ve ortalama kuyrukta bekleme süresi ise 315,503 olmuştur (Şekil 7.56-57).



Şekil 7.55 : Seçenek 1: Montaj Hücresi günde ortalama bitirilen gömlek sayısı



Şekil 7.56 : Seçenek 1: Montaj hücresi kuyrukta bekleyen ortalama iş sayısı

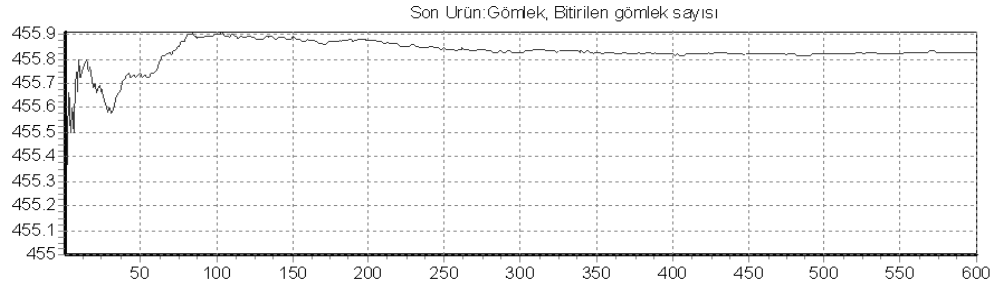


Şekil 7.57 : Seçenek 1: montaj hücresi işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi

Seçenek 1: Kalite Kontrol Hücresi İyileştirmesi

Montaj hücresinden çıkan ara ürün gömlek sayısı mevcut duruma göre değiştiğinden kalite kontrol hücresinin de girdi değişkenleri değişmektedir. Model yeni girdi değerleriyle çalıştırıldığında hücrede herhangi bir darboğaz söz konusu olmamaktadır. Bu yüzden seçenek 1 için bu hücrede herhangi bir iyileştirme yapılmamış sadece yeni girdilerle performans ölçütleri değerlendirilmiştir.

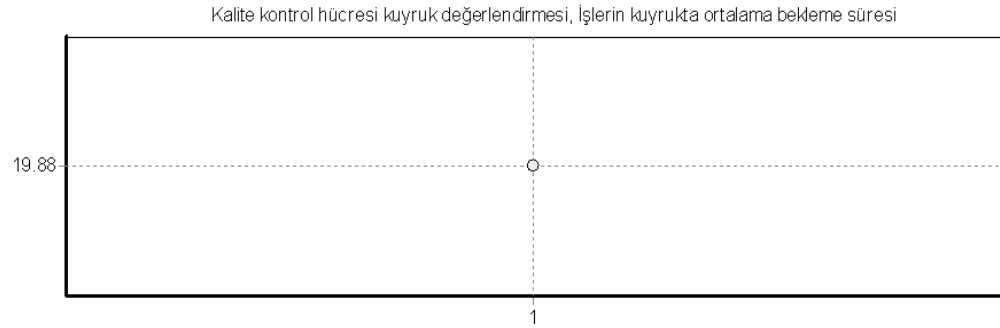
Şekil 7.58 de görüldüğü gibi son ürün:gömlek sayısı 455' e yükselmiştir. Kuyrukta bekleyen ortalama iş sayısı 1.118 ve işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi 19,88' dir (Şekil 7.59-60).



Şekil 7.58 : Seçenek 1: kalite kontrol hücresi bitirilen gömlek sayısı



Şekil 7.59 : Seçenek 1: Kalite Kontrol hücresi kuyrukta bekleyen ortalama iş sayısı



Şekil 7.60 : Seçenek 1: Kalite kontrol hücresi işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi

Seçenek 1'e ait performans ölçütleri toplu şekilde Tablo 7.23-25 arası gösterilmektedir.

Seçenek 1 değerlendirildiğinde, mevcut duruma göre herhangi bir iyileştirme yapılmayan hücreler: yaka hücresi ve ön-cep hücresidir. Bu yüzden burdaki değerler mevcut durumla aynı şekildedir. Seçenek 1'de yapılan iyileştirmeleri özetleyecek olursak;

Manşet hücresinde operatör 19 ve 20 nin yaptığı işler yalnız operatör 19'a atanmıştır. Operatör 20 ise operatör 9 da oluşan darboğazı engellemek için eklenen tezgahta değerlendirilmiştir. Kısaca manşet hücresinde ekstra bir işçi veya ekstra bir tezgah ataması yapılmayarak (Manşet hücresinde ek işler için boşta bekleyen tezgaha operator 20, operatör 9'un işine yardımcı olmak için atanmıştır.) hat dengelemesi yapılmıştır.

Tablo 7.23 : Seçenek 1, Tüm Hücrelerin Bitirilen İş Sayısına Göre Değerlendirilmesi

SEÇENEK1							
Hücre	Bitirilen İş	Ortalama	St.Sapma	Alt sınır(95%)	Üst sınır(95%)	Min.	Max.
Yaka Hücresi	Bitirilen Yaka Sayısı	529.92	3,90	529.61	530.23	517.00	543.00
Manşet Hücresi	Bitirilen Manşet Sayısı	993.10	2,55	992.90	993.31	985.00	1001.00
Ön-Cep Hücresi	Bitirilen Sol Ön Sayısı	503.92	1,54	503.79	504.04	498.00	508.00
	Bitirilen Sağ Ön Sayısı	509.17	2,34	508.98	509.35	502.00	517.00
Kol-Arka Hücresi	Bitirilen Kol Sayısı	911.84	1,10	911.74	911.93	907.00	915.00
	Bitirilen Arka Sayısı	783.64	4,88	783.25	784.03	764.00	798.00
Montaj Hücresi	Bitirilen Ara Ürün Gömlek Sayısı	455.35	0.56	455.31	455.40	454.00	457.00
Kalite Kontrol Hücresi	Bitirilen Son ürün Gömlek Sayısı	455.83	0.58	455.78	455.88	454.00	457.00

Kol-Arka hücresinde operatör 15 de oluşan darboğaz, yalnız bir işçi ve bir tezgah atamasıyla dengelenmiştir.

Montaj hücresinde operatör 31’de oluşan darboğaz yalnız bir işçi atamasıyla dengelenmiştir (Yine montaj hücresinde ek işler için boşta bekleyen tezgah değerlendirilmiştir).

Tablo 7.24 : Seçenek : Tüm Hücrelerin Kuyrukta Bekleyen İş Sayısına Göre Değerlendirilmesi

SEÇENEK 1	
Hücre	Kuyrukta Bekleyen İş Sayısı
Yaka Hücresi	61,583
Manşet Hücresi	23.85
Ön-Cep Hücresi	117,958
Kol-Arka Hücresi	59.53
Montaj Hücresi	19,628
Kalite Kontrol Hücresi	1,12

Tablo 7.25 : Seçenek 1: Tüm Hücrelerin İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Sürelerine Göre Değerlendirilmesi

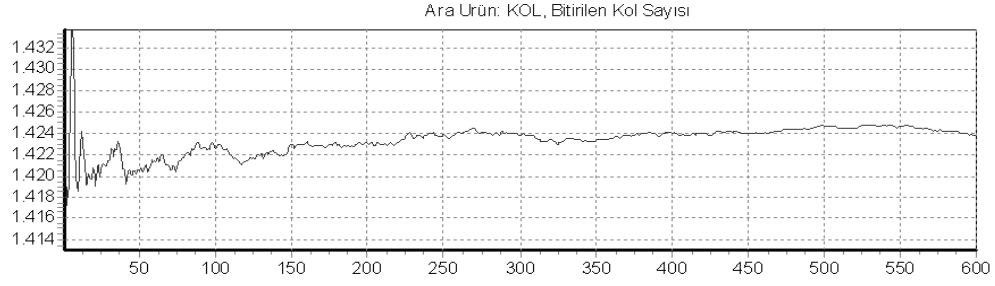
SEÇENEK1	
Hücre	İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi
Yaka Hücresi	270,791
Manşet Hücresi	155,02
Ön-Cep Hücresi	755,33
Kol-Arka Hücresi	701.42
Montaj Hücresi	315,503
Kalite Kontrol Hücresi	19,88

7.13.2 Seçenek 2

Seçenek 2’de seçenek 1’deki duruma ilave olarak darboğaz görülen noktalara tezgah ve işçi atamaları yapılmıştır. Yine seçenek 1’de ara ürün sonuçlarına bakıldığında, bitirilen ara ürün kol sayısı mevcut duruma göre artmış olmasına rağmen üretilen son ürün gömlek sayısını kısıtlamaktadır. Bilindiği gibi seçenek 1’de (Tablo 7.23), bitirilen kol ürün sayısı 911 ve bitirilen son ürün gömlek sayısı 455 dir. Görüldüğü üzere son ürün gömlek sayısı direkt bitirilen ara ürün kol sayısına bağlıdır. Bu noktada kol hücresine tekrardan bakılmış ve seçenek 1 doğrultusunda oluşan darboğaz belirlenmiş ve yeni tezgahlar eklenmesiyle son ürün gömlek sayısı artırılmaya çalışılmıştır.

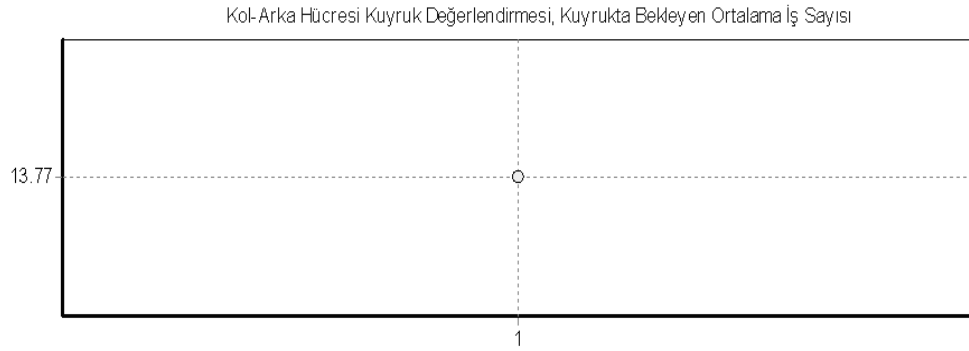
Kol Arka Hücresi İyileştirmesi:

Model çalıştırıldığında operatör 14 ve 16’da bir darboğaz meydana gelmiştir. Bu noktalara birer ilave tezgah ve işçi atanmasıyla model tekrardan çalıştırılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

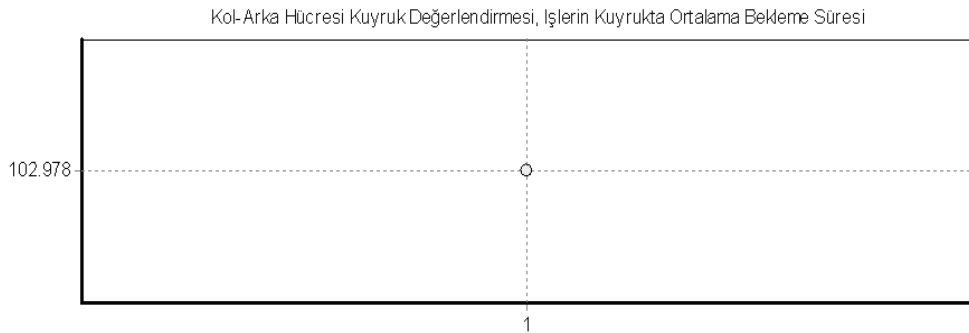


Şekil 7.61 : Seçenek 2: Kol-Arka Hücresi Bitirilen Kol Sayısı

Şekil 7.61’da görüldüğü gibi, bitirilen kol sayısı 1423’e yükselmiştir. Kuyrukta bekleyen ortalama iş sayısı 13,77 ve işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi ise 102 olmaktadır (Şekil 7.62 ve 7.63).



Şekil 7.62 : Seçenek 2: Kol-Arka Hücresi Kuyrukta Bekleyen Ortalama İş Sayısı

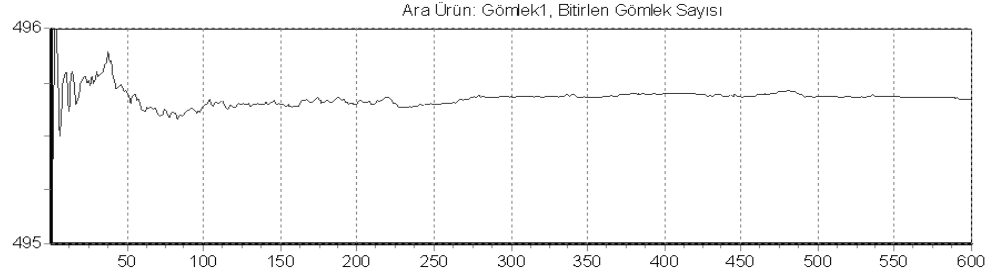


Şekil 7.63 : Seçenek 3: Kol-Arka Hücresi İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi

Montaj Hücresi İyileştirmesi:

Kol-arka hücresinde iyileştirme yapıldıktan sonra ara ürün kol sayısında artış olmuştur ve bu sonuç montaj hücresine beslenen girdi değişkenlerini etkilemektedir.

Model yeni girdi değişkenleriyle çalıştırıldıktan sonra montaj hücresinde üretilen ara ürün gömlek sayısı da 495 ‘e yükselmiştir (Şekil 7.64).



Şekil 7.64 : Seçenek 2: Montaj hücresi ortalama bitirilen gömlek sayısı

Kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı 42,89 (Şekil 7.65) ve işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi 316,12 (Şekil 7.66) olmuştur. Kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısının artmasının sebebi beslenen ara ürün sayısının artmasıdır. Beslenen ara ürün miktarındaki artış hattın daha yoğun olarak çalışmasını arttırmış ve sonuçta da bekleme sürelerine sebebiyet vermiştir.



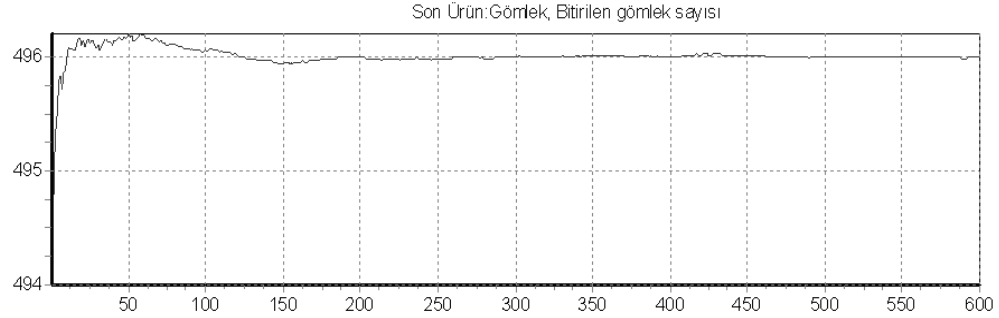
Şekil 7.65 : Seçenek 2: Montaj hücresi kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı



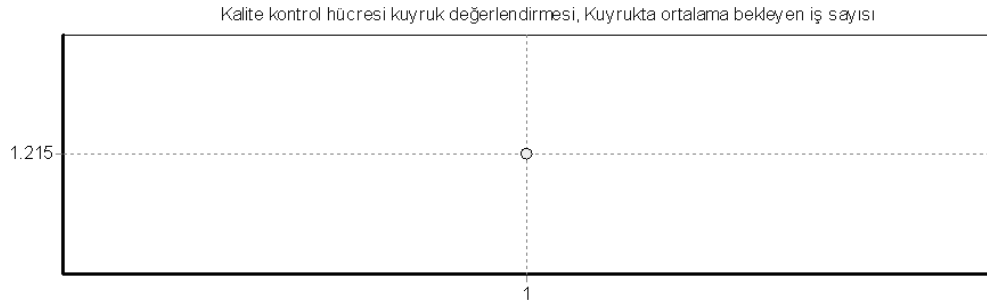
Şekil 7.66 : Seçenek 2; İşlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi

Kalite Kontrol Hücresi İyileştirilmesi:

Montaj hücresinde bitirilen ara ürün gömlek sayısı değiştiğinden kalite kontrol hücresinin girdi değişkeni de değişmiştir. Model bu yeni girdi değişkenleriyle çalıştırılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.



Günde ortalama bitirilen gömlek sayısı 496 civarında olmaktadır (Şekil 7.67). Kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı 1.215 ve işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi ise 19,85 dir (Şekil 7.68-69).



Seçenek 2 ile kalite kontrol hücresinde herhangi bir darboğaz belirtisi gözlenmemiştir. Bu yüzden bu hücrede de herhangi bir tezgah ve işçi eklemesi yapılmamıştır. Seçenek 2'ye ait sonuçlar toplu olarak aşığıdaki tablo 7.26-7.28 de özetlenmiştir.

Tablo 7.26 : Seçenek 2; Tüm hücelere ait bitirilen iş sayısı

Hücre	Bitirilen İş	Ort.	St.Sapma	Alt sınır(95%)	Üst sınır(95%)	Min.	Max.
Yaka Hücresi	Bitirilen Yaka Sayısı	529.92	3,90	529.61	530.23	517.00	543.00
Manşet Hücresi	Bitirilen Manşet Sayısı	993.10	2,55	992.90	993.31	985.00	1001.00
Ön-Cep Hücresi	Bitirilen Sol Ön Sayısı	503.92	1,54	503.79	504.04	498.00	508.00
	Bitirilen Sağ Ön Sayısı	509.17	2,34	508.98	509.35	502.00	517.00
Kol-Arka Hücresi	Bitirilen Kol Sayısı	1423.80	25.37	1421.77	1425.83	1331.00	1469.00
	Bitirilen Arka Sayısı	783.64	4,88	783.25	784.03	764.00	798.00
Montaj Hücresi	Bitirilen Ara Ürün Gömlek Sayısı	495.68	0.94	495.60	495.75	492.00	498.00
Kalite Kontrol Hücresi	Bitirilen Son ürün Gömlek Sayısı	496.00	0.84	495.93	496.07	493.00	498.00

Tablo 7.27 : Seçenek 2, Tüm hücelere ait kuyrukta bekleyen iş sayısı

SEÇENEK 2	
Hücre	Kuyrukta Bekleyen İş Sayısı
Yaka Hücresi	61,583
Manşet Hücresi	23.86
Ön-Cep Hücresi	117,958
Kol-Arka Hücresi	13,77
Montaj Hücresi	42,89
Kalite Kontrol Hücresi	1,22

Tablo 7.28 : Seçenek 2, Tüm hücelere ait işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi

SEÇENEK2	
Hücre	İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi
Yaka Hücresi	270,791
Manşet Hücresi	155,02
Ön-Cep Hücresi	755,33
Kol-Arka Hücresi	102.978
Montaj Hücresi	316,12
Kalite Kontrol Hücresi	19,855

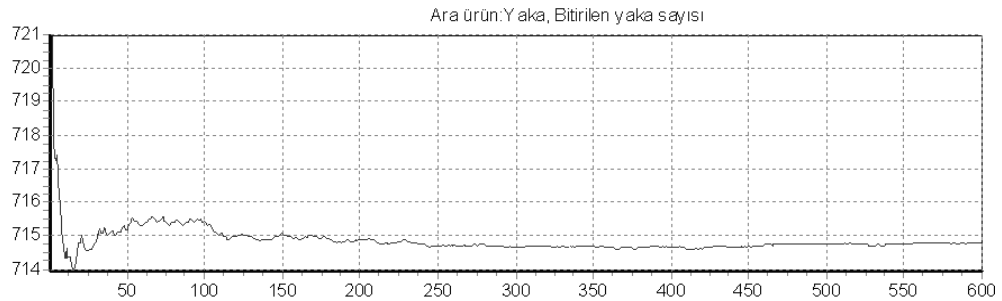
7.13.3 Seçenek 3:

Seçenek 2 değerlendirildiğinde kol-arka hücresinde bitirilen iş sayısı diğer hücelere göre fazladır. Bu doğrultuda diğer hücelerde oluşan darboğazlar belirlenmiştir ve seçenek 3'te manşet hücresinde, yaka hücresinde, ön-cep hücresinde öncelikle iyileştirmeler yapılmıştır. Bu hücelerde yapılan iyileştirmeler sonucunda montaj hücresi ve bunun sonrasında kalite kontrol hücresinin girdi değişkenleri değiştiğinden bu hücelerde de iyileştirmelere gidilmiştir.

Yaka Hücresi İyileştirmesi:

Yaka hücresinde yapılan iyileştirmeler şöyledir:

Operatör 6'nın ikinci iş olarak yaptığı ve ön-cep hücresinden gelen işlem:ön sağ-sol ütü, ön-cep hücresine aktarılmıştır. Operatör 4'ün yaptığı yaka ütüleme ve tela kesme yapıştırma işlemi darboğaz oluşturduğundan, yaka ütü işlemi operatör 6'ya ikinci bir iş olarak aktarılmıştır. Yani sonuçta operatör 6 yine iki farklı iş yapmakta, operatör 4 ise tek işe indirilmiştir. Sonuçta sadece iki işçinin yaptığı işler öncelik sıraları gözdedilerek değiştirilmiştir. Herhangi bir ilave tezgah veya işçi ataması yoktur.



Şekil 7.70 : Seçenek 3, Yaka hücresi günde ortalama bitirilen yaka sayısı

Şekil 7.70’den de görüleceği üzere ortalama günde bitirilen yaka sayısı 714’tür. Hattın dengeye gelme süresi ise yaklaşık 100 koşum yani 900 saattir. Kuyrukta bekleyen ortalama iş sayısı 64 (şekil 7.71), işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi ise 256 dır (Şekil7.72).



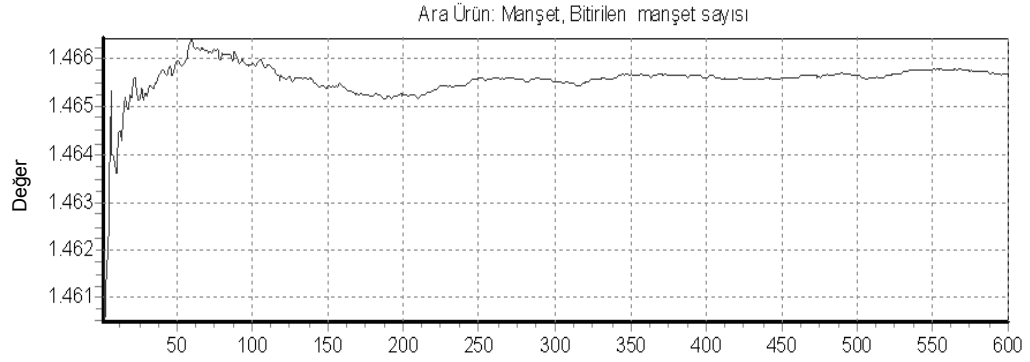
Şekil 7.71 : Seçenek 3, Manşet hücresi kuyrukta bekleyen ortalama iş sayısı



Şekil 7.72 : Seçenek 3, Yaka hücresi işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi

Manşet Hücresi İyileştirmesi:

Manşet hücresinde seçenek 2 de yapılan değişikliğe ek olarak sadece operatör 11’de gözüken darboğaz için bir tezgah ve bir işçi ataması yapılmıştır. Sonuçlara bakıldığında günde ortalama bitirilen iş sayısı 1465 olmuştur. Sistem de yaklaşık 135 saat sonra dengeye ulaşmaktadır (Şekil 7.73).



Şekil 7.73 : Seçenek 3, manşet hücresi günde ortalama bitirilen manşet sayısı

Kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı 60, işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi ise 267 olmaktadır (Şekil7.74-7.75).



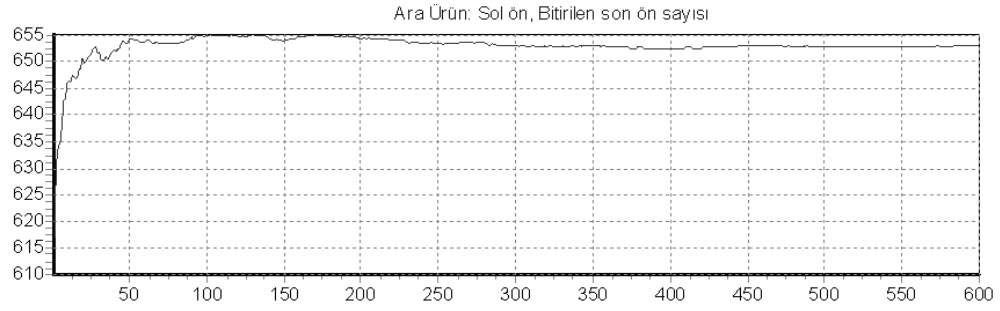
Şekil 7.74 : Seçenek 3: Manşet hücresi, Kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı



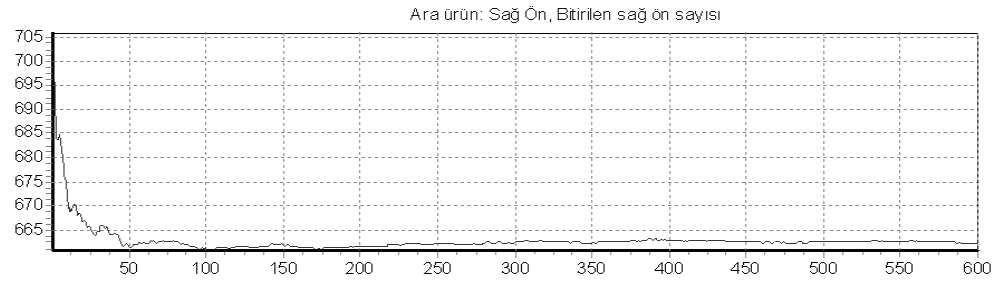
Şekil 7.75 : Seçenek 3: Manşet hücresi, işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi

Ön-Cep Hücresi İyileştirmesi:

Ön- cep hücresinde öncelikle yaka hücresinin 6 numaralı operatöründen gelen iş (yaka hücresinde de anlatıldığı gibi operatör 6 dan bu işlem çıkarılmıştır) 21 no'lu operatöre öncelik kısıtları dikkat edilerek ikinci iş olarak atanmıştır. 26 numaralı operatörde oluşan darboğaz nedeniyle o noktaya ilave bir işçi ve tezgah atanmıştır.



Şekil 7.76 : Seçenek 3: Ön-Cep hücresi günde ortalama bitirilen sol ön sayısı



Şekil 7.77 : Seçenek 3: Ön-Cep hücresi günde ortalama bitirilen sağ ön sayısı

Model çalıştırıldıktan sonra Şekil 7.76 ve 7.77den de görüleceği üzere günde bitirilen ortalama sol ön sayısı 655 ve sağ ön sayısı da 665 bulunmuştur. Yaklaşık 100 koşum yani 900 saat sonra da sistemin dengeye geldiği gözlenmiştir.



Şekil 7.78 : Seçenek 3, Ön-cep hücresi kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı

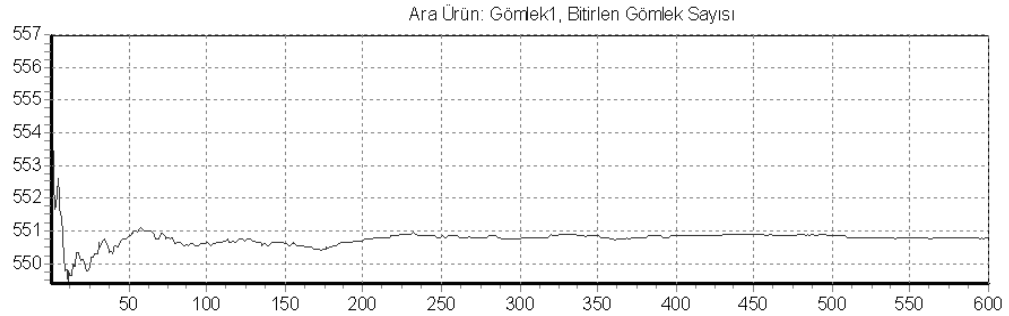


Şekil 7.79 : Seçenek 3, Ön-cep hücresi işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi

Kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı 23 (şekil7.78) ve işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi ise 194 saniyedir (şekil7.79).

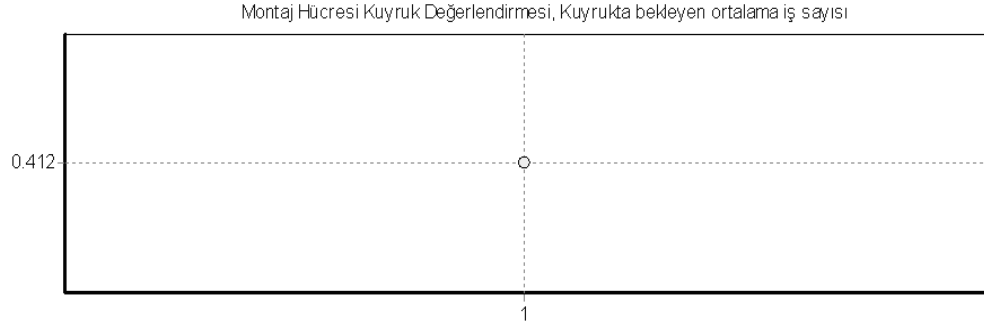
Montaj Hücresi İyileştirmesi:

Yaka, ön-cep ve manşet hücrelerinde yapılan iyileştirmeler montaj hücresinin girdilerini değiştirdiğinden bu yeni girdilerle model çalıştırılmış ve darboğaz görülen operatör 30'a bir tezgah ve işçi ilavesi yapılmıştır. Yapılan ilave ile model tekrardan çalıştırılmış ve sonuçlar incelenmiştir.



Şekil 7.80 : Seçenek 3: Montaj hücresi günde ortalama bitirilen ara ürün gömlek sayısı

Şekil 7.80 den de görüleceği üzere günde ortalama bitirilen ara ürün gömlek sayısı 550 dir ve sistem dengeye yaklaşık 900 saat sonra ulaşmaktadır. Şekil 7.81 ve 7.82'den görüleceği üzere kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı 0.412 adet, kuyrukta işlerin ortalama bekleme süresi de 2.98 saniyedir. Görüldüğü gibi sistemde bekleyen iş yoktur, işler düzenli bir şekilde işlenerek hattan ayrılmaktadır.



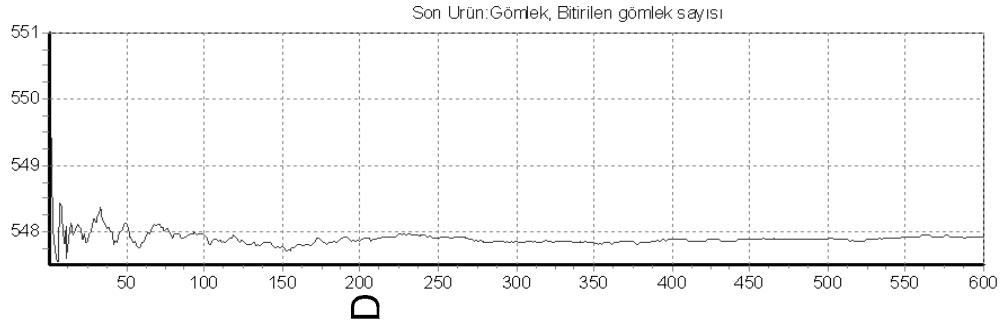
Şekil 7.81 : Seçenek 3: Montaj hücresi kuyrukta ortalama bekleyen iş sayısı (adet)



Şekil 7.82 : Seçenek 3, Montaj hücresi işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi(sn)

Kalite Kontrol Hücresi İyileştirmesi

Montaj hücresinde yapılan iyileştirmeler kalite kontrol hücresinin girdilerini değiştirdiğinden bu yeni girdilerle model çalıştırılmış ve darboğaz görülen operatör 37'ye bir tezgah ve işçi ilavesi yapılarak sistem tekrardan çalıştırılmıştır.



Şekil 7.83 : Seçenek 3, Kalite kontrol hücresi günde ortalama bitirilen son ürün gömlek sayısı

Şekil 7.83'den görüldüğü gibi günde ortalama bitirilen son ürün gömlek sayısı 548 adettir ve sistem dengeye yaklaşık 900 saat sonra ulaşmaktadır. Kuyrukta bekleyen

ortalama iş sayısı 1.31 adet (şekil7.84) ve işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi 20.86 saniyedir (Şekil 7.85).



Şekil 7.84 : Seçenek 3: Kalite Kontrol hücresi kuyrukta bekleyen iş sayısı



Şekil 7.85 : Seçenek 3: Kalite Kontrol hücresi işlerin kuyrukta ortalama bekleme süresi

Seçenek 3'e ait performans ölçütleri değerlendirildiğinde sonuçlar toplu şekilde aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir (Tablo 7.29-31).

Tablo 7.29 : Seçenek 3, Tüm Hücrelerin Bitirilen İş Sayısına Göre Değerlendirilmesi

SEÇENEK3							
Hücre	Bitirilen İş	Ortalama	St.Sapma	Alt sınır(95%)	Üst sınır(95%)	Min	Max
Yaka Hücresi	Bitirilen Yaka Sayısı	714,78	4,47	714.42	715.14	697.00	726.00
Manşet Hücresi	Bitirilen Manşet Sayısı	1465,68	4,95	1465.28	1466.07	1450.00	1481.00
Ön-Cep Hücresi	Bitirilen Sol Ön Sayısı	653,13	17.77	651.71	654.56	594.00	699.00
	Bitirilen Sağ Ön Sayısı	662,20	18.67	660.71	663.70	606.00	721.00
Kol-Arka Hücresi	Bitirilen Kol Sayısı	1423,80	25.37	1421.77	1425.83	1331.00	1469.00
	Bitirilen Arka Sayısı	783,64	4,88	783.25	784.03	764.00	798.00

Montaj Hücresi	Bitirilen Ara Ürün Gömlek Sayısı	550,78	4,18	550.45	551.12	537.00	562.00
Kalite Kontrol Hücresi	Bitirilen Son ürün Gömlek Sayısı	547.92	2,79	547.70	548.15	537.00	554.00

Tablo 7.30 : Seçenek 3, Tüm Hücelere Ait Kuyrukta Ortalama Bekleyen İş Sayısı

SEÇENEK 3	
Hücre	Kuyrukta Bekleyen Ortalama İş Sayısı
Yaka Hücresi	64.66
Manşet Hücresi	60.75
Ön-Cep Hücresi	23.84
Kol-Arka Hücresi	13,77
Montaj Hücresi	0.41
Kalite Kontrol Hücresi	1,32

Tablo 7.31 : Seçenek 3, Tüm Hücelere ait işlerin Kuyrukta bekleme süresi

SEÇENEK3	
Hücre	İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi
Yaka Hücresi	256.71
Manşet Hücresi	267.35
Ön-Cep Hücresi	194.46
Kol-Arka Hücresi	102.978
Montaj Hücresi	2,99
Kalite Kontrol Hücresi	20,86

7.14 Mevcut Durum ile Seçeneklerin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada iş geliş aralıkları ve tezgahlardaki işlem süreleri belirtilen dağılımlara göre rastsal olarak üretildiği için benzetim sonuçları güven aralıkları ve ortalama değerler üzerinden analiz edilmektedir. Atölyenin davranışını görebilmek ve değerlendirme ölçütlerini karşılaştırmak amacıyla mevcut durum ve her bir strateji için yapılan deney sonuçları toplu olarak EK Tablo G’de verilmiştir.

Bu tablolarda benzetim sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri yapılarak değerlendirme ölçütlerinin ortalamaları, standart sapmaları ve güven aralıkları % 95 güven düzeyinde verilmiştir.

Benzetim çalışması sonucunda atölyedeki mevcut durum ve verimliliği artırmak amacıyla model üzerinde denediğimiz strateji sonuçlarının irdelemesi aşağıda yapılmıştır.

Mevcut durumun irdelenmesi : Mevcut durumda hatta çalışan işçi sayısı 45 olmakla beraber, hatta 37 adet dikiş makinası (düz dikiş, çift iğne dikiş, zincir dikiş, overlok, yaka forum, düğme makinası, ilik makinası vb.), 8 adet ütü, 4 adet iplik temizleme, 2 adet kalite kontrol masası, 6 adet ara stok masası bulunmaktadır. 37 adet dikiş makinasından sadece 31 adet dikiş makinası işçiler tarafından kullanılmakta işler yetişmediği takdirde diğer 6 makina kullanılmaktadır ama mevcut durumda hatta boşa beklemektedir.

Birinci seçenek sonuçlarının irdelenmesi: Atölyenin mevcut durumu aynen korunup darboğaz görülen noktalara tezgah eklenerek benzetim modeli çalıştırılmıştır:

Manşet hücresinde; operatör 9'daki darboğaz için boştaki tezgah ve operatör 20 kullanılmıştır(Operatör 20'nin işi, operatör 19'a atanmıştır).

Kol-Arka hücresinde operatör 15 de oluşan darboğaz, yalnız bir işçi ve bir tezgah atamasıyla dengelenmiştir (Boşta bekleyen tezgah kullanılmıştır).

Montaj hücresinde operatör 31'da oluşan darboğaz yalnız bir işçi atamasıyla dengelenmiştir (Yine montaj hücresinde ek işler için boşta bekleyen tezgah değerlendirilmiştir).

Sonuçta seçenek 1 için mevcut duruma yalnız 2 işçi ilavesi yapılarak hat dengelenmiştir.

İkinci seçenek sonuçlarının irdelenmesi: Seçenek 2'de Seçenek 1'deki duruma ilave olarak darboğaz görülen noktalara tezgah ve işçi atamaları yapılmıştır:

Kol-arka hücresinde operatör 14 ve 16'da görülen darboğaza seçenek 1'e göre boşta bekleyen 2 tezgah değerlendirilmiştir ve 2 ilave işçi ataması yapılmıştır.

Sonuçta seçenek 2 için, mevcut duruma göre toplam 4 ilave işçi ataması yapılmıştır.

Üçüncü seçenek sonuçlarının irdelenmesi: Seçenek 3’de Seçenek 2’deki duruma ilave olarak darboğaz görülen noktalara tezgah ve işçi atamaları yapılmıştır:

Manşet hücresinde operatör 11’deki darboğaza 1 işçi ve 1 tezgah ilavesi yapılmıştır.

Ön-cep hücresinde operatör 26’daki darboğaza 1 işçi ve 1 tezgah eklemesi yapılmıştır.

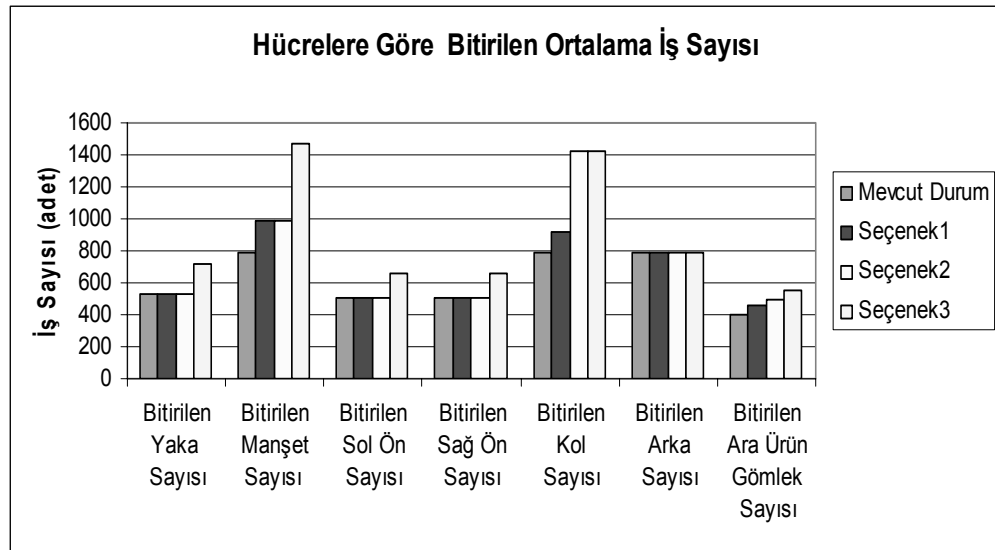
Yaka hücresinde herhangi bir tezgah ve işçi ataması yapılmamıştır sadece işçilere farklı işler atanarak durum iyileştirilmiştir.

Montaj hücresinde operatör 30’daki darboğaza 1 işçi ve 1 tezgah eklemesi yapılmıştır.

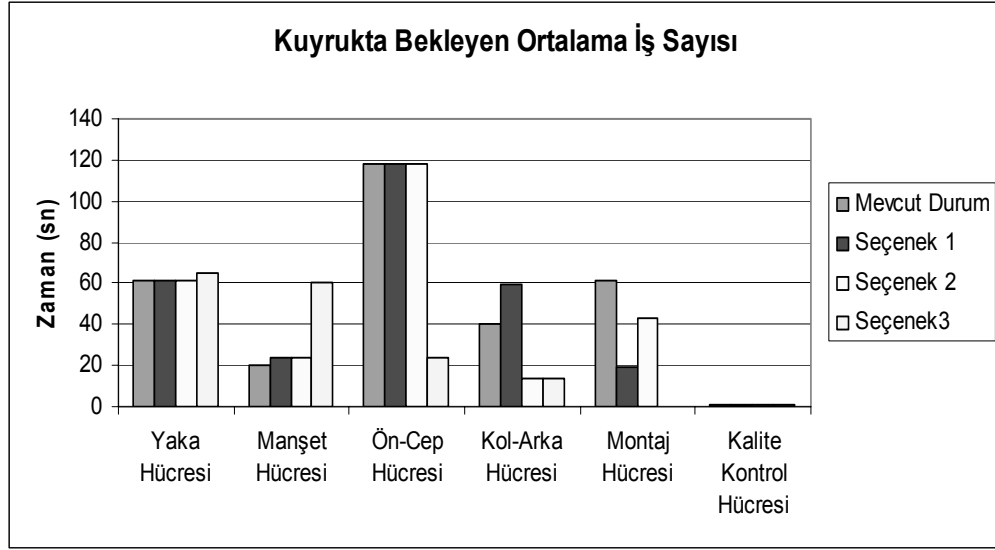
Kalite kontrol hücresinde operatör 37’de görülen darboğaza 1 işçi ilavesi (ilave tezgah söz konusu değildir, boşta bekleyen 1 tezgah-ilik açma makinası kullanılmıştır) yapılmıştır.

Sonuçta seçenek 3 için, seçenek 2’ye göre 4 işçi ve 3 makina ilavesi yapılmıştır. Mevcut duruma göre toplam 8 işçi ve 3 makina ilavesi ile hat dengelemesi yapılmıştır.

Hücrelere göre yapılan iyileştirmeler bitirilen iş sayısına göre şekil 7.86’de, kuyrukta bekleyen iş sayısına göre şekil 7.87’de ve kuyrukta ortalama bekleme süresine göre şekil 7.88’te toplu olarak gösterilmiştir . Seçeneklere göre hücrelerin bazılarında iyileştirmeler yapılmış, bazılarında yapılmamıştır.

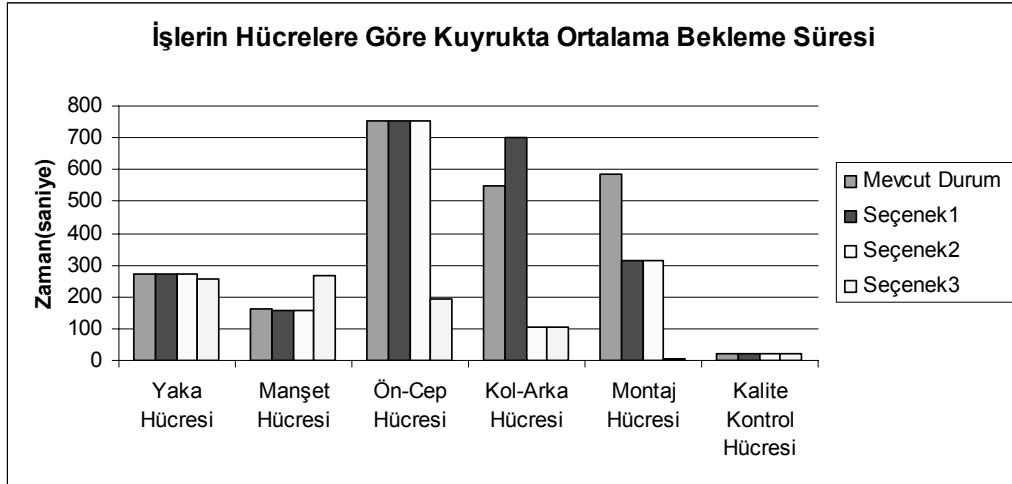


Şekil 7.86 : Mevcut durum ile seçeneklerin hücrelerdeki bitirilen iş sayısına göre karşılaştırılması



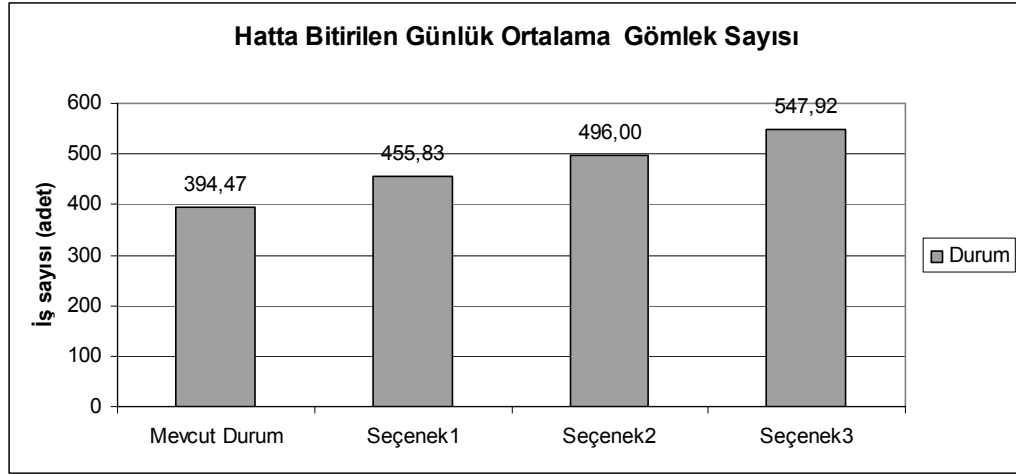
Şekil 7.87: Mevcut durum ile seçeneklerin hücrelerdeki kuyrukta bekleyen iş sayısına göre karşılaştırılması

Mevcut duruma göre seçenekler tüm hat boyunca karşılaştırıldığında; günde bitirilen ortalama gömlek sayısı 394'den 547'ye kadar yükselmiştir (Şekil 7.89). Elde edilen benzetim sonuçları bitirilen ortalama gömlek sayısının kabul edilecek değerlere yükseldiğini göstermektedir.

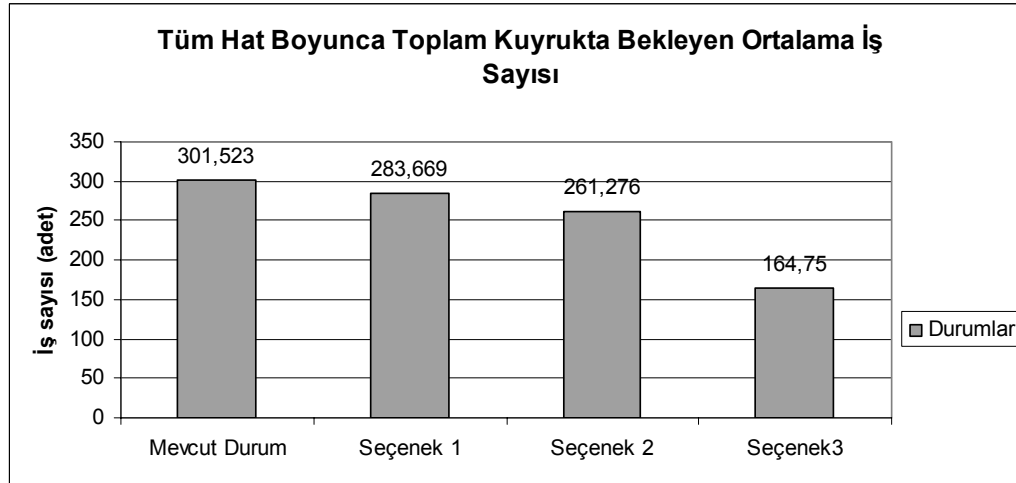


Şekil 7.88 : Mevcut durum ile seçeneklerin hücrelerdeki kuyrukta ortalama bekleme süresine göre karşılaştırılması

Tüm hat ele alındığında hattaki toplam kuyrukta bekleyen ortalama iş sayısı 301'den 164'e kadar inmiştir (Şekil 7.90) Görüldüğü gibi bekleyen ortalama iş sayısı kabul edilecek değerlerde azalmıştır.



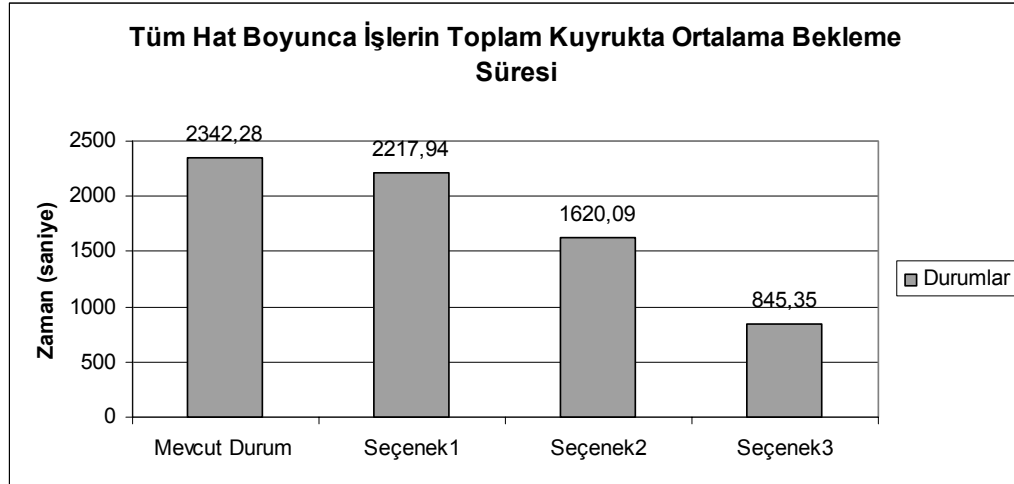
Şekil 7.89 : Mevcut durum ile seçeneklerin tüm hat boyunca bitirilen ortalama gömlek sayısına göre karşılaştırılması



Şekil 7.90 : Mevcut durum ile seçeneklerin tüm hat boyunca toplam kuyrukta bekleyen iş sayısına göre karşılaştırılması

Hatta kuyrukta bekleyen iş sayısına paralel olarak kuyrukta ortalama bekleme süresi de azalmıştır. Mevcut durumda toplam kuyrukta bekleme süresi 2342 saniye iken seçeneklerle 845 saniyeye kadar inmiştir (Şekil 7.91). Bu sonuçlar da beklenen düzeyde çıkmıştır.

Mevcut durum ile seçenek 1 karşılaştırıldığında, bitirilen iş sayısı %16 oranında artmıştır. Kuyrukta bekleyen iş sayısı %6 ve kuyrukta bekleme süresi de %5 oranında azalmıştır (Tablo7.32).



Şekil 7.91 Mevcut durum ile seçeneklerin tüm hat boyunca toplam kuyrukta ortalama bekleme süresine göre karşılaştırılması

Tablo 7.32 : Mevcut durum ile seçenek 1'in karşılaştırılması

Değerlendirme Ölçütleri	Mevcut Durum	İki Durum Arasındaki Değişim(%)	Seçenek1
Bitirilen İş Sayısı [adet]	394,47	15,56	455,83
Kuyrukta Bekleyen İş Sayısı [adet]	301,52	-5,92	283,67
Kuyrukta Bekleme Süresi [saniye]	2342,28	-5,31	2217,94

Mevcut durum ile seçenek 2 karşılaştırıldığında, bitirilen iş sayısı %26 oranında artmıştır. Kuyrukta bekleyen iş sayısı %13 ve kuyrukta bekleme süresi de %30 oranında azalmıştır (Tablo 7-33).

Tablo 7.33 : Mevcut durum ile seçenek 2'nin karşılaştırılması

Değerlendirme Ölçütleri	Mevcut Durum	İki Durum Arasındaki Değişim(%)	Seçenek2
Bitirilen İş Sayısı [adet]	394,47	25,74	496,00
Kuyrukta Bekleyen İş Sayısı [adet]	301,52	-13,35	261,28
Kuyrukta Bekleme Süresi [saniye]	2342,28	-30,83	1620,09

Mevcut durum ile seçenek 3 karşılaştırıldığında, bitirilen iş sayısı %39 oranında artmıştır. Kuyrukta bekleyen iş sayısı %45 ve kuyrukta bekleme süresi de %64 oranında azalmıştır (Tablo7.34).

Seçenek 3 ile bekleme süresinin 845 saniyeye, bekleyen iş sayısının 164'e inmesi 45 işçinin çalıştığı bir hat için anlamlıdır. Seçenek 3'ün değeriendirilmesinden sonra üretim hattının istenilen düzeye geldiğı ve değeriendirme kriterlerinin istenilen dengeye ulaştığı görülmüştür.

Tablo 7.34 : Mevcut durum ile seçenek 3'ün karşılaştırılması

Değeriendirme Ölçütleri	Mevcut Durum	İki Durum Arasındaki Değerişim(%)	Seenek3
Bitirilen İş Sayısı [adet]	394,47	38,90	547,92
Kuyrukta Bekleyen İş Sayısı [adet]	301,52	-45,36	164,75
Kuyrukta Bekleme Süresi [saniye]	2342,28	-63,91	845,35

8. SONUÇLAR

Çalışmada incelenen üretim sisteminin üretim miktarının az olması, verimliliğin düşük olması ve talep yapısındaki değişkenlikten dolayı üretim planlamanın zorluğu gibi sorunları vardır. Bu sorunlardan düşük verimlilik kriteri üretim sisteminde darboğaz olduğunun göstergesidir ve çalışmamızın konusunu oluşturmaktadır.

Yaptığımız çalışmada gömlek üreten fabrikanın, bir üretim hattı benzetim paketiyle bilgisayarda modellenmiştir. Benzetim modelinin oluşturulmasında ENTERPRISE DYNAMICS benzetim dili kullanılmıştır.

Atölyenin benzetim modeli ilk olarak gerçek sistemden alınan verilerle çalıştırılarak güvenilirliği ve doğruluğu kanıtlanmaya çalışılmıştır. Modelin gerçek sistem verileriyle denenmesi sonucunda, atölyedeki darboğaz olduğu tespit edilen noktalara tezgah eklenerek oluşturulan farklı stratejiler denenmiştir. Her bir stratejinin denenmesi sonucu bekleyen iş sayısı, bekleme zamanları ve bitirilen iş sayısı, bir önceki strateji sonuçları ile karşılaştırılıp yeni darboğazların oluşup oluşmadığına bakılmış ve bunun sonucunda nerelere tezgah ekleneceğine karar verilmiştir.

Seçenek 1’de, mevcut durumda görülen ilk darboğaz sorunları manşet ve kol hücrelerinde görüldüğünden, bu noktalardaki darboğazlara çözüm önerileri getirilmiştir. Yapılan iyileştirmeyi takiben hatta montaj hücrelerinde de darboğaz belirmiştir. Bu noktaya da ilave tezgah ve işçi ataması yapılarak durum incelenmiştir. Sonuçta mevcut duruma göre, bitirilen iş sayısı %16 oranında artmıştır. Kuyrukta bekleyen iş sayısı %6 ve kuyrukta bekleme süresi de %5 oranında azalmıştır.

Seçenek 2’de, seçenek 1’i takiben kol-arka hücrelerinde ikinci bir darboğaz noktası daha tespit edilmiş ve iyileştirmeler yapılmıştır. Mevcut duruma göre hatta toplam 4 işçi atamasıyla, bitirilen iş sayısı %26 oranında artmıştır. Kuyrukta bekleyen iş sayısı %13 ve kuyrukta bekleme süresi de %30 oranında azalmıştır.

Seçenek 3’de, seçenek 2’yi takiben kol-arka hücreleri hariç tüm hücrelerde iyileştirmelere gidilmiştir. Mevcut duruma göre, seçenek 3 ile hatta toplam 8 işçi ve

3 makina ilavesi ile bitirilen iş sayısı %39 oranında artmıştır. Kuyrukta bekleyen iş sayısı %45 ve kuyrukta bekleme süresi de %64 oranında azalmıştır.

9. ÖNERİLER

Bu çalışmada atölye tipi üretim yapan bir üretim sisteminde varolan darboğaz sorununa çözüm olabilecek önerilerin ortaya koyulması amaçlanmıştır. Darboğaz sorununa çözüm araştırması için ENTERPRISE DYNAMICS benzetim dili kullanılarak yatırım stratejileri denenmiş ve sistemi temsil eden etkinlik ölçütlerinin olumlu yönde değiştiği gözlenmiştir.

Oluşturulan benzetim modelinin, incelenen atölyenin darboğaz sorununa çözüm için alınacak yatırım kararlarına destek olacak önerileri ortaya koyacak yapıya sahip olmasına rağmen geliştirilecek birçok yönleri vardır. Bunlardan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

- Benzetim modelinde atölyedeki tezgahların tamir, bakım veya herhangi bir sebeple üretim dışı kalabileceği dönemler dikkate alınmamış olup sürekli olarak üretim yapıldığı kabul edilmiştir. Bu faktörler modele dahil edilerek model daha fazla detaylandırılarak atölyenin komple olarak kontrol altında tutulması sağlanabilir.
- Model animasyon gösterimi ile zenginleştirilerek iş akışının görsel olarak izlenmesi sağlanabilir.
- Yöneticiye karar vermede yardımcı olması amacıyla yaptığımız çalışmada en uygun bulunan yatırım stratejisinin maliyet analizi yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Acar, N.**, 1996, Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları, Mili Prodüktivite Merkezi Yayınları, Ankara.
- Arakawa, M., Fuyuki, M., ve Inoue, I.**, 2003, An Optimization-Oriented Method for Simulation-Based Job Shop Scheduling Incorporating Capacity Adjustment Function, *Int. J. Production Economics*, **85**, 359-369.
- Appelqvist, P., ve Lehtonen, J.**, 2005. Combining optimisation and simulation for steel production scheduling, *Journal of Manufacturing Technology Management*, **16**, 197-210
- Araz, T.**, Atölye Tipi Üretim için Benzetim Amaçlı Uzman Sistem, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1992.
- Baskak, M.**, 2006., Üretim hatları Modellemesi Ders Notları
- Bozdağ, E.**, 2007. Sistem Simulasyonu Ders Notları.
- Caputo, A., ve Palumbo, M.**, 2006. Manufacturing re-insourcing in the textile industry, *Industrial Management & Data Systems*, **105**, 193-207
- Chan, K., Hui, P. ve diğ.**, 1998. Handling the assembly line balancing problem in the clothing industry using a genetic algorithm, *Int. J. of Clothing Science and Technology*, **10**, 21-37.
- Choi, K., ve Ko, H.**, 2005. Research problems in clothing simulation, *Computer-Aided Design*, **37**, 585-592
- Cocks, S., ve Harlock, S.**, 1989. Computer-aided Simulation of Production in the Sewing Room of a Clothing Factory, *J. Text.Inst.*, **80**, 455-463
- Demirci, E.**, Atölye Tipi Üretim için Etkileşimli Benzetim Paketi, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1993.
- Dinçmen, M.**, 2005., Üretimde Benzetim Ders Notları

- Ertay, T.**, 1995. Geleneksel Üretim Sistemlerinden tam zamanında üretim sistemine dönüşümün tasarlanmasında simülasyon yaklaşımı, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eryuruk, S.H.**, 2005. Bir konfeksiyon işletmesinde montaj hattı dengeleme, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- 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**, 17-27.
- Gonzales C. ve M., Rios N.**, 1997. Improving the Quality of Service in an Emergency Room Using Simulation-Animation and Total Quality Management, *Computers Ind. Engng.*, **33**, 97-100
- Halaç, O.** 1998. İşletmelerde Simulasyon Teknikleri, Alfa Basım Yayım, İstanbul
- Hatiboğlu, Z.**, 1996. Üretim yönetimi ve yöneylem araştırmasına giriş, Sedok yayınları
- Horoz, G.**, 1992. PCmodel ile bir imalat benzetimi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- http://www.incontrol.nl/?to=university_programs
- Hui, C. Ve Ng, S.**, 1999. A study of the effect of time variations for assembly line balancing in the clothing industry, *Int. J. of Clothing Science and Technology*, **11**, 181-188.
- A. J. Chuter.**, 1995, Introduction to clothing production management, Baskı Oxford, Cambridge, MA : Blackwell Science, England
- Kalaoglu, F.**, 2003. Konfeksiyon Teknolojisi, İhlas Matbaacılık, İstanbul
- Law, A.M. ve Kelton, W.D.**, 1982, Simulation Modeling and Analysis, McGraw-Hill Publishing, Newyork.
- Li, Y.C.E. ve Shaw, W.H.**, 1998, Simulation Modeling Of Dynamic Job Shop Rescheduling With Machine Availability Constraints, *Computers Ind. Eng.*, **35**, 117-120.
- Nomak, A.** 2002. Benzetim yardımıyla üretim planlama ve kontrol sistemlerinin analizi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özkan, R.** 2003. Tek Modelli Deterministik Montaj Hattı Dengeleme Problemlerine Genetik Algoritma İle Çözüm Yaklaşımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Pek, Olsen ve Devore.** 2001., Statistics and Data Analysis, Brooks/Cole, Duxbury, USA
- Pektaş, İ.,** 1995. Simulasyon yardımıyla imalat sistemlerinin grup teknoloji esaslıyedeniden yapılandırması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Rajakumar, S., Arunachalam, V. ve Selladurai, V.,** 2005. Simulation of workflow balancing in assembly shopfloor operations, *J. of Manufacturing Technology Management*, **16**, 265-281
- Sandıkçı, B. ve Sabuncuoğlu,** 2005, İ. Analysis of The Behavior of Transient Period in Non-Terminating Simulations, *European Journal of Operational Research*, article in pres.
- Stat:Fit,** 2001. Stat:Fit Version 2 Tutorials, *Statistically Fit Software*
- Tanyaş, M. Ve Baskak M.,** 2003. Üretim Planlama ve Kontrol, İrfan Yayıncılık, İstanbul
- Tekin, M.,**1996. Üretim Yönetimi, Cilt 1, Arı Ofset Matbaacılık, Konya
- Top, A.,** 1996, Üretim Sistemleri Analiz ve Planlaması, Üçüncü Basım, Alfa Basım Yayın Dağıtım, İstanbul..
- Tyler,D.,** 1991, Materials Management in Clothing Production, Blackwell Scientific Publications, Oxford
- Uzmen, M.,** 1990. Montaj hattı dengeleme, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Üstün, S.,** 2005. Bir Üretim Atölyesinde Darboğaz Problemlerinin Benzetimle Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Varela, R., Vela, C.R., Puente J., Gomez, A.,** 2003, A Knowledge-Based Evolutionary Strategy For Scheduling Problems With Bottlenecks, *European Journal of Operational Research*, **145**, 57-71.
- Wengi, H. ve Aihua, Y.,** 2004, An Improved Shifting Bottleneck Procedure For The Job Shop Scheduling Problem, *Computers and Operations Research*, **31**, 2093-2110.
- Zielinski, J. ve Czacherska, M.,** 2004. Optimisation of the Work of a sewing team by using simulation. *Fibres&Textiles in EasterEurope*, **12**, 78-83

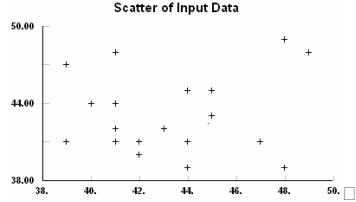
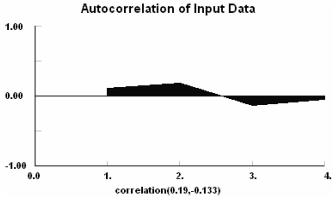
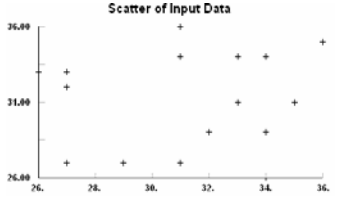
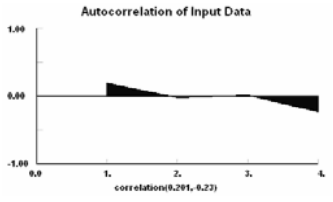
EKLER

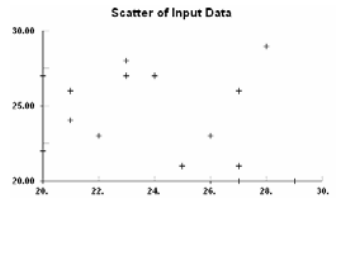
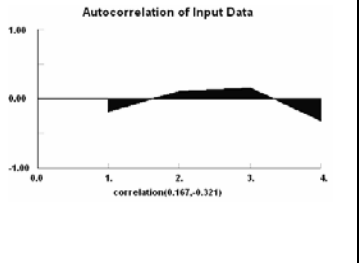
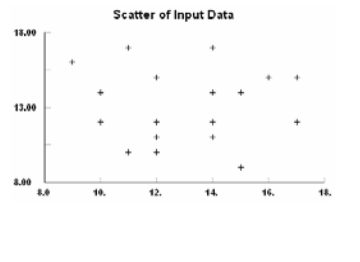
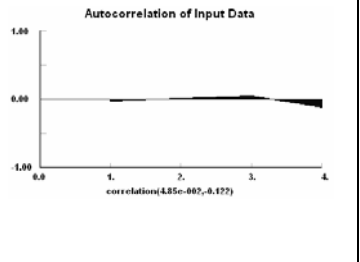
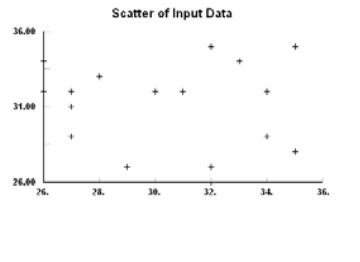
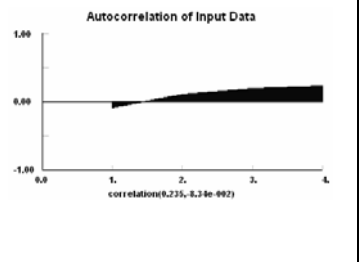
EK Tablo A : İşlem süreleri

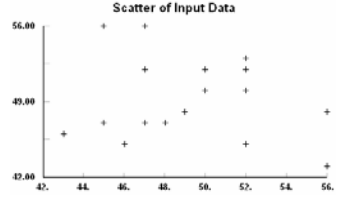
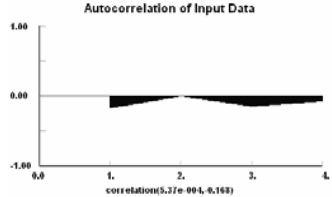
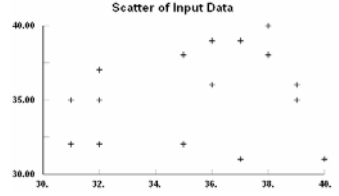
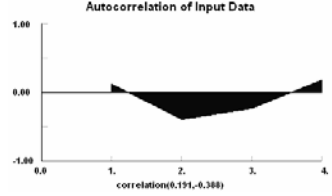
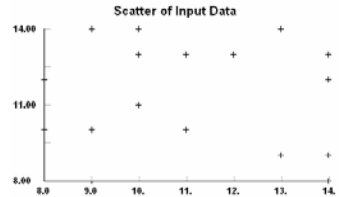
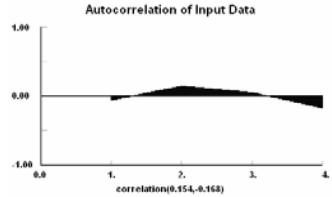
Operator no:	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm	4.Ölçüm	5.Ölçüm	6.Ölçüm	7.Ölçüm	8.Ölçüm	9.Ölçüm	10.Ölçüm	11.Ölçüm	12.Ölçüm	13.Ölçüm	14.Ölçüm	15.Ölçüm	16.Ölçüm	17.Ölçüm	18.Ölçüm	19.Ölçüm	20.Ölçüm
1	44	45	45	43	42	40	44	41	48	49	48	39	47	41	42	41	41	44	39	41
2	31	31	27	30	26	31	27	26	28	26	28	26	30	26	34	27	33	31	30	35
3	24	19	21	23	23	28	28	26	24	20	20	20	24	27	25	25	20	25	22	26
4 1	14	12	13	17	13	13	17	11	15	15	12	16	13	16	14	14	11	16	14	13
4 2	30	32	35	35	28	33	34	32	26	34	35	27	32	26	32	27	29	27	31	32
5	49	48	47	56	43	46	45	47	52	52	50	50	52	45	56	48	47	47	52	53
6 1	35	32	37	39	36	36	39	35	32	32	37	31	35	38	40	31	32	35	38	38
6 2	11	13	9	8	10	13	9	14	9	10	11	10	14	13	14	12	13	14	8	12
7	36	40	38	36	32	34	33	37	39	35	38	41	34	40	40	39	41	33	39	34
8 1	8	9	8	8	9	10	6	6	9	7	5	10	7	10	6	9	9	8	8	7
8 2	25	22	24	19	26	25	25	22	24	23	25	26	27	22	25	23	27	23	21	26
9	40	45	39	43	44	42	39	45	37	39	39	37	40	40	41	44	42	37	44	42
10	21	27	24	20	26	26	17	26	22	24	22	23	19	20	23	18	18	21	24	24
11	30	30	32	29	30	33	34	29	35	34	28	29	28	36	37	36	34	33	37	30
12	23	27	23	22	25	25	27	27	25	27	22	22	18	19	26	23	26	21	23	22
13	23	19	21	24	19	20	20	21	26	19	20	20	25	19	26	20	26	27	23	21
14	32	27	29	32	36	28	27	32	28	34	29	33	30	32	33	36	31	30	35	37
15	44	41	44	48	42	46	49	47	48	44	44	43	46	43	43	48	44	44	47	42
16	63	61	66	62	62	67	60	64	67	67	65	58	59	64	63	60	63	63	59	67
17	92	91	91	87	86	93	95	88	88	88	90	91	86	91	95	92	94	94	87	95
18	40	36	41	38	40	36	44	36	36	41	39	36	45	42	44	40	40	45	43	36
19	7	6	6	4	7	3	6	6	4	5	6	4	5	8	6	8	6	7	4	7

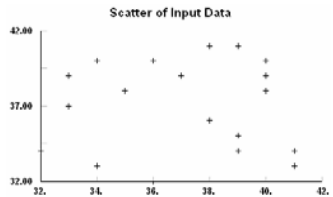
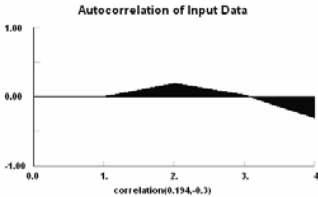
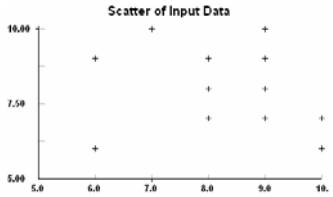
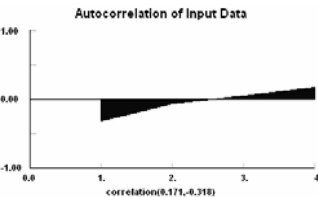
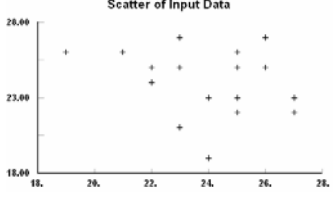
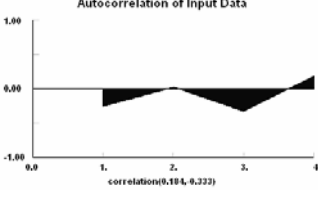
20	12	9	12	12	10	17	8	9	17	12	8	11	10	16	10	16	14	13	8	12
21 1	14	12	18	11	16	12	19	13	10	12	12	17	10	15	11	9	10	13	11	9
21 2	36	34	35	36	35	40	40	37	32	32	40	35	33	41	36	39	36	40	32	39
22	46	42	52	44	48	41	46	47	51	49	41	43	39	41	47	52	43	48	49	52
23	20	20	17	21	23	22	22	23	17	19	17	18	16	23	16	19	20	24	19	24
24	24	23	19	23	28	26	28	26	27	23	26	23	20	26	20	21	24	23	20	25
25	70	68	72	71	66	75	74	71	72	74	65	68	72	74	66	66	72	67	73	72
26	64	68	61	64	67	63	68	66	60	62	66	62	64	64	62	60	62	67	63	65
27	73	71	71	67	76	70	68	67	68	67	72	68	72	77	72	69	70	73	73	67
28	48	45	52	49	44	51	48	43	47	49	43	51	49	49	43	43	43	45	46	48
29	22	27	26	22	22	24	24	20	23	24	27	23	26	28	22	25	26	28	19	24
30	68	71	72	73	65	65	64	68	67	67	63	69	71	72	66	73	70	72	66	73
31	83	86	81	82	87	85	81	84	81	87	86	85	79	84	85	78	84	87	82	87
32	38	42	34	38	36	42	39	41	36	37	40	39	41	42	42	34	42	39	39	40
33	49	46	50	46	54	45	54	50	44	47	50	52	49	45	50	45	50	51	52	51
34	49	46	50	47	54	46	54	50	45	48	51	52	50	45	50	46	50	52	53	51
35	31	35	28	31	30	31	27	33	31	29	26	30	27	28	31	28	26	28	30	35
36	54	57	56	56	56	51	57	52	51	51	58	57	51	55	58	50	58	56	58	55
37	63	61	62	65	66	65	67	65	60	60	63	67	66	59	65	64	61	62	59	61
38	37	32	41	40	39	37	35	38	36	39	33	32	38	37	32	40	40	33	37	35
39	54	52	51	56	52	51	51	58	49	55	52	49	53	58	49	49	51	51	56	52
40	129	126	132	131	126	127	127	132	132	133	125	128	124	131	124	126	131	132	125	130
41	146	149	141	150	143	146	146	145	150	142	147	144	142	144	145	145	148	150	141	147
42	135	140	138	140	135	139	136	136	139	139	134	133	136	135	132	138	138	135	137	138
43	132	130	132	136	135	130	134	127	131	128	133	133	129	129	131	137	130	133	133	137
44	81	85	81	83	85	78	84	78	82	78	77	85	83	82	77	79	76	84	79	84
45	72	71	75	72	77	71	75	70	72	76	68	69	74	74	75	71	69	67	73	70

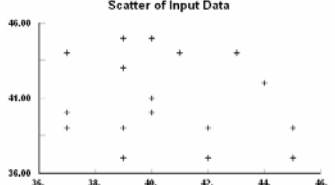
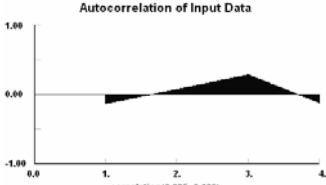
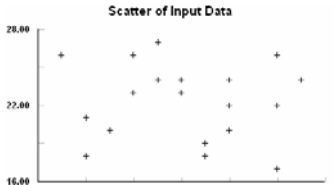
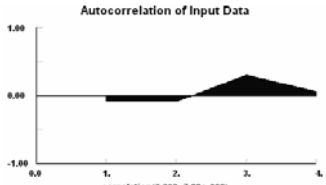
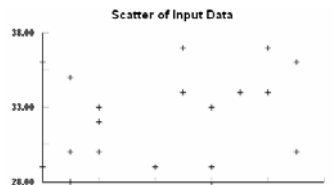
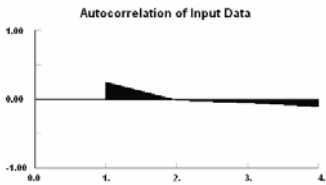
EK Tablo B : Bağımsızlık Tabloları

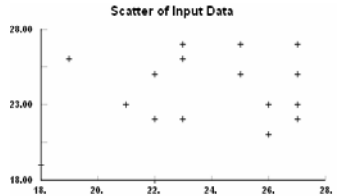
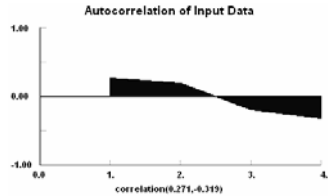
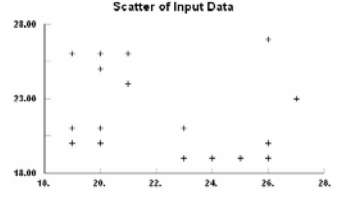
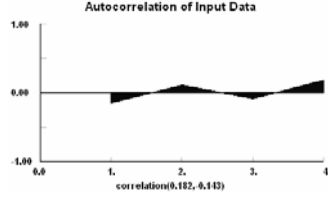
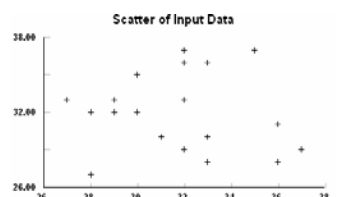
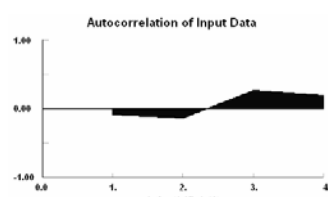
Operator no	Serpilme Diyagramı	Otokorelasyon	Medyana Göre Koşum Testi	Dönüm Noktasına Göre Koşum Testi
1			runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 10 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 0.459468 level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.645898 result DO NOT REJECT	runs test (turning points) data points 18 turning points 12 mean turnings 11.6667 standard deviation turnings 1.6964 turnings statistic 0.196494 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.844223 result DO NOT REJECT
2			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 11 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 0. level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 1. result DO NOT REJECT	runs test (turning points) data points 16 turning points 9 mean turnings 10.3333 standard deviation turnings 1.58815 turnings statistic 0.839551 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.40116 result DO NOT REJECT

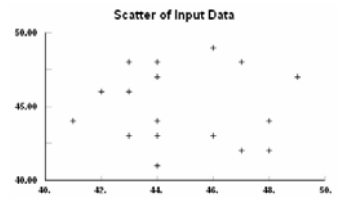
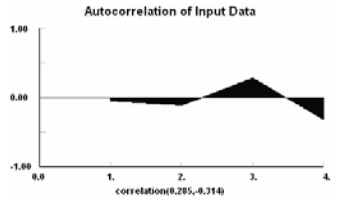
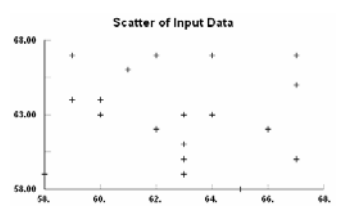
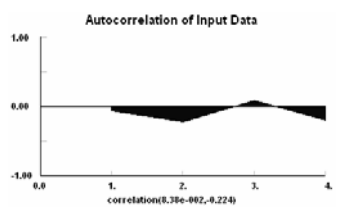
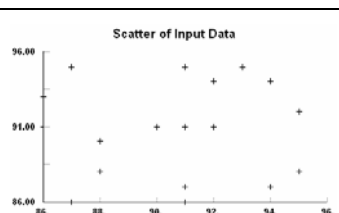
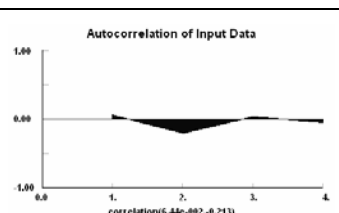
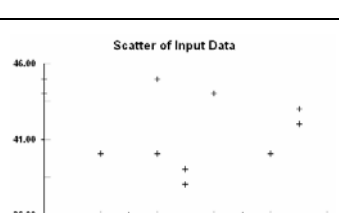
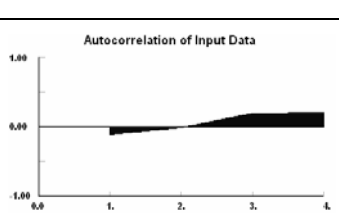
3			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 9 points below median 9 total runs 13 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 19 turning points 12 mean turnings 12.3333 standard deviation turnings 1.74801 turnings statistic 0.190693 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.848767 result DO NOT REJECT
4_1			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 6 points below median 9 total runs 7 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 18 turning points 11 mean turnings 11.6667 standard deviation turnings 1.6964 turnings statistic 0.392989 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.694328 result DO NOT REJECT
4_2			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 12 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 0.459468 level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.645898 result DO NOT REJECT	runs test (turning points) data points 19 turning points 12 mean turnings 12.3333 standard deviation turnings 1.74801 turnings statistic 0.190693 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.848767 result DO NOT REJECT

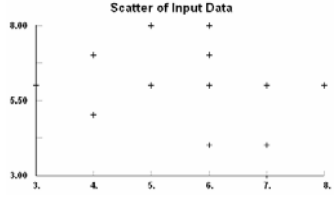
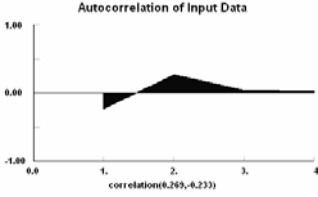
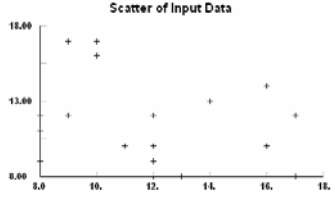
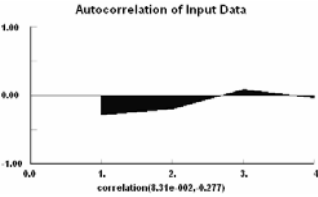
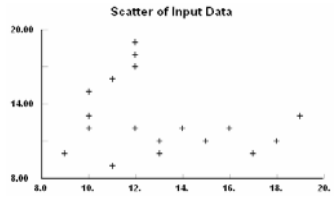
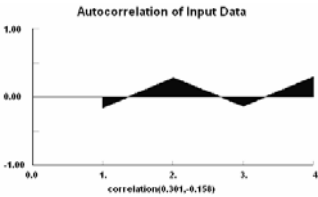
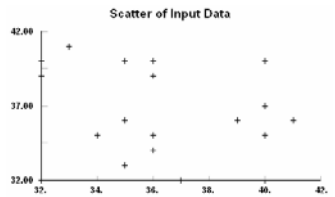
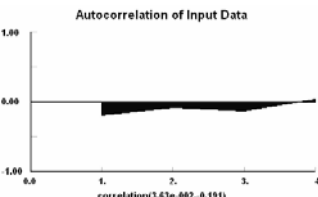
5			runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 9 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 0.918937 level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.358129 result DO NOT REJECT	runs test (turning points) data points 17 turning points 11 mean turnings 11. standard deviation turnings 1.64317 turnings statistic 0. level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 1. result DO NOT REJECT
6_1			runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 8 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 1.3784 level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.168078 result DO NOT REJECT	runs test (turning points) data points 17 turning points 9 mean turnings 11. standard deviation turnings 1.64317 turnings statistic 1.21716 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.223543 result DO NOT REJECT
6_2			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 10 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 0.459468 level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.645898 result DO NOT REJECT	runs test (turning points) data points 20 turning points 14 mean turnings 13. standard deviation turnings 1.79815 turnings statistic 0.556128 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.578123 result DO NOT REJECT

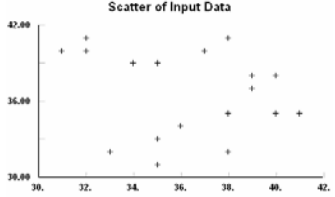
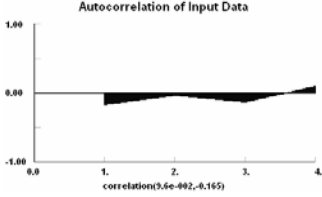
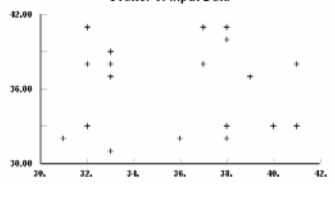
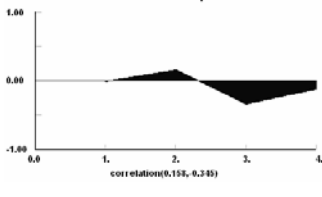
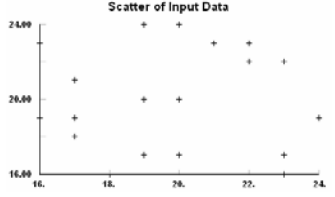
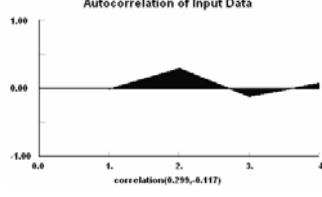
7			runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 11 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 0. level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 1. result DO NOT REJECT	runs test (turning points) data points 19 turning points 13 mean turnings 12.3333 standard deviation turnings 1.74801 turnings statistic 0.381385 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.702918 result DO NOT REJECT
8_1			runs test (above/below median) data points 20 points above median 8 points below median 7 total runs 10 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 16 turning points 11 mean turnings 10.3333 standard deviation turnings 1.58815 turnings statistic 0.419775 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.674649 result DO NOT REJECT
8_2			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 11 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 0. level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 1. result DO NOT REJECT	runs test (turning points) data points 19 turning points 13 mean turnings 12.3333 standard deviation turnings 1.74801 turnings statistic 0.381385 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.702918 result DO NOT REJECT

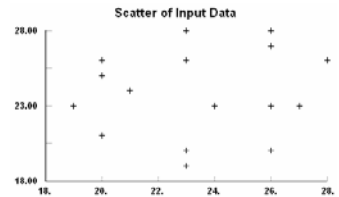
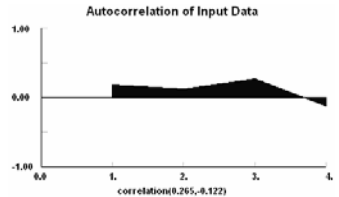
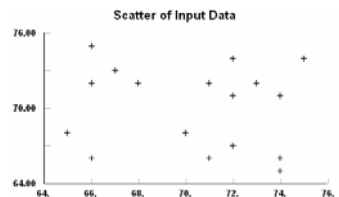
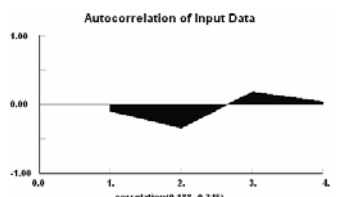
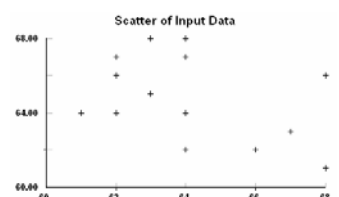
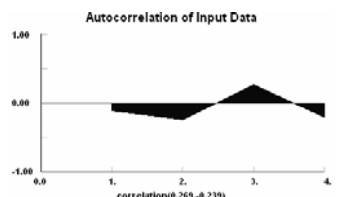
9			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 11 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 0. level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 1. result DO NOT REJECT	runs test (turning points) data points 19 turning points 13 mean turnings 12.3333 standard deviation turnings 1.74801 turnings statistic 0.381385 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.702918 result DO NOT REJECT
10			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 14 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 1.3784 level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.168078 result DO NOT REJECT	runs test (turning points) data points 17 turning points 12 mean turnings 11. standard deviation turnings 1.64317 turnings statistic 0.608581 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.542802 result DO NOT REJECT
11			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 7 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 1.83787 level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 6.60811e-002	runs test (turning points) data points 19 turning points 11 mean turnings 12.3333 standard deviation turnings 1.74801 turnings statistic 0.76277 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.445601 result DO NOT REJECT

			result	DO NOT REJECT
12			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 9 points below median 7 total runs 6 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 17 turning points 11 mean turnings 11. standard deviation turnings 1.64317 turnings statistic 0. level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 1. result DO NOT REJECT
13			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 8 points below median 9 total runs 11 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 18 turning points 10 mean turnings 11.6667 standard deviation turnings 1.6964 turnings statistic 0.982472 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.325867 result DO NOT REJECT
14			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 8 points below median 8 total runs 11 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 20 turning points 12 mean turnings 13. standard deviation turnings 1.79815 turnings statistic 0.556128 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.578123 result DO NOT REJECT

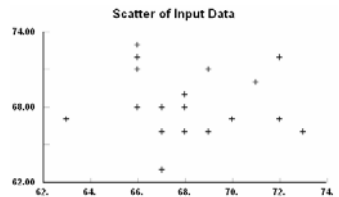
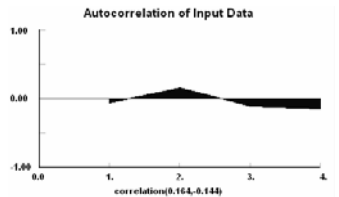
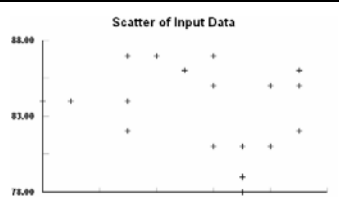
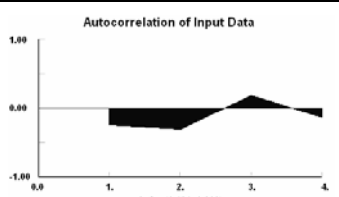
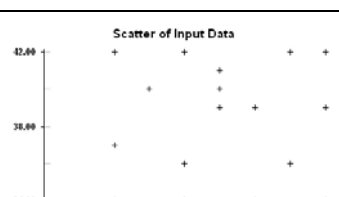
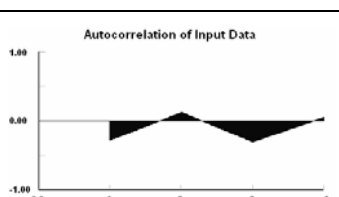
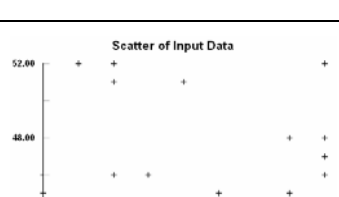
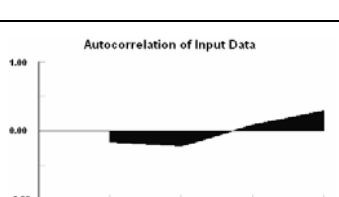
15			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 8 points below median 6 total runs 9 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 17 turning points 12 mean turnings 11. standard deviation turnings 1.64317 turnings statistic 0.608581 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.542802 result DO NOT REJECT
16			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 8 points below median 8 total runs 10 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 17 turning points 11 mean turnings 11. standard deviation turnings 1.64317 turnings statistic 0. level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 1. result DO NOT REJECT
17			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 8 points below median 8 total runs 7 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 16 turning points 9 mean turnings 10.3333 standard deviation turnings 1.58815 turnings statistic 0.839551 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.40116 result DO NOT REJECT
18			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 8 points below median 8 total runs 7 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 16 turning points 9 mean turnings 10.3333 standard deviation turnings 1.58815 turnings statistic 0.839551 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.40116 result DO NOT REJECT

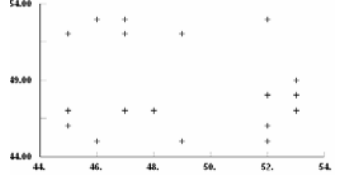
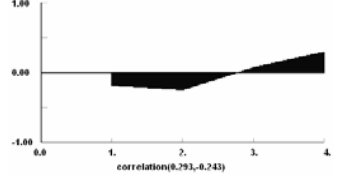
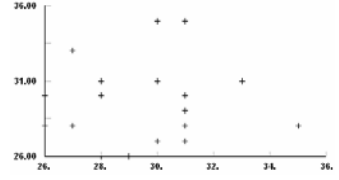
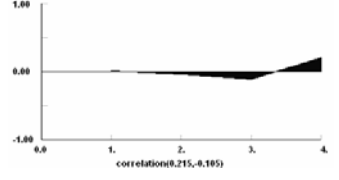
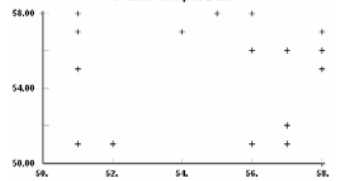
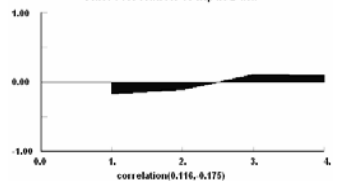
19	 Scatter of Input Data	 Autocorrelation of Input Data correlation(0.269, -0.233)	runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 6 points below median 7 total runs 7 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 18 turning points 13 mean turnings 11.6667 standard deviation turnings 1.6964 turnings statistic 0.785977 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.431881 result DO NOT REJECT
20	 Scatter of Input Data	 Autocorrelation of Input Data correlation(3.31e-002, -0.277)	runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 6 points below median 9 total runs 9 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 19 turning points 13 mean turnings 12.3333 standard deviation turnings 1.74801 turnings statistic 0.381385 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.702918 result DO NOT REJECT
21_1	 Scatter of Input Data	 Autocorrelation of Input Data correlation(0.301, -0.158)	runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 8 points below median 8 total runs 10 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 19 turning points 12 mean turnings 12.3333 standard deviation turnings 1.74801 turnings statistic 0.190693 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.848767 result DO NOT REJECT
21_2	 Scatter of Input Data	 Autocorrelation of Input Data correlation(2.63e-002, -0.191)	runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 8 points below median 8 total runs 8 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 18 turning points 13 mean turnings 11.6667 standard deviation turnings 1.6964 turnings statistic 0.785977 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.431881 result DO NOT REJECT

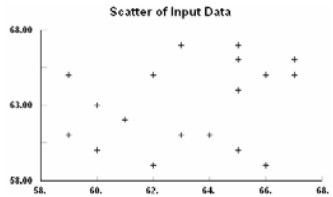
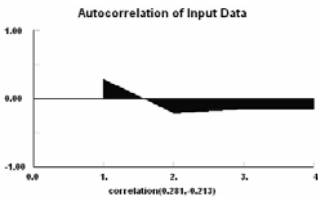
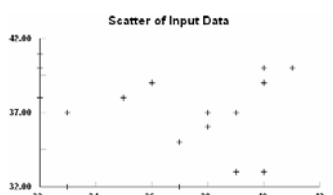
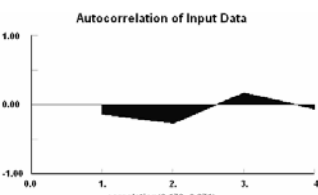
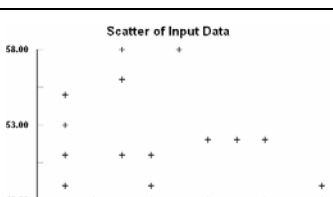
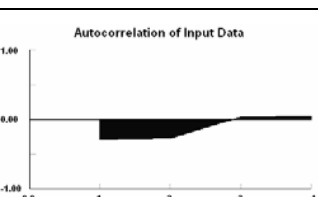
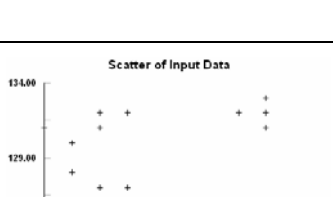
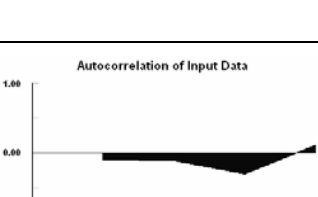
22_1			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 12 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 0.459468 level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.645898 result DO NOT REJECT	runs test (turning points) data points 20 turning points 13 mean turnings 13. standard deviation turnings 1.79815 turnings statistic 0. level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 1. result DO NOT REJECT
22_2			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 9 points below median 9 total runs 10 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 20 turning points 13 mean turnings 13. standard deviation turnings 1.79815 turnings statistic 0. level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 1. result DO NOT REJECT
23			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 8 points below median 9 total runs 8 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 18 turning points 13 mean turnings 11.6667 standard deviation turnings 1.6964 turnings statistic 0.785977 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.431881 result DO NOT REJECT

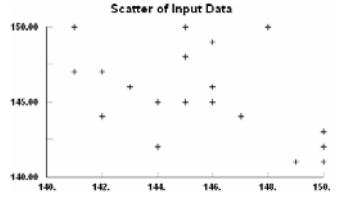
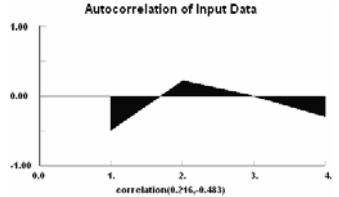
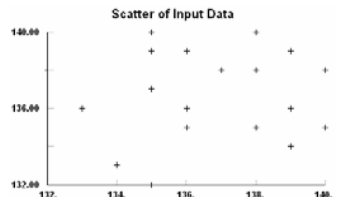
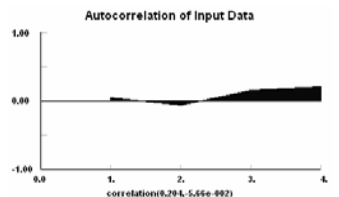
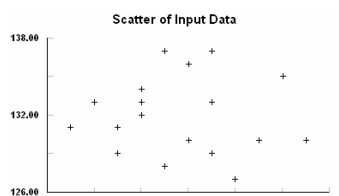
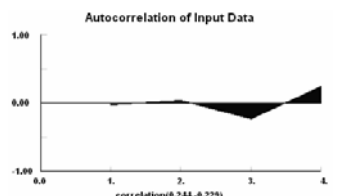
24			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 11 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 0. level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 1. result DO NOT REJECT	runs test (turning points) data points 20 turning points 13 mean turnings 13. standard deviation turnings 1.79815 turnings statistic 0. level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 1. result DO NOT REJECT
25			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 12 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 0.459468 level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.645898 result DO NOT REJECT	runs test (turning points) data points 19 turning points 12 mean turnings 12.3333 standard deviation turnings 1.74801 turnings statistic 0.190693 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.848767 result DO NOT REJECT
26			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 7 points below median 9 total runs 11 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 19 turning points 12 mean turnings 12.3333 standard deviation turnings 1.74801 turnings statistic 0.190693 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.848767 result DO NOT REJECT

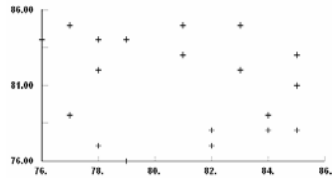
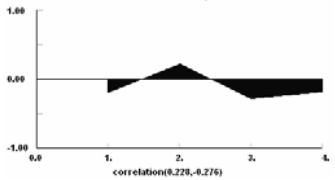
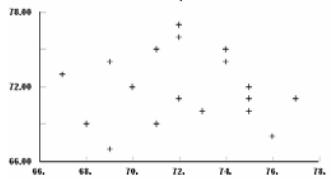
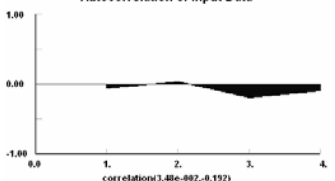
27			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 10 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 0.459468 level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.645898 result DO NOT REJECT	runs test (turning points) data points 18 turning points 10 mean turnings 11.6667 standard deviation turnings 1.6964 turnings statistic 0.982472 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.325867 result DO NOT REJECT
28			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 10 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 0.459468 level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.645898 result DO NOT REJECT	runs test (turning points) data points 18 turning points 10 mean turnings 11.6667 standard deviation turnings 1.6964 turnings statistic 0.982472 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.325867 result DO NOT REJECT
29			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 8 points below median 8 total runs 9 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 18 turning points 10 mean turnings 11.6667 standard deviation turnings 1.6964 turnings statistic 0.982472 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.325867 result DO NOT REJECT

30			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 8 points below median 8 total runs 9 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 18 turning points 12 mean turnings 11.6667 standard deviation turnings 1.6964 turnings statistic 0.196494 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.844223 result DO NOT REJECT
31			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 9 points below median 8 total runs 12 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 20 turning points 12 mean turnings 13. standard deviation turnings 1.79815 turnings statistic 0.556128 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.578123 result DO NOT REJECT
32			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 9 points below median 7 total runs 8 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 18 turning points 14 mean turnings 11.6667 standard deviation turnings 1.6964 turnings statistic 1.37546 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.168989 result DO NOT REJECT
33			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 11 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 0.	runs test (turning points) data points 18 turning points 12 mean turnings 11.6667 standard deviation turnings 1.6964 turnings statistic 0.196494 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.844223 result DO NOT REJECT

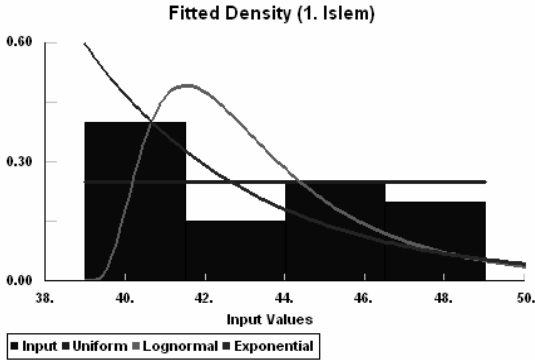
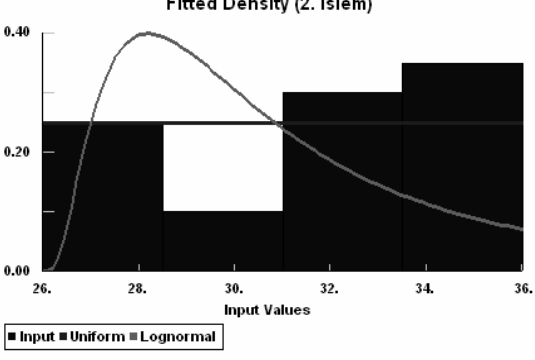
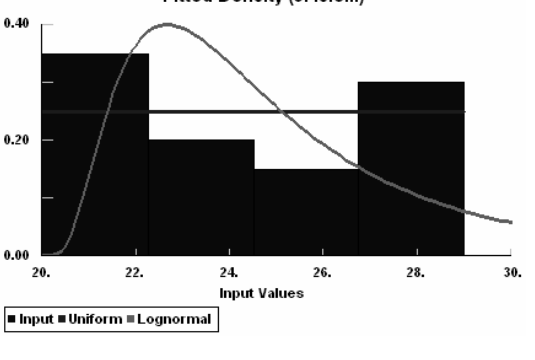
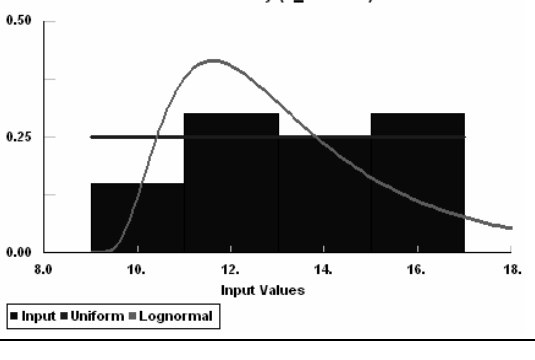
			level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 1. result DO NOT REJECT	
34	 Scatter of Input Data	 Autocorrelation of Input Data correlation(8.293, -8.243)	runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 9 points below median 9 total runs 11 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 19 turning points 12 mean turnings 12.3333 standard deviation turnings 1.74801 turnings statistic 0.190693 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.848767 result DO NOT REJECT
35	 Scatter of Input Data	 Autocorrelation of Input Data correlation(8.215, -8.185)	runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 8 points below median 9 total runs 9 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 20 turning points 12 mean turnings 13. standard deviation turnings 1.79815 turnings statistic 0.556128 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.578123 result DO NOT REJECT
36	 Scatter of Input Data	 Autocorrelation of Input Data correlation(8.116, -8.175)	runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 7 points below median 9 total runs 11 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 17 turning points 11 mean turnings 11. standard deviation turnings 1.64317 turnings statistic 0. level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 1. result DO NOT REJECT

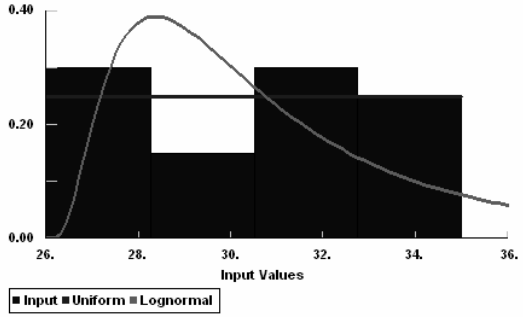
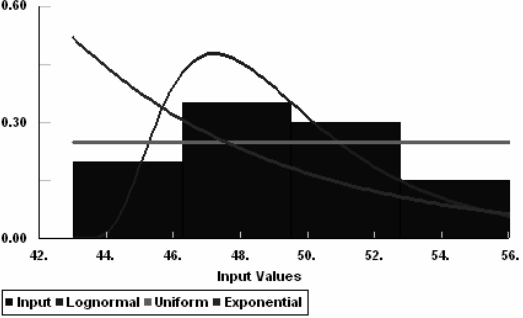
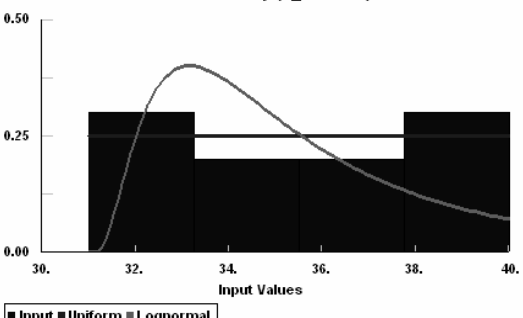
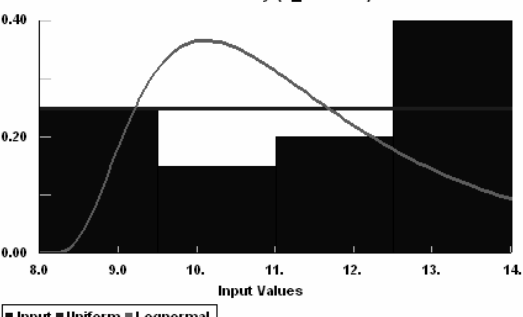
37			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 9 points below median 9 total runs 7 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 19 turning points 11 mean turnings 12.3333 standard deviation turnings 1.74801 turnings statistic 0.76277 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.445601 result DO NOT REJECT
38			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 8 points below median 8 total runs 11 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 19 turning points 12 mean turnings 12.3333 standard deviation turnings 1.74801 turnings statistic 0.190693 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.848767 result DO NOT REJECT
39			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 7 points below median 9 total runs 11 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 17 turning points 10 mean turnings 11. standard deviation turnings 1.64317 turnings statistic 0.608581 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.542802 result DO NOT REJECT
40			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 11 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643	runs test (turning points) data points 18 turning points 11 mean turnings 11.6667 standard deviation turnings 1.6964 turnings statistic 0.392989 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.694328

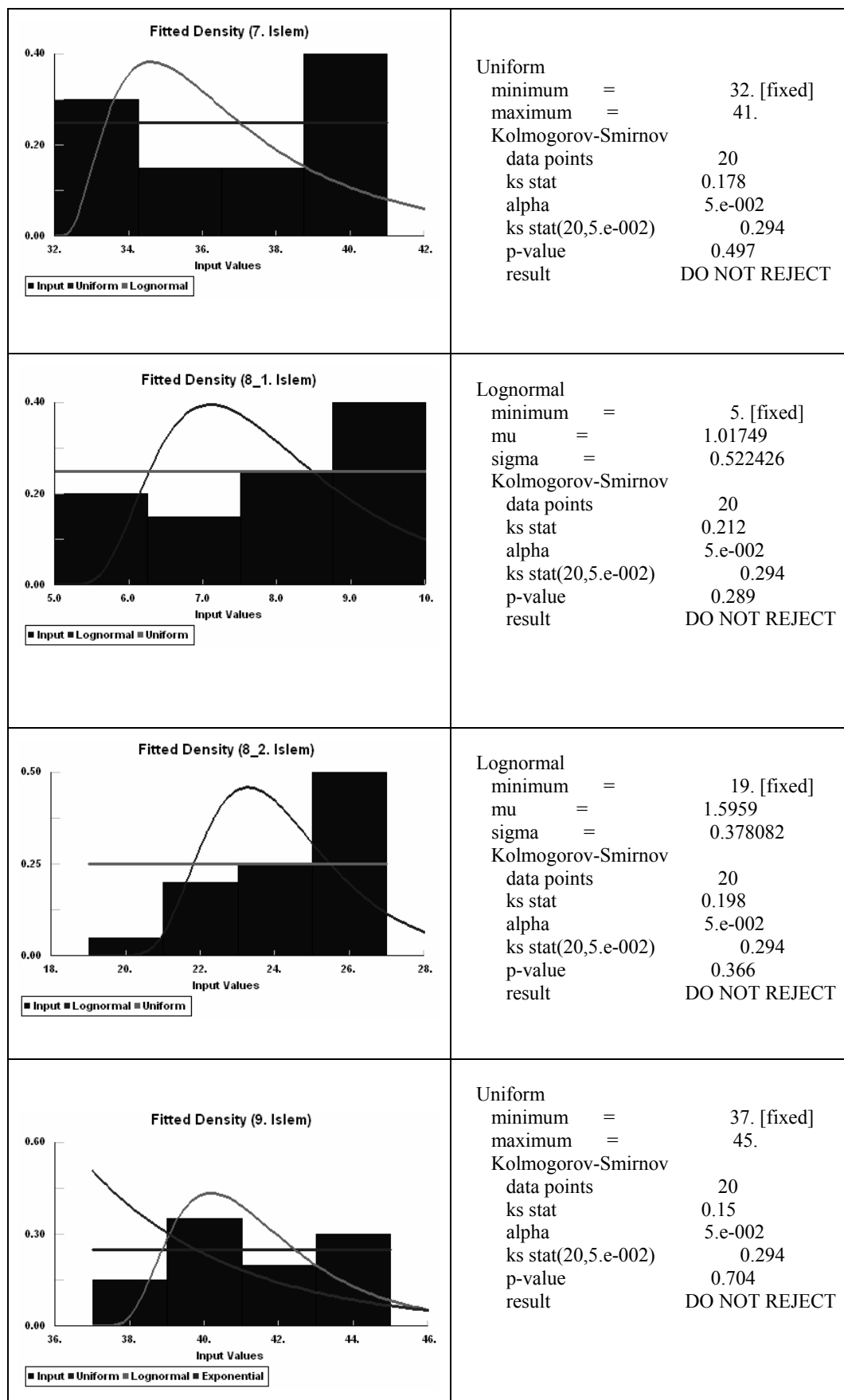
			runs statistic 0. level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 1. result DO NOT REJECT	result DO NOT REJECT
41			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 13 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 0.918937 level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.358129 result DO NOT REJECT	runs test (turning points) data points 18 turning points 12 mean turnings 11.6667 standard deviation turnings 1.6964 turnings statistic 0.196494 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.844223 result DO NOT REJECT
42			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 10 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 0.459468 level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.645898 result DO NOT REJECT	runs test (turning points) data points 17 turning points 12 mean turnings 11. standard deviation turnings 1.64317 turnings statistic 0.608581 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.542802 result DO NOT REJECT
43			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 9 points below median 9 total runs 10 too few independent data points for	runs test (turning points) data points 17 turning points 11 mean turnings 11. standard deviation turnings 1.64317 turnings statistic 0. level of significance 5.e-002

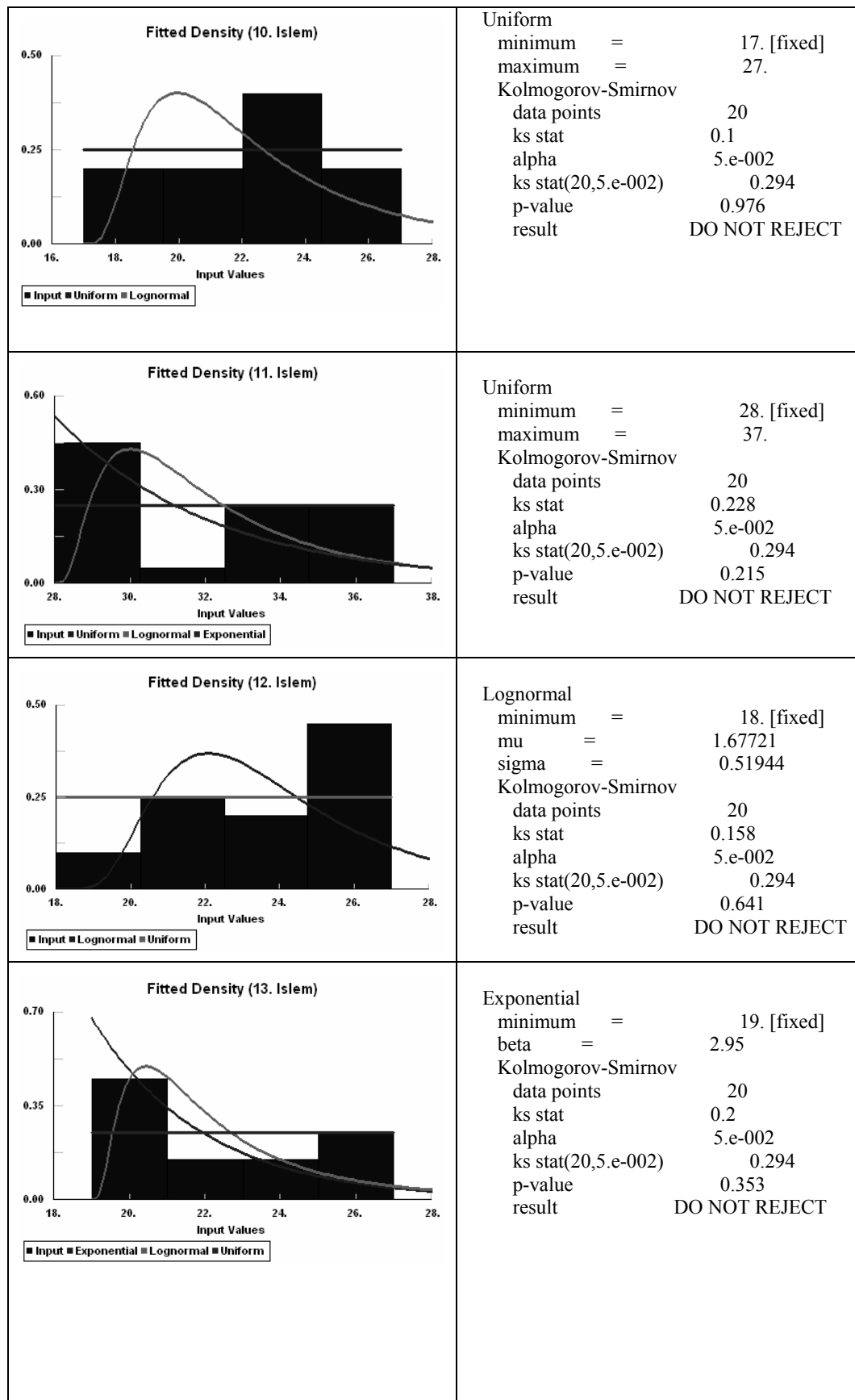
			normal approximation	turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 1. result DO NOT REJECT
44			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 10 points below median 10 total runs 14 mean runs 11. standard deviation runs 2.17643 runs statistic 1.3784 level of significance 5.e-002 runs statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.168078 result DO NOT REJECT	runs test (turning points) data points 20 turning points 14 mean turnings 13. standard deviation turnings 1.79815 turnings statistic 0.556128 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.578123 result DO NOT REJECT
45			runs test on input runs test (above/below median) data points 20 points above median 8 points below median 9 total runs 11 too few independent data points for normal approximation	runs test (turning points) data points 19 turning points 12 mean turnings 12.3333 standard deviation turnings 1.74801 turnings statistic 0.190693 level of significance 5.e-002 turnings statistic(2.5e-002) 1.95996 p-value 0.848767 result DO NOT REJECT

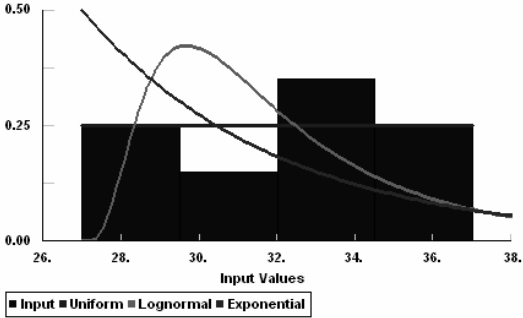
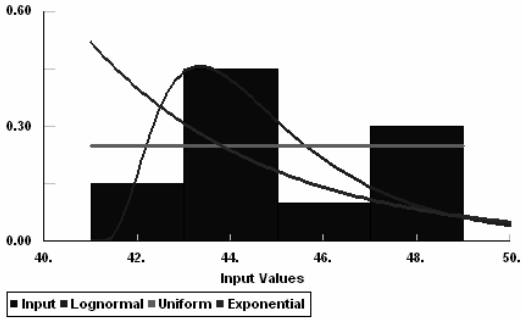
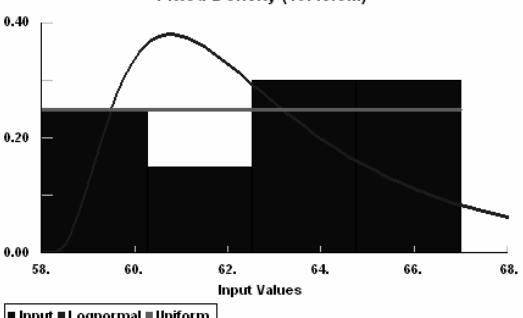
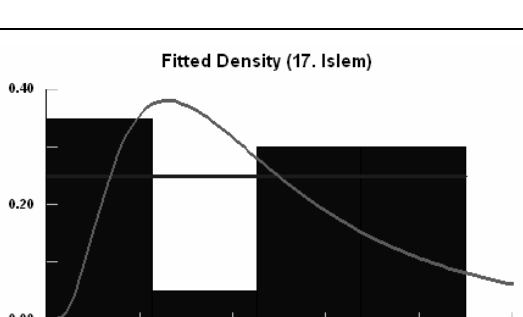
EK Tablo C : Teorik Dağılımlara Uygunluk ve Kolmogorov-Smirnov Testi

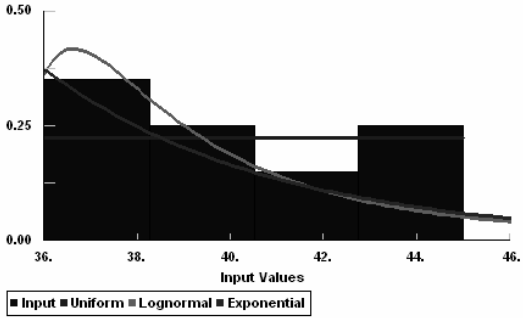
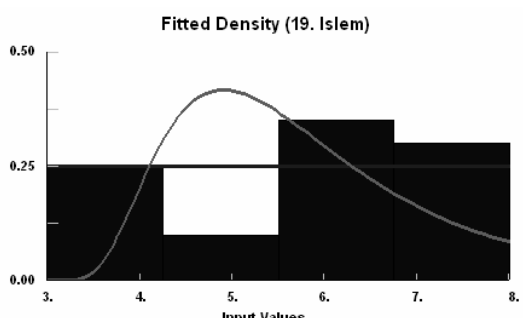
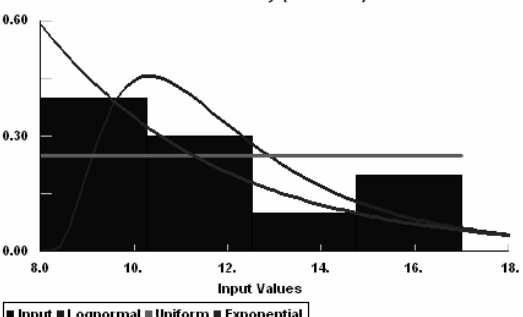
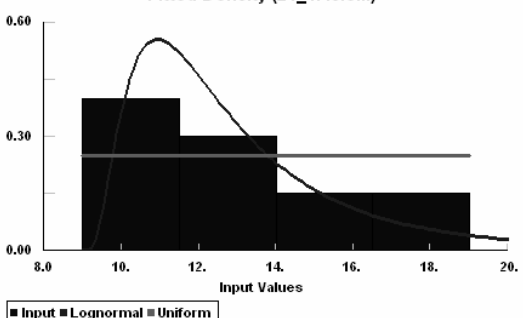
İşlem sürelerine ait uygun dağılımlar	Uygunluk testi (Kolmogorov-Smirnov)
Fitted Density (1. İşlem)  Input Values ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal ■ Exponential	Uniform minimum = 39. [fixed] maximum = 49. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.2 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.353 result DO NOT REJECT
Fitted Density (2. İşlem)  Input Values ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal	Uniform minimum = 26. [fixed] maximum = 36. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.15 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.704 result DO NOT REJECT
Fitted Density (3. İşlem)  Input Values ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal	Uniform minimum = 20. [fixed] maximum = 29. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.2 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.353 result DO NOT REJECT
Fitted Density (4_1. İşlem)  Input Values ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal	Uniform minimum = 9. [fixed] maximum = 17. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.175 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.517 result DO NOT REJECT

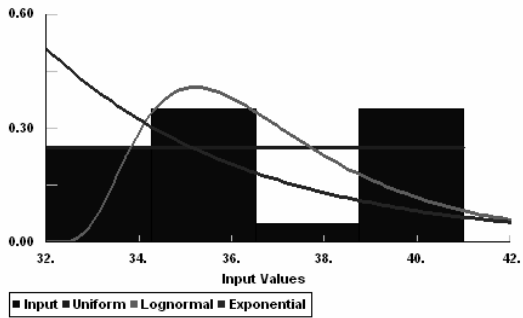
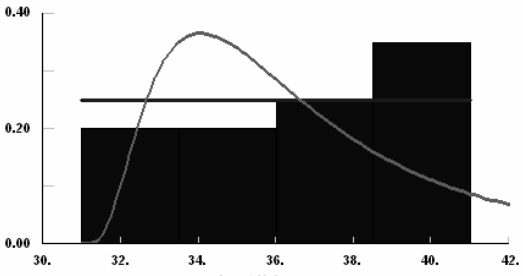
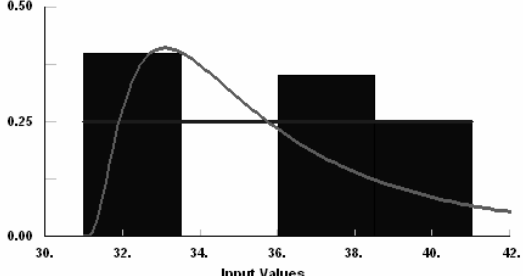
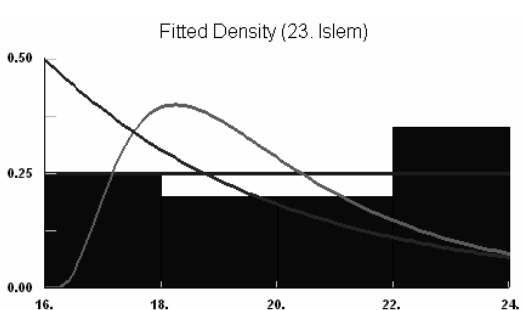
Fitted Density (4_2. Islem)  ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal	Uniform minimum = 26. [fixed] maximum = 35. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.167 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.578 result DO NOT REJECT
Fitted Density (5. Islem)  ■ Input ■ Lognormal ■ Uniform ■ Exponential	Lognormal minimum = 43. [fixed] mu = 1.74494 sigma = 0.54957 Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.145 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.744 result DO NOT REJECT
Fitted Density (6_1. Islem)  ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal	Uniform minimum = 31. [fixed] maximum = 40. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.189 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.421 result DO NOT REJECT
Fitted Density (6_2. Islem)  ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal	Uniform minimum = 8. [fixed] maximum = 14. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.233 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.193 result DO NOT REJECT

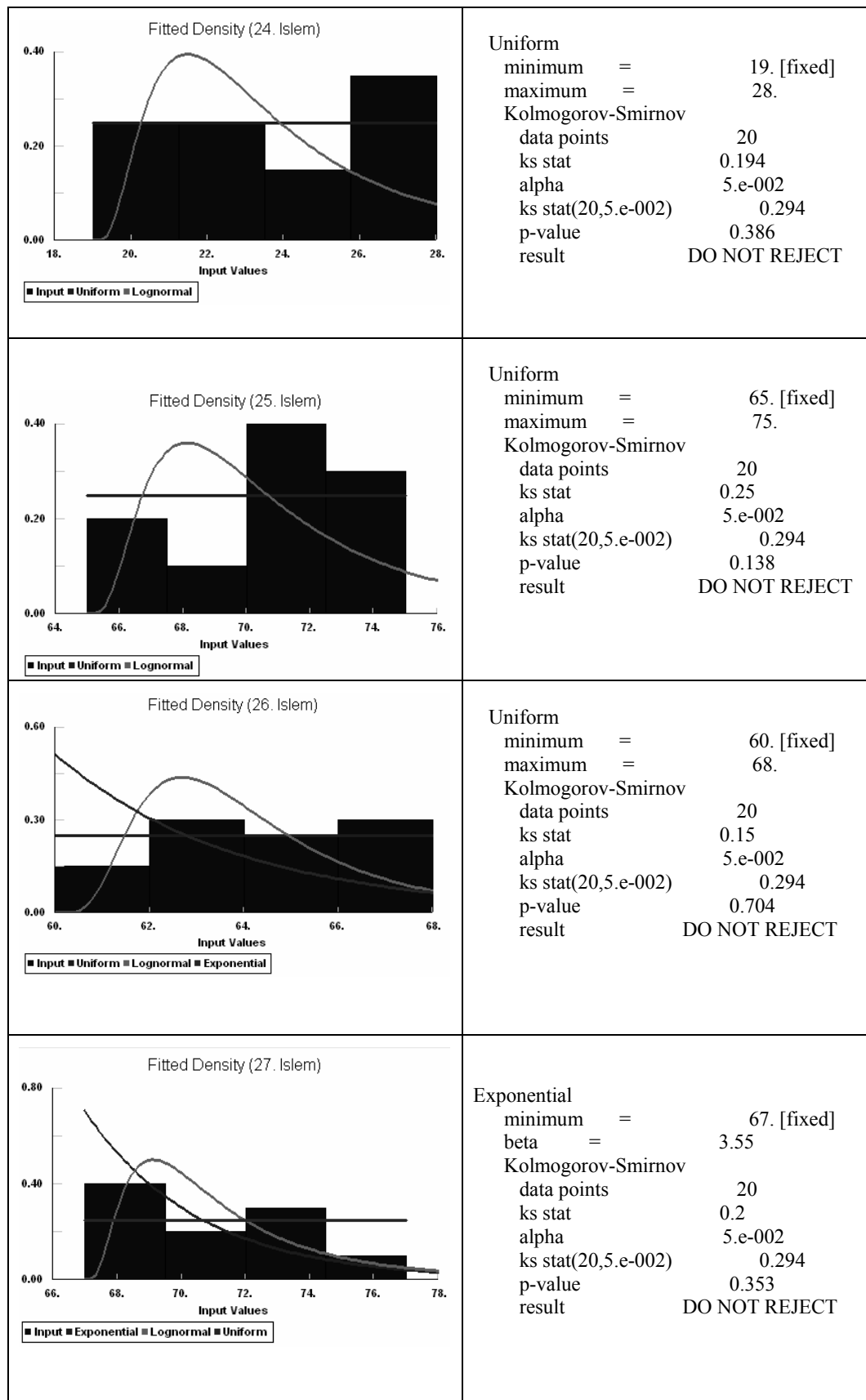


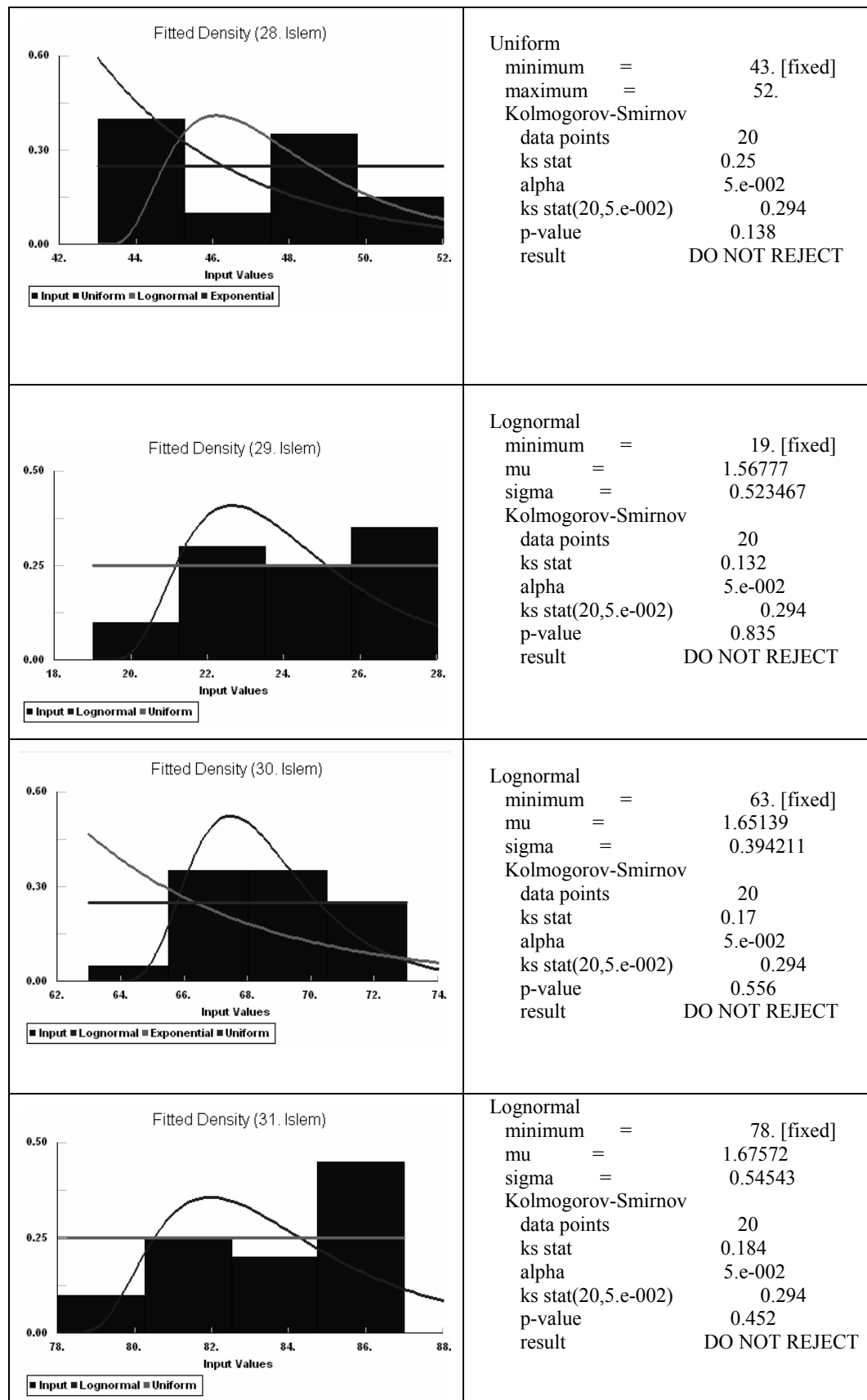


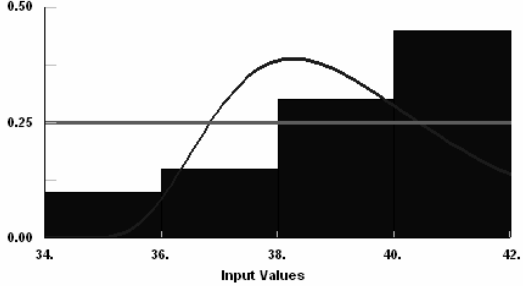
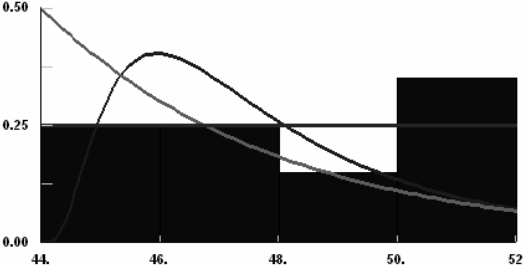
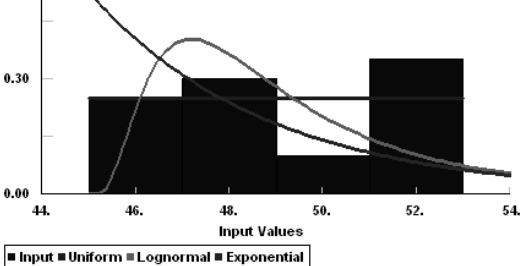
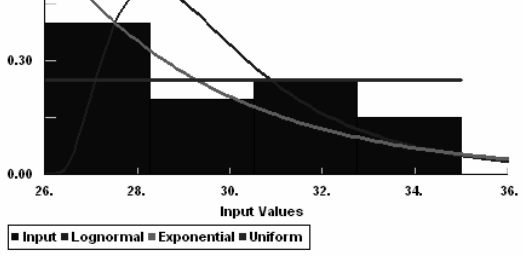
Fitted Density (14. Islem)  Input Values ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal ■ Exponential	Uniform minimum = 27. [fixed] maximum = 37. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.15 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.704 result DO NOT REJECT
Fitted Density (15. Islem)  Input Values ■ Input ■ Lognormal ■ Uniform ■ Exponential	Lognormal minimum = 41. [fixed] mu = 1.23109 sigma = 0.614398 Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.185 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.445 result DO NOT REJECT
Fitted Density (16. Islem)  Input Values ■ Input ■ Lognormal ■ Uniform	Lognormal minimum = 58. [fixed] mu = 1.47858 sigma = 0.675804 Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.177 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.504 result DO NOT REJECT
Fitted Density (17. Islem)  Input Values ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal	Uniform minimum = 86. [fixed] maximum = 95. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.156 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.662 result DO NOT REJECT

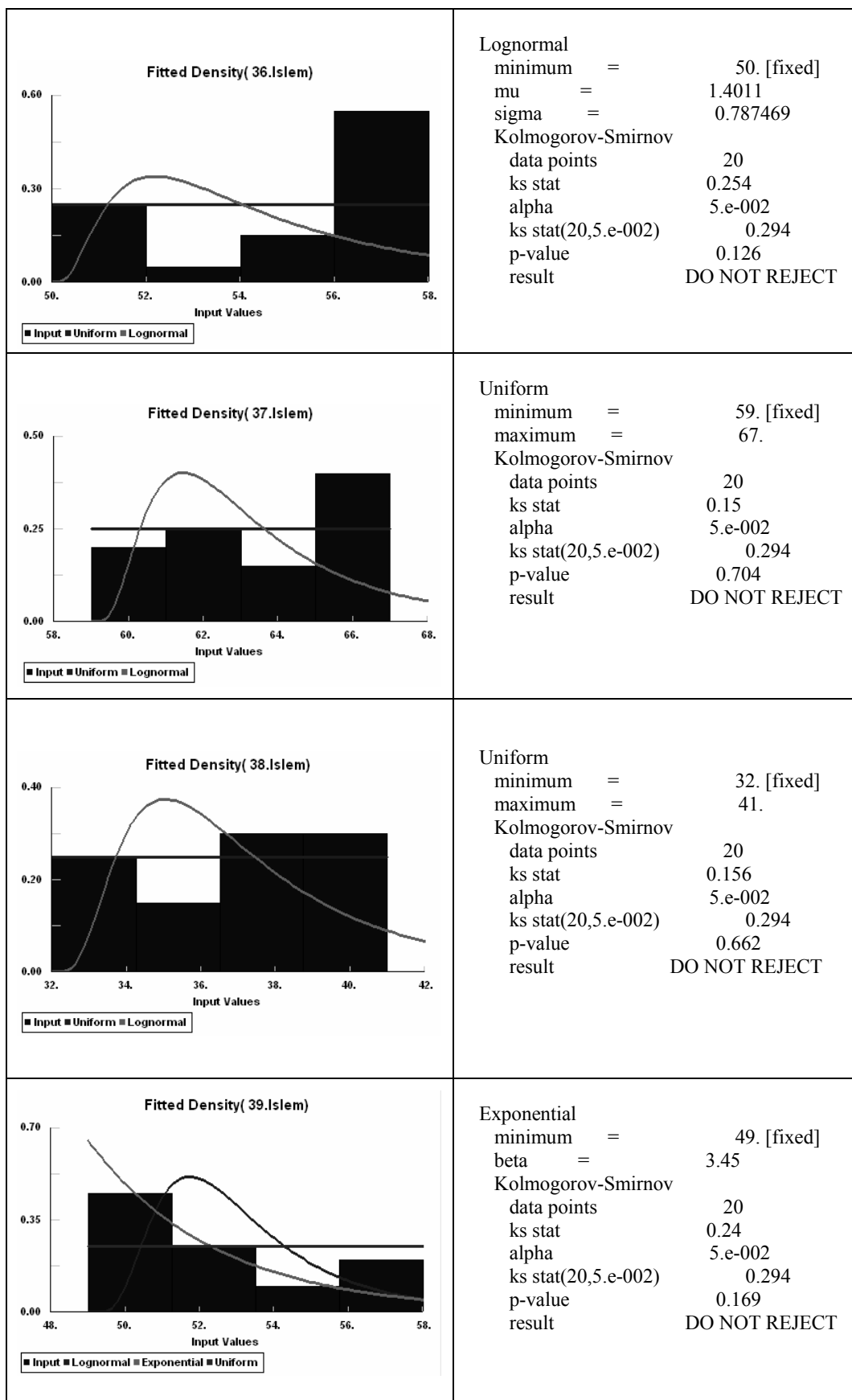
Fitted Density (18. Islem)  ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal ■ Exponential	Uniform minimum = 35. [fixed] maximum = 45. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.2 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.353 result DO NOT REJECT
Fitted Density (19. Islem)  ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal	Uniform minimum = 3. [fixed] maximum = 8. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.25 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.138 result DO NOT REJECT
Fitted Density (20. Islem)  ■ Input ■ Lognormal ■ Uniform ■ Exponential	Lognormal minimum = 8. [fixed] mu = 1.29789 sigma = 0.674109 Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.223 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.236 result DO NOT REJECT
Fitted Density (21_1. Islem)  ■ Input ■ Lognormal ■ Uniform	Lognormal minimum = 9. [fixed] mu = 1.17627 sigma = 0.716816 Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.2 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.355 result DO NOT REJECT

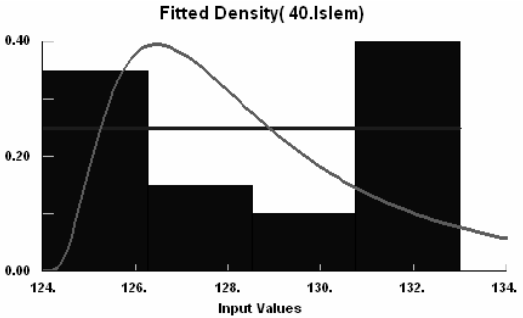
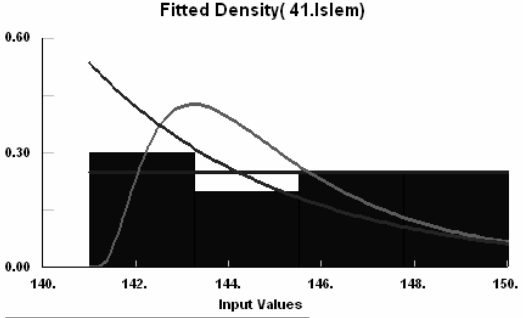
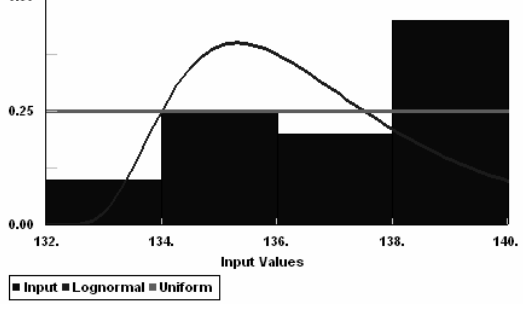
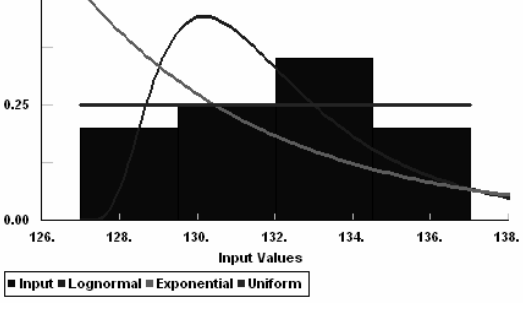
Fitted Density (21_2. Islem)  Input Values ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal ■ Exponential	Uniform minimum = 32. [fixed] maximum = 41. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.156 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.662 result DO NOT REJECT
Fitted Density (22_1. Islem)  Input Values ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal	Uniform minimum = 31. [fixed] maximum = 41. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.2 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.353 result DO NOT REJECT
Fitted Density (22_2. Islem)  Input Values ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal	Uniform minimum = 31. [fixed] maximum = 41. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.2 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.353 result DO NOT REJECT
Fitted Density (23. Islem)  Input Values ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal ■ Exponential	Uniform minimum = 16. [fixed] maximum = 24. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.125 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.876 result DO NOT REJECT

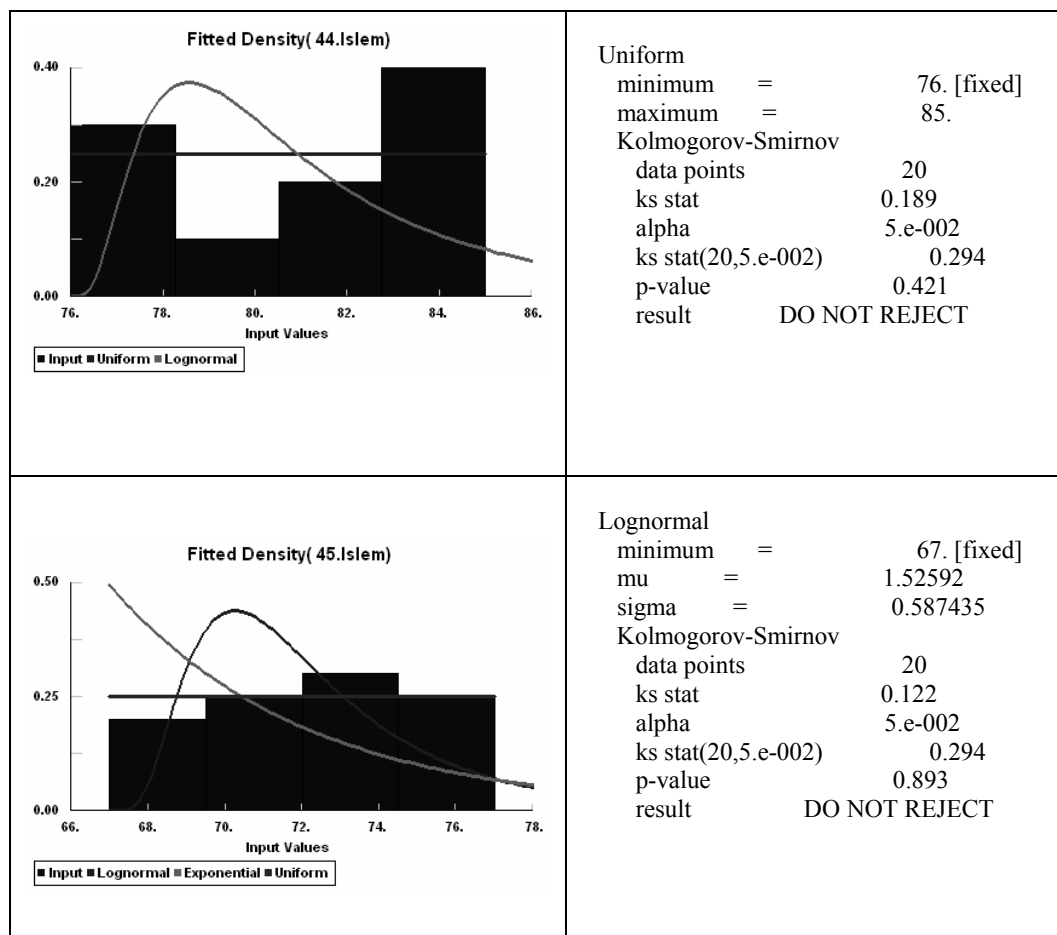




Fitted Density (32. Islem)  Input Values ■ Input ■ Lognormal ■ Uniform	Lognormal minimum = 34. [fixed] mu = 1.64266 sigma = 0.435716 Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.185 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.445 result DO NOT REJECT
Fitted Density (33. Islem)  Input Values ■ Input ■ Lognormal ■ Exponential ■ Uniform	Lognormal minimum = 44. [fixed] mu = 1.24493 sigma = 0.757239 Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.217 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.263 result DO NOT REJECT
Fitted Density (34. Islem)  Input Values ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal ■ Exponential	Uniform minimum = 45. [fixed] maximum = 53. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.225 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.227 result DO NOT REJECT
Fitted Density (35. Islem)  Input Values ■ Input ■ Lognormal ■ Exponential ■ Uniform	Lognormal minimum = 26. [fixed] mu = 1.24542 sigma = 0.639807 Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.206 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.319 result DO NOT REJECT



Fitted Density(40.Islem)  ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal	Uniform minimum = 124. [fixed] maximum = 133. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.178 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.497 result DO NOT REJECT
Fitted Density(41.Islem)  ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal ■ Exponential	Uniform minimum = 141. [fixed] maximum = 150. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.167 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.578 result DO NOT REJECT
Fitted Density(42.Islem)  ■ Input ■ Lognormal ■ Uniform	Lognormal minimum = 132. [fixed] mu = 1.47471 sigma = 0.522775 Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.178 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.496 result DO NOT REJECT
Fitted Density(43.Islem)  ■ Input ■ Lognormal ■ Exponential ■ Uniform	Lognormal minimum = 127. [fixed] mu = 1.50886 sigma = 0.595296 Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.133 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.828 result DO NOT REJECT

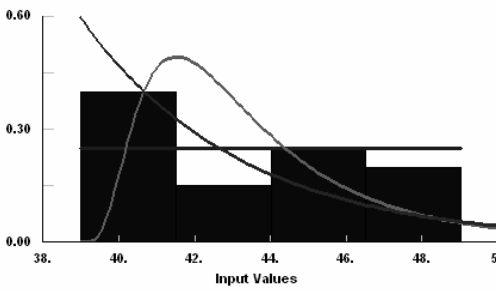
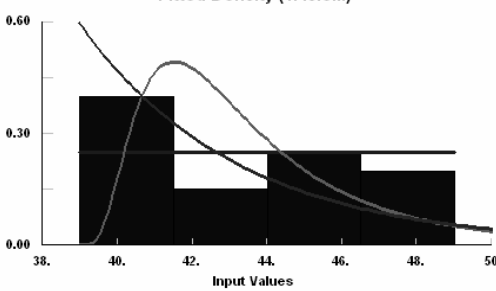
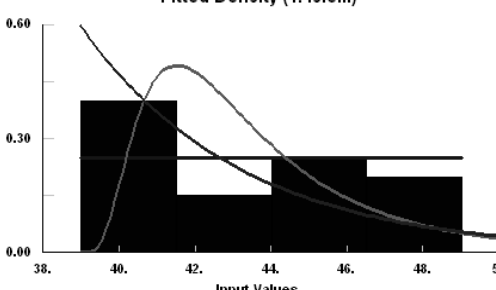
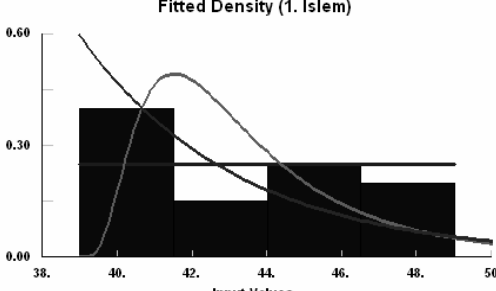


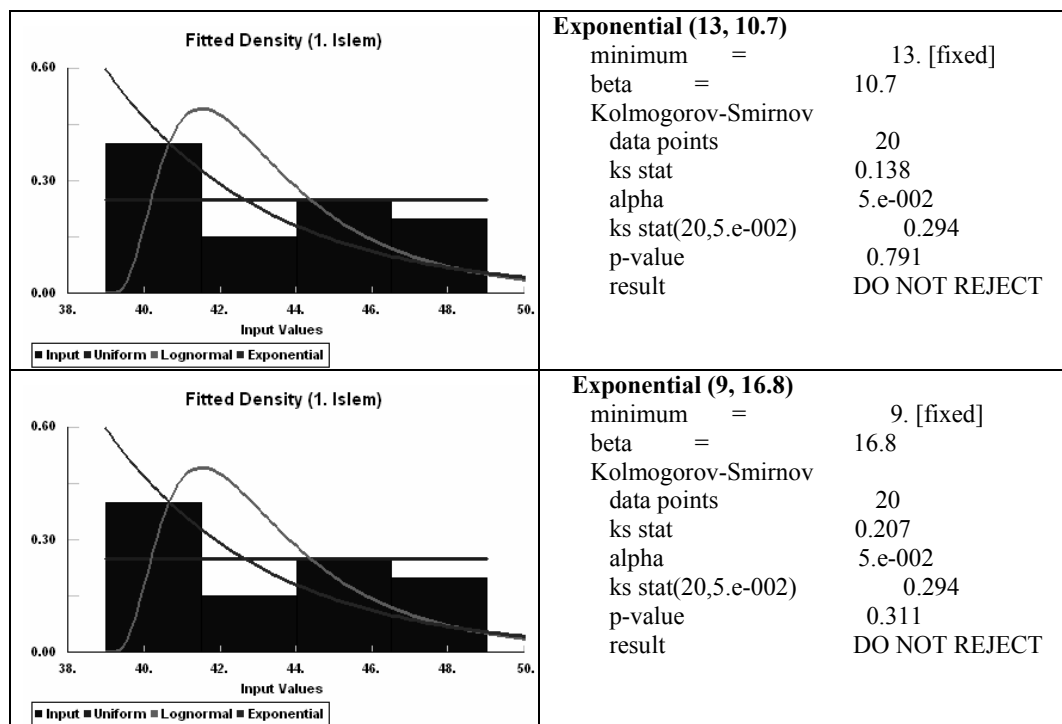
EK Tablo D : İş Giriş Dağılımının Belirlenmesi İçin Toplanan Veriler

Hücre: Yaka Hazırlama			Hücre: Kol Hazırlama		
Geliş aralığı (dk)	Gelen iş adedi	İşin geliş aralığı(sn)	Geliş aralığı (dk)	Gelen iş adedi	İşin geliş aralığı(sn)
8,00	20,00	24,00	8,00	48,00	10,00
6,00	12,00	30,00	14,00	35,00	24,00
12,00	40,00	18,00	9,00	30,00	18,00
4,00	5,00	48,00	6,00	40,00	9,00
15,00	28,00	32,14	7,00	30,00	14,00
4,00	16,00	15,00	12,00	18,00	40,00
12,00	42,00	17,14	6,00	36,00	10,00
7,00	10,00	42,00	5,00	50,00	6,00
11,00	15,00	44,00	19,00	60,00	19,00
6,00	24,00	15,00	7,00	12,00	35,00
16,00	30,00	32,00	8,00	48,00	10,00
4,00	20,00	12,00	7,00	70,00	6,00
6,00	45,00	8,00	6,00	45,00	8,00
8,00	20,00	24,00	14,00	60,00	14,00
8,00	40,00	10,00	5,00	60,00	5,00
3,00	36,00	5,00	9,00	54,00	10,00
4,00	40,00	6,00	13,00	30,00	26,00
16,00	60,00	16,00	6,00	24,00	15,00
10,00	48,00	10,00	17,00	60,00	17,00
5,00	25,00	12,00	6,00	45,00	8,00
Hücre: Manşet hazırlama			Hücre: Ön Hazırlama		
Geliş aralığı (dk)	Gelen iş adedi	İşin geliş aralığı(sn)	Geliş aralığı (dk)	Gelen iş adedi	İşin geliş aralığı(sn)
8,00	34,00	14,11	10,00	42,00	14,29
11,00	30,00	22,00	12,00	45,00	16,00
15,00	24,00	37,50	15,00	34,00	26,47
6,00	38,00	9,47	6,00	24,00	15,00
7,00	20,00	21,00	8,00	28,00	17,14
14,00	32,00	26,25	11,00	32,00	20,63
10,00	36,00	16,66	7,00	25,00	16,80
5,00	50,00	6,00	5,00	10,00	30,00
19,00	45,00	25,33	14,00	14,00	60,00
7,00	12,00	35,00	7,00	12,00	35,00
6,00	38,00	9,47	6,00	22,00	16,36
7,00	70,00	6,00	8,00	14,00	34,29
6,00	40,00	9,00	9,00	35,00	15,43
14,00	43,00	19,53	13,00	43,00	18,14
12,00	22,00	32,72	12,00	24,00	30,00
9,00	52,00	10,38	9,00	17,00	31,76
8,00	48,00	10,00	16,00	42,00	22,86
6,00	24,00	15,00	6,00	23,00	15,65
17,00	50,00	21,00	9,00	21,00	25,71
7,00	45,00	9,33	7,00	32,00	13,13
Hücre: Arka-Roba Hazırlama			Hücre:Cep Hazırlama		
Geliş aralığı (dk)	Gelen iş adedi	İşin geliş aralığı(sn)	Geliş aralığı (dk)	Gelen iş adedi	İşin geliş aralığı(sn)
12,00	52,10	13,82	14,00	50,00	16,80
11,00	12,40	53,22	11,00	18,00	36,67
15,00	56,93	15,81	10,00	43,00	13,95
6,00	13,33	27,00	17,00	23,00	44,35

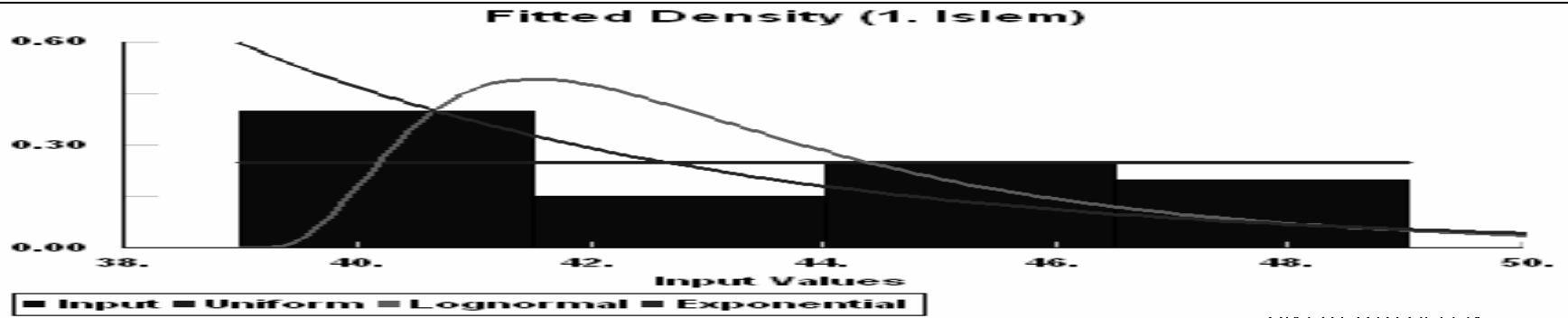
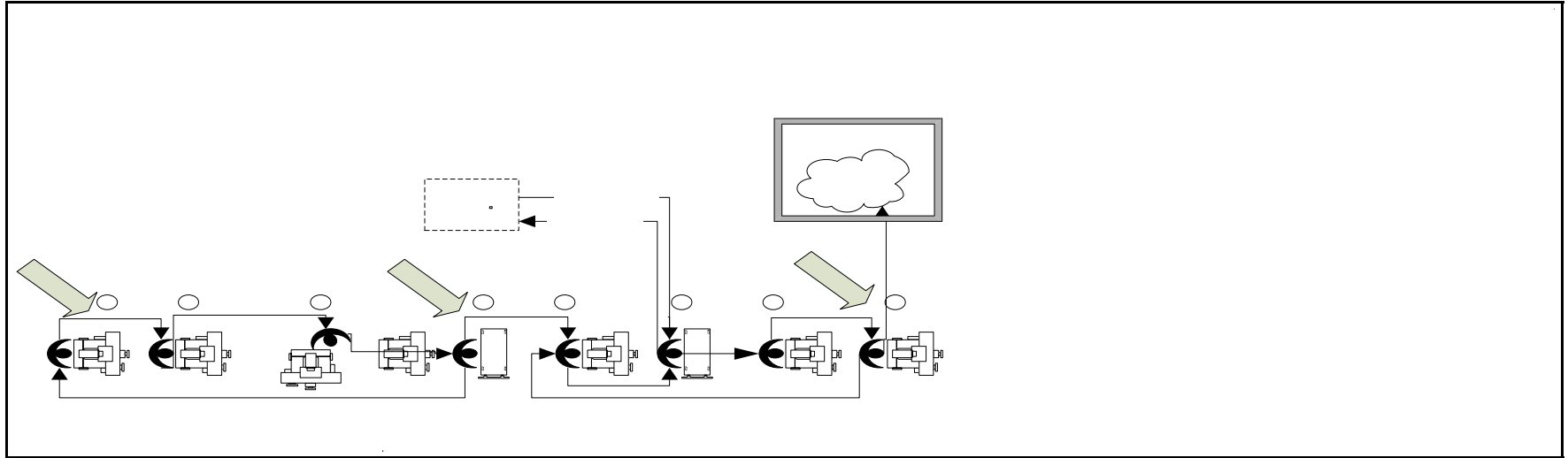
7,00	30,00	14,00	11,00	27,00	24,44
10,00	14,72	40,75	13,00	14,72	52,98
9,00	25,71	21,00	9,00	26,00	20,77
5,00	20,00	15,00	6,00	20,00	18,00
9,00	49,09	11,00	8,00	35,00	13,71
7,00	18,49	22,71	12,00	20,00	36,00
6,00	6,10	59,00	8,00	12,00	40,00
13,00	52,00	15,00	13,00	52,00	15,00
9,00	21,92	24,63	9,00	21,92	24,63
10,00	37,81	15,87	7,00	45,00	9,33
12,00	25,02	28,78	12,00	25,02	28,78
9,00	33,15	16,29	9,00	33,15	16,29
15,00	18,44	48,81	15,00	17,00	52,94
13,00	55,60	14,03	6,00	25,00	14,40
9,00	51,09	10,57	9,00	28,00	19,29
6,00	40,82	8,82	12,00	40,82	17,64

EK Tablo E : İş Geliş Aralıklarının Histogramı ve Kolmogorov-Smirnov Testi

Fitted Density (1. Islem)  ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal ■ Exponential	Exponential (5, 16) minimum = 5. [fixed] beta = 16. Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.118 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.911 result DO NOT REJECT
Fitted Density (1. Islem)  ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal ■ Exponential	Exponential (6, 11.7) minimum = 6. [fixed] beta = 11.736 Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.147 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.729 result DO NOT REJECT
Fitted Density (1. Islem)  ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal ■ Exponential	Exponential (5, 10.2) minimum = 5. [fixed] beta = 10.2 Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.11 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.938 result DO NOT REJECT
Fitted Density (1. Islem)  ■ Input ■ Uniform ■ Lognormal ■ Exponential	Exponential (8,15.8) minimum = 8. [fixed] beta = 15.8157 Kolmogorov-Smirnov data points 20 ks stat 0.158 alpha 5.e-002 ks stat(20,5.e-002) 0.294 p-value 0.642 result DO NOT REJECT



EK Tablo F : Hücrelerin Bilgisayara Aktarımı

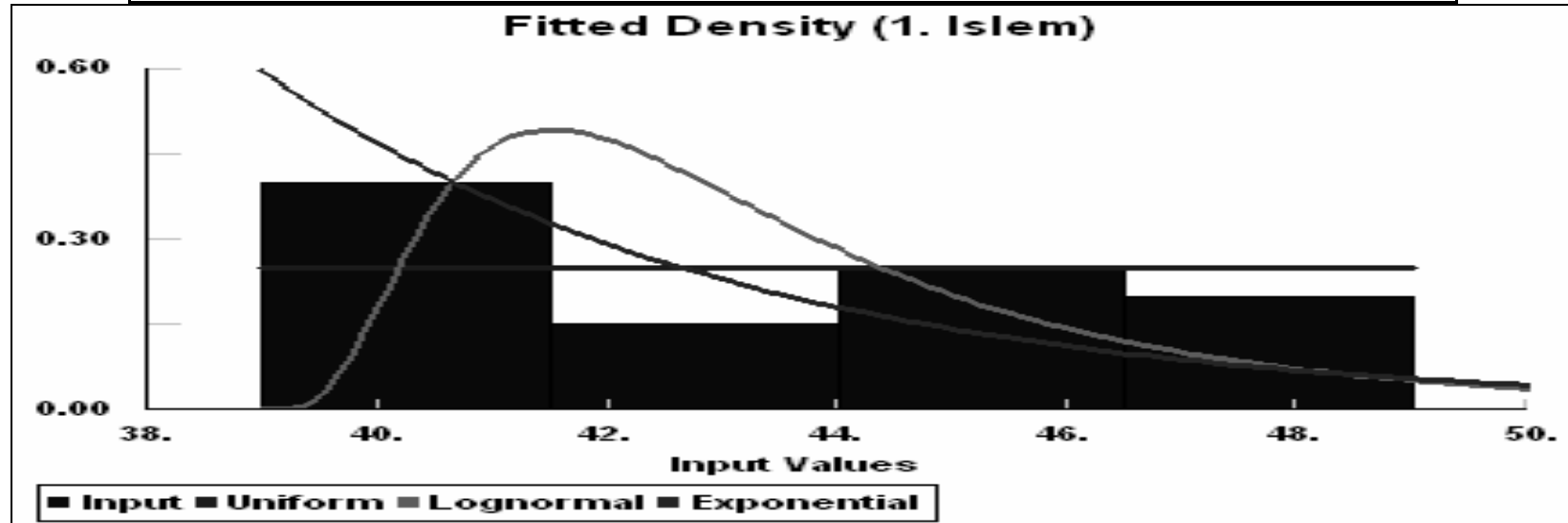
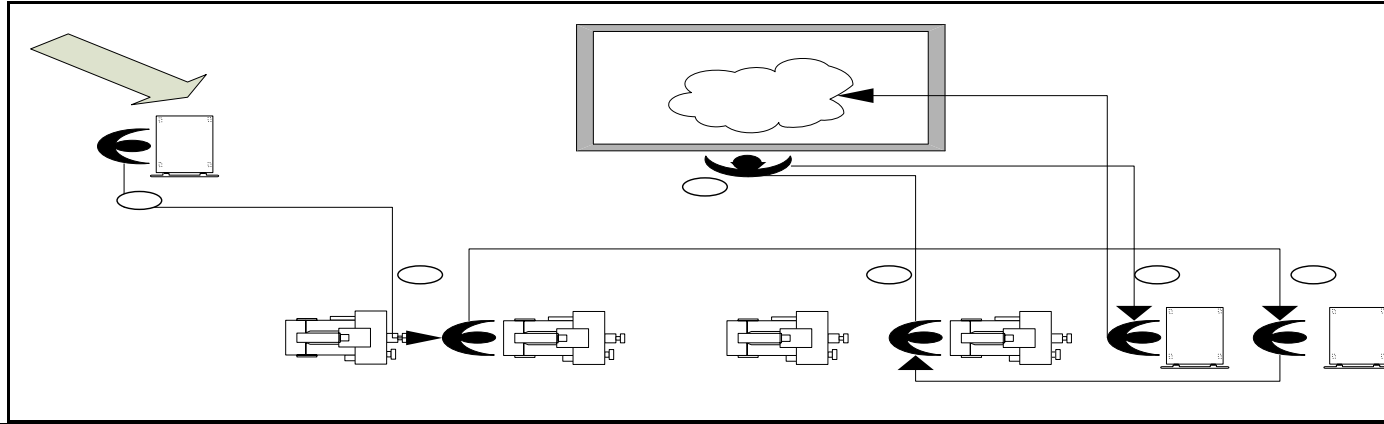


Şekil F-1 : Model 1-Yaka Hazırlama Hücresinin Bilgisayar Aktarımı

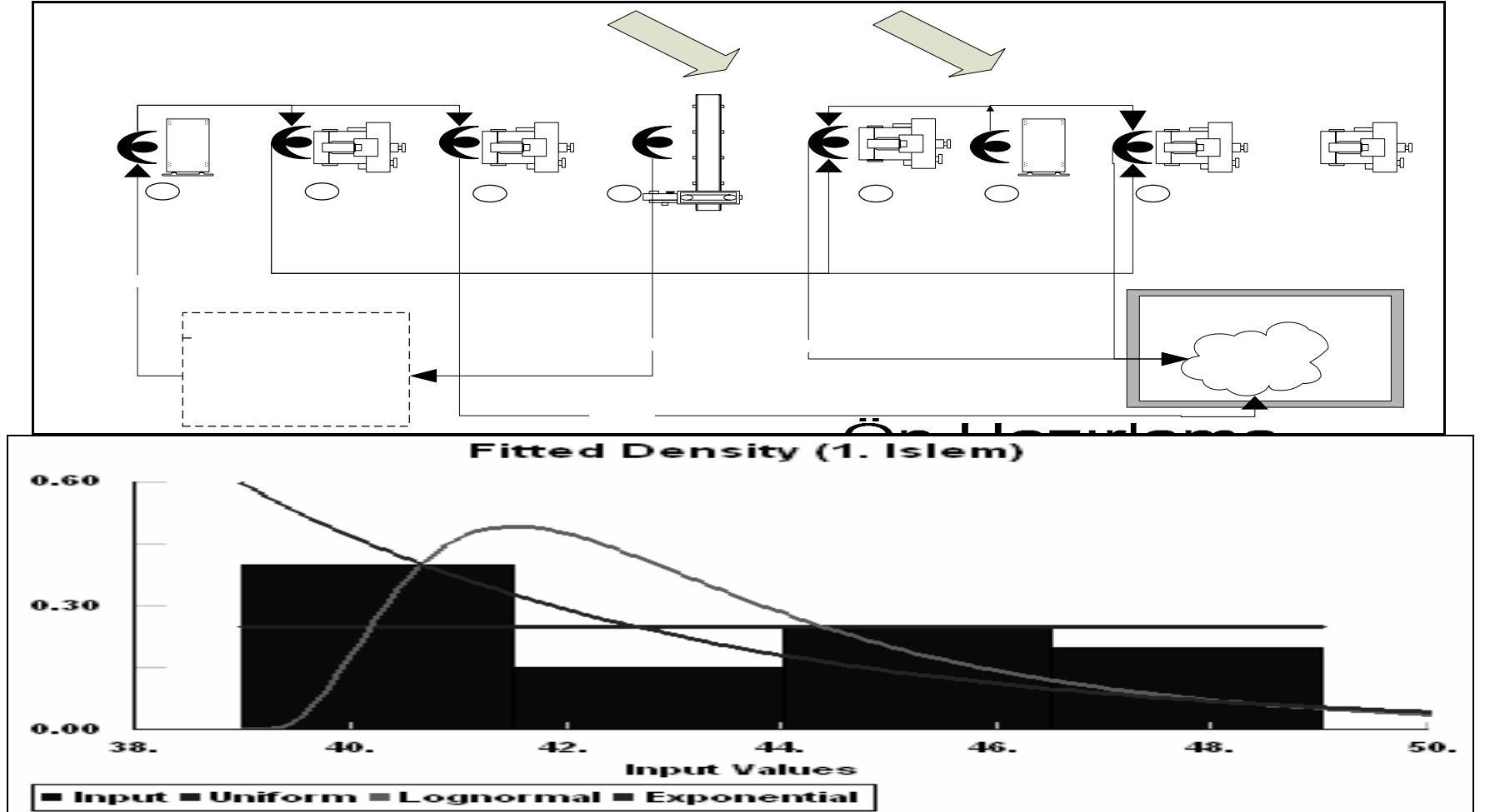
YAKA ALTI
KUMAŞ PARÇASI

136

TELA



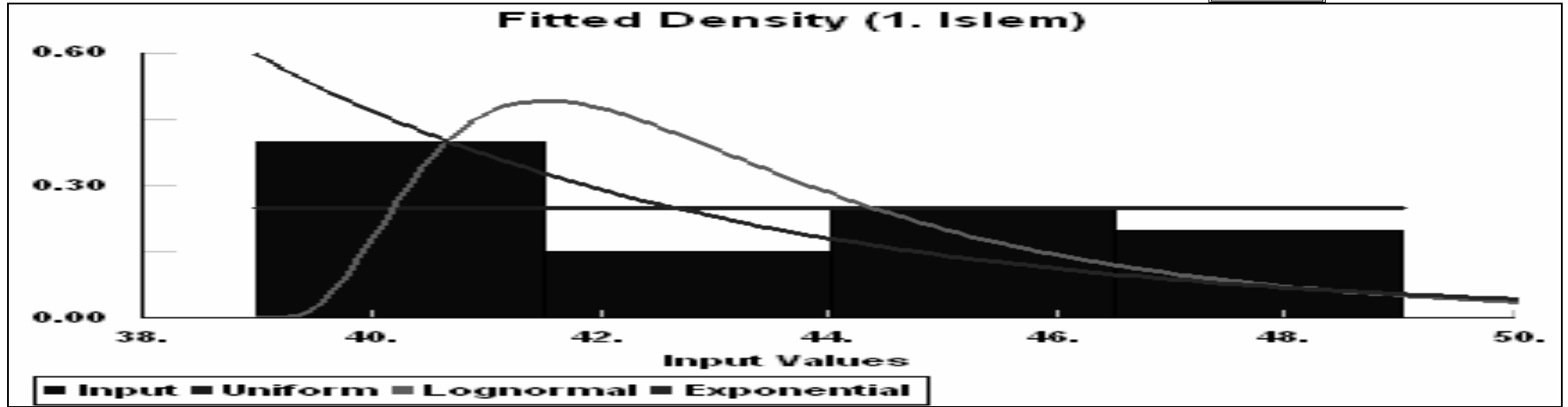
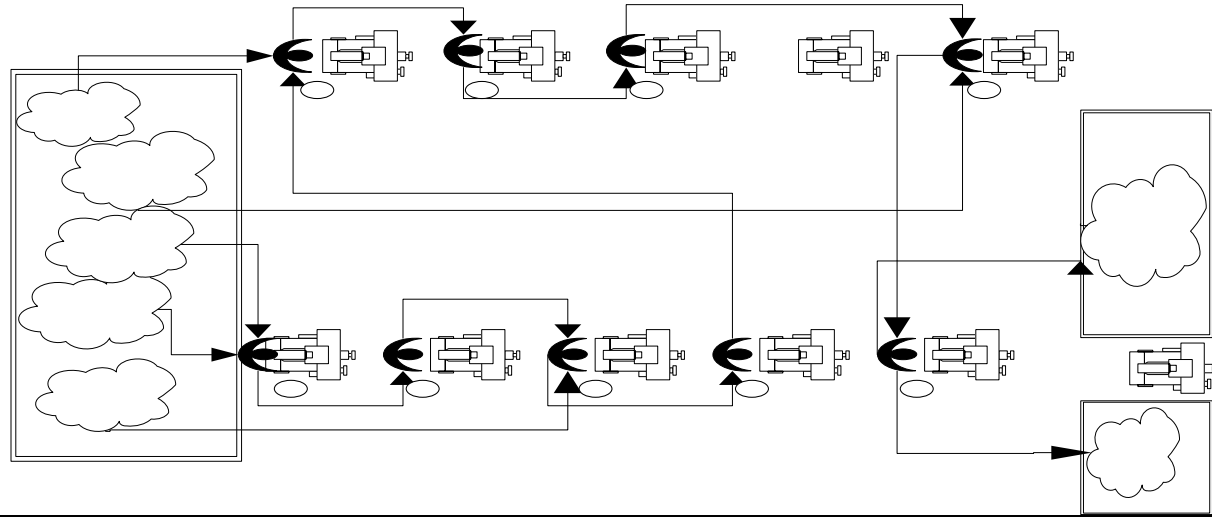
Şekil F-2 : Model 2: Manşet Hazırlama Hücresinin Bilgisayara Aktarımı



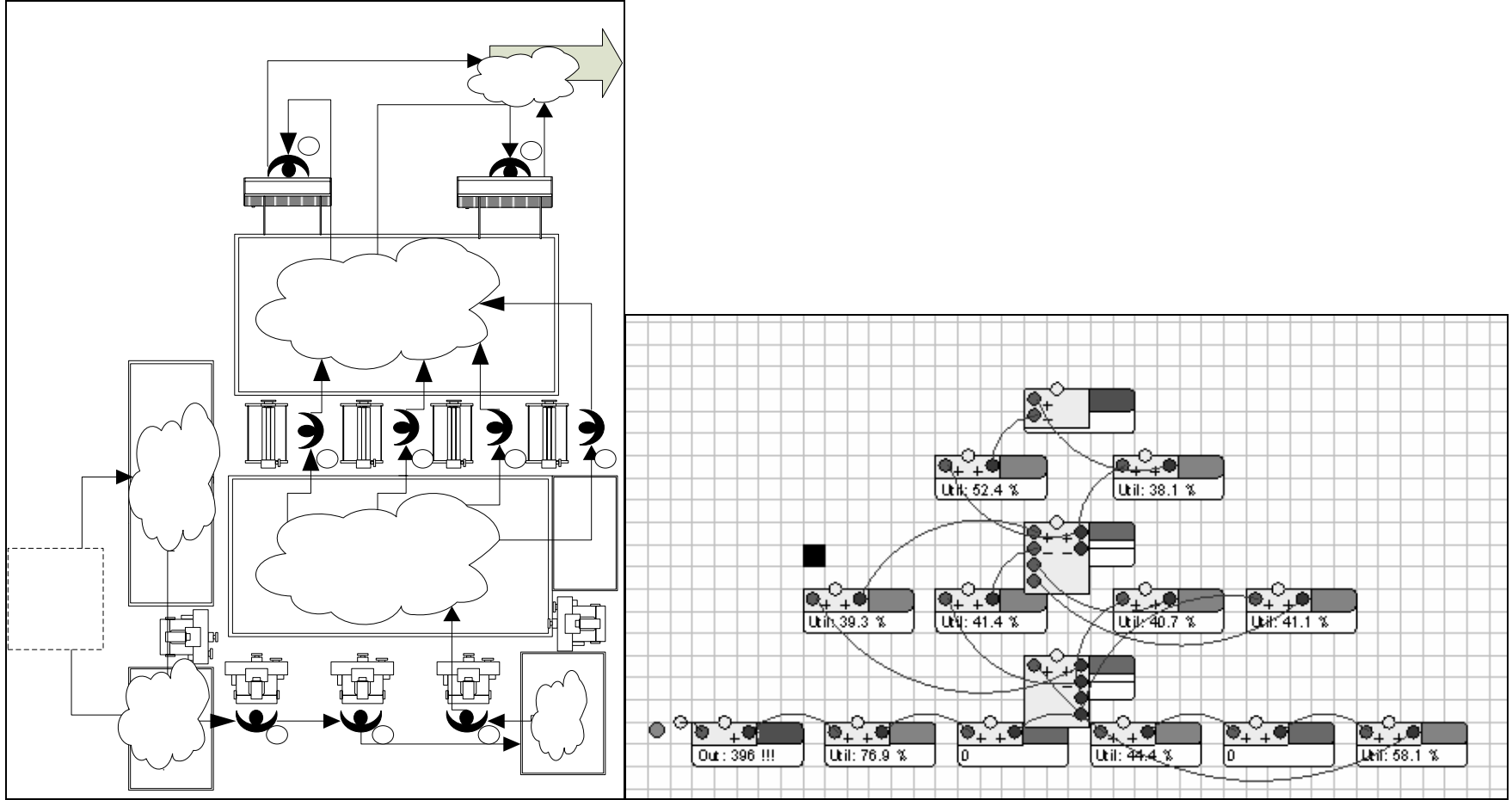
Şekil F-4 : Model 4: Ön-Cep Hazırlama Hücresinin Bilgisayara Aktarımı
ÖN PAT ÜTÜ ÇIKIŞ

YAKA
HAZIRLAMA
HÜCRESİ

ÖN PAT ÜTÜ



Şekil F-5 : Model 5: Montaj Arka Plan Bilgisayara Aktarımı



Şekil F-6 : Model 6: Kalite Kontrol Hücresinin Bilgisayara Aktarımı

EK Tablo G : Mevcut Durum ile Seçenek Sonuçların Karşılaştırılması

Ek Tablo G-1 : Mevcut Durum İle Seçenek Sonuçların Bitirilen İş Sayısına Göre Karşılaştırılması

MEVCUT DURUM							
Hücre	Bitirilen İş	Ortalama	St.Sapma	Alt sınır(95%)	Üst sınır(95%)	Minimum	Maximum
Yaka Hücresi	Bitirilen Yaka Sayısı	529,92	3,90	529.61	530.23	517.00	543.00
Manşet Hücresi	Bitirilen Manşet Sayısı	790,18	1,59	790.05	790.31	785.00	795.00
Ön-Cep Hücresi	Bitirilen Sol Ön Sayısı	503,92	1,54	503.79	504.04	498.00	508.00
	Bitirilen Sağ Ön Sayısı	509,17	2,34	508.98	509.35	502.00	517.00
Kol-Arka Hücresi	Bitirilen Kol Sayısı	790,28	1,11	790.19	790.37	787.00	794.00
	Bitirilen Arka Sayısı	783,64	4,88	783.25	784.03	764.00	798.00
Montaj Hücresi	Bitirilen Ara Ürün Gömlek Sayısı	394,61	0.59	394.57	394.66	393.00	396.00
Kalite Kontrol Hücresi	Bitirilen Son ürün Gömlek Sayısı	394,47	0.60	394.42	394.52	393.00	396.00
SEÇENEK1							
Hücre	Bitirilen İş	Ortalama	St.Sapma	Alt sınır(95%)	Üst sınır(95%)	Minimum	Maximum
Yaka Hücresi	Bitirilen Yaka Sayısı	529.92	3,90	529.61	530.23	517.00	543.00
Manşet Hücresi	Bitirilen Manşet Sayısı	993.10	2,55	992.90	993.31	985.00	1001.00
Ön-Cep Hücresi	Bitirilen Sol Ön Sayısı	503.92	1,54	503.79	504.04	498.00	508.00
	Bitirilen Sağ Ön Sayısı	509.17	2,34	508.98	509.35	502.00	517.00
Kol-Arka Hücresi	Bitirilen Kol Sayısı	911.84	1,10	911.74	911.93	907.00	915.00
	Bitirilen Arka Sayısı	783.64	4,88	783.25	784.03	764.00	798.00
Montaj Hücresi	Bitirilen Ara Ürün Gömlek Sayısı	455.35	0.56	455.31	455.40	454.00	457.00
Kalite Kontrol Hücresi	Bitirilen Son ürün Gömlek Sayısı	455.83	0.58	455.78	455.88	454.00	457.00
SEÇENEK2							
Hücre	Bitirilen İş	Ortalama	St.Sapma	Alt sınır(95%)	Üst sınır(95%)	Minimum	Maximum
Yaka Hücresi	Bitirilen Yaka Sayısı	529.92	3,90	529.61	530.23	517.00	543.00

Manşet Hücresi	Bitirilen Manşet Sayısı	993.10	2,55	992.90	993.31	985.00	1001.00
Ön-Cep Hücresi	Bitirilen Sol Ön Sayısı	503.92	1,54	503.79	504.04	498.00	508.00
	Bitirilen Sağ Ön Sayısı	509.17	2,34	508.98	509.35	502.00	517.00
Kol-Arka Hücresi	Bitirilen Kol Sayısı	1423.80	25.37	1421.77	1425.83	1331.00	1469.00
	Bitirilen Arka Sayısı	783.64	4,88	783.25	784.03	764.00	798.00
Montaj Hücresi	Bitirilen Ara Ürün Gömlek Sayısı	495.68	0.94	495.60	495.75	492.00	498.00
Kalite Kontrol Hücresi	Bitirilen Son ürün Gömlek Sayısı	496.00	0.84	495.93	496.07	493.00	498.00
SEÇENEK3							
Hücre	Bitirilen İş	Ortalama	St.Sapma	Alt sınır(95%)	Üst sınır(95%)	Minimum	Maximum
Yaka Hücresi	Bitirilen Yaka Sayısı	714,78	4,47	714.42	715.14	697.00	726.00
Manşet Hücresi	Bitirilen Manşet Sayısı	1465,68	4,95	1465.28	1466.07	1450.00	1481.00
Ön-Cep Hücresi	Bitirilen Sol Ön Sayısı	653,13	17.77	651.71	654.56	594.00	699.00
	Bitirilen Sağ Ön Sayısı	662,20	18.67	660.71	663.70	606.00	721.00
Kol-Arka Hücresi	Bitirilen Kol Sayısı	1423,80	25.37	1421.77	1425.83	1331.00	1469.00
	Bitirilen Arka Sayısı	783,64	4,88	783.25	784.03	764.00	798.00
Montaj Hücresi	Bitirilen Ara Ürün Gömlek Sayısı	550,78	4,18	550.45	551.12	537.00	562.00
Kalite Kontrol Hücresi	Bitirilen Son ürün Gömlek Sayısı	547.92	2,79	547.70	548.15	537.00	554.00

EK Tablo G-2 : Mevcut Durum İle Seçenek Sonuçların Kurukta Bekleyen İş Sayısına Göre Karşılaştırılması

Kuyrukta Bekleyen İş Sayısı(adet)				
Hücre	Mevcut Durum	Seçenek 1	Seçenek 2	Seçenek3
Yaka Hücresi	61,583	61,583	61,583	64,66
Manşet Hücresi	20,005	23,85	23,86	60,75
Ön-Cep Hücresi	117,958	117,958	117,958	23,84
Kol-Arka Hücresi	40,034	59,53	13,77	13,77
Montaj Hücresi	60,971	19,628	42,89	0,41
Kalite Kontrol Hücresi	0,972	1,12	1,22	1,32
Toplam	301,523	283,669	261,276	164,75

Ek Tablo G-3 : Mevcut Durum İle Seçenek Sonuçların İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresine Göre Karşılaştırılması

İşlerin Kuyrukta Ortalama Bekleme Süresi(sn)				
Hücre	Mevcut Durum	Seçenek1	Seçenek2	Seçenek3
Yaka Hücresi	270,79	270,79	270,79	256,71
Manşet Hücresi	164,07	155,02	155,02	267,35
Ön-Cep Hücresi	755,33	755,33	755,33	194,46
Kol-Arka Hücresi	547,15	701,42	102,98	102,98
Montaj Hücresi	585,02	315,50	316,12	2,99
Kalite Kontrol Hücresi	19,92	19,88	19,86	20,86
Toplam	2342,28	2217,94	1620,09	845,35

ÖZGEÇMİŞ

Senem KURŞUN 1984 yılında İzmir’de doğdu. 1994-2001 yılları arasında Edremit Anadolu Lisesi’nde öğrenim görmüştür. 2001 yılında girdiği İstanbul Teknik Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü’nden 2005 yılında mezun olmuştur. 2005 yılında aynı üniversitede Endüstri Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitime başlamıştır. Şu anda 2005 yılında başladığı İstanbul Teknik Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü araştırma görevlisi görevine devam etmektedir.