

135107

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR AKIŞ TİPİ ÜRETİM SİSTEMİ SİMÜLASYONU VE
ALTERNATİF TASARIMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Müh. Ömer UNER

Anabilim Dalı : Endüstri Müh.

Danışman : Prof. Dr. Zerrin ALADAĞ

Haziran 2004

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR AKIŞ TİPİ ÜRETİM SİSTEMİ SİMÜLASYONU VE
ALTERNATİF TASARIMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

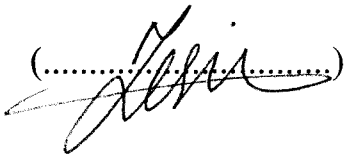
Endüstri Müh. Ömer UNER

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Haziran 2004

Tezin Savunulduğu Tarih : 01 Temmuz 2004

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Zerrin ALADAĞ

(.....


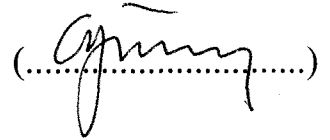
Üye

Prof. Dr. Meriç ÖZTÜRKCAN

(.....


Üye

Doç. Dr. Coşkun ÖZKAN

(.....


Haziran 2004

BİR AKIŞ TİPİ ÜRETİM SİSTEMİ SİMÜLASYONU ve ALTERNATİF TASARIMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ömer UNER

Anahtar Kelimeler: Akış tipi üretim, Simülasyon, Promodel, Malzeme taşıma

Günümüz üretim ortamında işletmelerin ayakta kalabilmesi ve rekabet edebilmesi için; üretim olanakları üzerinde, değişken müşteri isteklerini karşılayabilecek, performans arttırıcı değişiklikleri hızlı, doğru ve düşük maliyetle gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Bu değişiklikler bazen makine yerleşiminin ve malzeme taşıma sisteminin yeniden gözden geçirilmesini gerektirmektedir. Malzeme taşıma sistemi üretim sisteminin bir alt sistemi olarak üretim verimliliğinde önemli bir rol oynamaktadır. Simülasyon, yeni kurulan sistemin eskisiyle karşılaştırılması, fayda düzeyi, dar boğazlar, üretim hızı vb. bilgileri, sistemi durdurmadan ve değişiklikleri uygulamadan sunabilen bir araçtır. Bu çalışmada akış tipi üretimdeki doğrusal malzeme hareketlerinin getireceği avantajlardan yararlanıp taşıma faaliyetlerinin daha uniform bir yapıda ve daha düşük maliyetle gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Yüksek seviyede iş gücü kullanarak, fazla miktarda ara-stokla taşıma yapan forkliftler yerine; otomatik konveyör sistemleriyle tek yönlü, operatörsüz taşıma yapabilen bir sisteme geçiş PROMODEL 2002 simülasyon paket programı kullanılarak analiz edilmiş, alternatif tasarımların performans kriterlerine göre karşılaştırılması yapılmıştır.

SIMULATION OF A FLOW SHOP PRODUCTION SYSTEM AND EVALUATION OF ALTERNATIVE DESIGNS

Ömer UNER

Key Words: Flow type production, Simulation, Promodel, Material handling

In the existing production environment, it is required for the companies to perform the activities that satisfy the customer expectations and improve performance in a right, fast and low cost way in order to survive and compete with.

Sometimes these activities need the re-examination of machine layout and material handling system. Being a sub_system of production system, material handling system has critical impact on production efficiency. Simulation is a tool, which can compare the existing and the suggested systems. And it can also perform information about level of utilization, bottleneck operations, production rate etc. without stopping the system and realizing the changes. In this study, it is aimed to perform the handling activities uniform and with lower cost by taking the advantage of direct material handling in flow type production.

Transition to the automatic conveyor systems running without an operator and making only direction handling in place of forklifts that cause excess work in process stock, has been analysed and the comparison with the performance criterias of the alternative designs has been performed by using PROMODEL 2002 simulation package program.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Günümüz rekabet koşulları ve hızla gelişen teknoloji, işletmeleri, müşteri istekleri doğrultusunda üretim sistemlerini sürekli değiştirmeye zorlamaktadır. Dinamik sistemlerde, mevcut sistemin işleyişini aksatmadan sistem üzerinde yapılacak değişikliğin sonuçlarını öğrenmenin en iyi yolu simülasyon yöntemidir.

Akış tipi üretim özelliği gösteren Brisa A.Ş. Fabrika-2 Pişirme ve Bitirme ünitesinin, bilgisayar ortamında PROMODEL 2002 simülasyon paket programı kullanılarak modellendiği ve alternatif sistem tasarımlarının simülasyon yöntemiyle değerlendirildiği bu çalışmanın, dinamik üretim sistemlerinde değişiklik yapmak isteyen tüm kuruluşlara ve PROMODEL programı kullanıcılarına örnek ve faydalı olmasını diliyorum.

Çalışmada fikir ve tecrübeleriyle bana yol gösteren değerli hocalarım Prof. Dr. Zerrin ALADAĞ (KOÜEMB), Prof. Dr. Meriç ÖZTÜRKCAN (KOÜEMB), Arş. Gör. Celal ÖZKALE'ye (KOÜEMB), ve Brisa A.Ş.'de yapılan uygulama sırasında yardım ve görüşlerini esirgemeyen End. Müh. B. Yaman YAZGAN'a (Brisa A.Ş.) en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettiğim değerli ailem ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. AKIŞ TİPİ ÜRETİM VE MALZEME TAŞIMA FAALİYETLERİ	4
2.1. Akış Tipi Yerleşim.....	5
2.1.1. Akış tipi üretim sisteminin temel kuralları	7
2.1.2. Akış tipi üretim sisteminin avantajları ve dezavantajları.....	8
2.2. Üretimde Malzeme Taşıma Faaliyetleri.....	9
2.2.1. Malzeme taşımayı etkileyen faktörler.....	11
2.2.2. Malzeme taşımanın ilkeleri	12
2.2.3. Malzeme taşıma araçları	15
2.3. Akış Tipi Üretimde Malzeme Taşıma Sistemi Özellikleri.....	18
2.4. Lastik Sektöründe Malzeme Taşıma Sistemi Özellikleri.....	20
2.4.1. Lastik sektöründe taşıma araçları.....	21
BÖLÜM 3. SİMÜLASYON YÖNTEMİ.....	23
3.1. Simülasyon Nedir?	23
3.2. Simülasyon Kullanmanın Gerekliliği.....	24
3.3. Simülasyon Kullanmanın Avantajları.....	26

3.4. Simülasyon Terminolojisi	27
BÖLÜM 4. SİMÜLASYON YAZILIMLARI VE PROMODEL PAKET PROGRAMI...	30
4.1. Programlama Dilleri ve Paket Programların Karşılaştırılması.....	30
4.2. İstenilen Yazılım Özellikleri	31
4.3. Promodel Paket Programı	33
4.3.1. Program menüleri.....	35
4.3.2. Genel modelleme araçları ve bazı yardımcı modüller	37
BÖLÜM 5.BİR SİMÜLASYON ÇALIŞMASINDA İZLENEN TEMEL AŞAMALAR	40
.....	40
5.1. Problemin Tanımlanması ve Amaçlar.....	40
5.2. Soyut Modelin Oluşturulması ve Planlama	41
5.3. Veri Toplama Aşaması.....	41
5.4. Modelin Geliştirilmesi	42
5.5. Model Doğruluğunun Kontrolü.....	42
5.6. Modelin Geçerliliğinin Kontrolü	43
5.7. Deney Tasarımlarının Yapılması	44
5.8. Sonuçların Analiz Edilmesi.....	45
5.9. Uygulama	45
BÖLÜM 6. SONUÇLARIN ANALİZİ	46
6.1. Sonuç Analizine Göre Simülasyon Türleri	46
6.2. Sonlandırılan Simülasyon	47
6.3. Kararlı Durum Simülasyonu	47
6.4. Isınma (warm-up) Periyodu	48
6.5. Koşum Sayısının Belirlenmesi	49
6.6. Alternatiflerin Değerlendirilmesi Ve Karşılaştırılması	51
6.7. Varyans Azaltma Teknikleri	54

BÖLÜM 7. BRİSA A.Ş.'DE ÜRETİM SİSTEMİ SİMÜLASYONU VE ALTERNATİF SİSTEM TASARIMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	56
7.1. Giriş	60
7.2. Problemin Tanımı ve Hedefler	62
7.3. Alternatif Sistem Tasarımları	65
7.4. Veri Toplama	66
7.5. Mevcut Durumun Modellenmesi	66
7.5.1. Alanlar	66
7.5.2. Varlıklar	69
7.5.3. Yol ağları	70
7.5.4. Kaynaklar	70
7.5.5. İşlemler	72
7.5.6. Varışlar	73
7.5.7. Vardiyalar	74
7.5.8. Kullanıcı tanımlı dağılımlar	75
7.5.9. Isınma (warm-up) periyodunun belirlenmesi	75
7.5.10. Koşum sayısının belirlenmesi	78
7.6. Model Doğruluğunun Kontrolü	79
7.7. Model Geçerliliğinin Kontrolü	80
7.8. Alternatiflerin Modellenmesi	88
7.8.1. Alanlar	88
7.8.2. Varlıklar	88
7.8.3. Yol ağları	88
7.8.4. Kaynaklar	89
7.8.5. İşlemler	89
7.8.6. Varışlar	90
7.8.7. Vardiyalar	90
7.8.8. Kullanıcı tanımlı dağılımlar	91
7.9. Sonuçların Analizi	91

7.9.1. Üretim miktarının karşılaştırılması	91
7.9.2. Çevrim sürelerinin karşılaştırılması	94
7.9.3. Makine faydalanma oranlarının karşılaştırılması	97
7.9.4. İşgücü faydalanma oranlarının karşılaştırılması	104
7.9.5. Ara-stok miktarının karşılaştırılması	109
BÖLÜM 8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	113
KAYNAKLAR	115
EKLER.....	118
ÖZGEÇMİŞ.....	154



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

- e : \bar{x} ve μ arasındaki istenen hata miktarı.
- E_i : i . sınıf aralığındaki beklenen sıklık.
- k : Sınıf sayısı.
- m : Simülasyon koşumunun periyot sayısı.
- N : İstenilen doğruluğu yakalamak için gerekli koşum sayısı.
- n : Örnek çapı.
- n_1 : 1. örneğe ait örnek çapı.
- n_2 : 2. örneğe ait örnek çapı.
- O_i : i . sınıf aralığındaki gözlem sayısı.
- p_c : Yığın ortak oranının bileşik tahmini.
- p_1 : 1. örnek oranı.
- p_2 : 2. örnek oranı.
- $s(n)$: σ 'nın n koşumdan yapılan nokta tahmini.
- S_1 : 1. yığının tahmini (1. örnekten elde edilen) standart sapması.
- S_2 : 2. yığının tahmini (2. örnekten elde edilen) standart sapması.
- w : Hareketli ortalama aralığı.
- z : Test istatistiği değeri.
- $z_{\frac{\alpha}{2}}$: α önem düzeyi için z kritik değeri.
- $\bar{Y}_i(w)$: w adet değerlerin hareketli ortalama değeri.
- α : Önem düzeyi.
- H_0 : Boş hipotez.
- H_a : Alternatif hipotez.
- \bar{x} : Örnek orta değeri.

- μ : Yığın orta değeri.
 \bar{x}_1 : 1. örnek ortalaması.
 \bar{x}_2 : 2. örnek ortalaması.
 π_1 : 1. yığın oranı.
 π_2 : 2. yığın oranı.
 χ^2 : Kikare test istatistiği değeri.



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. N işlemlili bir akış tipi üretim sistemi.....	2
Şekil 3.1. Sistem analizi yöntemleri.....	25
Şekil 6.1. Saptanan bir α değeri için ret bölgeleri.....	53
Şekil 7.1. Brisa A.Ş. Pişirme ve Bitirme Ünitesi.	57
Şekil 7.2. Alternatif Tasarım-1.	63
Şekil 7.3. Alternatif Tasarım-2.	64
Şekil 7.4. İşlem yazılımı örneği.	72
Şekil 7.5. Pişen lastik sayıları Welch Methodu hareketli ortalama grafikleri.....	78
Şekil 7.6. Ambarlanan lastik sayıları Welch Methodu hareketli ortalama grafikleri.	78

TABLolar DİZİNİ

Tablo 7.1 Ürün tipleri ve teknik özellikleri.....	58
Tablo 7.2 PSR hattı presleri duruş sıklığı dağılımı.....	67
Tablo 7.3 TBR hattı presleri duruş sıklığı dağılımı.....	67
Tablo 7.4 TBR hattı presleri duruş süreleri dağılımı.....	67
Tablo 7.5 PSR hattı presleri duruş süreleri dağılımı.....	68
Tablo 7.6 Lastik koduna göre palete yükleme sayıları.....	69
Tablo 7.7 Mevcut durum üretim planı.....	73
Tablo 7.8 Çalışma zamanları çizelgeleri.....	74
Tablo 7.9 Mevcut durumda kaynakların kullandığı çizelgeler ve çalışma zamanları.....	74
Tablo 7.10 Ambarlanan lastik sayıları için hareketli ortalama değerleri.....	76
Tablo 7.11 PSR ve TBR preslerinde pişen toplam lastik sayılarına göre hareketli ortalamalar.....	77
Tablo 7.12 Ambarlanan lastik sayısına göre s(n) tahmini.....	79
Tablo 7.13 Simülasyon sonucu PSR ve TBR hatlarında gerçekleşen ortalama üretim süreleri.....	81
Tablo 7.14 PSR ortalama üretim süresi verileri.....	82
Tablo 7.15 PSR ortalama üretim süresi χ^2 Testi.....	83
Tablo 7.16 TBR ortalama üretim süresi verileri.....	84
Tablo 7.17 TBR ortalama üretim süresi χ^2 Testi.....	85
Tablo 7.18 Mevcut Sistem'de gerçekleşen düzgün. ölçme makineleri verimlilikleri.....	86
Tablo 7.19 Simülasyon sonucu düzgünlük ölçme makineleri verimlilikleri ..	87
Tablo 7.20 Düzgünlük ölçme makineleri verimlilikleri χ^2 Testi.....	88
Tablo 7.21 Yeni preslere ham lastik varışları.....	90
Tablo 7.22 Alternatif tasarımlarda kaynakların kullandığı çizelgeler ve çalışma zamanları.....	90
Tablo 7.23 Simülasyon sonucu üretim miktarları.....	92
Tablo 7.24 Ortalama çevrim süreleri.....	94

Tablo 7.25 Ortalama çevrim süresi ve iyileşme miktarı..	95
Tablo 7.26 Mevcut Durum makine faydalanma oranları.....	98
Tablo 7.27 Alternatif Tasarım-1 makine faydalanma oranları.....	99
Tablo 7.28 Alternatif Tasarım-2 makine faydalanma oranları.....	100
Tablo 7.29 Makine faydalanma oranı karşılaştırma	101
Tablo 7.30 Alternatif Tasarım-1 işgücü faydalanma oranı..	105
Tablo 7.31 Alternatif Tasarım-2 işgücü faydalanma oranı..	106
Tablo 7.32 İşgücü faydalanma oranı karşılaştırması.	107
Tablo 7.33 Alternatif Tasarım-1 ortalama ara-stok miktarı.	110
Tablo 7.34 Alternatif Tasarım-2 ortalama ara-stok miktarı.	111



BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüz üretim ortamının belirgin özellikleri; stokastik talep düzeyi, değişken ve küçük parti miktarı, ürün karmaşısında önceden tahmin edilemeyen değişiklikler, değişken işlem ve hazırlık zamanları, yüksek bilgi düzeyi ve güçlü rekabet olarak sıralanabilir. Bu koşullar altında işletmelerin ayakta kalabilmesi ve rekabet edebilmesi için; yerleşim düzeni, malzeme taşıma sistemi, makine-teçhizat, üretim yöntemi ve diğer üretim olanakları üzerinde değişken müşteri isteklerini karşılayabilecek performans artırıcı değişiklikler yapmaları gerekmektedir. Yüksek rekabette önemli olan bu değişikliklerin hızlı, doğru ve düşük maliyetle gerçekleştirilmesidir.

Bu değişiklikler bazen makine yerleşiminin ve malzeme taşıma sisteminin yeniden gözden geçirilmesini gerektirmektedir. Malzeme taşıma sistemi üretim sisteminin bir alt sistemi olarak üretim verimliliğinde önemli bir rol oynamaktadır.

Son yıllarda malzeme taşıma teknolojileri ve araçlarında olan gelişmeler malzeme taşımanın etkinliğini önemli ölçüde arttıracak niteliktedir. Özellikle robotlar, otomatik klavuzlu araçlar ve bilgisayar kontrollü konveyör sistemleri işgücünden önemli ölçüde tasarruf etmeyi sağlayan araçlardır. Yüksek seviyeli insan gücü kullanılarak yapılan taşımalar yerini bu tür otomatik araçlara bırakmak zorundadır.

Malzeme taşıma sisteminde yapılacak değişiklikler bir çok risk içerir. Karmaşık tasarım problemleri, çizelgeleme sorunu ve operasyonel konular vardır. Simülasyon; değişikliği gerçekte varolan sisteme uygulamadan; yapılacak değişikliğin sonuçlarını anlamamıza yardımcı olur. Yaşayan sistemin analizinde kullanılacak en etkili yöntemdir. Yeni kurulan sistemin eskisiyle karşılaştırılması, fayda düzeyi, dar boğazlar, üretim hızı vb. bilgileri, sistemi durdurmadan ve değişiklikleri uygulamadan sunar. Bir çok işletme tarafından üretim, malzeme taşıma ve dağıtım

faaliyetlerinin geliştirilmesinde uzun süredir kullanılmaktadır (Williams ve Gonzalez, 2000).

Bu çalışmada akış tipi üretimdeki doğrusal malzeme hareketlerinin getireceği avantajlardan yararlanıp taşıma faaliyetlerinin daha uniform bir yapıda ve daha düşük maliyetle gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Yüksek seviyede iş gücü kullanarak, fazla miktarda ara-stokla taşıma yapan forkliftler yerine; otomatik konveyör sistemleriyle tek yönlü, operatörsüz taşıma yapabilen bir sisteme geçiş analiz edilmiş, alternatif tasarımların performans kriterlerine göre karşılaştırılması yapılmıştır.

Bu analiz ve karşılaştırmada; özellikle üretim sistemlerinin modellenmesinde kullanılan, yerleşik sistem fonksiyonları, önceden tanımlanmış hazır kod yapıları ve kullanıcı dostu arayüzü ile kolay modelleme ve alternatif çözümleri deneyebilme imkanı veren PROMODEL 2002 simülasyon paket programı kullanılmıştır.

Çalışmada; ilk olarak akış tipi üretim ve malzeme taşıma faaliyetlerine yer verilmiş daha sonra akış tipi üretimde ve lastik sektöründe malzeme taşıma faaliyetlerinden bahsedilmiş, otomatik malzeme taşıma sisteminin ve özellikle konveyör sistemlerinin önemi ortaya konmuştur.

Üçüncü bölümde; sistem modelleme ve analiz etme araçlarından biri olan simülasyon yöntemi, avantajları ve simülasyon yönteminin tercih edilme nedenleri üzerinde durulmuştur.

Çalışmanın dördüncü bölümünde simülasyon yazılımlarına, istenen yazılım özelliklerine değinilmiş, kullanmış olduğumuz PROMODEL paket programı genel özellikleriyle anlatılmıştır.

İzleyen bölümde bir simülasyon çalışmasında izlenen temel aşamalar kısaca anlatılmış ve altıncı bölümde de sonuç analiz yöntem ve kurallarına değinilmiştir.

Son bölümde Brisa A.Ş pişirme ve bitirme ünitelerini kapsayan bir akış tipi üretim sisteminde malzeme taşıma faaliyetleri simülasyon yöntemiyle analiz edilmiş, farklı iki alternatif sistem tasarımı performans kriterleri açısından karşılaştırılmış, üstün ve zayıf yanları ortaya konmuştur.



BÖLÜM 2. AKIŞ TİPİ ÜRETİM VE MALZEME TAŞIMA FAALİYETLERİ

Üretim sistemlerinde sistem yerleşimi ve malzeme taşıma faaliyetleri birbirleri içine geçmiş problemlerdir. Yani sistemdeki makinelerin, ara depoların ve ambarın yerleri büyüklükleri ve sayıları, mamul ve yarı mamullerin bu mevkiler arasında izlediği rotanın şekli malzeme taşıma faaliyetlerini etkileyen bir çok faktörden en önemlileridir.

Makine yerleşimi ve malzeme hareketleri açısından üretim sistemlerini genel olarak 4'e ayırabiliriz (Demir ve Gümüšođlu, 2003);

1. Sabit konumlu yerleştirme,
2. Atölye tipi yerleşim,
3. Grup teknolojisi ve hücreli imalat,
4. Akış tipi yerleştirme.

Sabit konumlu yerleştirme;

Bu yerleşim düzeninde çalışanlar ve makineler malzemeye taşınırlar. Malzeme olduğu yerde sabittir. Üretimde esnekliği sağlar, çünkü insanlar ve makineler çok değişik operasyonlarla çok farklı ürünler üretebilirler. Malzeme hareketi minimumdur. Bununla birlikte makine-teçhizatı kullanabilecek kalifiye işçiye ihtiyaç duyulması ve makine-teçhizatın taşınmasının pahalı ve güç olması gibi dezavantajları vardır. İnşaat, uçak ve gemi gibi ürünün taşınmayacak kadar büyük olduğu endüstrilerde tercih edilir.

Atölye tipi yerleştirme;

Bu yerleşim düzeninde benzer veya aynı işi yapan makine ve teçhizat bir araya toplanır. Sipariş tipi üretimin olduğu ve ürün çeşitliliğinin yüksek olduğu üretim sistemleri için uygun bir yerleşim düzenidir. İşlemlere gidecek olan ürünler partiler halinde iş merkezlerinden geçerler. Genellikle ara stok miktarı yüksektir. Malzeme taşıma faaliyetleri karışık ve fazladır.

Grup teknolojisi ve hücreli imalat;

Grup teknolojisinde birbirleriyle benzer imalat işlemine ihtiyaç duyan mamul veya yarı mamuller aynı gruba toplanır ve bu şekilde tüm mamul ve yarı mamuller farklı gruplar altında toplandıktan sonra bu grupları üretmek için ihtiyaç duyulan makineler bir araya getirilerek üretim gerçekleştirilir. Bu makine gruplarına hücre adı verilir. Her hücre birbirine benzeyen bir grup mamul veya yarı mamulü üretecek şekilde yerleştirilir. Bu yerleşim düzeni üretilen çok çeşitli mamul veya yarı mamul olması durumunda tercih edilmelidir.

2.1. Akış Tipi Yerleşim

Bu yerleşim düzeninde makine ve teçhizat üretilen ürünün ihtiyaç duyduğu operasyon sırasına uygun olarak bir hat üzerinde ardı ardına dizilir. Daha sonra hat her biri özel bir operasyonu tekrarlı olarak gerçekleştiren iş istasyonlarına bölünür. Bu iş istasyonları yapacakları rutin operasyonun gerektirdiği teçhizat ve işgücü ile donatılmıştır. Standart birkaç çeşit veya tek ürünün üretileceği sistemler için uygun olan bu yerleşimde düzgün iş akışı nedeniyle üretim içi malzeme taşıma faaliyetleri basit ve genellikle otomatiktir (Aydın, 2003).

Akış tipi üretim hatları kendi içerisinde ;

- Sürekli seri üretim akış hatları
- Kesikli seri üretim akış hatları

olmak üzere ikiye ayrılır.

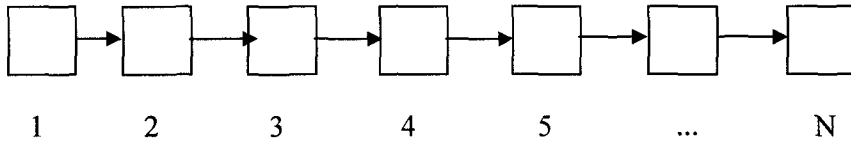
Ayrıca kesikli seri üretim akış hatları da transfer hatları ve montaj hatları olmak üzere ikiye ayrılır.

- Transfer hatları
- Montaj hatları

Akış tipi üretim sisteminin etkin bir şekilde işleyebilmesi, sınırlı sayıda standart çıktı üretilmesine bağlıdır. Büyük miktarlarda standart ürünlerin veya tek bir ürünün üretilmesi sistemin en etkin halidir. Burada önemli nokta; ürün çeşidinin ve ürünler arasındaki farklılaşmanın az olması, buna karşın ürünlerin standart tipler olması ve her çeşit ürünün üretim hacminin ayrı ayrı mümkün olduğunca büyük olması gereğidir.

Verimlilik için uzun süreli, yüksek hacimli ve dengeli bir talebe gerek vardır. Zira bu tip üretim sistemlerinde üretim birimlerinin esnek olmayışı nedeniyle, kısa sürede yeni ürünlere geçme olanağı yoktur. Bu bakımdan, üretilecek tek veya az sayıda ürüne olan talebin sürekliliği ve hacmi büyük önem taşır.

Akış tipi üretim sisteminde işlem birimlerinin birbiri ardına sıralanmalarından dolayı seri üretimden söz edilir. Ardı ardına sıralama teknik nedenlerden dolayı olup, ürünün bir makineden diğerine geçişte en az zaman kaybının sağlanması amacına dönüktür. Buna karşın bu işlemlerden her hangi birinin aksaması tüm sistemi durdurur. Bundan dolayıdır ki bu tip üretim sistemlerinde esnekliğin sağlanması çok güçtür. Şekil 2.1 de akış tipi üretim sisteminde işlemlerin sıralanışı görüldüğü gibidir:



Şekil 2.1. N işlemlilik bir akış tipi üretim sistemi (Yamak, 1999)

Belirli işlemlere ayrılan iş istasyonları, genellikle özel veya otomatik tezgahlar ve yardımcı donanımlar ile bir hat boyunca sıralanırlar. Bir taraftan hammadde olarak alınan malzemeler, hat boyunca işlemlerini tamamlamış ve ürün durumuna gelmiş olarak hattan çıkarlar. Üretim sırasında her istasyon operasyonu için belirli süre ayrılmıştır. Bu nedenle, duraklama ve ara bekleme süreleri en aza indirilmiştir. Boş bekleme, gecikme ve ara depolardaki yığılmalar; işlem süreleri arasındaki farklardan dolayı oluşur. Bu farkları gidermek için üretim hattı dengelemesi yapılır. Her bir iş istasyonu yaklaşık olarak eşit makine kullanım kapasitesine sahip olmalı ve eşit iş yüküyle yüklenmelidir.

2.1.1. Akış tipi üretim sisteminin temel kuralları

Akış tipi üretimin dayandığı 4 temel kural şöyle sıralanabilir;

1. İş akışı kuralı

Bu sistemde ideal olarak iş, malzeme ve ürünlerin düzgün ve düzenli bir şekilde üretim sistemleri boyunca akmaları gerekir. Sürekli seri üretim sistemlerinde genellikle ürün akışı düzenlidir. Ancak kesikli üretim sistemlerinde ürün akışı bazı düzensizlikler gösterir ki bu sistemlerin tasarımı aşamasında en önemli amaç, bu düzensizliklerin en azlanmasıdır.

Bu sistemlerde iş akışı kurallarının uygulanması, bazı önemli akış hattı özelliklerinin doğmasına yol açar. Bu özelliklerin en önemlisi ise süreç içi iş miktarıdır. Hat boyunca iş akışı düzenli hale geldikçe, normal olarak birimlerin hat üzerinde geçireceği süre azalacak, dolayısıyla süreç içi iş yükü en azlanacaktır.

İş akışı kuralından kaynaklanan ikinci bir özellik ise, üretim hatlarındaki ardışık sistemlerdir. Bilindiği gibi kesikli seri üretim sistemlerinde ürünün imal edilmesi için gereken tüm işlemler birbiri ardına belirli bir düzen içinde gerçekleştirilir.

2. İkame edilebilen parçalar kullanımı

Üretimde kullanılan yarı mamul ve parçaların yeterli doğruluk standartlarında olmaları gerekmektedir. Bu sayede ana ürünü oluşturan bileşenlerin birbirlerinin yerine kullanılabilmesi mümkündür.

3. Minimum Uzaklık Kuralı

İş akışının sürekliliğinin sağlanması ve kullanım alanının en iyi şekilde değerlendirilmesi, büyük ölçüde kullanılan akış modelinin etkinliğine bağlıdır. Bu durumda, iş istasyonlarının birbirine yakın olmaları, hareketli bantlar ve benzeri malzeme aktarım ekipmanları ile birbirlerine bağlanmış olmaları gereği ortaya çıkmaktadır.

4. İş yükünün bölünmesi

İş yükünün bölünmesi ve rasyonelleştirilmesi veya montaj hatlarında iş gücünün bölünmesi, seri üretim sistemlerinin önemli özelliklerinden biridir.

Burada dikkat edilmesi gereken durum, incelenen kuralların bütün üretim hatlarında geçerli olmayacağıdır.

2.1.2. Akış tipi üretim sisteminin avantajları ve dezavantajları

Akış tipi üretim sisteminin diğer üretim sistemlerine göre sahip olduğu avantajlar aşağıdaki gibidir.

1. Tek yönlü iş akışı malzeme taşıma faaliyetlerini azaltır;

Malzemelerin düzgün bir hat üzerinde akışı, operasyonlar arasındaki kısa mesafe, geriye dönüşlerin ortadan kaldırılması ve taşıma mekanizasyonu sonucu malzeme taşıma maliyetleri azalır (Shubin ve Madeheim, 1965).

2. Kalifiye olmayan işçi ihtiyacı nedeniyle kolay işgücü tedariği ve eğitimi sağlanır;

Bu yerleşim düzeninde işçiler sınırlı bir zaman gerektiren işi tekrarlı bir şekilde yaptıklarından düşük maliyetli kalifiye olmayan veya yarı kalifiye işgücüne ihtiyaç duyulur. Ayrıca işlerin ufak parçalara bölünmesi işçi eğitimi için gerekli olan süreyi de kısaltır.

3. Düzgün iş akışı nedeniyle az kontrol ihtiyacı gerektirir;

İş akışı sıralı olduğundan her iş istasyonunda yapılan iş bir sonraki istasyon tarafından kontrol edilmiş olur. Bu nedenle kontrol ihtiyacı düşüktür.

4. Verimli alan kullanımı sağlanır;

Karışık rotaların olmayışı, üretim içi stok ve kontrol üniteleri sayılarının düşük olması ve yüksek üretim miktarı sonucu ürün başına düşen alan verimliliği yüksektir.

5. İşlem süresi azalır;

İş istasyonları arasındaki taşıma depolama ve kontrol işlemlerinin sıklıklarında ve sürelerinde yapılan azaltmalar sonucunda ürünün toplam üretim zamanı kısalmış olur.

6. Üretim kontrol faaliyetlerinde kolaylık sağlanır;

Ürün yapısındaki değişikliklerin minimuma indirilmesi ve standart operasyonların uygulanıyor olması sonucu, üretim planlama faaliyetleri başlangıçta gerekli olan üretim programıyla sınırlıdır.

Bu yerleşim düzeninin dezavantajları ise;

1. Yüksek başlangıç yatırımı;

İş istasyonlarının sınırlı ve kısa bir süre içinde operasyonu gerçekleştirebilmesi için özel amaçla kullanılan makine ve teçhizata ihtiyaç vardır. Bu nedenle başlangıç yatırımı yüksektir.

2. Yüksek sabit maliyet;

Yüksek yatırım maliyetine bağlı olarak işletmenin sabit maliyeti de yüksektir.

3. Üretim hattının komple durma riski;

Herhangi bir iş istasyonu; malzeme eksikliği, makine arızası, hatalı çizelgeleme veya çalışandan kaynaklanan bir sebepten dolayı duracak veya gecikecek olursa tüm hattın durması söz konusu olabilir.

4. Esnek olmayan üretim yapısı;

Bu yerleşimde iş istasyonları özel bir operasyonu yapmak üzere gerekli makine ve teçhizatla donatılmışlardır. Genellikle hiçbir iş istasyonu diğer bir iş istasyonunun yapığı işi tam olarak yapamaz. Bu nedenle akış tipi üretim sistemi herhangi bir değişikliğe kolayca uyum sağlayamaz.

2.2. Üretimde Malzeme Taşıma Faaliyetleri

Hizmet veya mamul üreten bir işletmede yapılan tüm taşımalar üretimde malzeme taşıma konusu içine dahildir. Yani hammadde, yarı mamul ve mamullerin bir yerden diğer bir yere taşınması, yüklenmesi-boşaltılması ve depolanması malzeme taşıma konusu kapsamına girer (Kobu, 1999).

Fabrika yerleşimi ile malzeme taşıma sistemi birbirleri içine geçmiş konulardır. Malzeme hareketlerini göz önüne almayan bir fabrika yerleşimi düşünülemez. İşletmelerde etkin bir malzeme taşıma sistemi;

- Malzeme hareketlerinin düzenli olmasını

- Üretimin sürekli olarak ve belirli bir hızla gerçekleştirilmesini
- Ürünün elde tutulmasının ve taşınmasının en aza indirilmesini
- İş merkezleri arasında yeterli güven stoklarının bulundurulmasını sağlar.

Malzeme taşıma sistemi de tüm sistemlerde olduğu gibi bazı faktörlerden etkilenir.

2.2.1. Malzeme taşımayı etkileyen faktörler

Malzeme taşıma sistemini etkileyen üç ana faktör olarak ürün, yerleşim düzeni ve bina yapısı sayılabilir. Ürün, üretim yöntemleri ve yerleşim düzeni malzeme taşıma miktarını belirler. Bina yapısı kullanılabilir alan miktarı, zemin sayısı gibi özellikleriyle önemlidir.

Ürün özellikleri;

Kullanılacak olan malzeme taşıma sistemine karar vermeden önce ürünün şekli, karakteristikleri ve miktarı dikkatlice analiz edilmelidir.

Şekli; Gaz, sıvı, katı, taneli, küçük vb. olabilir.

Karakteristiği; Yanıcı, büyük hacimli, uçucu vb. olabilir.

Miktarı; Adet, hacim, birim zamandaki ağırlık gibi ürünün miktarını belirten özellikleridir.

Yerleşim düzeni;

Malzeme taşıma ve yerleşim düzeni bir arada düşünülmelidir. Biri optimuma ulaştırılırken diğeri göz ardı edilmemeli, birlikte ele alınmalıdır. Yerleşim düzeni;

- Taşıma sıklığı
- Taşıma uzaklığı

faktörleriyle malzeme taşıma sistemini etkiler.

Bina yapısı;

Binanın yapısal özellikleri aşağıdaki faktörlerle malzeme taşıma sistemini etkiler.

- Taşıma hızı; Düzgün, değişken
- Ortam; zemin, ray, platform.

2.2.2. Malzeme taşımanın ilkeleri

Malzeme taşıma faaliyetleri çoğu işletmede toplam maliyetin önemli bir kısmını oluşturur. Birçok araştırma göstermiştir ki malzeme taşıma maliyetleri bir işletmenin toplam maliyeti içinde % 20-40'lik bir kısmı oluşturur. Ayrıca dolaylı maliyetlerin %80'ini oluşturduğu kabul edilmektedir (Demir ve Gümüšoğlu, 2003).

Üretimde kullanılan malzeme taşıma sistemlerinin taşıma maliyetini minimum yapması istenir. Taşıma maliyetleri iki grupta toplanabilir;

1. Taşımada kullanılan makine ve teçhizatın yatırım maliyetleri.
2. Sistemin çalıştırılması ve bakım maliyetleri.

Bu maliyetleri minimum yapabilecek bir malzeme taşıma sistemi tasarlayabilmek için, aşağıda belirtilen, malzeme taşımanın 3 ana ilkesini uygulamak gerekir (Shubin ve Madeheim, 1965).

1. Taşıma süresini kısaltma

Üretim içindeki kayıp zaman sınırlı zaman diliminde yapılan üretim miktarının düşmesi anlamına gelir. Yani direk ürünün maliyetini artıran bir etkidir. Taşıma faaliyetlerinde zaman üç şekilde tüketilir.

- Bekleme
- Yükleme-boşaltma
- Taşıma

Beklemeler her zaman ekipman seçimiyle ilgili olmayabilir. Kötü çizelgeleme, iş gücü yetersizliği veya taşıma ekipmanını yükleme-boşaltmaya uygun pozisyonda tutmaya elverişli olmayan bina yapısı beklemeleere neden olabilir.

Yükleme-boşaltma zamanı iş gücünün ve ekipmanın etkinliğine bağlıdır. Genellikle tek seferde yapılan yükleme-boşaltma faaliyetlerinde ne kadar çok birim yüklenir veya boşaltılırsa, zamanda yapılabilecek kısaltma o kadar çok olur.

Yükleme-boşaltmada mekanik veya otomatik araçların kullanılması, insan gücünden daha hızlı bir yükleme boşaltma sağlar. Böylece zamandan kazanç sağlanır.

Taşıma zamanı, tamamıyla taşıma yapan aracın hızına ve hızlanma oranına bağlıdır. Hız önemli bir faktör olmasına rağmen taşıma yapılacak uzaklıkta göz önünde bulundurulmalıdır. Gidilen uzaklık çok kısa ve taşıma sıklığı düşükse hızın önemi azalır.

2. Taşıma miktarını azaltma

Taşıma miktarı azaldıkça, iş gücü ihtiyacı, ekipman ihtiyacı ve üretim zamanı azalır (Williams ve Sadakane, 1997). Malzeme taşıma miktarını azaltmada etkili olan faktörler aşağıda belirtilmiştir.

- Süreçlerde değişiklik: Süreçlerde yapılan değişiklikler bazı taşımaları ortadan kaldırabilir.
- Yerleşim düzenlemesi: Yerleşim düzenlemesi yüklerin gereksiz yerlere taşınmasını engeller.
- Taşınan birim sayısını arttırmak: Bir defada taşınan birim sayısı arttıkça taşıma sayısı azalacaktır.
- Uygun ekipmanın kullanılması: Olabildiğince hafif, kolay yüklenebilir ve minimum iş gücüne ihtiyaç duyan taşıma araçları tercih edilmelidir.

3. Uygun ekipmanı seçme

Uygun malzeme taşıma ekipmanı seçmede önemli olan faktörler etkinlik, hız, ağırlık, güvenlik, bakım ve onarım, ilk maliyet ve çalıştırma maliyeti, eskime, esnekliktir.

Malzeme taşıma sisteminin etkinliği ihtiyaç duyduğu enerji ve insan gücü ile ölçülür. Ekipmanın çalışırken veya statik halde ihtiyaç duyduğu alan da bir etkinlik ölçütüdür.

Genellikle, en verimli ekipman seçimi için, değişik yerleşim düzenlerinde değişik ekipmanlar denenerek hız, enerji ihtiyacı, bakım ihtiyacı ve alan ihtiyacı bakımından en uygun ekipmanın seçilmesine çalışılır.

Taşıma ekipmanlarında hız, ürün ve üretim yapısına bağlı olarak değişken öneme sahiptir. Kurutma ve pişirme fırınlarında olduğu gibi, bazı durumlarda ürün yavaş hareket etmek zorundadır. Diğer yandan ürün uzun bir mesafede taşınacaksa hız önemli bir faktördür.

Ağırlık etkinlikte rol oynayan bir faktördür. Ekipmanın boş ağırlığı ne kadar fazlaysa etkinliği o kadar düşüktür. Çünkü ağırlığı, çalışmak için ihtiyaç duyduğu toplam enerji miktarını etkiler. Ayrıca, ağırlık zemin güvenliği içinde bir kriter olabilir.

Ekipmanın güvenlik düzeyi önemli bir faktördür. Temel olarak tehlikeli olmayan araçlar seçilmelidir. Ekipman güvenliğinde kullanıcı faktörü göz önünde bulundurulmalıdır. Kullanıcılar bazen şaka yapmak veya korkutmak amacıyla bu ekipmanları amaç dışı kullanabilir.

Bazı ekipmanların belli aralıklarla ihtiyaç duyduğu yağlama, parça değiştirme gibi bakım faaliyetleri zor olabilir. Değiştirilmesi zor bazı özel parçalara sahip ekipmanlar olabilir. Bakıma az ihtiyaç duyan ve bakımı kolay ekipmanlar tercih edilmelidir.

İki ekipmandan birini seçerken yatırım maliyetlerini karşılaştırmak gerekir. Çünkü bu maliyetler sabit maliyeti arttırır.

Eskime önceden kestirilemeyen bir faktördür. Daha gelişmiş bir ekipman çıkana kadar kullanılan ekipman eski sayılmaz. Gelişmiş bir ekipman çıktığında eskiyi elden çıkarıp yenisini almak daha ekonomik olabilir.

2.2.3. Malzeme taşıma araçları

Malzeme taşımada kullanılan araçlar gördükleri iş ve yapı bakımından çok çeşitlidir. İşletme içinde yapılan taşımalar açısından malzeme taşıma araçları 3 grupta toplanabilir (Reed, 1967).

Bunlar ;

- Sabit izli araçlar,
- Geniş ve sınırsız alanda çalışabilen araçlar,
- Sınırlı alanda çalışabilen araçlardır.

1. Sabit izli araçlar

Bu araçlar taşımayı sabit bir rota üzerinde yaparlar. En çok kullanılan sabit izli araçların başında raylı taşıma araçları ve konveyörler gelir.

Raylı taşıma araçları, zemin üzerinde ki sabit bir rotayı izleyen raylar üzerinde hareket eden otomatik araçlardır.

Konveyörler sabit veya portatif olabilir. Malzemeyi tek yönlü bir akışla sürekli veya kesikli olarak taşıyan araçlardır. Kullandıkları enerji türü, şekli ve kullanım yerlerine göre bazı gruplara ayrılırlar. Bu gruplar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

a) Kaymalı konveyörler

Taşıma gücü olarak yerçekiminden yararlanılır. Malzeme pürüzsüz bir eğik düzlem veya rulmanlı yataklar içinde dönen silindir veya makaralar üzerinde küçük bir itme

hareketi ile kaydırılarak taşınır. Taşıma hızı, malzeme ile kayma yüzeyi arasındaki sürtünme katsayısı ve düzlemin eğikliği tarafından belirlenir. Genellikle düzlem eğikliği ayarlanarak istenilen hız gerçekleştirilir.

b) Bantlı konveyörler

Taşıma gücü plastik veya benzeri malzemelerden yapılmış esnek bir bantı tahrik eden elektrik motorundan gelir. Bantın altında, aşağıya doğru esnemeyi engelleyen ve sürtünmeyi azaltan silindirler vardır. Taşınacak malzemenin cinsine göre bant profili düz veya v şeklinde olabilir. Bantlı konveyörlerde taşıma uzaklığı için limit yoktur. Birkaç metreden kilometrelerce uzunluğa kadar taşıma yapabilirler. Hız için maksimum limitler bulunmakla beraber, belirli sınırlar içinde değiştirilme olanağı vardır.

c) Zincirli konveyörler

Taşıma aracı bir motorla tahrik edilen zincirden ibarettir. Bu tip konveyörlerle yapılan taşımalarda doğrudan mekanik tahrik dolayısı ile sürtünme kayıpları azdır. Zincir hem esnek, hem sağlam olduğundan yatay, eğik ve düşey taşımaların yapılması mümkündür. Ayrıca zincire takılacak çeşitli kaplarla çok değişik tipte malzemelerin taşınabilmesi olanağı vardır.

d) Pnömatik (hava basınçlı) konveyörler

Toz, tane veya ufak paketler şeklindeki malzeme, kapalı bir sistem içinde, güçlü bir vantilatör tarafından oluşturulan hava basıncı ile taşınır.

e) Helisel konveyörler

Taşıma, belirli bir eksen etrafında ve bir taşıyıcı kap içinde dönen helisel yüzeyin itme gücü ile sağlanır. Taşıyabilecekleri malzeme cinsi çok çeşitlidir. Yatay, eğik veya düşey doğrultuda ve her iki yönde taşıma yapabilirler.

f) Titreşimli konveyörler

Malzeme, mekanik veya elektromagnetik bir güç tarafından belli doğrultuda titreşim hareketi yaptırılan bir kap içerisinde taşınır. Çeşitli büyüklükteki taneli cisimlerin taşınması için elverişlidir.

Diğer sabit izli araçlar elevatörler ve asansörlerdir. Elevatörler bir binanın katları arasında büyük ve değişken hacimli malzemelerin taşınmasında kullanılır. Taşıma eğik doğrultudadır. Elle veya otomatik olarak kumanda edilebilirler. Asansörler yalnız düşey doğrultuda büyük ve ağır malzemeleri taşırlar. Konumu değişmeyen vinç ve kancalar da sabit izli araçlar grubuna girerler.

2. Geniş ve sınırsız alanda çalışabilen araçlar

Bu araçların hareket yolu ray veya benzeri sabit bir rotayla sınırlı değildir. Uygun herhangi bir rotayı izleyebilirler. Taşıma alanı bakımından son derece esnek araçlardır. Fakat sürekli taşıma yapamadıkları için kullanma verimleri düşüktür. Bu araçlar şu şekilde sıralanabilir;

- İnsan gücü ile çalışan arabalar.
- Motorlu arabalar.
- Otomatik klavuzlu araçlar.

İnsan gücü ile çalışan arabaların kullanıldığı sistemlerde araba bir veya daha fazla işçi tarafından itilmek suretiyle varacağı noktaya taşınır ve boşaltma yapılır. İş akışının düzensiz ve belirsiz olduğu sistemlerde ekonomik olabilir.

Motorlu araçlarda tahrik gücü bir benzin, dizel veya elektrik motorundan gelir. Araç bir sürücü tarafından kullanılır. Sürücü aracın içinde veya dışında olabilir. Aracın önünde bulunan platform, çatal, çubuk gibi değişik parçalarla her türlü malzemenin taşınması mümkün olabilir. Taşıma kapasitesi bakımından 0,5-10 ton arasında taşıma

yapabilen tipleri vardır. Taşınacak malzemenin üzerine konduğu platform veya çatal hidrolik mekanizmalar yardımı ile yukarı-aşağı hareket ettirilebilir.

Otomatik klavuzlu araçlar bilgisayar programlarıyla otomatik olarak kontrol edilebilen araçlardır. Ayrıca bu araçların üzerlerinde yükleme boşaltma faaliyetlerini yapan robotlar mevcuttur.

Malzeme taşımada direk taşıma yapan araçların yanında yardımcı araçlar da kullanılır. Bu araçların tahrik güçleri yoktur. Taşınacak malzemenin belli boyutlu bir hacim içinde toplanmasını ve korunmasını sağlarlar. Yardımcı taşıma araçlarını başlıca iki grupta toplamak mümkündür (Kobu, 1999);

- Paletler: 10-15 cm kalınlığında bir veya iki yüzeyi kullanılabilen standart boyutlu düzlemlerdir. Ağaç, alüminyum vb. çeşitli malzemelerden yapılabilir.
- Çekmelik (Container): Yüklerin daha büyük birim miktarlarda taşınmasını ve korunmasını sağlayan, standart boyutlu, prizmatik, tamamen kapalı metal kaplardır.

3. Sınırlı alanda çalışabilen araçlar

İki nokta arasındaki taşımayı belirlenen sınırlı bir alan içinde yapabilen araçlardır. Bu araçların en bilineni vinçlerdir.

2.3. Akış Tipi Üretimde Malzeme Taşıma Sistemi Özellikleri

Malzeme taşıma sistemi ve üretim sistemi iç içe geçmiş, birbirini etkileyen sistemlerdir. Akış tipi üretimin yapıldığı işletmelerde, malzeme taşıma sistemi, akış tipi üretimin aşağıdaki özelliklerine bağlı olarak şekillenir.

- Düzgün ve tek yönlü malzeme akışı
- Operasyonlar arası kısa mesafe
- Standart tek tip ürün

Tek yönlü akış, kısa mesafe ve standart ürün insan gücüne ve düşüncesine ihtiyacın düşük olduğu, düşük maliyetli kaymalı konveyör, kanal konveyör, raylı sistemler vb. mekanik veya otomatik sistemlerin kullanılmasına olanak sağlar (Shubin ve Madeheim, 1965).

İş akışının düzgün olabilmesi için malzeme ve ürünlerin üretim hattı boyunca düzgün ve düzenli bir şekilde akmaları gerekir. Bu akış ve iş istasyonlarının birbirine yakın olması mekanik veya otomatik taşıma sistemlerinin kullanılmasına bağlıdır.

Mekanik veya otomatik sistemlerin kullanılması şu avantajları sağlar;

Bu sistemlerin en önemli özelliği insana olan ihtiyaçlarının çok az veya hiç olmamasıdır. Bu özellik sayesinde yorgunluk, konsantrasyon bozukluğu, iletişim eksikliği gibi sebeplerden kaynaklanan hatalar ve gecikmeler ortadan kalkar. Böylece daha düzgün ve hızlı bir malzeme taşıma faaliyeti gerçekleştirilebilir. Maliyet düşer.

Otomatik malzeme taşıma sistemlerinin izlenmesi ve kontrolü diğer sistemlere göre daha kolaydır. Karışık rotaların ve insan faktörünün olmaması bu kolaylığı sağlar.

Akış tipi üretimde otomatik veya mekanik araçlar, operatörlerin kullandığı konvansiyonel araçlardan daha verimlidir. Çünkü tek yönlü akış sayesinde taşıma araçlarının, üretime katkısı olmayan, boş geri dönüşleri ortadan kaldırılmış olunur. Ayrıca yükleme ve boşaltma faaliyetleri de daha hızlıdır. Böylece taşıma araçlarının kullanım oranı artar, verimliliği yükselir.

Sabit izli otomatik taşıma sistemlerinin kullanılması durumunda malzeme taşıma sisteminin çalışırken ihtiyaç duyduğu alan belirli ve sınırlıdır. Böylece diğer üretim faaliyetlerine daha çok kullanılabilir alan bırakılmış olunur.

2.4. Lastik Sektöründe Malzeme Taşıma Sistemi Özellikleri

Sürekli seri üretimin yapıldığı lastik işletmelerinde malzeme hareketleri sistem verimliliğinde önemli bir rol oynar. Üretimin her safhasında kullanılan malzeme taşıma sisteminde eşit bir otomasyon seviyesi uygulamak mümkün değildir. Değişik taşıma faaliyetlerinde değişik malzeme taşıma sistemleri kullanılabilir. Fakat mümkün olan her safhada akış tipi yerleşim ve onun gereği olan otomatik malzeme taşıma sistemleri tercih edilmelidir.

Lastik üretiminin büyük miktarlarda ve sürekli oluşu akış tipi üretimi verimli kılar. Bu yüzden iş istasyonları arasında iş gücü, iş yükü ve makine kullanım kapasiteleri açısından denge kurulmalıdır. İş istasyonları arasında bu dengenin kurulması ara stoklarda yığılma olmamasına ve malzemenin düzenli akışına bağlıdır.

Lastik, boyutları itibariyle ara stok birikmesi durumunda üretimde problem oluşturan bir üründür. Büyük ara stoklar geniş alanlar kaplar ve üretimin etkinliğini düşürür. Akış tipi üretim ve otomatik malzeme taşıma sistemindeki düzgün ve hızlı malzeme akışı bu sorunu ortadan kaldırır.

Sürekli ve tek yönlü bir akış olduğundan yükleme boşaltma daha hızlı ve daha verimlidir. İş biten malzeme hiç bekletilmeden bir sonraki iş istasyonuna iletiildiğinden ara stok oluşmaz. Böylece iş istasyonlarının iş yükü dengelenmiş olur. Ayrıca ara stokların azaltılması veya yok edilmesiyle üretim sahası daha verimli hale gelir.

Lastik üretim sistemlerinde, üretilen ürün sadece lastik olmasına rağmen, bazı üretim aşamalarında, üretilen farklı boyut ve farklı desenler için farklı işlemler gerekir. Bu işlem farklılıkları değişik çizelgelere neden olur. Üretim yapısındaki bu değişkenlik sistemdeki malzeme akışının düzgünlüğünü bozup taşımada karar noktaları oluşturur. Akış tipi üretim özelliğinden uzak olan bu üretim aşamalarında otomatik malzeme taşıma sistemleri yerine insan faktörünün etkili olduğu motorlu veya motorsuz araçlar kullanmak daha uygundur. Bu araçlar insan sürücüler

sayesinde, akış tipi üretim özelliğinden uzaklaşan ünitelerde, gereken esnekliği sağlarlar.

2.4.1. Lastik sektöründe taşıma araçları

Büyük miktarda üretim sebebiyle insan gücüyle çalışan araçlar kullanarak uzun mesafeli taşıma yapmak imkansızdır. Çünkü bu taşıma şeklinde yükleme-boşaltma ve taşıma hızları çok düşüktür. Gerekli akıcılığı sağlayabilmek için çok fazla iş gücü kullanılmalıdır. Kısa mesafeli taşımalarda uygun olabilir.

Forklift veya bunun gibi motorlu araçlar istenilen esnekliği istenilen hızda sağlayabilir. Fakat bu araçlarla malzeme taşımanın şu dezavantajları vardır;

- Taşımanın etkinliğini arttırmak için uygulanan, bir defada büyük miktar taşıma ilkesi sebebiyle ara stok yapmayı gerektirir. Lastik boyutları nedeniyle ara stoklar oldukça önemli alanlar kaplar, üretim ve alan verimliliğini düşürür.
- Forkliftin bu malzemeleri yükleme ve boşaltması, taşımada geçen üretime katkısız zaman dilimini artırır.
- Bu araçların boşaltma yaptıktan sonra boş olarak geri dönüşleri verimliliklerinin düşmesine neden olur.
- Konveyörlere göre daha fazla çalışma alanı ihtiyacı duyarlar.
- İnsan faktörü nedeniyle iletişim de bozukluk, yorgunluk, konsantrasyon eksikliği gibi nedenlerden gecikme ve hatalar ortaya çıkabilir.

Bu gibi sebeplerden dolayı, karar vermenin olmadığı veya otomatikleştirilebildiği üretim aşamalarında, malzeme taşımalar tek yönlü ve sürekli taşıma yapabilen konveyör sistemleriyle yapılmalıdır. Bu sistemler akıştaki düzgünlüğü sağlar. İş istasyonları arasındaki dengeyi kurar. Alan ihtiyacı sınırlı ve belirlidir. Yükleme boşaltmada zaman kaybedilmez, iş gücü ihtiyacı çok düşüktür.

Lastik, ürün özellikleri bakımından da konveyörlerle taşıma yapmaya çok elverişlidir. Katı, şekilli, ve sürtünmesi katsayısı yüksek bir malzeme olması dolayısıyla herhangi bir yardımcı araca ihtiyaç duymadan konveyörler üzerinde

taşınabilirler. Kırılđan bir malzeme olmadığından, yerçekimiyle taşıma yapabilen kaymalı konveyörlerin kullanımına olanak sağlar. Böylece düşük maliyetli, hızlı ve düzgün bir malzeme akışı sağlanmış olunur.



BÖLÜM 3. SİMÜLASYON YÖNTEMİ

3.1. Simülasyon Nedir?

Bilgiye ulaşmanın çok kolay, rekabetin çok yoğun olduğu günümüz koşullarında, işletmelerin ayakta kalabilmesi ve gelişebilmesi için tüketici ihtiyaçları ve diğer değişikliklere hızlı ve düşük maliyetli karşılık vermesi gereklidir. İşletmelerin bu rekabete dayanması ve gerekli esnekliği gösterebilmesi için üretim olanaklarının performansı arttıracak şekilde yeniden dizayn edilmesi, gerekli geliştirmelerin yapılması gerekir. Önemli olan nokta gerekli değişikliklerin hızlı ve düşük maliyetli olarak gerçekleştirilmesidir. Sistemin ne gibi değişiklik veya yeniliğe ihtiyaç duyduğunu, yapılacak geliştirmelerin ne gibi sonuçlar vereceğini analiz etmede simülasyon yöntemi çok uygun bir yöntemdir.

Simülasyon teorik yada gerçek fiziksel bir sisteme ait, neden sonuç ilişkilerinin modelinin tasarlanması, farklı tasarım, koşul ve stratejiler altında model davranışlarının izlenmesi, sonuçların analiz edilmesi ve yorumlanmasıdır. Temel olarak, sistemin operasyonel yönlerini ortaya çıkarmayı hedefler. Yani ne, ne zaman, nerde, ve nasıl sorgulamalarının yapıldığı görev alanları üzerinde yoğunlaşır. Problemi açıkça tanımlar ve sayısal olarak alternatif çözümleri değerlendirir. Planlamacılara sistemin tasarımı ve işletimiyle ilgili zamanında kararlar vermeleri için yardımcı olur. Yeni bir sistemi kurmadan, sistem ilk kurulduğunda karşılaşılabilecek sorunları görmemizi sağlar.

Simülasyon işlemi modelde yer alan bütün hareketlerin istatistiksel özetini de üretir. Simülasyonun çalıştırılmasından sonra çıkan sonuçlar sistem performansı için ölçülebilir değerler verir. Bu açıdan bakıldığında simülasyon bir değerlendirme aracıdır.

3.2. Simülasyon Kullanmanın Gerekliliği

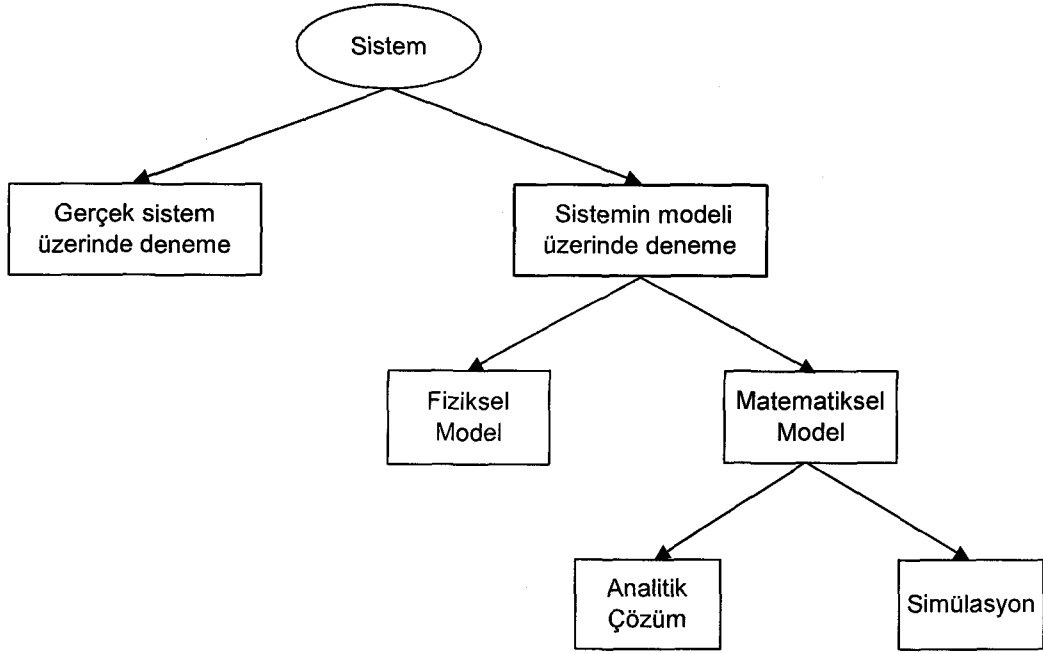
Günümüzde gittikçe artan global rekabet ortamında, firmalar, müşteri memnuniyetini sağlayabilmek için, kaliteyi ve çeşitliliği yüksek tutarken aynı zamanda fiyatı da rekabet edebilecek seviyede tutmalılar. Bu yüzden sürekli, üretilen ürün yada verilen hizmetin;

- Daha hızlı
- Daha etkili
- Daha kaliteli
- Ve daha düşük maliyetle

nasıl sağlanabileceğinin yolları aranmaktadır.

Bu kriterleri sağlayacak şekilde bir iyileşmeyi yapabilmek için , sistem içinde birbirinden bağımsız gibi görünen fakat aslında bir bütün olarak çalışan tüm elemanların arasında nasıl bir ilişki olduğunu, sistemin hangi parametrelere duyarlı olduğunu, belirli değişikliklere nasıl bir tepki verdiğini incelemek ve anlamak gerekir. Sistem elemanları arasındaki iletişimi ve etkileşimi dikkate alan sistem tasarımı yaklaşımı, sistem yaklaşımı olarak adlandırılır. Sistem elemanlarını bağımsız inceleyerek sistemin nasıl davranacağına karar vermek mümkün değildir. Sistem şekilsel olarak bölünebilir olmasına rağmen fonksiyonel olarak bölünemez. Sistem performansını arttırmak için, sisteme bir bütün olarak bakmak gerekir. Özellikle sistemdeki neden-sonuç ilişkileri ortaya çıkarılmalıdır. Neden-Sonuç ilişkileri sistemin dinamik yapısını tanımlayarak, sistemin nasıl işlediğini gösterir. Bir sistemi analiz edebilmek için izlenebilecek iki temel yol vardır;

1. Gerçek sistem üzerinde değişiklikler yapmak ve analiz etmek
2. Sistemin modelini kurmak ve değişiklikleri analiz etmek.



Şekil 3.1. Sistem analizi yöntemleri (Law ve Kelton, 2000)

Çalışan bir sistemin üzerinde değişiklik yapıp gözlemek çoğu zaman yüksek maliyete neden olur. Ayrıca sistem üzerinde değişiklik yapmak için sistemi durdurmak gerekir. Yapılan değişiklik sisteme uymadığı zaman düzeltmeler yapmak ayrıca bir maliyete neden olur. Bu nedenlerle gerçek sistem yerine sistemi temsil eden uygun bir modelin kurulması tercih edilir. Bir sistemin modeli fiziksel ve matematiksel olmak üzere iki şekilde kurulabilir. Fiziksel modeller makine, insan ve bina gibi sadece sistem elemanlarını ortaya koyabilirler. Matematiksel modeller bu elemanlar arasında ki mantıksal ve sayısal ilişkileri de sunarlar. Model yeterince basit olduğunda analitik çözümler sayısal ve mantıksal ilişkileri sunmaya yeterli olur. Fakat sistem elemanları ve bunlar arasındaki ilişkilerin fazla olduğu karmaşık sistemlerde simülasyon yöntemi en uygun metottur (Law ve Kelton, 2000).

Optimizasyon çalışmalarında kullanılan lineer programlama dinamik programlama gibi optimizasyon yöntemleri sadece bir amaç fonksiyonunu göz önüne alıp maksimize veya minimize etmeye çalıştığından ikincil amaçlarında önemli olduğu durumlarda sınırlı kalmaktadır. Ayrıca bu yöntemler rassal ve

dinamik sistemleri yansıtamazlar. Simülasyon modelleri ise bir çok amaç fonksiyonunu aynı anda göz önüne alır ve sistem dinamiklerini en iyi şekilde yansıtır.

Simülasyonun çok fazla sayıda ve çok fazla özellikli değişkeni tek bir modelde toplayabilme özelliği, bugünkü karmaşık sistemlerin tasarımı için vazgeçilmez bir araç olmasını sağlamaktadır. Bu gibi durumlarda, simülasyon, risk içermeyen, değişiklik yapılmadan yapılacak değişikliğin sonucunu gösterebilen, bazen yatırım yapmadan da çözüm yolları üretebilen önemli bir araçtır.

Diğer sistemlere göre özellikle üretim sistemlerinde simülasyon kullanmak zorunluluk olmuştur. Bunun nedeni şu şekilde açıklanabilir;

- Artan rekabet dolayısıyla, firmaların, kalite ve verimliliklerini artırmak amacıyla, otomasyona yönelmiş olmaları ve karmaşık otomatik sistemlerin sadece simülasyon yoluyla analiz edilebilmesi.
- Makine teçhizat ve diğer üretim faktörlerine yapılan yatırımların çok büyük olması

3.3. Simülasyon Kullanmanın Avantajları

Günümüzde çok hızlı değişen çevre koşulları altında rekabetçi olabilmek ve ayakta kalabilmek için hızlı ve doğru karar vermek gerekir. Sistem analizcilerine karar vermede yardımcı olacak araçlardan biri de simülasyondur. Simülasyon aşağıda sayılan özellikleriyle diğer analiz yöntemlerinden ayrılır.

- Simülasyon, analitik çözümlerin gerçekleştiremediği stokastik yapıyı temsil edebilir.
- Tek bir amaç fonksiyonunu göz önüne almaz sistem yaklaşımı içinde çözüm üretir.
- Sistemdeki sorunlara yönelik çözüm üreten kişilere kararlarını açıklamada destek olur.
- Maliyeti düşüktür, risk içermez.

- Sistemin çalışmasını aksatmadan sistem üzerindeki değişiklikleri analiz etme imkanı verir.
- Alternatif sistem tasarımlarını görsel ve sayısal olarak karşılaştırmayı sağlar.
- Zaman bazında sistemdeki değişimleri gözlemeye olanak tanır.
- Gerçekte çok uzun bir zaman periyodu sonucunda elde edilebilecek sonuçlar simülasyonla çok kısa sürelerde elde edilebilir.
- Diğer tekniklere oranla anlaşılması ve sunulması kolaydır.

3.4. Simülasyon Terminolojisi

Tüm simülasyon modellerinde ortak olan bazı terimler, model kuran kişilere, kurmaları gereken modeli rahatça anlayabilmelerini sağlar. Tümüyle olmasa da aşağıda belirten bu terimler modellemeyle ilgili olan herkes tarafından bilinmelidir.

Sistem ve sistem durumu;

Sistemi insan, malzeme, makine ve metodlardan oluşan ve belirli bir amaca yönelik yapı olarak tanımlayabiliriz. Sistemi belli bir zaman noktasında tanımlayabilmek için gerekli değişkenler topluluğu sistem durumu olarak adlandırılır.

Deterministik ve stokastik simülasyon modelleri;

Bir simülasyon modelinin herhangi bir parçası olasılık içermiyorsa o modele deterministik denir. Deterministik modellerde, girdi sayısı ve bunlar arasındaki ilişkiler belirlendiğinde çıktılar önceden bilinir. Stokastik modellerde modelin en az bir parçası tesadüfsellik içerir. Çoğu kuyruk ve depolama sistemleri stokastik olarak modellenir.

Kesikli ve sürekli olay modelleri;

Kesikli olay zamanın belli bir noktasında anlık olarak gerçekleşen olaylardır. Bu tür olayları modelleyebilmek için, simülasyon bir zaman ayırıcına sahip olmalıdır. Sürekli olay ise kesintisiz bir harekettir. Zamana bağlı olarak kesintiye uğramaz.

Statik ve dinamik modeller;

Statik modeller zamandan etkilenmeyen modellerdir. Simülasyon zaman ayıracına ihtiyaç duymaz. Modelin çıktıları zamandan etkilenmez. Dinamik modeller zamandan etkilenir. Model durumu simülasyon saatine bağlı olarak değişir. Üretim ve servis sistemleri genellikle dinamik modellerle temsil edilir.

Açık uçlu, kapalı uçlu modeller;

Sistem çıktısının tekrar sisteme dönerek sistemi etkilemediği modellere açık uçlu model denir. Bunun tersine, sistemde gerçekleştirilen işlem sonuçlarının sisteme geri dönerek diğer işlemleri etkilediği modellere kapalı uçlu modeller denir.

Kararlı durum simülasyonları ve sonlandırılan simülasyonlar;

Kararlı durum simülasyonu sistemin başlangıç koşullarından bağımsız olduğunu gösterir. Bu modellerin analizinde, kararlı duruma ulaşıldıktan sonra üretilen çıktı bilgileri kullanılır. Sonlandırılan simülasyonlar, önceden belirlenen bir zaman dilimi veya belli bir olay gerçekleştirilene kadar çalıştırılan modellerdir. Sonlandırılan simülasyonların sonuçları genellikle başlangıç değerlerine bağlıdır.

Isınma (Warm-Up) Periyodu;

Başlangıç koşullarındaki yanıtıcı değerleri simülasyon sonuçlarına yansıtılmamak için istatistik toplanmaksızın simülasyonun çalıştırıldığı zaman dilimidir. Bu zaman diliminin uzunluğu model tipine bağlı olarak değişir. Kararlı durum simülasyonları için ısınma periyodu hareketli ortalama veya diğer tekniklerle bulunabilir. Sonlandırılan simülasyonlarda ısınma periyodu, önceden belirlenen bir başlangıç durumuna ulaşıncaya kadar geçen zaman dilim olarak alınabilir.

Tesadüfi sayı kümeleri ve başlangıç değeri;

Tesadüfi sayı kümesi her biri kendinden bir önceki sayı tarafından üretilen tesadüfi sayılardan oluşur. Başlangıç değeri ise bu kümeyi üreten ilk sayıdır. Tesadüfi sayılar simülasyonun stokastik davranışını sağlayan değerlerin olasılık dağılımlarından üretilmesinde rol oynar.

Model koşumu ve bağımsız tekrarlar;

Model koşumu simülasyonun belirli bir zaman süresince bir dizi tesadüfi sayıyı kullanarak çalıştırılmasını ifade eder. Bağımsız tekrarlar ise aynı modelin eşit zaman süresince çalıştırılmasını ifade eder. Fakat her tekrarda farklı bir tesadüfi sayı başlangıç değeri kullanılarak tesadüfi sayılar değıştirilir. Böylece stokastik olayların oluş sırası ve simülasyon sonuçları tesadüfi olarak değıştirilmiş olunur.



BÖLÜM 4. SİMÜLASYON YAZILIMLARI VE PROMODEL PAKET PROGRAMI

Bilgisayar yardımıyla yapılacak bir simülasyon çalışmasında, kullanılacak yazılımın seçilmesi en önemli konulardan biridir. Seçilen yazılım yeteri kadar esnek değilse veya kullanımı zorsa kurulan model hatalı sonuçlar verebilir hatta modeli tamamlamak bile güçleşebilir. Yazılım olarak bir programlama dili veya paket program kullanılabilir.

4.1. Programlama Dilleri ve Paket Programların Karşılaştırılması

Günümüzde paket programlar programlama dillerine göre daha çok tercih edilir. Çok özel amaçlara hizmet etmeyen ve programlama dillerine göre daha pahalı olan paket programların şu avantajları vardır;

- Paket programlar model kurmada kullanılan özelliklerin çoğunu otomatik olarak sağlar. Böylece model kurmak için harcanan zaman kısılır, proje maliyeti düşer.
- Paket programların sunduğu hazır yapılar sayesinde programlama dili bilmeyen kişilerde kolaylıkla simülasyon çalışması yapabilirler.
- Paket programlarla oluşturulan modeller üzerinde değişiklik yapmak daha kolaydır ve daha çabuk sonuç alınır.
- Paket programlarla kurulan modellerde hata tespiti daha kolaydır. Çünkü çoğu hata otomatik olarak program tarafından tespit edilir.

Yapılan ilk bilgisayar simülasyonlarında genellikle, FORTRAN genel amaçlı programlama dili kullanılmıştır. Daha sonra PASCAL ve C programlarına doğru bir yönelme olmuştur (Bateman vd., 1997).

Model kurmayı kolaylaştıran süreç simülasyon dillerinin ortaya çıkmasıyla başlamıştır. Genel amaçlı programlama dillerinden farklı olarak simülasyon dilleri, kuyruk mantığı ve diğer ortak sistem özelliklerini tanımlamayı kolaylaştıracak şekilde tasarlanmıştır. SIMSCRIPT ve GPSS özellikle simülasyon için üretilen programlama dillerinin ilklerindedir. SIMAN VE SLAM ise son zamanlarda kullanılan simülasyon dillerine örnektir. Simülasyon dillerinin genel amaçlı dillere göre kullanımı daha kolay olmasına rağmen bu diller hala programlama dili bilen kişilerin büyük bir zaman dilimini model kurmaya harcamasını gerektirmektedir.

Karar verici konumundaki insanların simülasyonun önemini kavraması ve simülasyona olan ihtiyacın artması sonucu fazla programlama bilgisine ihtiyaç duymayan model elemanlarını ve bunlar arasındaki ilişkileri otomatik olarak hazır yapılar içerisinde sunan özel amaçlı simülasyon paket programları ortaya çıkmıştır. Bu programlar, üretim sistemi gibi, özel sistemlere hitap eden ve bu sistemlerin ihtiyaçlarına yönelik hazır yapılara sahip programlardır. Örneğin üretim sistemlerinin simülasyonun da kullanılan SIMFACTORY ve XCELL programları özel amaçlı paket programlardandır. Bu programların kullanımı kolaydır fakat özel olarak tek bir amaca yönelik olduklarından esneklikleri yoktur.

Son geliştirilen paket programların en büyük özelliği esneklik ve kullanım kolaylığını bir arada sunuyor olmalarıdır. PROMODEL bu tür programlara verilebilecek en iyi örnektir. Mantıksal ifadelerin programlanması, özellik atamalarının yapılabilmesi, diğer Windows programlarıyla bilgi alışverişi yapabilmesi gibi özellikleri nedeniyle kullanıcılara esnek ve kolay bir modelleme yapma imkanı sunar.

4.2. İstenilen Yazılım Özellikleri

Simülasyon yazılımının seçiminde göz önüne alınması gereken bir çok faktör vardır. Bunlardan en önemlisi, kar etmeye çalışan her sistemde olduğu gibi, maliyettir. Yazılım seçiminde sadece ilk yatırım maliyeti düşünülmemeli, yazılım özelliğine göre gereken proje süresi ve yazılımı kullanacak eleman ihtiyacı da hesaba

katılmalıdır. Bununla birlikte bir simülasyon yazılımının aşağıdaki özelliklere sahip olması arzu edilir (Law ve Kelton, 2000).

1. Genel özellikler;

Bir simülasyon yazılımının en önemli özelliği modelleme esnekliğidir. Yani iyi bir yazılım herhangi bir seviyedeki kompleksliği modelleyebilmelidir. İkinci önemli özellik kullanım ve öğrenme kolaylığıdır. Bazı yazılımlar bunu sağlayabilmek için grafiksel kullanıcı ara yüzleri(graphical user interface) kullanmaktadır.

2. Donanım ve yazılım ihtiyacı;

Simülasyon yazılımı seçilirken dikkat edilmesi gereken bir hususta yazılımın ihtiyaç duyacağı diğer yazılımlar ve donanımlardır. Kolay bulunabilir ve yaygın kullanılan yazılım ve donanımların desteklediği yazılımlar tercih edilmelidir.

3. Animasyonlar ve hareketli grafikler;

Simülasyon kullanımının artmasının en önemli nedenlerinden biri animasyonlardır. Bir simülasyon yazılımı, simülasyon çalışırken aynı anda görüntülenebilen bir animasyon özelliğine sahip olmalıdır. Animasyonlar sayesinde sistem detayları gözlenebilmekte, analizcilerle karar vericiler arasında iletişim rahat kurulabilmektedir. Animasyonda sistem elemanları çeşitli simgelerle ekranda temsil edilirler. Bu simgeler simülasyon süresi işlerken dinamik olarak pozisyon, renk ve şekil değiştirirler. Animasyondaki simgeler akıcı bir şekilde hareket etmelidir. Yanıp sönen veya sıçrayarak hareket eden simgeler detayların gözlenmesini zorlaştırır. Yazılımın sahip olduğu animasyon istenildiğinde yavaşlatılıp hızlandırılabilir. Ayrıca animasyonun simülasyon sırasında büyütülüp küçültülebilmesi de önemlidir.

4. İstatistiksel özellikler;

Simülasyon yazılımı yeterli istatistiksel özelliklere sahip değilse doğru sonuçlar elde etmek mümkün değildir. İyi bir simülasyon yazılımı; tesadüfi sayı üreticileri, kesikli sürekli teorik olasılık dağılımları, kullanıcı tanımlı olasılık dağılımları, bağımsız tekrar özelliği ve ısınma (warm-up) periyodu gibi özelliklere sahip olmalıdır.

5. Müşteri hizmetleri ve kullanıcı klavuzları;

Simülasyon yazılımını satan firma, yazılımla birlikte, yazılımın nasıl kullanılacağı konusunda bilgi içeren dökümanları da müşteriye sağlamalıdır. Hatta müşterinin talebi durumunda bu konuda eğitim de vermelidir. Ayrıca programın nasıl kullanılacağına dair veya hatalı program satılmış olması ihtimaline karşılık teknik destekte çok önemlidir. Teknik destek genellikle telefon veya mail yoluyla sağlanabilir.

6. Sonuç raporları ve grafikler;

Standart raporlar, sistem performansını ölçmeye yarayan, ortalama, standart sapma, minimum-maksimum değerler gibi kriterleri göstermelidir. Aynı zamanda kullanıcı tanımlı raporlar üretmekte mümkün olmalıdır. İyi bir simülasyon yazılımı simülasyon sonucunda değişik tipte grafikler de üretmelidir. Gözlenen veriler için histogramlar, zaman içindeki değişimi gösteren zaman grafikleri, çubuk ve pasta grafikler yazılım tarafından üretilmelidir.

4.3. Promodel Paket Programı

Promodel, özellikle üretim sistemlerinin benzetiminde kullanılan, kesikli ve sürekli olay modellemesi yapabilen, kullanımı ve öğrenmesi kolay, bütün Microsoft Windows platformlarında çalışan bir simülasyon yazılımıdır (Promodel Cor.,2002).

Promodel, kullanıcıya modelleme sürecini hızlandırıcı, hazır kurulu model yapı elemanlarının avantajını içeren modüler bir yapı sunar. Kullanıcının ihtiyaç duyabileceği her türlü bilgiye ulaşmasını sağlayan yerleşik yapılar ve sistem fonksiyonları ile Promodel, herhangi bir programlama veya detaylı bilgisayar bilgisi gerektirmeyen, kullanımı kolay ve esnek bir simülasyon yazılımıdır.

Promodel, yerleşik sistem fonksiyonları, önceden tanımlı hazır yapıları, kullanıcı dostu arayüzü ve kolay modelleme yaklaşımı ile kullanıcının, sistemdeki problemleri kolaylıkla bulmasını ve alternatif çözümleri deneyebilmesini sağlar.

Halihazırda çalışan sistemi herhangi bir şekilde kesintiye uğratmadan, sorunların çözümlerini deneyebilir, "what if" analizi yapabilir, kapasite arttırımı gibi sistemde

değişiklik gerektiren yatırımların sonucunda sistemin ne olacağı önceden kestirilebilir. Promodel varolan sistemlerin yanısıra, yeni kurulması planlanan fabrika, departman, montaj hattı vs. gibi henüz kurulmamış yapıların dizaynında kullanılabilir, önceden tahmin edilmesi zor olan problemler yatırım yapmadan önce bulunabilir.

Promodelin yaygın olarak kullanıldığı alanlar şöyle sıralanabilir (Promodel Cor., 2002).

Ara stokların azaltılması

Kaynak ve makina kullanım kapasitelerinin iyileştirilmesi

Yerleşim planlaması

Ekipman ve kaynak planlaması

Malzeme ihtiyaç planlaması

Darboğaz ve kısıt analizi

Yeni operatör eğitimi

Montaj hattı dengelemesi

Üretimin arttırılması ve aynı zamanda kaynakların boş kalma sürelerinin minimuma indirilmesi gibi sistemdeki bir takım hedeflere göre sistem içindeki operatör sayıları, makina kapasiteleri, katile büyüklükleri vs. gibi bir takım parametrelerin optimum değerlerinin bulunmasını kolaylaştıran bir optimizasyon modülü de içerir. Promodel Optimization Suite denilen bu modül gerçek bir optimizasyon modülüdür. Çok esnek bir hedef fonksiyon yazılabilen bu modülle, optimize edilebilecek elemanların başlıcaları arasında;

Setup sürelerinin ve sayısının minimuma indirgenmesi

Optimum operatör ve iş istasyonu sayılarının bulunması

Optimum katile büyüklükleri

Optimum işlem sıraları

Makinaların ve kaynakların kullanım kapasitelerinin maksimuma çıkartılması

Maliyetlerin minimuma indirgenmesi

Üretimin maksimuma çıkartılması

Makinaların ve kaynakların boş kalma sürelerinin minimuma indirgenmesi
Darboğaz makina ve kaynakların iyileştirilmesi sayılabilir.

Promodel'in en büyük özelliklerinden biri de özellikle raporlama programının daha etkin bir biçimde OLE (Object Linking and Embedding) teknolojisini desteklemesidir. Özellikle, birçok firmada kullanılan MRP programlarının oluşturduğu veya kullandığı veri tabanlarına daha kolay erişim sağlayan bu özellik ile büyük miktarlardaki verileri tekrar düzenleme problemi büyük ölçüde giderilmiş oluyor. Bu özelliğin getirdiği bir başka fayda ise eş zamanlı benzetimi daha da kolaylaştırmasıdır.

Yaygın olarak kullanılan elektronik pano programlarıyla gelişmiş etkileşimi sayesinde kullanıcılar modelleri bu panolarda (Excel gibi) tanımlayabilir, kendi arayüzlerini oluşturabilirler. Diğer bilgisayar dilleri ile (C++, Pascal gibi) yazılmış programları kullanabilme yeteneği, Promodel'in diğer uygulamalarla konuşmasını sağlıyor. Böylelikle Promodel, tek başına çalışan bir yazılım olmaktan çıkıp, diğer uygulamalarla ortaklaşa çalışabilen bir uygulama haline geliyor.

Tüm değişkenlerin zaman serilerini hem veri olarak tutar hem de grafiklerini gösterir. Ayrıca koşum bilgileri tüm istatistikler için otomatik olarak toplanır. Raporlamada gösterilen tüm bilgilerin koşum sonuçları; her bir koşumun sonucu, ortalamalar, standart sapmalar, varyanslar, güven aralıkları gibi bilgiler, bütün istatistikler için toplanır.

4.3.1. Program menüleri

Modeli kurmak, çalıştırmak ve çıktıları görüntülemek için gerekli tüm araçlar menu çubuğunda sıralanmıştır. Aşağıda belirtilen başlıklar diğer menülere geçişi sağlar.

File (Dosya)

Yeni modeller oluşturmaya, modelleri saklamaya, iki veya daha fazla modeli birleştirmeye, daha önceki sürümlerle yapılmış çalışmaları yüklemeye yarar. Ayrıca

yapılan çalışma ile ilgili metin bölümünü görüntülemek veya yazıcıdan çıktı almak için kullanılır.

Edit (Düzenle)

Mantık pencerelerinin ve metin tablolarının düzenlenmesi için kullanılır. Farklı modüllerden bu menüye girildiğinde farklı menü seçenekleri ile karşılaşılacaktır.

Build (Kur)

Model kurmak ve düzenlemek için gerekli tüm modülleri içerir. Mevkiler, varlıklar, yol ağları, kaynaklar, varışlar, vardiyalar, genel bilgi penceresi, maliyetler ve arka plan grafikleri gibi modüllere ulaşmayı sağlar.

Simulation (Simülasyon)

Modelin çalıştırılması, çalıştırılması için gerekli seçeneklerin seçilmesi, model parametrelerinin tanımlanması, senaryoların tanımlanması ile ilgili menü seçeneklerini içerir.

Output (Çıktı)

Promodel İstatistik Göstercisini (Promodel Statistics Viewer) başlatır. Model çalışırken izleme (trace) penceresinin gösterilmesini sağlar.

Tools (Araçlar)

Grafik düzenleyici ya da 'bul ve değiştir' gibi değişik uygulama seçeneklerini içeren menüdür.

Options (Seçenekler)

Modelleme ortamının ayarlanmasına yönelik seçenekleri içermektedir. Kullanıcı buradan uygulamasında gerekli olabilecek ayarlamalarını yapar.

Window (Pencere)

Ekranında bulunan pencerelerin yerlerinin değiştirilmesi, ikon haline getirilmesi veya ekranın bölünmesi gibi seçenekleri içerir.

4.3.2. Genel modelleme araçları ve bazı yardımcı modüller

Promodel ile modelleme yapmak için kullanılan genel araçlar şöyle sıralanabilir;

General information (Genel bilgi penceresi) : Bu pencerede modelin konusu girilir. Ayrıca kullanılacak zaman, uzaklık birimleri belirlenir. Arka plan rengi ve Grafik Kütüphane dosyası belirlenir. Modelle ilgili açıklama veya yenileme tarihi gibi bilgilerle girilebilir. Son olarak başlangıç ve çıkış mantıkları belirlenir. Model kurmaya, Locations (mevkiler) penceresinden başlanabilir.

Background graphics (Arka plan grafikleri) : Modelin özgünlüğünü arttırmak veya animasyonların daha güzel görünmesini sağlamak amacıyla değişik arka plan grafikleri kullanılabilir. Promodel farklı programlarda hazırlanmış grafikleri kullanabilme özelliğine sahiptir.

Locations (Alanların tanımlanması) : Mevkiler, seçilen ikonun yerleşim penceresinde (Layout Window), istenilen yere konulmasıyla kolaylıkla tanımlanabilir. Her yerleştirilen ikon için Yerleşim Editörü'nde bir kayıt oluşturulacaktır. Kullanılabilir özelliklerin herbiri için birer diyalog penceresi bulunmaktadır. Bu özelliklere ait değişkenler bu pencereler yardımıyla modele dahil edilebilir.

Entities (Varlıkların tanımlanması) : Tüm mevkiler tanımlandıktan sonra varlıklar tanımlanır. Varlık modelde işlem gören her unsura verilen ad olarak tanımlanmıştır. Parçalar, ürünler, insanlar ya da raporlar varlık olarak modellenebilir. Varlıklar gruplar haline getirilebilir, bir varlığa başka bir varlık eklenebilir, iki yada daha çok varlık birleştirilebilir veya farklı varlıklara dönüştürülebilir.

Arrivals (Gelişlerin tanımlanması) : Sisteme yeni varlık girmesi olayı geliş olarak tanımlanır. Geliş işlemi aşağıdaki özelliklere sahip olarak tanımlanır.

- Her gelişte sisteme giren varlık sayısı
- Gelişlerin frekansı

- Gelişin genel yerleşim üzerindeki yeri
- İlk gelişin zamanı
- Toplam geliş sayısı.

Process logic (Operasyonların tanımlanması) : Bu bölümde varlıklara her mevkide yapılan işlemler tanımlanacaktır. İlk olarak bir varlık tipi, daha sonra da varlığın işlem göreceği mevki seçilmelidir. Her yeni mevki seçildiğinde Operasyon Düzenleme Tablosu'na (Process Edit Table) yeni bir kayıt eklenecektir.

Path networks (Yol ağlarının tanımlanması) : Yol ağları, düğümlerden ve düğümleri birbirine bağlayan yol parçacıklarından oluşur. Bir kaynağın uğrayacağı her mevki bir yol düğümüyle tanımlanmalıdır. Varlıklarda bu ağlar boyunca hareket ettirilebilir. Birden fazla varlık veya kaynak aynı yol ağını kullanabilir. Bu yol ağlarındaki hareket mantığı zamana bağlı veya hız-uzaklık esasına göre olabilir.

Resources (Kaynakların tanımlanması) : Kaynak, varlıkların taşınması, işlem yapılmasına yardım edilmesi, mevkilerde bakım işlemlerinin gerçekleştirilmesi veya diğer kaynaklardaki bakım işlemlerinin gerçekleştirilmesi için kullanılan kişi, takım veya cihazlara verilen addır. Kaynaklar dinamik olup bir ağ boyunca hareket edebildikleri gibi, statik olup hareketsiz kalabilirler. Her kaynağın bir ismi ve de isim indeks numarası vardır. Kaynaklara kullanım süresi veya sayısına göre duruş tanımlanabilir. Ayrıca hareket hızı, kullanacağı yol ağları, varlıkları alma-bırakma zamanı gibi bilgiler girilebilir.

Bu genel modelleme araçlarının yanında çok sık kullanılan bazı yardımcı modüller de şu şekilde sıralanabilir;

Shift (Vardiyaların tanımlanması): Bu modülle kaynaklar ve mevkiler belirli çalışma vardiyalarında çalıştırılmak üzere modellenebilir. Bu kısımda çalışma ve mola zamanları girilir.

Variables (Değişkenlerin tanımlanması): Değişkenler sayaç, mantık elemanı, gözlem ayırıcı vb. birçok amaç için kullanılabilir. Tamsayı veya gerçel sayı olabilirler. Değişik fomüllerle hesaplanabilirler.

Attributes (Özellikler): Özellikler de değişkenler gibi kullanılabilir. Değişkenlerden farkı, belirli bir varlık veya mevkiye ait olmasıdır. Bazı varlık ve mevkileri diğerlerinden ayırmayı sağlar.

Table functions (Fonksiyon tabloları): Belirli bir mantığa göre oluşturulmuş fonksiyonlar tarafından bağımlı değerlere çevrilecek olan bağımsız değerlerin tablolarının oluşturulduğu bir modüldür.

User distributions (Kullanıcı tanımlı dağılımlar): Sistemin stokastik davranışını sunacak kesikli veya sürekli dağılımların tanımlanabildiği modüldür.

External files (Dış kaynaklı dosyalar) : Program dışı başka bir dosyadan veri alımının tanımlanmasıdır.

Streams (Tesadüfi sayı kümeleri): 0 ile 1 arasında değişen tesadüfi sayı kümelerine verilen isimdir. Her sayı kümesi, o kümeyi üreten, kendine özel bir başlangıç değerine sahiptir.

BÖLÜM 5. BİR SİMÜLASYON ÇALIŞMASINDA İZLENEN TEMEL AŞAMALAR

Her simülasyon çalışmasında izlenen yöntem problemin yapısına ve çalışmanın amacına göre değişebilir fakat genelde kullanılan yöntem aşağıdaki gibidir.

5.1. Problemin Tanımlanması ve Amaçlar

Bir simülasyon çalışması mevcut bir ihtiyacı karşılayacak ya da bir problemi çözecek şekilde hazırlanmalıdır. Etkili bir çalışma yapabilmek için, potansiyel problemleri olan sistem parçalarının incelenmesi ve çalışmanın buna göre hazırlanması gerekir. İyi bir model, gelecek ihtiyaçları da gözönüne alarak, sistemin diğer parçalarını da kolayca içine alacak şekilde tasarlanmış olmalıdır.

Genellikle bir modelden beklentisi olan tek kişi modeli oluşturan kişi değildir. Modelden beklentisi olan tüm kişilerin, veri toplamada ve modeli oluşturmada desteğini alabilmek için çalışmanın yapısı ve içeriği hakkında bir tanımlama yapmak gereklidir.

Simülasyon çalışmasının amaçları, genellikle ele alınan problem tarafından belirlenir. Potansiyel sistem iyileştirme metodlarının değerlendirilmesinin, çalışma hedeflerinin belirlenmesinde rolü büyüktür, ancak bu metodlar, simülasyon çalışmasında ortaya çıkabilecek yeni alternatif metodları önleyecek şekilde dar olarak tanımlanmamalıdır. Bunlara ek olarak, simülasyonun bir proje çalışması olarak ele alınması ve zaman hedefleri ile kritik nokta tanımlarının yapılması faydalıdır.

5.2. Soyut Modelin Oluşturulması ve Planlama

Simülasyon hedeflerinin ve problemin belirlenmesinden sonra modelin kavramsal iskeleti oluşturabilir. Ele alınacak sistemin bir taslağının yada yerleşim düzenine ait bir çizimin kullanılması faydalı olur. Kullanılan çizim veya taslak modeli kurmak için gerekli tüm detayların belirlenmesi ve çalışma sırasında sürekli hatırlanmasını sağlar. Grafikselle gösterimler, her bir kaynaktan ilgili verilerin sistematik olarak toplanmasını sağlamak için kullanılabilir. Ayrıca, sistemi anlamayı kolaylaştırmak için, sistemdeki akışlar ve etkileşimler bu çizimler üzerinde gösterilebilir. Sistemdeki operatörlerin, malzeme taşıyıcıların izledikleri güzergah ve kullandıkları yollar da bu çizimler üzerine aktarılabilir. Mümkünse alternatif sistem dizaynlarının taslağı çıkarılmalı, alternatifleri değerlendirmek için kullanılacak kriterler belirlenmelidir.

Toplanan verilerin doğruluğunun, elde edilen sonuç üzerinde etkisi büyüktür. Yapılan ilk plan içerisinde; gerekli olan verilerin, bilgi kaynaklarının ve bu bilgilerin nasıl elde edileceğı belirlenmelidir. İlk olarak, çalışma hedefleriyle ilgili olan bu bilgilerin çıkartılması gerekir. Sistemin bire bir kopyasını çıkarmak gereksizdir. Uygun bir detay düzeyiyle sistemin modellenmesi analizcilere zaman ve para kazandırır. Detayların, gerekli olduğu zaman eklenmesi takip edilmesi gereken en uygun yoldur.

5.3. Veri Toplama Aşaması

Firmalar, makine arıza sıklıkları, belirli süreçler için işlem süreleri gibi bazı operasyonları için detaylı bilgiye sahipken bazıları için değildirler. Yetersiz veya eksik veri bulunması durumunda modeli kuracak olan kişi veri toplamak için şu yöntemleri uygulayabilir.

- Sisteme hakim kişilerden yardım alabilir.
- Verileri kendisi toplayabilir.
- Verilerle ilgili tahminler yapabilir.

Modelde tahmini verilerin kullanılması durumunda, daha sonra yapılacak duyarlılık analizinde bu verilerin sistem üzerindeki etkilerini anlamak için, değişik değerler kullanılmalı ve verilerin uç değerleri, toleransları çok iyi analiz edilmelidir. Bu tür bir çalışma, daha detaylı verilerin toplanmasının daha uygun olacağını gösterebilir.

Öncelikle sistemle ilgili temel bilgilerin ve istatistiklerin toplanması gerekir. Bu verilerin amacı, modelin giriş parametreleriyle ve daha sonraki çalışmalarda kullanılacak olan verilerin toplanmasıyla ilgili detayları içeren parametrelerin temelini oluşturmaktadır.

Veri toplanması sürekli olarak yapılması gereken bir işlemdir. Bir simülasyon modeline, yeni ve güncellenmiş verilerin kolaylıkla girilebilmesi bir avantajdır. Bu yüzden, çoğu model kurucu, daha kesin ve sağlıklı verilerin girilebilmesine imkan tanıyan daha esnek modeller kurmayı tercih ederler.

5.4. Modelin Geliştirilmesi

Modelleme, genellikle sistemin soyut bir ortamının oluşturulmasıyla başlar. Bu soyut model, sistemin mantıksal bir modelidir ve sistemdeki olaylar arasındaki ilişkileri tanımlar. Bilgisayar üzerinde kurulan bu modelin gerçekleştirilebilmesi için, modeli kuran kişinin gerçek sistemin yapısını soyut olarak düşünebilmesi gerekir. Verilerin toplanması modelin kurulması esnasında da yapılabilir.

Son kullanıcılar ile model kurucu arasında sürekli iletişim olması model kurma aşamasında önemlidir. Detaylarla ilgili ortak çalışma, projenin amaçlarından sapmasını önleyeceği gibi, önerilen değişikliklerin güvenilirlik temellerini oluşturur. Modele güvenirliliğin sağlanmasında iki önemli aşama doğrulama ve değerlendirmedir.

5.5. Model Doğruluğunun Kontrolü

Model, modeli kuran kişinin amaçları doğrultusunda çalışıyorsa doğrulanmış demektir. Modelin doğrulanması, simülasyonun çalıştırılması ve işlemlerin

gözlemlenmesiyle yapılabilir. Çalışmanın hedefleriyle paralel çıkan sonuçlar, modelin doğrulandığını gösteren en önemli kanıtlardır.

Modelin doğrulanmasında ve hataların düzeltilmesinde bir kaç yardımcı araçtan yararlanılabilir. Örneğin, sistemdeki parçaların veya müşterilerin hareketlerinin sağlıklı olarak görülebileceği bir hızda animasyon yapılabilir. Fakat animasyon tek başına bir doğrulama aracı olarak kullanılmamalıdır. Değişkenler ve sayaçlar istenilen sonuçların bir göstergesi olarak animasyonda kullanılabilir. Diğer bir doğrulama sistemi de, model yapısının bir başka kurucu tarafından incelenmesidir.

5.6. Modelin Geçerliliğinin Kontrolü

Değerlendirme, kurulan modelin, üzerinde çalışılan sistemdeki problemi yansıtır yansıtmadığının belirlenmesidir. Bu çalışma modeli kuran kişi, sistemde çalışanlar ve modeli kullanacak olan kişilerle birlikte yapılmalıdır. Modeli kuran kişi genellikle modeli ve modelin gerçek sistemle olan ilişkisini gösteren yapısal bir plan çıkarır. Ayrıca model kurulurken yapılan varsayımlar da modeli kuran kişiler tarafından açıklanmalıdır.

Giriş verilerini değiştirerek, kurulan modelin sonuçlarıyla sistemin kendi çıktılarını karşılaştırmak, test etme yollarından biridir. Giriş parametrelerinin değerlerini artırıp azaltarak sistem üzerindeki etkilerini incelemek, modelin gerçek sistemle olan benzerliğinin belirlenmesinde kullanılabilir. Rasgele sayı kaynakları gibi giriş verilerinin değiştirilmemesine, sadece giriş parametrelerinin değiştirilebileceğine dikkat edilmelidir.

Diğer bir yöntem, sistemi çok iyi bilen uzmanların sistemle model arasındaki benzerlik ve farklılıkları bulmalarıdır. Bu işlem “turing test” olarak adlandırılır. Bu uzmanlara, orijinleri gösterilmeyen fakat aynı formattaki sistem ve model sonuçları verilir ve önemli farklılıkları ayırt etmeleri istenir.

Buna benzer başka bir yöntem ise, geçmiş verilerin model üzerinde denenerek, model sonuçlarının gerçek sisteme ait sonuçlarla karşılaştırılmasıdır. Bu

karşılaştırmada İki Örnek Kikare veya İki Örnek Kolmogorov-Simironov gibi klasik istatistiksel test yöntemleri kullanılabilir (Law ve Kelton, 2000). Kikare testinde Kikare (χ^2) değeri şu şekilde hesaplanır;

O_i : i. sınıf aralığındaki gözlem sayısı

E_i : i. sınıf aralığındaki beklenen sıklık

k : sınıf sayısı olmak üzere

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (5.1)$$

Burada sınıf sayısı k;

n : Örnek çapı olmak üzere,

$$2^k \geq n \quad (5.2)$$

olacak şekilde hesaplanır.

5.7. Deney Tasarımlarının Yapılması

Koşul analizi yapabilen bir araç olan simülasyon, önerilen herhangi bir çözüm için sayısal ölçüm ve analiz yapılabilir ve kısa zamanda en iyi alternatif çözümü bulmaya yardımcı olur.

Her alternatif model üzerinde denemeden önce, kabul edilebilir sonuçlar elde etmek için gereken simülasyon zamanının ve modelin eğer mümkünse kararlı duruma gelmesi için gerekli zamanın hesaplanması gerekir. Kararlı durum, verilerin dağılımı ya da çıktılardaki istatistiksel varyansın zamanla değişmeyecek olmasıdır.

Simülasyon çalışmaları rasgele olaylar içerdiği için, simülasyon çıktıları da rasgele olacaktır. Bu sebeple, tek bir simülasyonun çıktısı, oluşma ihtimali olan birçok sonuçtan sadece bir tanesini yansıtır. Bu nedenle sonucu test etmek için birçok defa deneme tekrar edilmelidir. Aksi halde normalde beklenmeyen bir sonuç üzerinde

karar verilebilir. Çıktıda istenen hassasiyet derecesine baēlı olarak çıktı için bir güven aralıēı oluşturulması istenebilir.

5.8. Sonuçların Analiz Edilmesi

Her model konfigürasyonunun sonuçlarının mutlaka iyi bir dökümantasyonu yapılmalıdır. Yapılacak dikkatli bir dökümantasyon, modeli kuran kişinin hangi alternatifin en iyi sonucu verdiēini belirlemesine ilave olarak, yeni alternatifler doēuracak eēilimlerin de kolaylıkla ortaya çıkmasını saēlayacaktır.

5.9. Uygulama

Uygulama gerçekte, simülasyon projesi ile başlar. Modeli kuran kişi ve diēer ilgili personel, simülasyon projesinin uygulanmasında rehberlik etmelidir.

İyi oluşturulmuş modeller proje bitiminden sonra rafa kaldırılmaz, genellikle sistemin başka parçalarını da içine alacak şekilde geliştirilirler yada başka modellerle entegre edilip sürekli iyileştirme çalışmalarında kullanılırlar. Bu aşamada model kurucu model mantıēı ve varsayımlara ilgili dökümanları sürekli iyileştirme çalışmaları için saklamalı ve yapılan çalışmalara göre güncellemelidir.

BÖLÜM 6. SONUÇLARIN ANALİZİ

Simülasyon projelerinde genellikle veri toplama ve modellemeye ayrılan zaman dilimi sonuçların analizi için ayrılmaz. Fakat karar vermeye yardımcı olan modelin kendisinden çok ürettiği sonuçlardır. Her sektör, sonuçları analiz etmede, o sektöre özel performans ölçütleri kullanır. Buna rağmen bazı performans kriterleri sonuç analizlerinde yaygın olarak kullanılır. Bu kriterler genel olarak üretim çıktı miktarı, çevrim süresi, verimlilik ve beklemeyle ilgili olan kriterlerdir ve direk olarak simülasyon yazılımı tarafından üretilebilirler. Üretim sistemlerinde kullanılan performans kriterleri şu şekilde sıralanabilir(Institute of Industrial Engineers, 1987).

- Üretim miktarı,
- Üretim zamanı,
- İşin bekleme zamanı,
- Taşıma zamanı,
- Ara stok miktarı,
- Makine-teçhizat ve personel verimliliği,
- Makine arıza veya bloke olma zamanı.

6.1. Sonuç Analizine Göre Simülasyon Türleri

Her simülasyon projesinde kullanılan sonuç analizi yöntemi aynı değildir. Tek bir sistemin analiz yöntemiyle alternatif iki sistemin karşılaştırılması yöntemleri farklıdır. Ayrıca sonuçların analizi için kullanılan yöntem, kararlı durum simülasyonları için farklı, sonlandırılan simülasyonlar için farklı yöntemler kullanılır.

6.2. Sonlandırılan Simülasyon

Sonlandırılan simülasyon, belirlenen bir zaman ya da sistem durumunda başlar ve yine daha önceden belirlenmiş olan bir zaman ya da sistem durumuna ulaşıldığında sonlandırılır. Simülasyon için başlangıç sistem durumu iş gününün başında sistemde işlenmek üzere bekleyen parça sayıları olabilir. Simülasyonu sonlandıran duruma örnek olarak, belirli sayıda iş parçasının üretilmesi gösterilebilir.

Sonlandırılan simülasyonun en çok karşılaşılan türü, sistemin boş iken başlatıldığı, belirli bir süre çalıştırıldığı ve daha sonra sistemin tekrar boşaltılarak simülasyonun sonlandırıldığı durumdur. Bu tip için en yaygın örnekler, alışveriş merkezleri, üretim atölyeleri, restoranlar ve bankalardır.

Sonlandırılan simülasyonlar, incelenen periyot için çok sayıda simülasyon koşumu yapılarak analiz edilirler. Her bir simülasyon koşumu için tesadüfi sayı üreticinde farklı bir başlangıç değeri oluşturularak, incelenen sistem ile ilgili çok sayıda bağımsız ve tarafsız gözlem değerleri elde edilir.

Modelin başlangıç durumu, simülasyon koşumunun başlangıcında sistem durumunun nasıl olduğunu tanımlamaktadır. Simülasyon koşumunu bitiren olaya sonlandırıcı olay denir. Sonlandırıcı olay bazen bir zaman süresi olabileceği gibi önceden belirlenmiş bir sistem durumuna ulaşılması da olabilir. Sistemin başlangıç durumu ve simülasyon koşumunu sonlandıracak olan mekanizma tanımlandıktan sonra sıra simülasyon modeli üzerinde deneyler yapmaya gelir.

6.3. Kararlı Durum Simülasyonu

Kararlı durum simülasyonu, sistemlerin uzun dönemde kararlı düzey davranışlarının incelenmesi için kullanılır. Kararlı durum simülasyonunun bir diğer adı da sonlandırılmayan simülasyondur. Fakat bu tanımdan yola çıkarak simülasyon koşumunun sonsuza kadar devam ettiği anlaşılmamalıdır. Burada anlatılmak istenen, simülasyonun teorik olarak sistemin istatistiksel davranışında bir değişim olmadan

sonsuz kadar devam edebileceğidir. Kararlı durum, simülasyonun, başlangıç koşullarından bağımsızlaştığı bir zaman noktasına ulaştığı durumu ifade eder.

6.4. Isınma (warm-up) Periyodu

Kararlı durum simülasyonlarında sonuçların güvenilir olmasını sağlamak için, istatistiklerin tutulmadığı, belirli bir başlangıç durumuna ulaşmayı sağlayan zaman periyodu kullanılmalıdır. Simülasyonun başlatılmasından kararlı duruma geçişe kadar olan bu zaman periyoduna ısınma (warm-up) periyodu denir. İstatistiksel veri toplama, ısınma periyodundan sonra başlar.

Isınma periyodunun tahmin edilmesinde kullanılan pek çok teknik mevcut olmakla birlikte en kolay ve en yaygın olarak tercih edilen yöntem 5-10 koşum sonucu elde edilen çıktı değişkenlerinin ortalama değerleri için sistem davranışının incelenmesidir (Harrell vd., 2000)

Fakat bazen, çıktı değişkeninin hareketleri düzenli olmayan kararsız bir yapı gösterebilir. Bu gibi durumlarda ısınma (warm-up) periyodunun gözle görülmesi çoğu zaman mümkün değildir. Çıktı değişkeninin düzensiz bir yapı gösterdiği durumlarda ısınma periyodunun belirlenmesinde bir eğri düzgünleştirme yöntemi olan hareketli ortalama tekniği kullanılır.

Isınma periyodunun belirlenmesinde kullanılan tekniklerden bir diğeri de grafiksel Welch metodudur. Welch metodunda ısınma periyodunu belirlemek üzere her birinin periyot uzunluğu m olan n adet ($n > 5$) simülasyon koşumu yapılır. Y_{ji} , j . Simülasyon koşumundaki i . gözlem değerini belirtmektedir ($j = 1, 2, \dots, n$; $i = 1, 2, \dots, m$).

Model çıktı değişkeni kararsız bir yapı gösteriyorsa, hareketli ortalamalar yöntemini kullanarak eğriyi düzgünleştirmek, ısınma periyodunun doğru olarak belirlenmesini kolaylaştıracaktır. Hareketli ortalama, çıktı veri kümesi içerisindeki son w adet gözlem değerinin ortalamasının alınmasıyla hesaplanır. Welch metodunda w değeri hareketli ortalama aralığı olarak adlandırılır. Hareketli ortalamalar yönteminde w değerinin amaca uygun olarak belirlenmesi

büyük önem taşımaktadır. Hareketli ortalama aralığı (w) için seçilen değerler büyüdükçe, eğri daha düzgün bir şekil alacaktır. (Law ve Kelton, 2000).

Welch metodu kullanılarak elde edilen çıktı değişkenine ait düzgünleştirilmiş eğrinin yatay bir seyir gösterdiği nokta ısınma periyodu olarak belirlenebilir. Günümüzdeki gelişmiş simülasyon yazılımlarının büyük çoğunluğunda ısınma periyodunun belirlenmesinde Welch metodu kullanılmaktadır. Isınma periyodunun doğru olarak belirlenmesinde Welch metodunu birden fazla performans değişkeni için tekrarlamak yerinde olacaktır. Çünkü, sistem çıktı değişkenlerinden biri için kararlı duruma ulaştığı noktada bir başka çıktı değişkeni için hala karasız bir değişim gösterebilir. Welch metodunun m periyotlu n simülasyon koşumu için i . periyottaki hareketli ortalama değerini veren denklem aşağıdaki gibidir (Bateman vd., 1997).

$$\bar{Y}_i(w) = \sum_{s=-w}^w \frac{Y_{i+s}}{2w+1} \quad i= w+1, \dots, m-w \quad (6.1a)$$

$$\bar{Y}_i(w) = \sum_{s=-(i-1)}^{i-1} \frac{Y_{i+s}}{2i-1} \quad i= 1, \dots, w \quad (6.1b)$$

Kullanılacak w değeri, periyod (m) sayısının yarısından küçük veya yarısına eşit olmalıdır. Ayrıca m değeri de yeteri kadar büyük olmalıdır. Welch metodunda aynı analiz birkaç farklı w değeri ile yapılabilir. Düzgünlüğün en fazla olduğu eğriye göre çıkan sayı ısınma (warm-up) periyodu olarak alınır.

Örneğin $w=2$ ve $w=5$ değerlerine göre ayrı ayrı hesaplanan \bar{Y}_i değerleriyle oluşturulan iki farklı grafikten hangisindeki eğri daha düzgünse, o eğri üzerinde düzgünlüğün başladığı noktaya kadar olan periyod ısınma (warm-up) periyodu olarak alınır.

6.5. Koşum Sayısının Belirlenmesi

Güvenli simülasyon sonuçlarına ulaşabilmek için birden fazla simülasyon koşumu yapmak gerekir. Stokastik simülasyonlar için bu her zaman gereklidir.

Stokastik simülasyonlarda sistemin dinamik davranışını sağlayan değerler, tesadüfi sayı üreticileri yardımıyla, olasılık dağılımları tarafından üretilir. Tesadüfi sayılar başlangıç değeri dediğimiz bir sayı tarafından türetilir. Her başlangıç değeri 0 ile 1 arasında değişen tesadüfi sayı kümesi üretir. Bu sayılar olasılık dağılımlarında kullanılarak tesadüfi değerlere çevrilir.

Her stokastik süreç için farklı bir başlangıç değeri kullanılır. Tek bir simülasyon koşumunun sonuçları direk olarak kullanılan başlangıç değerine bağlı sonuçlardır. Başlangıç değerinin değişmesi simülasyon içinde gerçekleşen bazı olayların sırasını değiştirebilir. Stokastik bir simülasyon sonucu üretilen sonuçlar da stokastiktir. Tek bir model koşumuyla elde edilen sonuçlara dayanarak verilen kararlar hatalı olabilir. Uygun sonuçlara ulaşabilmek için birden çok model koşumundan elde edilen sonuçlar istatistiksel tümevarım yöntemleriyle analiz edilmelidir. Örnek ortalaması (\bar{x}) ve yığın ortalaması (μ) arasındaki belirli bir hata payı ile belirli bir güven düzeyi oluşturabilmek için gerekli koşum sayısını hesaplama yöntemleri vardır. Hata payı e ile ifade edilir. Ayrıca \bar{x} ve μ arasındaki farkın hata payından fazla olabileceği durumların olasılığını ifade eden bir α parametresi vardır. Eğer α 0,10' a eşitse %10 olasılıkla \bar{x} ve μ arasındaki fark hata payı e 'den büyük olacak demektir. Bu aynı zamanda farkın %90 ihtimalle e 'yi aşmayacağını gösterir. Belirli bir hata payını aşmamak için ihtiyaç duyulan koşum sayısı şu şekilde hesaplanabilir;

$$N = \left(\frac{z_{\alpha} * s(n)}{e} \right)^2 \quad (6.2)$$

N istenilen doğruluğu yakalamak için gerekli koşum sayısı olmak üzere,

$s(n)$: σ 'nın n koşumdan yapılan nokta tahminini,

e : \bar{x} ve μ arasındaki istenen hata miktarını,

$\frac{z_{\alpha}}{2}$: α önem düzeyi için Standart Normal Olasılıklar Tablosundan elde edilen z

kritik değeri.

6.6. Alternatiflerin Karşılaştırılması

Sistem analizi genellikle iki alternatifin karşılaştırılmasına yöneliktir. Bu alternatifler farklı dizayn şekilleri veya kaynak seviyeleri olabilir. Amaç hangi alternatifin belirlenen performans kriterlerine göre daha iyi olduğunu ve bu alternatifin diğerine göre ne kadar iyi olduğunu bulmaktır.

Bu sorulara yanıt verebilmek için hipotez testi kullanılabilir. Hipotez testi, birbirleriyle çelişen iddialardan (hipotez) hangisinin doğru olduğuna karar veren bir yöntemdir. Başlangıçta doğru olduğu kabul edilen H_0 boş hipotezi, H_a alternatif hipotezine karşı test edilir. Test yöntemiyle, örnek verilerine dayanarak bu iki hipotezden birisi diğerinin adına ret edilir.

Büyük bağımsız örneklerde iki yığın orta değeri arasında önemli fark olup olmadığını anlamak için kullanabileceğimiz test istatistiği (Öztürkcan, 2003);

\bar{x}_1 : 1. örnek ortalaması

\bar{x}_2 : 2. örnek ortalaması

S_1 : 1. yığının tahmini (1. örnekten elde edilen) standart sapması

S_2 : 2. yığının tahmini (2. örnekten elde edilen) standart sapması

n_1 : 1. örneğe ait örnek çapı

n_2 : 2. örneğe ait örnek çapı

olmak üzere ;

$$z = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - \text{Hip. degeri}}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad \text{'dir} \quad (6.3)$$

Burada hipotez değeri $H_0 : \mu_1 - \mu_2$ değeridir ve genellikle sıfır olarak alınır.

Büyük bağımsız örneklerde iki yığın oranı arasında önemli fark olup olmadığını anlamak için kullanabileceğimiz test istatistiği (Öztürkcan, 2003);

π_1 : 1. yığın oranı

π_2 : 2. yığın oranı

p_1 : 1. örnek oranı

p_2 : 2. örnek oranı

$n_1 p_1 \geq 5$, $n_2 p_2 \geq 5$, $n_1(1 - p_1) \geq 5$, $n_2(1 - p_2) \geq 5$ olduğunda,

yığın ortak oranının bileşik tahmini;

$$p_c = \left(\frac{n_1}{n_1 + n_2}\right)p_1 + \left(\frac{n_2}{n_1 + n_2}\right)p_2 \text{ olmak üzere} \quad (6.4)$$

$$z = \frac{p_1 - p_2 - \text{Hip. Değeri}}{\sqrt{p_c(1 - p_c)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \text{ dir.} \quad (6.5)$$

Burada hipotez değeri $H_0 : \pi_1 - \pi_2$ değeridir ve genellikle sıfır olarak alınır.

Hesaplanan z test istatistiği değeri, belirli bir önem düzeyi için Standart Normal Olasılıklar Tablosundan elde edilen z kritik değeri ile karşılaştırılır. Test istatistiği değeri, kurulan alternatif hipoteze ve önem düzeyine göre oluşan ret bölgesine giriyor ise H_0 ret edilir.

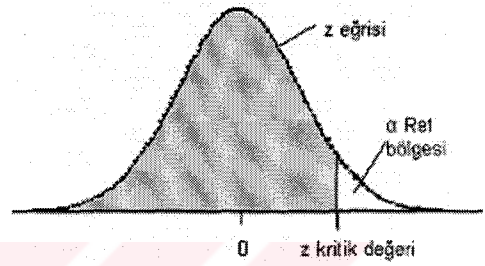
Alternatif hipotez $>$, $<$ veya \neq eşitsizliklerinden birine göre kurulacaktır. Bu durumlarda oluşan ret bölgeleri Şekil 6.1.'de gösterilmiştir.

Önem düzeyi (α) H_0 hipotezinin doğru olduğu halde ret edilme olasılığı olarak tanımlanır (Bateman vd, 1997) ve genellikle %5 veya %1 olarak seçilir.

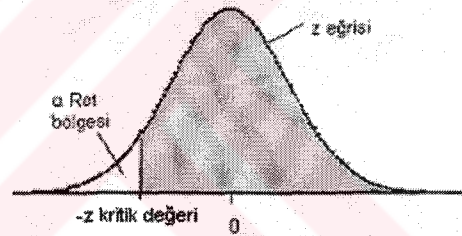
Alternatif Hipotez

Ret Bölgesi (α)

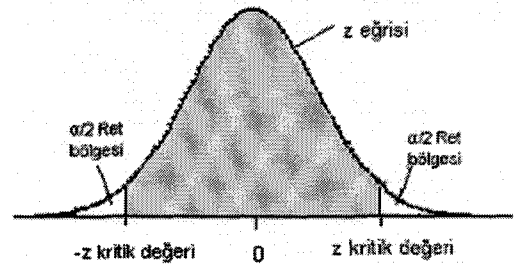
$H_a : \mu > \text{Hipotez Değeri}$



$H_a : \mu < \text{Hipotez Değeri}$



$H_a : \mu \neq \text{Hipotez Değeri}$



Şekil 6.1.Saptanan α için ret bölgeleri

Bir hipotez belirli bir önem düzeyinde kabul başka bir önem düzeyinde ret ediliyor olabilir. H_0 hipotezini ret edebilecek en küçük α değeri, hesaplanan test istatistiği değerinin belirlediği kuyruk alanıdır. Bu en küçük α 'ya p-değeri denir. (Öztürkcan, 2003)

6.7. Varyans Azaltma Teknikleri

Bir veya daha çok modelin birden fazla koşumunu yapmak yorucu, vakit kaybettirici ve maliyetli olabileceğinden, sonuçları saptırmadan model değişkenliğini azaltacak her şey yapılmalıdır. Sonuçların değişkenliği azaltmak, aynı sayıda ki model koşumu için daha dar bir güven aralığı yada istenilen güven aralığını oluşturmak için daha az model koşumu yapmayı sağlar.

Varyans azaltma teknikleri

- Kontrol değişkenleri,
- Dolaylı tahmin,
- Şartlandırma,
- Ortak tesadüfi sayılar
- Zıt değişkenler

olarak sayılabilir. Fakat bunlardan en çok kullanılanlar zıt değişkenler ve ortak tesadüfi sayılardır.

Tek bir sistem için en çok kullanılan varyans azaltma tekniği zıt değişkenler'dir. Bu teknik iki model koşumu için birbirinin tümleyeni tesadüfi sayılar kullanır. Birinci koşum x değerini kullanırken diğeri $1-x$ değerini kullanır. Teorik olarak birinci koşum yüksek bir değer üretirken diğeri düşük değer üretecektir. Bu iki koşumun ortalaması veri olarak kullanılır. Burada önemli olan birbirini tümleyen tesadüfi sayıların, iki koşum için ayrı ayrı, aynı zaman noktasında aynı fonksiyonda kullanılmasıdır.

Ortak tesadüfi sayıların kullanılması iki sistemi karşılaştırmada kullanışlı bir yöntemdir. Bu iki sistemi aynı koşullar altında karşılaştırmayı sağlar. Eğer iki sistem aynı tesadüfi sayıları kullanıyorsa, sonuçlardaki farklılık gerçek performans farklarından kaynaklanıyor demektir.

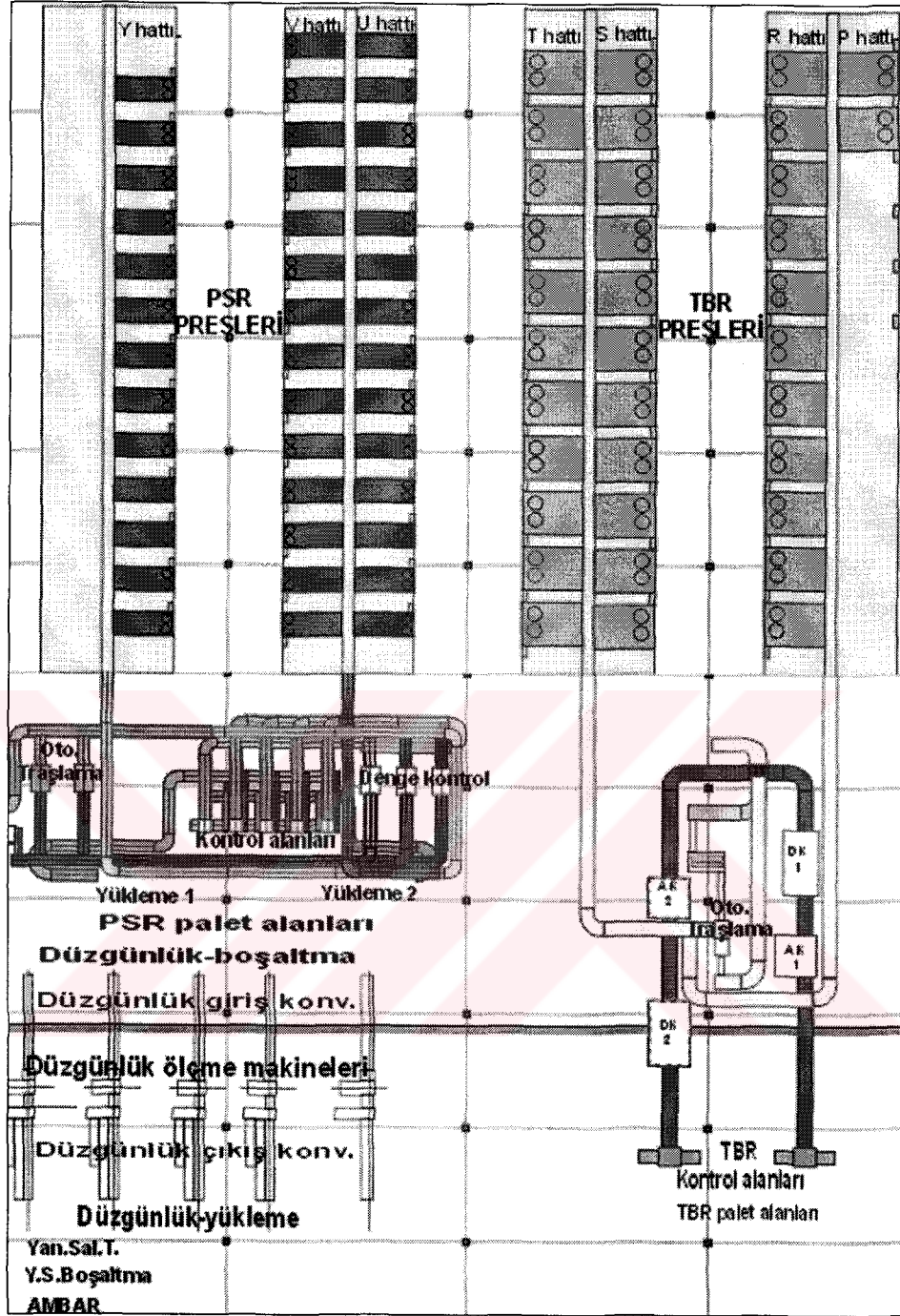


BÖLÜM 7. BRİSA A.Ş.'DE ÜRETİM SİSTEMİ SİMÜLASYONU VE ALTERNATİF SİSTEM TASARIMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

7.1. Giriş

Uygulamanın yapıldığı Brisa A.Ş. 1974 yılında Sabancı Grubu tarafından Lassa Lastik Sanayi ve Ticaret A.Ş. adı altında kurulmuştur. 1988 yılında Japon Bridgestone Corporation ile Sabancı Grubu arasında yapılan ortaklık anlaşması sonucu kuruluşun adı Brisa Bridgestone Sabancı Lastik Sanayi ve Ticaret A.Ş. olarak değiştirilmiştir. Dünyanın tek çatı altında toplanmış en büyük lastik üretim tesislerinden birine sahip olan Brisa'da 880000 m² toplam alan içinde 400 den fazla farklı tipte Lassa ve Bridgestone marka lastik üretilmektedir. İşletme günde 8'er saatlik 3 vardiya şeklinde üretim yapmaktadır. Çalışma, Fabrika 1 ve Fabrika 2 olmak üzere iki ana kısımdan oluşan işletmenin Fabrika 2 kısmında bulunan Pişirme ve Bitirme ünitesini kapsamaktadır. 1989 tarihinde temeli atılan Fabrika 2 1990 yılında lastik üretimine başlamıştır.

Pişirme ve Bitirme ünitesinde küçük otomobil lastiklerinin üretildiği PSR, otobüs lastiklerinin üretildiği TBR olmak üzere iki temel üretim hattı vardır. PSR kısmında U, V, hatlarında 14'er ve Y hattında 13 adet olmak üzere 4 hatta toplam 41 adet pres makinesi, 2 adet otomatik traşlama makinesi, 3 adet denge kontrol makinesi ve 5 adet düzgünlük ölçme makinesi vardır. TBR kısmında P hattında 2, R, S, ve T hatların da da 11'er pres olmak üzere toplam 35 adet pres makinesi, 1 adet otomatik traşlama makinesi, 2 adet denge kontrol makinesi ve 2 adet açık-kord makinesi bulunmaktadır. Fabrika 2 Pişirme ve Bitirme Ünitesi'nin yerleşimi Şekil 7.1'de gösterilmiştir.



Şekil 7.1. Brisa A.Ş. Pişirme ve Bitirme Ünitesi

PSR kısmında 15, TBR kısmında 6 farklı çeşitte lastik üretilmektedir. Bu lastiklerin kodları, jant ölçüleri ve bazı teknik özellikleri Tablo 7.1’de gösterilmiştir.

Tablo 7.1. Ürün tipleri ve teknik özellikleri

Ana Grup Kodu	Grup Kodu	Ürün Kodu	Jant Ölçüsü (inç)	Yanal Salgı Kontrolü
2M4S	TBR	B282	24	
2M4S	TBR	B401	22.5	
2M4S	TBR	B441	22.5	
2M4S	TBR	B800	22.5	
2M4S	TBR	B861	22.5	
2M4S	TBR	B862	22.5	
KBN2	LVR	K541	15	
KBN2	PSR	3370	13	VAR
KBN2	PSR	3371	13	VAR
KBN2	PSR	3409	13	VAR
KBN2	PSR	4230	14	VAR
KBN2	PSR	4390	14	
KBN2	PSR	7495	14	VAR
KBN2	PSR	7530	14	
KBN2	PSR	7621	14	VAR
KBN2	PSR	7690	14	VAR
KBN2	PSR	7720	14	
KBN2	PSR	8070	15	
KBN2	PSR	8100	15	
KBN2	PSR	8141	15	
KBN2	PSR	8145	15	VAR

PSR kısmında; Pres makinelerine gelen ham lastikler lastik koduna göre belirli bir süre pişirilir. Pişen lastikler presler tarafından otomatik olarak konveyör hattına bırakılır, konveyör hattı lastikleri otomatik tıraşlama makinelerine taşır. Bu makineler lastik üzerindeki kılcal artıkları temizledikten sonra lastiği tekrar konveyör hattına bırakır. Konveyörler yardımıyla denge kontrol makinelerine taşınan lastiğin denge ölçümleri yapılır. Ölçüm sonuçları uygun olmayan lastikler Denge-hurda konveyörüne bırakılır. Denge-hurda konveyörü lastikleri Kontrol-5 bölgesine taşır. Kontrol-5 bölgesinde sınıflandırıcı tarafından kontrol edilen lastikler tamir edilemeyecek durumdaysa hurdaya ayrılarak sistemden çıkartılır. Sınıflandırıcı bilgisayara hurda lastik kaydı girer. Tamir edilebilen lastikler tekrar kontrol amacıyla Denge Kontrol-1 makinesine taşınır. Denge kontrol makinelerinden çıkan kusursuz lastikler konveyörler yardımıyla kontrol bölgelerine taşınır. Kontrol bölgelerinde kontrolörler tarafından elle ve gözle kontrol edilen lastiklerden kusurlu olanlar kontrol hurda konveyörüne bırakılır. Bu konveyör lastikleri Kontrol-5 bölgesine

taşıır. Kontrol-5 bölgesinde sınıflandırıcı tarafından kontrol edilen lastiklerden hurda olanlar Kontrol Hurda Konveyörü yardımıyla sistemden çıkartılır. Sınıflandırıcı bilgisayara hurda kaydı girer. Tamir edilebilen lastikler kusursuz lastiklerle birlikte kontrolörler tarafından jant ölçülerine göre 13 İnç veya 14-15 İnç Konveyörüne bırakılır. 13 inç lastikler 13 İnç Konveyörü ile Yükleme-1 bölgesine, 14-15 inç lastikler 14-15 İnç Konveyörü yardımıyla Yükleme-2 bölgesine taşınır. Yükleme bölgelerinden taşıyıcı işçi tarafından ikişer adet alınan lastikler PSR palet alanlarındaki boş paletlere yüklenir. Bir palete sadece belirli bir kod lastikten palet dolana kadar yüklenir. Bunun nedeni, farklı jant ölçüsüne sahip lastiklerin farklı düzgünlük ölçme makinesinden geçmesi gerekliliğidir. Dolu paletler forklift yardımıyla ilgili düzgünlük ölçme makinesine taşıma yapan konveyörlerin girişine taşınır, burada taşıyıcı işçiler tarafından dolu paletlerden alınan lastikler konveyörlere yüklenir. Konveyörler yardımıyla düzgünlük ölçme makinelerine taşınan lastiklerin düzgünlükleri bu makinelerde ölçüldükten sonra kusurlu lastikler Düzgünlük-hurda olarak Düzgünlük Hurda Çıkış Konveyörü yardımıyla sistemden çıkartılır. Bazı lastikler diğer lastiklere ek olarak yanal salgı kontrol işlemi gerektirir. Yanal salgı kontrol işlemi gerektiren lastik kodları Tablo 7.1'de belirtilmiştir. Eğer lastik yanal salgı kontrol işlemi gerektiriyorsa düzgünlük ölçme makinesinde bu lastiklerin yanal salgı kontrolleri de yapılır. Yanal salgı kusurlu olan lastikler Düzgünlük Hurda Çıkış Konveyörü yardımıyla düzgünlük yükleme bölgelerine taşınır. Buradan taşıyıcı işçiler tarafından paletlere yüklenen yanal salgı kusurlu lastikler forklift yardımıyla yanal salgı tamir bölgesine taşınır. Bu bölgede tamir edilebilen lastikler tekrar kontrol amacıyla düzgünlük ölçme makinelerinden geçirilmek üzere düzgünlük ölçme makinelerine taşıma yapan konveyörlerin girişine taşınır. Tamir edilemeyecek durumda olan lastikler ise Yanal Salgı-hurda olarak sistemden çıkartılır. Düzgünlük ölçme makinesinden kusursuz olarak çıkan lastikler konveyör yardımıyla düzgünlük-yükleme bölgelerine taşınır. Bu bölgelerde taşıyıcı işçiler lastikleri paletlere yüklerler. Dolu paletler forklift ile ambara taşınır.

TBR kısmında; preslerde pişen ham lastikler konveyör hattı yardımıyla Otomatik Traşlama makinesine taşınır. Bu makine lastik üzerindeki kılcal artıkları temizledikten sonra lastikleri konveyör hattına bırakır. Konveyör ile açık kord ve denge kontrol makinelerinin bulunduğu iki farklı hatta taşınan lastikler o anda en

müsait olan hatta gönderilir. Hatlardan birinde denge kontrol-açık kord, diğerinde açık kord-denge kontrol sıralaması vardır. Bu hatlarda denge kontrol makinesine giren lastiklerden kusurlu bulunanlar TBR-Denge-hurda olarak sistemden çıkartılır. Açık kord makinesinde lastik kordları arasındaki açıklık ölçülür ve kusurlu lastikler Açık kord-hurda olarak sistemden çıkartılır. Kusursuz lastikler konveyörler yardımıyla TBR kontrol bölgelerine taşınır. Bu bölgelerde kontrolörler tarafından kontrol edilen lastiklerden kusurlu olanlar sistemden TBR-hurda olarak çıkartılır. Kusursuz lastikler taşıyıcı işçi tarafından paletlere yüklenir. Dolu paletler forklift yardımıyla ambara taşınır. Tüm lastikler ambardan sistemi terk eder.

Pişirme ve Bitirme ünitesinde, 1. ve 3. vardiyalarda, 4 kontrolör, 4 taşıyıcı, 1 sınıflandırıcı ve 1 forklift operatörü olmak üzere vardiya başına toplam 10 işçi, 2. vardiyada 4 kontrolör, 5 taşıyıcı, 1 sınıflandırıcı ve 1 forklift operatörü olmak üzere toplam 11 işçi çalışmaktadır.

Kontrolörlerden ikisi PSR hattında diğer ikisi TBR hattında lastikleri elle ve gözle kontrol etmektedir. Sınıflandırıcı operatör kusurlu lastikleri tamir eder, hurdaları bilgisayara kayıt eder. Aynı zamanda kontrolör olarak da çalışır. Taşıyıcı işçilerden biri TBR kontrol alanlarında kontrol edilen lastikleri TBR palet alanlarındaki paletlere yükler. Diğer bir taşıyıcı PSR yükleme alanlarındaki lastikleri PSR palet alanlarındaki paletlere yükleme işlemini yapar. 3 işçi düzgünlük-boşaltma alanlarındaki dolu paletlerde bulunan lastikleri konveyörlere, düzgünlük-yükleme bölgesinde bulunan lastikleri de paletlere yüklerler. Bu işçilerden biri sadece 2. vardiyada çalışır.

7.2. Problemin Tanımı ve Hedefler

PSR ve TBR hatları, aynı ürünün yüksek miktarda, sürekli üretilmesi ve makine-teçhizatın ürünün ihtiyaç duyduğu operasyon sırasına uygun olarak yerleştirilmiş olması dolayısıyla akış tipi üretim hatlarıdır.

TBR hattı boyunca akış tipi üretim sistemlerinin önemli özelliklerinden biri olan düzgün malzeme akışı bilgisayar kontrollü konveyör sistemleri ile sağlanmaktadır.

Böylece insan gücü kullanmadan, düzgün ve ara-stoksuz bir malzeme akışı sağlanmış olur.

PSR hattında da konveyör sistemlerinden önemli ölçüde yararlanılmıştır. Fakat Yükleme-1 ve Yükleme-2 olarak adlandırdığımız mevkiilerle düzgünlük ölçme makinelerine taşıma yapan düzgünlük giriş konveyörleri arasında konveyör hattı yoktur. Kontrol bölgelerinden çıkan lastikler konveyörler yardımıyla Yükleme-1 ve Yükleme-2 bölgelerine taşınır, bu bölgelerden Taşıyıcı olarak adlandırılan bir işçi tarafından alınarak PSR palet alanlarındaki paletlere yüklenen lastikler forklift yardımıyla düzgünlük-boşaltma alanlarına taşınır. Düzgünlük Taşıyıcı olarak adlandırılan işçiler tarafından paletlerden alınan lastikler düzgünlük ölçme giriş konveyörüne yüklenirler.

Düzgünlük ölçme makineleri o anda kullandığı makine parçasına göre sadece belirli bir ölçüdeki jant büyüklüğüne sahip lastiğin düzgünlük ölçümünü yapabilir. Bu parçayı değiştirme süresi 30 dk gibi uzun bir süredir. Bu nedenle yükleme bölgelerine gelen lastikler düzgünlük ölçme makinelerine gönderilmeden önce jant ölçüsüne göre sınıflandırılmalıdır. Ayrıca düzgünlük ölçme makinelerinden çıkan lastiklerin ambarlanmadan önce lastik kodlarına göre sınıflandırılmış olması gerekmektedir. Bu iki nedenden dolayı, yükleme bölgelerinden alınan lastikler, paletlere, “belirli bir koda sahip lastikten palet doluncaya kadar yükleme” mantığıyla yüklenir.

Yükleme-1 ve Yükleme-2 bölgeleriyle düzgünlük ölçme giriş konveyörleri arasında yapılan bu taşıma akış tipi üretimdeki düzgün malzeme akışı özelliğine uymamaktadır. Önemli miktarda ara-stoklarla yüksek seviyeli işgücü kullanarak verimsiz ve yüksek maliyetli bir taşıma yapılmaktadır.

Yukarıda sayılan nedenlerden dolayı; yöneticiler; Yükleme-1 bölgesiyle düzgünlük ölçme giriş konveyörleri arasına konveyör hattı kurmayı planlamaktadır. Düzgünlük ölçme makinelerine girecek olan lastiklerin jant ölçülerine göre sınıflandırılması ve uygun düzgünlük ölçme makinesine yönlendirilmesi barkod okuyucu sistemler sayesinde sağlanacaktır. PSR kontrol bölgelerinden çıkan lastikler Yükleme-2

bölgesine gönderilmeyecek, sadece Yükleme-1 bölgesine gönderilecektir. Böylece tek yönlü, düzgün akışlı, düşük ara-stoklu, otomatik ve verimli bir malzeme taşıma sağlanmış olacaktır. Bu amaçla iki alternatif sistem tasarımı yapılmıştır.

Bu değişiklikle birlikte PSR hattında bulunan 41 pres makinesine ek olarak 8 pres makinesi eklenerek üretim seviyesinin artırılması sağlanabilecektir.

7.3. Alternatif Sistem Tasarımları

Yeni pres makinelerinin de yer aldığı 1. alternatif sistem tasarımı Şekil 7.2’de gösterilmiştir. Bu tasarımda kontrol bölgelerinden konveyör hattına bırakılan lastikler düzgünlük ölçme makinesine girmeden önce PSR Barkod Okuyucu tarafından kontrol edilir. Kontrol sonucu lastiğin jant ölçüsüne göre gidebileceği düzgünlük ölçme makinesi veya makinelerinden, önündeki kuyruk en az olanına rotalama yapılır. Eğer lastiğin gidebileceği düzgünlük ölçme makine veya makineleri önlerindeki kuyruk veya kuyrukların hepsi doluyorsa, lastik, Bekleme Konveyörüne rotalanır. Bekleme Konveyöründe bir tur atan lastik tekrar PSR Barkod Okuyucuya gelir.

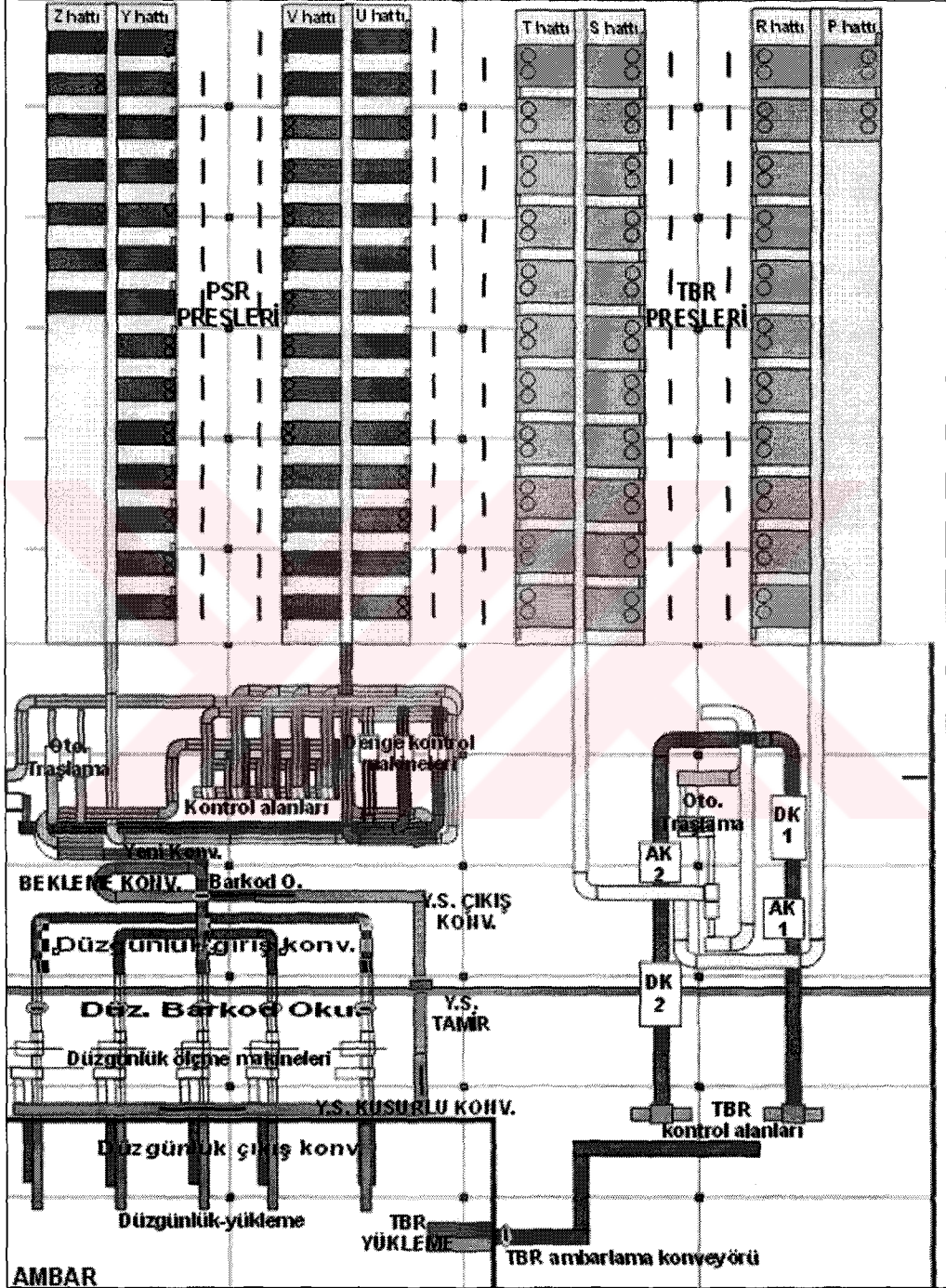
İkinci alternatif sistem tasarımı ise Şekil 7.3’te verilmektedir.

Bu alternatifte kontrol bölgelerinden konveyör hattına bırakılan lastik PSR Barkod Okuyucu tarafından kontrol edildikten sonra gidebileceği düzgünlük makinelerinden önündeki kuyruk en az olanına rotalanır. Eğer kuyrukların tümü doluyorsa, lastik, tekrar barkod okuyucuya gelecek şekilde konveyör hattında bir tur atar.

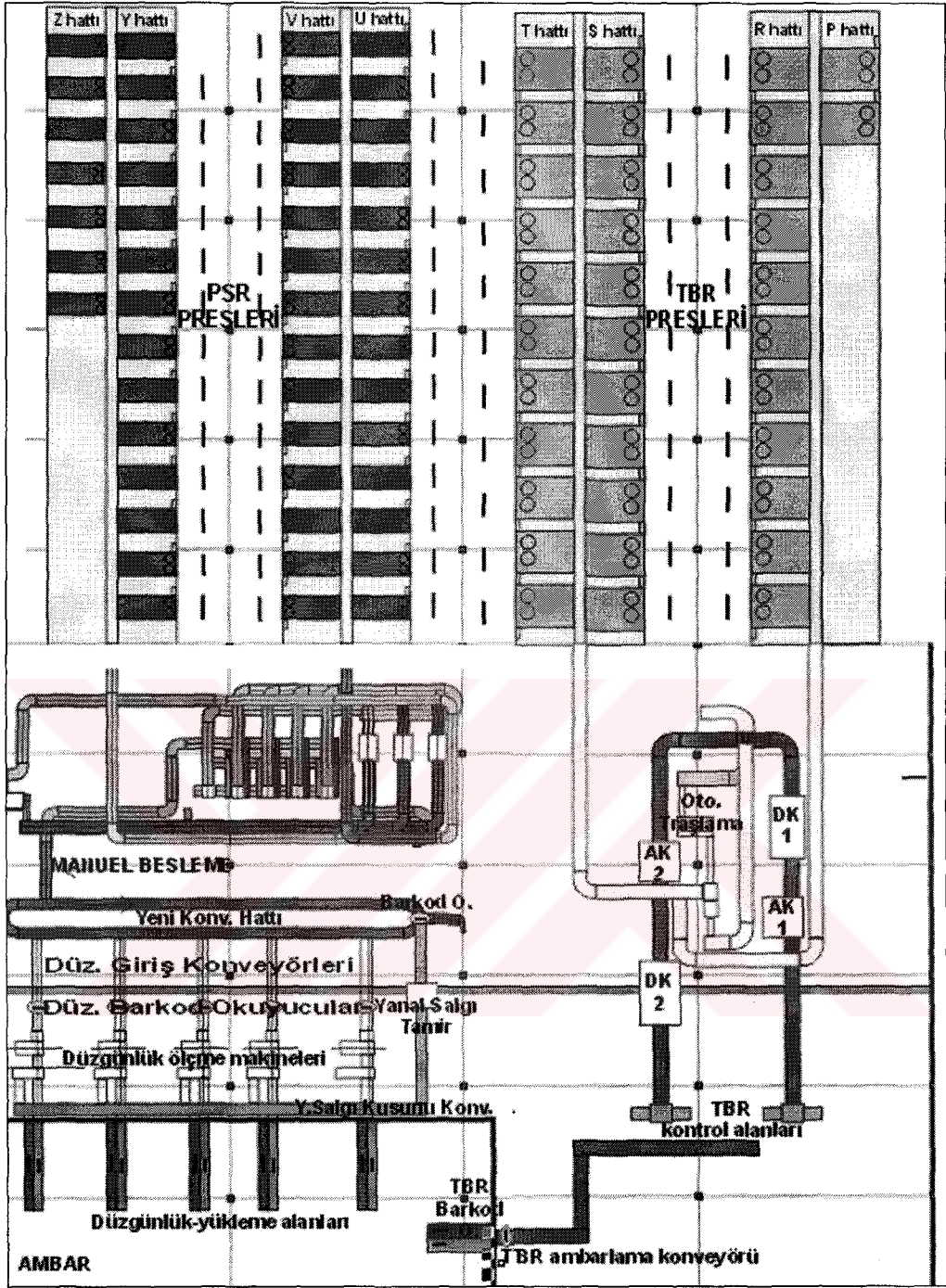
İki alternatif tasarımın, ortak olarak, mevcut sistemden farklılıkları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- PSR hattına 41 pres makinesi eklenmiştir.
- Yanal salgı tamir alanı Düzgünlük Ölçme-5 makinesinin yanına taşınmıştır. Düzgünlük ölçme makineleri, Yanal Salgı Tamir Alanı ve PSR Barkod Okuyucu arasına konveyör hattı kurulmuştur. Düzgünlük ölçme makinelerinden çıkan

yanal salgı kusurlu lastikler konveyörler aracılığıyla yanar salgı tamir alanına taşınacaktır. Yanar salgı tamir alanında tamir edilen lastikler yeniden kontrol amacıyla yine konveyör yardımıyla PSR Barkod Okuyucuya taşınacaktır.



Şekil 7.2. Alternatif Tasarım-1.



Şekil 7.3. Alternatif Tasarım-2.

- Düzlük ölçme makinelerine giren lastikler, lastik koduna göre sınıflandırılmadığından dolayı, düzlük ölçme makinesinden çıkıp, düzlük yükleme bölgesine gelen lastikler, paletlere, lastik koduna göre sınıflandırılarak yüklenir. Böylece ambarlanan lastikler sınıflandırılmış olur.

- TBR-Palet alanı düzgünlük yükleme bölgelerine yaklaştırılmış, TBR kontrol alanı ile TBR-Palet alanı arasına konveyör hattı kurulmuştur.

Yapılması planlanan bu değişiklikler ancak aşağıdaki soruların yanıtları alındığında savunulabilir hale gelecektir:

1. Tasarlanan bu yeni sistemlerin amaca uygun çalışıp çalışmayacağı?
2. Sistemde herhangi bir darboğaz olmadan sistemin çalışabilmesi için gerekli makine ve işgücü seviyesinin ne olması gerektiği?
3. Alternatif sistemlerden hangisinin üretim miktarı, çevrim süresi, kapasite kullanım oranı, ve ara-stok gibi performans kriterlerini daha iyi ve hangi oranda sağladığı?
4. Alternatif sistemlerin mevcut sisteme oranla zayıf ve üstün taraflarının ne olduğu?

Bu soruların yanıtlarını alabilmek için; öncelikle; mevcut sistemin bilgisayar ortamında modeli kurulmuştur. Model doğruluğu ve geçerliliği kanıtlandıktan sonra, model üzerinde alternatif tasarımlara ait değişiklikler yapılarak iki yeni model daha oluşturulmuş, alternatifler ve mevcut durum, simülasyon sonuçları kullanılarak, bazı performans kriterlerine göre karşılaştırılmıştır.

7.4. Veri Toplama

Modelin kurulabilmesi için öncelikle sistemle ilgili bazı veriler toplanmıştır. Bu veriler;

- PSR ve TBR presleri duruş verileri
- İnsan etkin operasyon süreleri
- Makine etkin operasyon süreleri
- 2005 yılı tahmini üretim planı
- Palet ve lastik boyutları
- Konveyör boyları ve hızları
- Hurda ve kusurlu oranları

İnsan ve makine etkin işlem süreleri tesadüfi olarak gözlenmiş, diğer veriler işletme tarafından sağlanmıştır. Gözlem sonuçları Ek-1’de, preslere ait duruş verilerine ait bir örnek Ek-2’de gösterilmiştir.

7.5. Mevcut Durumun Modellenmesi

Promodel 2002 simülasyon paket programı kullanılarak mevcut sistem ve alternatif tasarımlar, animasyon desteğiyle, bilgisayar ortamında modellenmiştir.

7.5.1. Alanlar

Mevcut durumun modelinde pres makineleri, otomatik tıraşlama makineleri, denge kontrol makineleri, düzgünlük ölçme makineleri, açık-kord makineleri, konveyörler, PSR ve TBR kontrol alanları, Yanal Salgı Tamir Alanı, PSR palet alanları, düzgünlük-boşaltma alanları, düzgünlük-yükleme alanları, yanal salgı yükleme alanları, TBR palet alanları, gruplama-gurubu ayırma alanları, sayac alanları ve ambar olmak üzere toplam 417 adet alan tanımlanmıştır. Bu tanımlar makine ve alan kapasiteleri, arıza sıklık ve süreleri, konveyör hız ve uzunlukları, alanlara giriş-çıkış kurallarını içermektedir.

Ek-2’de örneği gösterilen PSR duruş verileri kullanılarak Ek-3’te görülen, her pres için aylık bazda günlük ortalama duruş sıklığı bulunmuştur. Ek-2’de örneği gösterilen ve Ek-3’teki veriler kullanılarak PSR ve TBR presleri için ayrı ayrı duruş süresi ve duruş sıklığı olmak üzere 4 adet dağılım tanımlanmıştır. Dağılımlar sırasıyla PSR-duruş sıklığı, TBR-duruş sıklığı, TBR-duruş süresi, PSR-duruş süresi, olmak üzere Tablo 7.2, Tablo 7.3, Tablo 7.4 ve Tablo 7.5’te gösterilmiştir. Diğer alanlarda, modellenecek kadar sık arıza veya duruş olmadığından, arıza duruşu tanımlanmamıştır.

Alanlara giriş kuralı olarak “önceliğe göre en uzun süre kuyrukta bekleyen varlığın seçimi” kullanılmıştır. Konveyörler dışında diğer alanlar için çıkış kuralı

tanımlanmamıştır. Konveyörlerde kullanılan çıkış kuralı “ilk giren ilk çıkar (first in first out)” kuralıdır.

Tablo 7.2. PSR hattı presleri duruş sıklığı dağılımı

Ortalama Duruş Sayısı (günlük)	Sıklık	Oransal Sıklık (%)	Grup Orta Değeri	Duruşlar Arası Süre (dk)
0,040-0,272	8	2,847	0,156	9231
0,272-0,504	14	4,982	0,388	3711
0,504-0,736	46	16,37	0,62	2323
0,736-0,968	60	21,352	0,852	1690
0,968-0,120	76	27,046	0,108	1328
1,200-1,432	39	13,879	0,132	1094
1,432-1,664	22	7,829	0,155	930
1,664-1,896	9	3,203	0,178	809
1,896-2,128	7	2,491	0,201	716
TOPLAM	281	100		

Tablo 7.3. TBR hattı presleri duruş sıklığı dağılımı

Ortalama Duruş Sayısı (günlük)	Sıklık	Oransal Sıklık (%)	Grup Orta Değeri	Duruşlar Arası Süre (dk)
0,380-0,189	22	10,138	0,114	12687
0,189-0,340	46	21,198	0,247	5842
0,340-0,491	67	30,876	0,416	3466
0,491-0,642	49	22,581	0,567	2542
0,642-0,793	23	10,599	0,718	2007
0,793-0,944	6	2,765	0,869	1658
0,944-1,095	3	1,382	1,02	1412
1,095-1,246	1	0,461	1,171	1230
TOPLAM	217	100		

Tablo 7.4. TBR hattı presleri duruş süreleri dağılımı

Duruş Süresi (dk)	Sıklık	Oransal Sıklık	% Oransal Sıklık	Duruş Süresi (dk)	Sıklık	Oransal Sıklık	% Oransal Sıklık
5	3	0,001	0,123	130	74	0,030	3,037
10	56	0,023	2,298	140	83	0,034	3,406
15	76	0,031	3,119	150	63	0,026	2,585
20	136	0,056	5,581	160	61	0,025	2,503
25	100	0,041	4,103	180	66	0,027	2,708
30	328	0,135	13,459	200	98	0,040	4,021
35	108	0,044	4,432	240	73	0,030	2,995
40	50	0,021	2,052	260	65	0,027	2,667
45	78	0,032	3,201	275	12	0,005	0,492
50	79	0,032	3,242	300	58	0,024	2,380
60	50	0,021	2,052	320	29	0,012	1,190
70	161	0,066	6,606	350	7	0,003	0,287
80	112	0,046	4,596	360	28	0,011	1,149
90	110	0,045	4,514	440	36	0,015	1,477
100	104	0,043	4,268	480	38	0,016	1,559
120	95	0,039	3,898		2437	1	100

Tablo 7.5. PSR hattı presleri duruş süreleri dağılımı

Duruş Süresi (dk)	Sıklık	Oransal Sıklık	% Oransal Sıklık	Duruş Süresi (dk)	Sıklık	Oransal Sıklık	% Oransal Sıklık
2	1	0,000	0,014	200	79	0,011	1,111
5	6	0,001	0,084	210	52	0,007	0,731
10	255	0,036	3,586	215	2	0,000	0,028
12	1	0,000	0,014	220	115	0,016	1,617
15	368	0,052	5,175	225	3	0,000	0,042
20	504	0,071	7,088	230	107	0,015	1,505
25	234	0,033	3,291	240	117	0,016	1,645
30	623	0,088	8,761	250	52	0,007	0,731
35	14	0,002	0,197	255	3	0,000	0,042
40	412	0,058	5,794	260	84	0,012	1,181
45	59	0,008	0,830	265	1	0,000	0,014
50	437	0,061	6,145	270	4	0,001	0,056
54	1	0,000	0,014	280	39	0,005	0,548
55	2	0,000	0,028	285	1	0,000	0,014
60	403	0,057	5,667	290	2	0,000	0,028
65	51	0,007	0,717	295	1	0,000	0,014
70	378	0,053	5,316	300	14	0,002	0,197
75	104	0,015	1,463	310	6	0,001	0,084
80	218	0,031	3,066	320	7	0,001	0,098
90	221	0,031	3,108	330	5	0,001	0,070
95	101	0,014	1,420	335	1	0,000	0,014
100	185	0,026	2,602	340	8	0,001	0,113
105	1	0,000	0,014	345	2	0,000	0,028
110	211	0,030	2,967	350	1	0,000	0,014
115	3	0,000	0,042	360	8	0,001	0,113
120	200	0,028	2,813	370	1	0,000	0,014
125	1	0,000	0,014	380	6	0,001	0,084
130	219	0,031	3,080	390	3	0,000	0,042
135	1	0,000	0,014	400	7	0,001	0,098
140	281	0,040	3,952	405	3	0,000	0,042
145	1	0,000	0,014	410	1	0,000	0,014
150	228	0,032	3,206	420	4	0,001	0,056
155	3	0,000	0,042	430	1	0,000	0,014
160	223	0,031	3,136	435	2	0,000	0,028
165	1	0,000	0,014	440	1	0,000	0,014
170	206	0,029	2,897	450	3	0,000	0,042
180	139	0,020	1,955	455	1	0,000	0,014
185	3	0,000	0,042	460	1	0,000	0,014
190	55	0,008	0,773	465	4	0,001	0,056
195	3	0,000	0,042	480	2	0,000	0,028
					7111	1	100

7.5.2. Varlıklar

Tüm lastik kodları, hurda lastikler, boş ve dolu paletler birer varlık olarak tanımlanmıştır. Ayrıca PSR bölgesinde paletlere her taşımada iki lastik yükleme mantığını sağlayabilmek amacıyla her lastik kodu için bir grup-lastik tanımlaması yapılmıştır. PSR ve TBR hatlarında üretilen lastiklerle, ambarda biriken lastikleri saydırmak amacıyla Sayac isimli bir varlık tanımlanmıştır.

Paletlere “sadece bir çeşit lastikten palet doluncaya kadar yüklenir” mantığını sağlamak amacıyla her lastik kodu için, bir meşgul (o lastik koduyla yüklenmeye başlamış) palet tanımlaması yapılmıştır. TBR bölgesindeki paletlerin Forklift ile 4'erli gruplar halinde taşınmasından dolayı 4-dolu palet 4-boş palet olmak üzere iki varlık tanımlanmıştır.

Tablo 7.6. Lastik koduna göre palete yükleme sayıları

ÜRETİM KODU	JANT	LASTİK GENİŞ.	LAS. ÇAPI	PALET UZUNLUĞU/ LASTİK GENİŞLİĞİ	TEK SIRAYA KONULACAK LASTİK SAYISI	PALET UZUNLUĞU/ LASTİK ÇAPI	ORTA VE ÜSTE KONULACAK LASTİK SAYISI	PALETE YÜKLENECEK LASTİK SAYISI
B282	24	305	1212	5,9016393	5	1,48514851	0	10
B401	22.5	302	1076	5,9602649	1	1,67286245	0	10
B441	22.5	302	1076	5,9602649	1	1,67286245	0	10
B800	22.5	388	1084	4,6391753	1	1,66051661	0	8
B861	22.5	388	1084	4,6391753	1	1,66051661	0	8
B862	22.5	388	1084	4,6391753	1	1,66051661	0	8
K541	15	218	695	8,2568807	2	2,58992806	4	20
3370	13	180	574	10	3	3,1358885	6	26
3371	13	184	578	9,7826087	3	3,11418685	6	24
3409	13	180	574	10	3	3,1358885	6	26
4230	14	197	594	9,1370558	3	3,03030303	6	24
4390	14	199	628	9,0452261	2	2,86624204	4	22
7495	14	183	600	9,8360656	3	3	6	24
7530	14	200	576	9	3	3,125	6	24
7621	14	190	613	9,4736842	2	2,93637847	4	22
7690	14	187	623	9,6256684	2	2,88924559	4	22
7720	14	204	591	8,8235294	3	3,04568528	6	22
8070	15	190	623	9,4736842	2	2,88924559	4	22
8100	15	211	576	8,5308057	3	3,125	6	22
8141	15	206	613	8,7378641	2	2,93637847	4	20
8145	15	206	613	8,7378641	2	2,93637847	4	20

Konveyörler üzerinde kaplayacağı alan ve palete yükleme sayılarının gerçeğe uygun olarak modellenebilmesi amacıyla lastik boyutları sisteme girilmiş, farklı lastik kodlarının farklı büyüklüklerine göre paletlere yükleme sayıları hesaplanmıştır. Tablo 7.6'da lastik boyutları ve palete yükleme sayıları gösterilmiştir.

7.5.3. Yol ağları

Mevcut durumun modelinde, kaynakların hareket alanlarını belirleyen 6 adet yol ağı tanımlanmıştır. Bu yol ağları;

- PSR Yükleme-1 ve Yükleme-2 mevkilerinden paletlere lastik taşıyan Taşıyıcının kullandığı yol ağı,
- Forkliftin kullandığı yol ağı,
- Düzgünlük ölçme makinelerine yükleme-boşaltma yapan Düzgünlük Taşıyıcıların kullandığı yol ağı,
- TBR kontrol alanlarından paletlere lastik taşıyan TBR Taşıyıcının kullandığı yol ağı.
- Sınıflandırıcının kullandığı yol ağı,
- Ve Yanal Salgı Tamir Operatörü'nün kullandığı yol ağıdır.

7.5.4. Kaynaklar

Mevcut durumun modelinde kullanılan kaynaklar ve yaptıkları işler aşağıdaki gibidir;

Taşıyıcı: PSR Yükleme-1 ve Yükleme-2 bölgelerindeki lastikleri PSR palet alanlarındaki paletlere yükler.

Sınıflandırıcı: PSR Kontrol-5 bölgesinde lastikleri elle ve gözle kontrol etme işlemi yapar. Kontrol sonucu lastikleri kusurlu, sağlam veya hurda olmak üzere üçe ayırır. Diğer kontrolörlerin ve kendinin kusurlu olarak değerlendirdiği lastikleri tamir eder ve tekrar kontrol amacıyla Denge Ölçme-1 makinesine taşır. Sağlam lastikleri jant ölçüsüne uygun olarak 13 İnç Konveyörü veya 14-15 İnç Konveyörüne bırakır. Hurda lastikleri Hurda Çıkış Konveyörüne bırakır ve bu lastikler için bilgisayara hata türü ve lastik koduyla kayıt eder.

Kontrolör 1: PSR Kontrol-1 bölgesinde lastikleri elle ve gözle kontrol etme işlemi yapar. Sağlam lastikleri jant ölçüsüne uygun olarak 13 İnç Konveyörü veya 14-15

İnç Konveyörüne bırakır. Hurda lastikleri ve kusurlu lastikleri Hurda Çıkış Konveyörüne bırakır. Ayrıca sınıflandırıcının tamir ettiği lastikleri Denge Ölçme-1 makinesine taşır.

Kontrolör 2: PSR Kontrol-2 bölgesinde lastikleri elle ve gözle kontrol etme işlemi yapar. Sağlam lastikleri jant ölçüsüne uygun olarak 13 İnç Konveyörü veya 14-15 İnç Konveyörüne bırakır. Hurda lastikleri ve kusurlu lastikleri Hurda Çıkış Konveyörüne bırakır.

Düzgünlük Taşıyıcı 1: Düzgünlük-boşaltma1 ve Düzgünlük-boşaltma2 alanlarında bulunan lastikleri Düzgünlük Ölçme-1 ve Düzgünlük Ölçme-2 makinelerine taşıma yapan düzgünlük-giriş konveyörlerine yükler, Düzgünlük Ölçme-1 ve Düzgünlük Ölçme-2 makinelerinden çıkan lastikleri düzgünlük-yükleme alanlarındaki paletlere yükler.

Düzgünlük Taşıyıcı 2: Düzgünlük-boşaltma3 ve Düzgünlük-boşaltma4 alanlarında bulunan lastikleri Düzgünlük Ölçme-3 ve Düzgünlük Ölçme-4 makinelerine taşıma yapan düzgünlük-giriş konveyörlerine yükler, Düzgünlük Ölçme-3 ve Düzgünlük Ölçme-4 makinelerinden çıkan lastikleri düzgünlük-yükleme alanlarındaki paletlere yükler.

Düzgünlük Taşıyıcı 3: Düzgünlük-boşaltma5 alanında bulunan lastikleri Düzgünlük Ölçme-5 makinesine taşıma yapan düzgünlük-giriş konveyörüne yükler, Düzgünlük Ölçme-5 makinesinden çıkan lastikleri düzgünlük-yükleme alanındaki paletlere yükler.

TBR Kontrolör 1: TBR Kontrol-1 ve TBR Kontrol-2 bölgesinde lastikleri elle ve gözle kontrol eder.

TBR Kontrolör 2: TBR Kontrol-3 ve TBR Kontrol-4 bölgesinde lastikleri elle ve gözle kontrol eder.

TBR Taşıyıcı: TBR Kontrol bölgelerinde kontrol edilen lastiklerden sağlam olanları TBR palet alanlarındaki paletlere yükler.

Yanal Salgı Kontrolör: Yanal salgı kusurlu lastikleri kontrol eder. Tamir edilebilecek lastikleri tamir eder ve tekrar kontrol amacıyla düzgünlük yükleme alanlarındaki, düzgünlük ölçme makinelerine taşınacak olan, paletlere yükler.

Forklift: PSR palet alanlarındaki dolu paletleri düzgünlük-boşaltma alanlarına, düzgünlük-boşaltma alanlarında boşalan paletleri PSR palet alanlarına taşır. TBR palet ve düzgünlük-yükleme alanlarındaki dolu paletleri ambara taşır. Ambardaki boş paletleri TBR palet ve düzgünlük ölçme yükleme alanlarına taşır.

7.5.5. İşlemler

İşlemler kısmında hangi varlığın, nerede, hangi işlemi göreceği ve daha sonra nereye rotalanacağı tanımlanmıştır.

Ek-4'te PSR hattı preslerine giriş yapan ham lastiğin iş akışı, Ek-5'te TBR hattı preslerine giriş yapan ham lastiğin iş akışı tanımlanmıştır. Şekil 7.4.'te modellemede kullanılan işlem yazılımından bir örnek gösterilmiştir.

```
L1:
IF FREEUNITS(TASİYICI)>0 THEN
(
IF ENTITY( )=GL_3370 THEN
(
IF CONTENTS(PAL1,MP3370)>0 THEN
{ROUTE 1} ELSE
{
IF CONTENTS(PAL2,MP3370)>0 THEN
{ROUTE 2} ELSE
{
IF CONTENTS(PAL3,MP3370)>0 THEN
{ROUTE 3} ELSE
{
IF CONTENTS(PAL4,MP3370)>0 THEN
{ROUTE 4} ELSE
{
```

Şekil 7.4. İşlem yazılımı örneği.

7.5.6. Varışlar

Mevcut durumun ve alternatiflerin modellenmesinde 2005 yılı üretim planlarının ürün karmasına uygun olarak hazırlanmış üretim planları kullanılmıştır. Mevcut durumun modellenmesinde kullanılan üretim planı Tablo 7.7'deki gibidir. Yukarıda gösterilen üretim planına uygun olarak 35 TBR presine ve 41 PSR presine ham lastik varışı tanımlanmıştır. Preslerin boş kalmamasını sağlamak amacıyla her saniye bir varış olacak şekilde düzenlenmiştir.

PSR palet, Düzgünlük-boşaltma, Düzgünlük-yükleme, Yanal Salgı-yükleme ve TBR palet alanlarına simülasyonun başlangıcında bir defa olmak üzere boş palet varışları tanımlanmıştır.

Tablo 7.7. Mevcut durum üretim planı

Ana Grup Kodu	Grup Kodu	Ürün Kodu	Jant Ölçüsü (inç)	Pres Tahsisi (pres/gün)	Pişme Süresi	(pres/gün) x Pişme Süresi	Teorik Üretim Miktarı
2M4S	TBR	B282	24	2	53,6	106,03	106
2M4S	TBR	B401	22,5	12	52,1	624,60	664
2M4S	TBR	B441	22,5	9	53,1	472,68	484
2M4S	TBR	B800	22,5	1	55,6	55,04	51
2M4S	TBR	B861	22,5	3	54,1	160,53	158
2M4S	TBR	B862	22,5	8	50,1	400,40	460
				35		1819,3	1924
				TBR Ort. Üretim süresi (dk) = 52,20			
KBN2	LVR	K541	15	3	24,20	80,34	395
KBN2	PSR	3370	13	2	12,50	31,13	296
KBN2	PSR	3371	13	2	14,00	23,24	382
KBN2	PSR	3409	13	17	13,50	224,10	3415
KBN2	PSR	4230	14	3	13,23	43,92	708
KBN2	PSR	4390	14	1	13,70	11,37	181
KBN2	PSR	7495	14	2	13,50	22,41	349
KBN2	PSR	7530	14	1	14,20	11,79	177
KBN2	PSR	7621	14	1	13,50	11,21	168
KBN2	PSR	7690	14	1	13,00	10,79	177
KBN2	PSR	7720	14	1	13,40	11,12	184
KBN2	PSR	8070	15	2	14,50	36,11	535
KBN2	PSR	8100	15	1	16,50	13,70	165
KBN2	PSR	8141	15	1	14,00	11,62	145
KBN2	PSR	8145	15	3	13,50	44,82	683
				41		587,7	7961
				PSR Ort. üretim süresi (dk) = 14,45			

7.5.7. Vardiyalar

Modelde kullanılan kaynakların çalışma ve mola zamanlarını belirleyebilmek için 4 farklı çizelge tanımlanmıştır (Tablo 7.8).

Tablo 7.8. Çalışma zamanları çizelgeleri.

Çizelge 1	Çizelge 2	Çizelge 3	Çizelge 4
120 dk Çalışma	110 dk Çalışma	130 dk Çalışma	120 dk Çalışma
10 dk Mola	10 dk Mola	10 dk Mola	10 dk Mola
140 dk Çalışma	120 dk Çalışma	160 dk Çalışma	140 dk Çalışma
30 dk Yemek	30 dk Yemek	30 dk Yemek	30 dk Yemek
60 dk Çalışma	80 dk Çalışma	40 dk Çalışma	60 dk Çalışma
10 dk Mola	10 dk Mola	10 dk Mola	10 dk Mola
110 dk Çalışma	120 dk Çalışma	100 dk Çalışma	110 dk Çalışma

Bu çizelgelerden ilk 3'ü kontrolörlerin farklı zamanlarda mola vermesini ve böylece hatların durmamasını sağlamak amacıyla tanımlanmıştır. 4. çizelge ise, günde sadece tek vardiya çalışan Düzgünlük Taşıyıcı-3'ün çalışma zamanını belirlemek amacıyla tanımlanmıştır.

Tablo 7.9. Mevcut durumda kaynakların kullandığı çizelgeler ve çalışma zamanları

Kaynaklar	Çizelge	00:00-08:00	08:00-16:00	16:00-00:00
Sınıflandırıcı	Çizelge 1	x	x	x
Taşıyıcı	Çizelge 1	x	x	x
Düz. Taşıyıcı 1	Çizelge 1	x	x	x
Düz. Taşıyıcı 2	Çizelge 1	x	x	x
TBR Kontrolör 2	Çizelge 1	x	x	x
Yan. S. Kontrolör	Çizelge 1	x	x	x
Forklift	Çizelge 1	x	x	x
Kontrolör 1	Çizelge 2	x	x	x
TBR Kontrolör 1	Çizelge 2	x	x	x
Kontrolör 2	Çizelge 3	x	x	x
TBR Taşıyıcı	Çizelge 3	x	x	x
Düz. Taşıyıcı 3	Çizelge 4	-	x	-

Tablo 7.9'da görüldüğü gibi PSR hattında kontrol yapan Sınıflandırıcı, Kontrolör-1 ve Kontrolör-2 farklı çizelgeleri kullanmaktadır. Böylece günün her anında, hatta en az iki kişinin kontrol etmesi sağlanmıştır. Yine aynı şekilde TBR hattında kontrol ve

taşıma yapan TBR Kontrolör-1, TBR Kontrolör-2 ve TBR Taşıyıcı farklı çizelgeleri kullanmaktadır.

7.5.8. Kullanıcı tanımlı dağılımlar

Sistemdeki rassallığı sağlayan kullanıcı tanımlı dağılımlar şöyledir;

- PSRDurSık : PSR hattı preslerinin duruş sıklığını belirleyen dağılımdır.
- PSRDurSur : PSR hattı preslerinin duruş süresini belirleyen dağılımdır.
- TBRDurSık : TBR hattı preslerinin duruş sıklığını belirleyen dağılımdır.
- TBRDurSur : TBR hattı preslerinin duruş süresini belirleyen dağılımdır.
- YanSalKus : Yanal salgı kusurlu lastiklerin oranını belirleyen dağılımdır.
- DuzKus : Düzgünlük ölçme makinesinde kusurlu bulunan lastiklerin oranını tanımlayan dağılımdır.
- TBRHur : TBR kontrol alanlarında hurdaya ayrılacak lastiklerin oranını belirleyen dağılımdır.
- YSalHur : Yanal salgı kontrolü sonucu hurdaya ayrılacak lastiklerin oranını belirleyen dağılımdır.

7.5.9. Isınma (warm-up) periyodunun belirlenmesi

Başlangıç koşullarının değişkenliğini elimine edebilmek amacıyla Welch Metodunu kullanarak ambarlanan lastik sayıları ve preslerde pişen lastik sayıları olmak üzere iki kritere

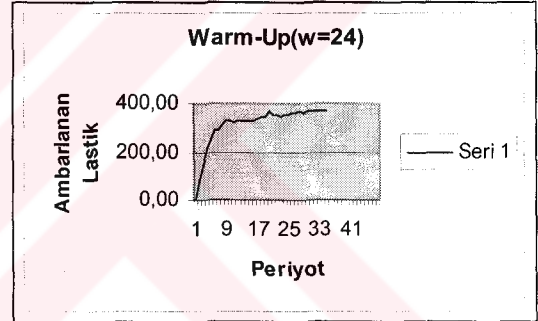
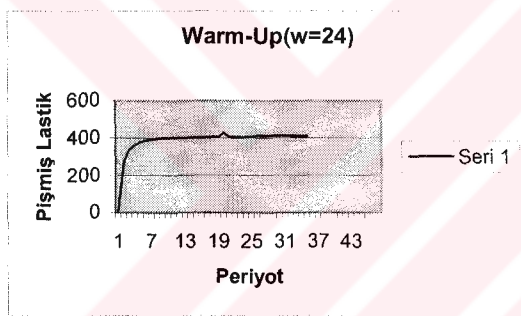
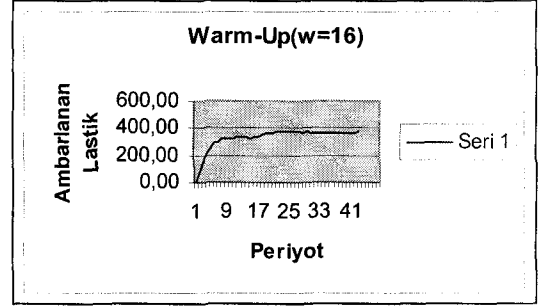
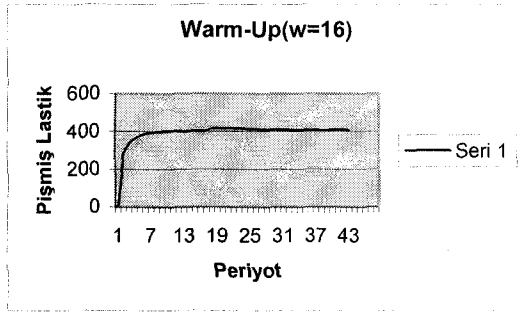
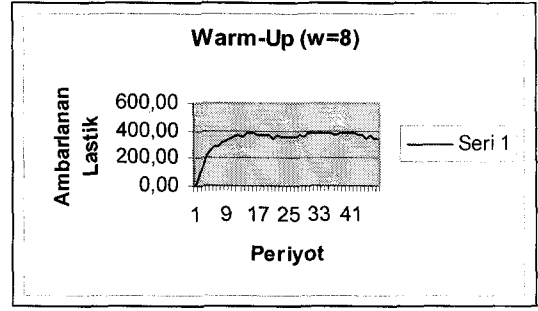
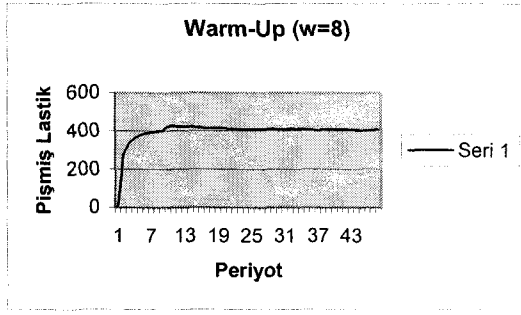
göre ısınma (warm-up) periyodu belirlenmiştir. Her biri 60 saat uzunluğunda 5 simülasyon koşumu ortalama değerleri; ambarlanan lastikler için Tablo 7.10'da, PSR ve TBR preslerinde pişen toplam lastik sayıları için Tablo 7.11'de gösterilmiştir. Bu iki farklı kriter için $w=8$, $w=16$ ve $w=24$ olmak üzere 3 farklı hareketli ortalama penceresi kullanılmıştır. Denklem 6.1 yardımıyla hareketli ortalamalar hesaplanmış, Şekil 7.5 ve Şekil 7.6'ye göre 24 saatlik periyot, ısınma periyodu olarak alınmıştır.

Tablo 7.10. Ambarlanan lastik sayıları için hareketli ortalama değerleri

Periy. No (saat)	Ambar. (Birikim)	Ambar.	W=8	W=16	W=24	Periy. No (saat)	Ambar. (Birikim)	Ambar.	W=8	W=16	W=24
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31	10300,4	341,6	376,3	364,7	367,2
2	94,0	94,0	82,5	82,5	82,5	32	10673,6	373,2	384,4	365,3	368,0
3	247,6	153,6	152,3	152,3	152,3	33	11118,4	444,8	382,7	362,8	368,7
4	632,0	384,4	212,2	212,2	212,2	34	11547,6	429,2	382,0	362,1	369,4
5	761,6	129,6	252,6	252,6	252,6	35	11986,8	439,2	384,3	362,3	369,0
6	1130,0	368,4	287,0	287,0	287,0	36	12434,4	447,6	380,5	362,0	
7	1485,2	355,2	291,0	291,0	291,0	37	12658,4	224,0	369,4	356,3	
8	1901,2	416,0	315,2	315,2	315,2	38	13220,8	562,4	386,9	365,7	
9	2273,2	372,0	327,3	327,3	327,3	39	13622,4	401,6	379,8	360,5	
10	2746,4	473,2	345,8	327,5	327,5	40	14097,6	475,2	381,4	362,3	
11	3157,2	410,8	360,5	321,0	321,0	41	14432,8	335,2	380,0	364,8	
12	3615,2	458,0	372,5	328,8	328,8	42	14766,0	333,2	376,2	366,6	
13	3782,4	167,2	359,4	330,9	330,9	43	15136,0	370,0	369,8	370,5	
14	4380,8	598,4	380,2	333,0	333,0	44	15460,8	324,8	363,6		
15	4727,6	346,8	378,4	327,5	327,5	45	15619,2	158,4	347,4		
16	5163,2	435,6	378,9	332,3	332,3	46	16075,6	456,4	361,7		
17	5564,4	401,2	374,8	336,9	336,9	47	16416,0	340,4	347,1		
18	5878,4	314,0	372,4	349,9	342,5	48	16784,0	368,0	346,9		
19	6223,2	344,8	367,4	360,4	342,1	49	17134,0	350,0	345,2		
20	6580,8	357,6	363,7	369,3	368,2	50	17513,2	379,2	349,3		
21	6741,2	160,4	346,0	364,4	352,0	51	17834,0	320,8	356,6		
22	7225,2	484,0	363,3	377,6	352,0	52	18168,8	334,8			
23	7563,2	338,0	348,2	378,6	347,1	53	18339,6	170,8			
24	7926,4	363,2	349,8	382,2	349,3	54	18808,0	468,4			
25	8272,8	346,4	350,3	379,7	349,7	55	19120,8	312,8			
26	8603,6	330,8	352,0	378,6	357,4	56	19519,6	398,8			
27	8991,6	388,0	359,3	375,4	362,0	57	19965,6	446,0			
28	9339,6	348,0	365,4	372,8	365,7	58	20371,6	406,0			
29	9497,6	158,0	357,5	363,8	361,4	59	20828,8	457,2			
30	9958,8	461,2	381,2	372,5	368,3	60	21268,4	439,6			

Tablo 7.11. PSR ve TBR preslerinde pişen toplam lastik sayılarına göre hareketli ortalamalar.

Periy. No (saat)	Pişmiş Lastik Sayısı (Birikim)	Pişmiş Lastik Sayısı	Hareketli Ort. Değerleri (\bar{Y}_i)			Periy. No (saat)	Pişmiş Lastik Sayısı (Birikim)	Pişmiş Lastik Sayısı	Hareketli Ort. Değerleri (\bar{Y}_i)		
			W=8	W=16	W=24				W=8	W=16	W=24
1	384	0	0	0	0	31	12872	414,8	188,1	197,6	203,5
2	776	392	280,7	280,7	280,7	32	13278,6	406,6	167,5	185,5	194,8
3	1226	450	337,6	337,6	337,6	33	13700,6	422	144,2	172,9	185,3
4	1629	403	361,1	361,1	361,1	34	14134,4	433,8	121,5	159,7	177
5	2072	443	377,8	377,8	377,8	35	14548,8	414,4	95,2	147,8	167,9
6	2486	414	387,8	387,8	387,8	36	14970,8	422	69,8	134,8	
7	2912	426	392,3	392,3	392,3	37	15386	415,2	44,3	123,1	
8	3378	466	396,8	396,8	396,8	38	15794,8	408,8	383,4	109,3	
9	3784	406	400,2	400,2	400,2	39	16200	405,2	408,7	96,9	
10	4232	448	423,3	401,2	401,2	40	16596	396	408,2	86,3	
11	4650	418	425,4	403,2	403,2	41	16988,4	392,4	408,8	74,3	
12	5095,2	445,2	421,8	401,1	401,1	42	17389,6	401,2	408,6	62,6	
13	5484,4	389,2	424,8	400,3	400,3	43	17772,4	382,8	407,1	49	
14	5937,2	452,8	422,8	403,2	403,2	44	18173	400,6	405,5		
15	6335,6	398,4	419,1	402,9	402,9	45	18554,4	381,4	404,4		
16	6751,2	415,6	417,3	389,5	389,5	46	18975,2	420,8	403,8		
17	7187,2	436	412,6	365,9	365,9	47	19405,6	430,4	404,9		
18	7580,8	393,6	415	365,9	344,9	48	19812	406,4	406,3		
19	8007,6	426,8	414	354	326,3	49	20227,6	415,6	406,9		
20	8396	388,4	414,9	340,3	326,3	50	20647,6	420	407,3		
21	8850,4	454,4	410,1	328,1	294,5	51	21054,6	407	407,2		
22	9258,8	408,4	410,2	314,7	280,8	52	21442,8	388,2			
23	9610,2	351,4	383,5	302,2	268,3	53	21846,4	403,6			
24	10006,4	396,2	360,1	289,2	256,9	54	22251,2	404,8			
25	10391,6	385,2	335,6	275,1	246,4	55	22677,6	426,4			
26	10839,2	447,6	310	262,8	246,4	56	23106,4	428,8			
27	11270	430,8	286,8	249,2	238,4	57	23513,6	407,2			
28	11704	434	261,7	236,6	229,2	58	23913	399,4			
29	12067,6	363,6	238,9	223,1	221	59	24312,8	399,8			
30	12457,2	389,6	212,2	211,3	211,9	60	24724,8	412			



Şekil 7.5. Pişen lastik sayıları Welch Methodu hareketli ortalama grafikleri.

Şekil 7.6. Ambarlanan lastik sayıları Welch Methodu hareketli ortalama grafikleri.

7.5.10. Koşum sayısının belirlenmesi

Tablo 7.12'de gösterilen, 35 simülasyon koşumu sonucu elde edilen, ambarlanan lastik sayıları kullanılarak örnek standart sapması hesaplanmış ve Denklem 6.2 yardımıyla gerekli koşum sayısı hesaplanmıştır.

$$N = \left(\frac{1,96 * 83,347}{30} \right)^2 = 30$$

% 95 güven düzeyi için kritik z değeri 1,96'dır. 1,96 z değeri, 30 hata payı ve 83,347 standart sapmayla hesaplanan N değeri 30'dur. Buna göre, 30 koşum sonucu elde edilen sonuçlar ± 30 lastiklik hata payı ile sistem değişkenliğini ifade etmeye yeterli olacaktır.

Tablo 7.12. Ambarlanan lastik sayısına göre s(n) tahmini

Koşum No	Ambarlanan Lastik Sayısı(x_i)	$(x_i - \bar{x}_{ort})$	$(x_i - \bar{x}_{ort})^2$	Koşum No	Ambarlanan Lastik Sayısı(x_i)	$(x_i - \bar{x}_{ort})$	$(x_i - \bar{x}_{ort})^2$
1	8932	57,6	3317,76	20	8992	117,6	13829,76
2	8824	-50,4	2540,16	21	8802	-72,4	5241,76
3	8930	55,6	3091,36	22	8804	-70,4	4956,16
4	8672	-202,4	40965,76	23	8912	37,6	1413,76
5	8782	-92,4	8537,76	24	9038	163,6	26764,96
6	8910	35,6	1267,36	25	8948	73,6	5416,96
7	8854	-20,4	416,16	26	8800	-74,4	5535,36
8	8842	-32,4	1049,76	27	8914	39,6	1568,16
9	8826	-48,4	2342,56	28	8786	-88,4	7814,56
10	8818	-56,4	3180,96	29	8934	59,6	3552,16
11	8880	5,6	31,36	30	8824	-50,4	2540,16
12	8878	3,6	12,96	31	8804	-70,4	4956,16
13	8864	-10,4	108,16	32	8874	-0,4	0,16
14	9022	147,6	21785,76	33	8966	91,6	8390,56
15	8970	95,6	9139,36	34	8988	113,6	12904,96
16	8930	55,6	3091,36	35	8822	-52,4	2745,76
17	8894	19,6	384,16	TOPLAM	310604		236190,4
18	8858	-16,4	268,96	ORTALAMA	8874,4		
19	8710	-164,4	27027,36	S. SAPMA	83,347		

7.6. Model Doğruluğunun Kontrolü

Sistemde çalışanlar ve sistemi bilen mühendislerle birlikte animasyon izlenerek modelin istenen şekilde çalışıp çalışmadığı kontrol edilmiştir. İstenen doğruluk düzeyine ulaşıncaya kadar gerekli değişiklikler yapılmıştır.

7.7. Model Geçerliliğinin Kontrolü

Model'in istediğimiz Şekilde çalışmasını sağladıktan sonra, Mevcut Sistemi temsil edip etmediğini ortaya koymak amacıyla, Model sonuçları ve Mevcut Sistem sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada, PSR ve TBR hatlarında pişirilen lastikler için ortalama üretim zamanı ve dözęünlük ölçme makinelerinin ortalama verimlilikleri kullanılmıştır.

2002 yılına ait tesadüfi günler belirlenmiş, bu günlere ait teorik ve gerçekleşen ortalama üretim zamanları ve dözęünlük ölçme makinelerinin ortalama verimlilikleri işletme tarafından sağlanmıştır.

Tablo 7.13'te simülasyon sonucu PSR ve TBR hatlarında gerçekleşen ortalama üretim süreleri 31 simülasyon koşumu için gösterilmiştir. Ayrıca PSR ve TBR teorik ortalama üretim süreleri Mevcut Durum üretim planını gösteren Tablo 7.7'de belirtilmiştir.

Modelde tek bir üretim planıyla çalışıldığından, PSR ve TBR hatları için ayrı ayrı birer teorik ortalama üretim süresi vardır. Mevcut Sistem'de ise üretim planında yapılan değişikliklerden dolayı, günlük olarak teorik ortalama üretim süresi değişebilmektedir. Bu nedenle Mevcut Sistem'in gerçekleşen üretim süreleri simülasyon sonuçları ile karşılaştırılmadan önce düzeltme katsayısı dediğimiz bir katsayı ile düzeltilmiştir. Düzeltme katsayısı, Model teorik ortalama üretim zamanın Mevcut Sistem teorik ortalama üretim zamanına oranlanmasıyla elde edilmiştir. Daha sonra Mevcut Sistem'de gerçekleşen ortalama üretim süresi ile düzeltme katsayısı çarpılarak elde edilen veriler simülasyon sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Tablo 7.13. Simülasyon sonucu PSR ve TBR hatlarında gerçekleşen ortalama üretim süreleri

SİMÜLASYON SONUÇLARI						
Koşum No	TBR			PSR		
	Toplam Üretim Miktarı	Toplam Üretim Süresi (dk)	Ortalama Üretim Süresi	Toplam Üretim Miktarı	Toplam Üretim Süresi (dk)	Ortalama Üretim Süresi
	1	1908	100800	52,830	8090	118080
2	1850	100800	54,486	7980	118080	14,797
3	1896	100800	53,165	7969	118080	14,817
4	1908	100800	52,830	7996	118080	14,767
5	1902	100800	52,997	8018	118080	14,727
6	1910	100800	52,775	7979	118080	14,799
7	1912	100800	52,720	7974	118080	14,808
8	1900	100800	53,053	7890	118080	14,966
9	1916	100800	52,610	8004	118080	14,753
10	1902	100800	52,997	7912	118080	14,924
11	1868	100800	53,961	7868	118080	15,008
12	1865	100800	54,048	7944	118080	14,864
13	1910	100800	52,775	8046	118080	14,676
14	1878	100800	53,674	8004	118080	14,753
15	1896	100800	53,165	7970	118080	14,816
16	1880	100800	53,617	8004	118080	14,753
17	1894	100800	53,221	7884	118080	14,977
18	1894	100800	53,221	8028	118080	14,709
19	1869	100800	53,933	7863	118080	15,017
20	1886	100800	53,446	7934	118080	14,883
21	1888	100800	53,390	7986	118080	14,786
22	1864	100800	54,077	8028	118080	14,709
23	1894	100800	53,221	8008	118080	14,745
24	1880	100800	53,617	8070	118080	14,632
25	1882	100800	53,560	7914	118080	14,920
26	1890	100800	53,333	7850	118080	15,042
27	1890	100800	53,333	7990	118080	14,778
28	1888	100800	53,390	7906	118080	14,935
29	1898	100800	53,109	8076	118080	14,621
30	1906	100800	52,886	7898	118080	14,951
31	1904	100800	52,941	8074	118080	14,625

Tablo 7.14. PSR ortalama üretim süresi verileri

Veri No	Tarih	Gerçek Sistem	Model	Düzeltilme Katsayısı	Gerçek Sistem	Gerçek Sistem Düzeltilmiş
		Teorik Ort. Üretim Süresi (dk)	Gerçekleşen Ort. Üretim Süresi (dk)			
1	4,Oca	13,21	14,45	1,094	13,66	14,95
2	11,Oca	13,19	14,45	1,096	13,51	14,81
3	22,Oca	13,43	14,45	1,076	13,92	14,98
4	25,Oca	13,86	14,45	1,043	14,49	15,11
5	28,Oca	14,05	14,45	1,029	14,51	14,92
6	1,Şub	13,99	14,45	1,033	14,55	15,03
7	3,Mar	13,64	14,45	1,059	13,94	14,77
8	6,Mar	13,48	14,45	1,072	13,80	14,79
9	24,Mar	13,28	14,45	1,088	13,51	14,70
10	3,Nis	13,37	14,45	1,081	13,76	14,87
11	17,Nis	13,66	14,45	1,058	14,15	14,97
12	25,Nis	13,49	14,45	1,071	13,82	14,80
13	29,Nis	13,41	14,45	1,078	13,90	14,98
14	9,May	13,32	14,45	1,085	13,65	14,81
15	28,May	13,55	14,45	1,067	13,78	14,70
16	04 Haz.	13,45	14,45	1,075	13,77	14,80
17	21 Haz.	13,20	14,45	1,095	13,54	14,83
18	28 Haz.	13,35	14,45	1,082	13,67	14,80
19	02 Tem.	13,46	14,45	1,074	14,04	15,07
20	26 Tem.	13,62	14,45	1,061	14,08	14,93
21	02 Ağu.	13,73	14,45	1,053	14,11	14,85
22	06 Ağu.	13,52	14,45	1,069	13,85	14,80
23	13 Ağu.	13,52	14,45	1,069	14,05	15,02
24	20 Ağu.	13,35	14,45	1,082	14,02	15,18
25	23 Ağu.	13,67	14,45	1,057	14,17	14,98
26	11,Eyl	13,76	14,45	1,05	14,19	14,90
27	15,Eyl	13,56	14,45	1,066	13,81	14,72
28	29,Eyl	13,25	14,45	1,091	13,66	14,90
29	2,Eki	13,35	14,45	1,082	13,51	14,62
30	13,Eki	13,35	14,45	1,082	13,57	14,69
31	16,Eki	13,48	14,45	1,072	13,68	14,67

Tablo 7.14'te PSR ortalama üretim süreleri gösterilmiştir.

Model ve Mevcut Sistem'e ait PSR ortalama üretim sürelerinin aynı yığından gelip gelmediğini test etmek amacıyla kurulan boş hipotez;

H_0 :Model ve Mevcut Sistem'e ait PSR ortalama üretim süreleri aynı yığından geliyor.

alternatif hipotez;

H_a :Model ve Mevcut Sistem'e ait PSR ortalama üretim süreleri aynı yığından gelmiyor.

Denklem 5.2 kullanılarak $n=31$ için sınıf sayısı 5 olarak hesaplanmıştır. Denklem 5.1 yardımıyla Tablo 7.15'te gösterildiği gibi hesaplanan 4,31 χ^2 değeri, %5 önem düzeyi ve 4 serbestlik derecesiyle Ek-6'dan elde edilen kritik χ^2 değeri 9,488'den küçük olduğundan Model ve Mevcut Sistem'e ait PSR ortalama üretim süreleri aynı yığından geliyor.

Tablo 7.15. PSR ortalama üretim süresi χ^2 Testi

Sınıflar (i)	Gerçek Sistem Sonucu (E_i)	Simülasyon Sonucu (O_i)	$O_i - E_i$	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
14,623-14,734	6	6	0	0	0,00
14,734-14,845	9	12	3	9	1,00
14,845-14,956	7	6	-1	1	0,14
14,956-15,067	6	5	-1	1	0,17
15,067-15,178	3	0	-3	9	3,00
$\Sigma(O_i - E_i)^2 / E_i$					4,31

Tablo 7.16. TBR ortalama üretim süresi verileri.

Veri No	Tarih	Gerçek Sistem	Model	Düzeltilme Katsayısı	Gerçek Sistem	Düzeltilmiş Gerçek Sistem
		Teorik Ort. Üretim Süresi (dk)			Gerçekleşen Ort. Üretim Süresi (dk)	
1	4,Oca	53,48	52,20	0,98	53,99	52,71
2	11,Oca	53,74	52,20	0,97	53,60	52,06
3	22,Oca	53,83	52,20	0,97	55,28	53,61
4	25,Oca	54,48	52,20	0,96	55,06	52,76
5	28,Oca	54,51	52,20	0,96	56,30	53,91
6	1,Şub	54,56	52,20	0,96	54,89	52,52
7	3,Mar	53,08	52,20	0,98	53,92	53,03
8	6,Mar	53,00	52,20	0,99	54,18	53,37
9	17,Mar	53,72	52,20	0,97	53,62	52,10
10	24,Mar	53,60	52,20	0,97	54,17	52,75
11	3,Nis	53,79	52,20	0,97	54,85	53,23
12	25,Nis	54,12	52,20	0,97	54,97	53,02
13	29,Nis	54,14	52,20	0,96	55,53	53,54
14	9,May	53,39	52,20	0,98	54,52	53,30
15	28,May	52,75	52,20	0,99	54,06	53,50
16	04 Haz.	53,44	52,20	0,98	54,62	53,35
17	21 Haz.	54,19	52,20	0,96	55,17	53,15
18	28 Haz.	53,98	52,20	0,97	55,20	53,38
19	02 Tem.	53,98	52,20	0,97	55,72	53,88
20	26 Tem.	53,54	52,20	0,98	55,37	53,98
21	02 Ağus.	54,02	52,20	0,97	55,21	53,36
22	06 Ağus.	54,25	52,20	0,96	55,03	52,95
23	13 Ağus.	54,18	52,20	0,96	56,06	54,01
24	20 Ağus.	53,83	52,20	0,97	55,57	53,89
25	23 Ağus.	53,81	52,20	0,97	55,82	54,15
26	8,Eyl	54,06	52,20	0,97	54,33	52,46
27	11,Eyl	53,74	52,20	0,97	55,06	53,48
28	15,Eyl	53,72	52,20	0,97	54,86	53,30
29	29,Eyl	53,66	52,20	0,97	55,31	53,81
30	2,Eki	53,77	52,20	0,97	55,39	53,77
31	13,Eki	53,91	52,20	0,97	55,05	53,31
32	16,Eki	53,60	52,20	0,97	54,92	53,49

Tablo 7.16’da TBR ortalama üretim sürelerine ait veriler gösterilmiştir. Model ve Mevcut Sistem’e ait TBR ortalama üretim sürelerinin aynı yığından gelip gelmediğini test etmek amacıyla kurulan boş hipotez;

H_0 :Model ve Mevcut Sistem’e ait TBR ortalama üretim süreleri aynı yığından geliyor.

alternatif hipotez;

H_a :Model ve Mevcut Sistem’e ait TBR ortalama üretim süreleri aynı yığından gelmiyor.

Denklem 5.2 kullanılarak $n=32$ için sınıf sayısı 5 olarak hesaplanmıştır. Denklem 5.1 yardımıyla Tablo 7.17’de gösterildiği gibi hesaplanan 6,88 χ^2 değeri, % 5 önem düzeyi ve 4 serbestlik derecesiyle Ek-6’dan elde edilen kritik χ^2 değeri 9,488’den küçük olduğundan Model ve Mevcut Sistem’e ait TBR ortalama üretim süreleri aynı yığından geliyor.

Tablo 7.17. TBR ortalama üretim süresi χ^2 Testi

Sınıflar (i)	Gerçek Sistem Sonucu (E_i)	Simülasyon Sonucu (O_i)	$O_i - E_i$	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
52,063-52,481	3	0	-3	9	3,00
52,481-52,899	4	7	3	9	2,25
52,889-53,317	8	10	2	4	0,50
53,317-53,735	9	9	0	0	0,00
53,735-54,152	8	5	-3	9	1,13
$\sum (O_i - E_i)^2 / E_i$					6,88

Mevcut Sistem’de gerçekleşen düzgünlük ölçme makineleri verimlilikleri Tablo 7.18’de, simülasyon sonucu oluşan düzgünlük ölçme makineleri verimlilikleri Tablo 7.19’da belirtilmiştir.

Model ve Mevcut Sistem'e ait düzgünlük ölçme makineleri verimliliklerinin aynı yığından gelip gelmediğini test etmek amacıyla kurulan boş hipotez;

H_0 :Model ve Mevcut Sistem'e ait düzgünlük ölçme makineleri verimlilikleri aynı yığından geliyor.

alternatif hipotez;

H_a :Model ve Mevcut Sistem'e ait düzgünlük ölçme makineleri verimlilikleri aynı yığından gelmiyor.

Denklem 5.2 kullanılarak $n=32$ için sınıf sayısı 5 olarak hesaplanmıştır. Denklem 5.1 yardımıyla Tablo 7.20'de gösterildiği gibi hesaplanan $4,87 \chi^2$ değeri, %5 önem düzeyi ve 4 serbestlik derecesiyle Ek-6'dan elde edilen kritik χ^2 değeri 9,488'den küçük olduğundan Model ve Mevcut Sistem'e ait düzgünlük ölçme makineleri verimlilikleri aynı yığından geliyor.

Tablo 7.18. Mevcut Sistem'de gerçekleşen düzgün. ölçme makineleri verimlilikleri

Veri No	Tarih	Ortalama	Veri No	Tarih	Ortalama
1	4,Oca	97,32	17	04 Haz.	97,44
2	11,Oca	96,75	18	21 Haz.	97,18
3	22,Oca	97,78	19	28 Haz.	96,41
4	25,Oca	97,23	20	02 Tem.	95,62
5	28,Oca	97,36	21	26 Tem.	97,74
6	1,Şub	96,82	22	02 Ağus.	97,42
7	3,Mar	97,26	23	06 Ağus.	97,09
8	6,Mar	96,87	24	13 Ağus.	96,31
9	17,Mar	96,68	25	20 Ağus.	96,29
10	24,Mar	98,36	26	23 Ağus.	97,02
11	3,Nis	97,38	27	11,Eyl	96,3
12	17,Nis	96,21	28	15,Eyl	97,12
13	25,Nis	96,12	29	29,Eyl	96,65
14	29,Nis	96,95	30	2,Eki	96,67
15	9,May	97,25	31	13,Eki	97,62
16	28,May	97,31	32	16,Eki	96,59

Tablo 7.19. Simülasyon sonucu düzgünlük ölçme makineleri verimlilikleri

Koşum No	Düz. Ölçme1	Düz. Ölçme2	Düz. Ölçme3	Düz. Ölçme4	Düz. Ölçme5	Ort
1	96,47	97,63	93,47	96,47	98,43	96,49
2	97,30	98,18	92,21	96,86	98,97	96,70
3	97,01	96,86	92,96	96,63	99,51	96,59
4	96,61	97,73	97,10	97,40	98,76	97,52
5	96,64	99,47	92,78	97,04	99,72	97,13
6	96,75	98,47	96,25	97,16	98,94	97,51
7	96,40	97,62	96,90	96,96	98,76	97,33
8	96,89	97,26	97,19	96,85	99,03	97,44
9	96,28	97,88	98,99	96,58	98,34	97,61
10	96,50	97,94	92,41	97,90	99,06	96,76
11	96,56	97,11	94,92	97,19	98,94	96,94
12	97,37	98,20	97,05	96,51	99,27	97,68
13	96,45	98,14	96,87	97,31	99,09	97,57
14	97,03	98,25	96,56	96,66	99,30	97,56
15	96,91	97,85	91,84	95,79	98,82	96,24
16	96,58	97,89	93,67	96,97	98,40	96,70
17	96,82	98,68	93,02	96,94	98,82	96,86
18	96,81	97,52	97,59	96,69	98,88	97,50
19	97,32	98,80	94,77	96,35	99,93	97,43
20	96,68	97,69	92,02	96,91	99,24	96,51
21	96,68	97,80	92,72	96,87	99,42	96,70
22	96,52	98,87	95,60	96,73	98,46	97,24
23	96,81	97,66	97,62	97,15	98,97	97,64
24	96,73	98,65	93,02	95,99	98,79	96,64
25	96,70	97,70	95,60	96,38	98,76	97,03
26	96,71	95,76	97,91	97,53	99,24	97,43
27	96,83	97,48	95,33	96,33	98,64	96,92
28	96,17	98,37	97,03	97,89	99,51	97,79
29	96,98	98,29	91,34	97,78	98,91	96,66
30	96,47	97,84	92,80	97,70	99,72	96,91
31	97,35	98,21	93,40	96,53	98,82	96,86
32	96,68	97,17	97,48	96,42	98,13	97,18

Tablo 7.20. Düzgünlük ölçme makineleri verimlilikleri χ^2 Testi

Sınıflar (i)	Gerçek Sistem Sonucu (E _i)	Simülasyon Sonucu (O _i)	O _i -E _i	(O _i -E _i) ²	(O _i -E _i) ² /E _i
52,063-52,481	2	0	-2	4	2,00
52,481-52,899	9	9	0	0	0,00
52,889-53,317	11	10	-1	1	0,09
53,317-53,735	9	13	4	16	1,78
53,735-54,152	1	0	-1	1	1,00
$\Sigma(O_i-E_i)^2/E_i$					4,87

7.8. Alternatiflerin Modellenmesi

Mevcut sistemin doğruluğu ve geçerliliği sağlandıktan sonra model üzerinde gerekli değişiklikler yapılarak alternatif modeller elde edilmiştir.

7.8.1. Alanlar

Alternatif tasarımlarda şimdiki durumdan farklı olarak PSR palet alanları ve düzgünlük boşaltma alanları kaldırılmıştır. Yükleme-1 bölgesiyle düzgünlük giriş konveyörleri arasına yeni konveyörler ve PSR Barkod okuyucu eklenmiştir. TBR palet alanları düzgünlük yükleme alanlarına yaklaştırılmıştır. TBR kontrol alanlarıyla TBR palet alanları arasına konveyör hattı kurulmuştur. Yanal Salgı Tamir alanının yeri değiştirilmiş ve düzgünlük ölçme makineleri, Yanal Salgı Tamir Alanı ve PSR Barkod Okuyucu arasına konveyör hattı kurulmuştur. Ayrıca PSR hattına 8 pres makinesi eklenmiştir.

7.8.2. Varlıklar

Alternatif tasarımlarda mevcut sistemden farklı bir varlık kullanılmamıştır.

7.8.3. Yol ağları

Alternatif tasarımlarda ; mevcut sistemde Taşıyıcının yaptığı işi konveyör hatları yaptığından Taşıyıcı Operatörün kullandığı yol ağı kaldırılmıştır. Forkliftin,

düzgünlük taşıyıcıların, TBR taşıyıcının ve Yanal Salgı Tamir Operatörünün kullandığı yol ağıları yeni tasarıma uygun olarak değiştirilmiştir.

7.8.4. Kaynaklar

Mevcut durumun modelinden farklı olarak;

- Taşıyıcı ve Düzgünlük Taşıyıcı-3 kullanılmamıştır
- Düzgünlük Taşıyıcı-1 ve Düzgünlük Taşıyıcı-2: Düzgünlük Ölçme-1, Düzgünlük Ölçme-2, Düzgünlük Ölçme-3 ve Düzgünlük Ölçme-4 makinelerinden çıkan lastikleri paletlere yüklerler.
- TBR Taşıyıcı: TBR Çıkış Konveyöründen gelen lastikleri TBR palet alanlarındaki paletlere, Düzgünlük Ölçme-5 Makinesi'nden gelen lastikleri düzgünlük yükleme alanlarındaki paletlere yükler.
- Yanal Salgı Tamir Operatörü: Yanal Salgı Kusurlu Konveyöründen aldığı lastikleri Yanal Salgı Tamir Alanında kontrol eder. Tamir edilen lastikleri Yanal Salgı Çıkış Konveyörüne taşır.

7.8.5. İşlemler

Alternatif tasarımlarda lastiğin PSR kontrol alanlarından ambarlanıncaya kadar olan süreci mevcut durumdan farklıdır. Alternatif-1 ve Alternatif-2 için lastiğin PSR kontrol alanlarından itibaren göreceği işlemler sırasıyla Ek-7 ve Ek-8'de gösterilmiştir.

Ayrıca alternatif tasarımlarda TBR bölgesinde kontrol edilen lastiğin ambara gidinceye kadar geçirdiği süreç mevcut durumdan farklıdır. Alternatif-1 ve Alternatif-2 için bu süreç Ek-9'da gösterilmiştir.

7.8.6. Varışlar

PSR bölgesine eklenen 8 pres makinesine Tablo 7.21'e uygun olarak lastik varışı tanımlanmıştır. PSR palet, düzgünlük boşaltma ve yanal salgı yükleme alanları için tanımlanan boş palet varışları iptal edilmiştir.

Tablo 7.21. Yeni preslere ham lastik varışları

Ana Grup Kodu	Grup Kodu	Ürün Kodu	Jant Ölçüsü (inç)	Pres Tahsisi (pres/gün)
KBN2	LVR	K541	15	1
KBN2	PSR	3370	13	1
KBN2	PSR	3409	13	3
KBN2	PSR	4230	14	1
KBN2	PSR	8070	15	1
KBN2	PSR	8145	15	1
Toplam				8

7.8.7. Vardiyalar

Alternatif modellerde Düzgünlük Taşıyıcı-3'ün kullandığı Çizelge-4 kullanılmamıştır. Kaynaklar Tablo 7.22'de gösterilen çizelgeleri kullanmaktadır. Tabloda da görüldüğü gibi, mevcut durumdan farklı olarak Düzgünlük Taşıyıcı-3 ve Taşıyıcı alternatif modellerde kullanılmamıştır.

Tablo 7.22. Alternatif tasarımlarda kaynakların kullandığı çizelgeler ve çalışma zamanları

Kaynaklar	Çizelge	00:00-08:00	08:00-16:00	16:00-00:00
Sınıflandırıcı	Çizelge 1	x	x	x
Düz.Taşıyıcı 1	Çizelge 1	x	x	x
Düz.Taşıyıcı 2	Çizelge 1	x	x	x
TBR Kontrolör 1	Çizelge 1	x	x	x
Yan. S. Kontrolör	Çizelge 1	x	x	x
Forklift	Çizelge 1	x	x	x
Kontrolör 1	Çizelge 2	x	x	x
TBR Kontrolör 2	Çizelge 2	x	x	x
Kontrolör 2	Çizelge 3	x	x	x
TBR Taşıyıcı	Çizelge 3	x	x	x

7.8.8. Kullanıcı tanımlı dağılımlar

Mevcut durumun modeli ve alternatiflerde kullanılan dağılımlar aynıdır.

7.9. Sonuçların Analizi

35 bağımsız simülasyon koşumu sonuçlarına göre, üretim sistemlerinde performans ölçüm kriteri olarak kabul edilen aşağıdaki kriterler kullanılarak Alternatif Tasarım-1, Alternatif Tasarım-2 ve Mevcut Durum karşılaştırılmıştır.

1. Üretim miktarı
2. Çevrim süresi
3. Makine faydalanma oranı
4. İşgücü faydalanma oranı
5. Ara-stok miktarı

7.9.1. Üretim miktarının karşılaştırılması

Tablo 7.23'de 35 simülasyon koşumu sonucu Mevcut Durum, Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2 için elde edilen üretim miktarları gösterilmiştir. Mevcut Duruma göre Alternatif Tasarım-1'de %11,83, Alternatif Tasarım-2'de %11,61'lik üretim artışı olmuştur. Mevcut Durum ve alternatif tasarımlar arasında ki bu fark, taşıma sisteminde yapılan değişikliklerin yanı sıra alternatif tasarımlarda yapılan 8 preslik artıştan kaynaklanmaktadır. İkili kombinasyonlarla Mevcut Durum, Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin üretim miktarları arasında önemli fark olup olmadığı test edilmiştir.

Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-1'in üretim miktarları arasında önemli fark olup olmadığına yönelik kurulan boş hipotez;

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ (Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-1'in üretim miktarları farklı değildir.)

alternatif hipotez;

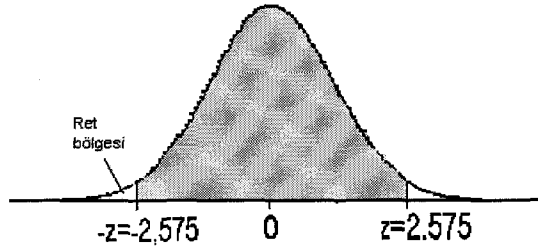
$H_a : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ 'dır. (Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-1'in üretim miktarları farklıdır.)

Tablo 7.23. Simülasyon sonucu üretim miktarları

Koşum No	Mevcut Durum	Alternatif 1	Alternatif 2	Koşum No	Mevcut Durum	Alternatif 1	Alternatif 2
	Üretim Miktarı (adet)				Üretim Miktarı (adet)		
1	8954	9964	10176	20	8676	9862	9834
2	8800	9790	10038	21	8760	9824	9926
3	8794	9810	10020	22	8802	10052	9858
4	8920	9992	9970	23	8874	10170	9678
5	9114	10166	9776	24	8804	10056	10114
6	9078	9876	9958	25	8840	10012	9936
7	8870	10178	10004	26	8994	9708	9954
8	8840	9762	9866	27	8950	10198	9754
9	8838	9966	9732	28	8716	9684	10092
10	8996	9888	9958	29	8874	9650	9720
11	8640	9962	9904	30	8920	10016	9646
12	8836	9702	10108	31	8758	9656	9974
13	8836	9914	9806	32	8958	9926	9892
14	8914	10088	9522	33	8802	10056	10018
15	8872	9716	9938	34	8886	10048	9898
16	8922	9980	9908	35	8914	10032	9856
17	8874	9910	9842	Ort.	8868	9917,31	9897,49
18	8914	9960	9996	Std.Sap.	99,73	168,44	161,89
19	8840	9532	9760	Varyans	9945,41	28372,03	26208,37

Denklemler 6.3 yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanan $-31,71$ z değeri,

$$z = \frac{8868,00 - 9917,31}{\sqrt{\frac{9945,41}{35} + \frac{28372,03}{35}}} = -31,71$$



%1 önem düzeyi ile Ek-10'da gösterilen Standart Normal Olasılıklar tablosundan çift kuyruk için elde edilen $-2,575$ 'lik z kritik değerinden küçük olduğundan ret bölgesine girer. Yani H_0 ret edilir. Buna göre Mevcut Durum ve Alternatif

Tasarım-1'in üretim miktarı arasındaki fark önemlidir. p değeri=0'dır. Hiçbir önem düzeyinde H_0 kabul edilmez.

Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-2'nin üretim miktarları arasında önemli fark olup olmadığına yönelik kurulan boş hipotez;

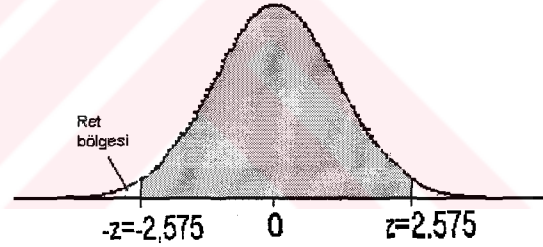
$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ (Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-2'nin üretim miktarları farklı değildir.),

alternatif hipotez ;

$H_a : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ 'dır. (Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-2'nin üretim miktarları farklıdır.)

Denklemler 6.3 yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanan -32,03 z değeri,

$$z = \frac{8868,00 - 9897,49}{\sqrt{\frac{9945,41}{35} + \frac{26208,37}{35}}} = -32,03$$



%1 önem düzeyi ile Ek-10'da gösterilen Standart Normal Olasılıklar tablosundan çift kuyruk için elde edilen -2,575'lik z kritik değerinden küçük olduğundan ret bölgesine girer. Yani H_0 ret edilir. Buna göre Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-2'nin üretim miktarları arasındaki fark önemlidir. p değeri=0'dır. Hiçbir önem düzeyinde H_0 kabul edilmez.

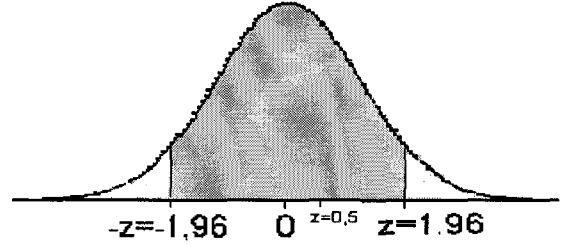
Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin üretim miktarları arasında önemli fark olup olmadığına yönelik kurulan boş hipotez;

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ (Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin üretim miktarları farklı değildir.),

alternatif hipotez;

$H_a : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ 'dır. (Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin üretim miktarları farklıdır.)

$$z = \frac{9917,31 - 9897,49}{\sqrt{\frac{28372,03}{35} + \frac{26208,37}{35}}} = 0,5$$



0,5 z değeri, % 5 önem düzeyi ile Ek-10'da gösterilen Standart Normal Olasılıklar tablosundan çift kuyruk için elde edilen -1,96 ve 1,96 z kritik değerleri arasında olduğundan ret bölgesine girmez. Yani H_0 ret edilmez. Buna göre Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin üretim miktarları arasında önemli fark yoktur. p değeri=0,6170'tir. Ancak % 61,70'ten daha büyük bir önem düzeyinde H_0 ret edilebilir.

7.9.2. Çevrim sürelerinin karşılaştırılması

Mevcut Durum, Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'de 35 simülasyon koşumu sonucu PSR lastiklerinin ortalama çevrim sürelerine ait özet bilgiler Tablo 7.24'te gösterilmiştir.

Tablo 7.24. Ortalama çevrim süreleri.

Sistem	Ortalama	Std. Sapma	Varyans
Mevcut Durum	448,54	16,08	258,48
Alterantif Tasarım-1	370,19	15,66	245,35
Alterantif Tasarım-2	355,78	11,46	131,33

Tablo 7.25'te görüldüğü gibi çevrim süreleri Mevcut Duruma göre Alternatif Tasarım-1'de %15,02'lik Alternatif Tasarım-2'de %18,33'lük bir iyileşme olmuştur. İkili kombinasyonlarla Mevcut Durum, Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin çevrim süreleri arasında önemli fark olup olmadığı test edilmiştir.

Tablo 7.25. Ortalama çevrim süresi ve iyileşme miktarı

Sistem	Ort. Çevrim Süresi	Yüzde İyileşme
Mevcut Durum	448,54	-
Alternatif Tas. 1	381,16	15,02
Alternatif Tas. 2	366,33	18,33

Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-1'in çevrim süreleri arasında önemli fark olup olmadığına yönelik olarak kurulan boş hipotez;

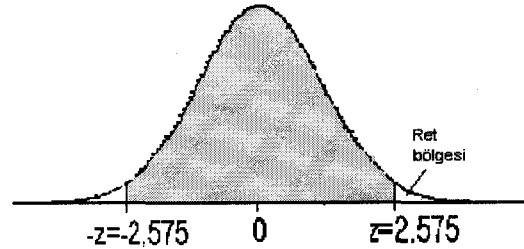
$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ (Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-1'in çevrim süreleri farklı değildir.),

alternatif hipotez ;

$H_a : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ 'dır. (Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-1'in çevrim süreleri farklıdır.)

Denklem 6.3 yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanan 17,88 z değeri,

$$z = \frac{448,54 - 381,16}{\sqrt{\frac{258,48}{35} + \frac{238,36}{35}}} = 17,88$$



%1 önem düzeyi ile Ek-10'da gösterilen Standart Normal Olasılıklar tablosundan çift kuyruk için elde edilen 2,575 z kritik değerinden büyük olduğundan ret bölgesine

girer. Yani H_0 ret edilir. Buna göre Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin çevrim süreleri arasında önemli fark vardır. p değeri=0'dır. Hiçbir önem düzeyinde H_0 kabul edilmez.

Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-2'nin çevrim süreleri arasında önemli fark olup olmadığına yönelik olarak kurulan boş hipotez;

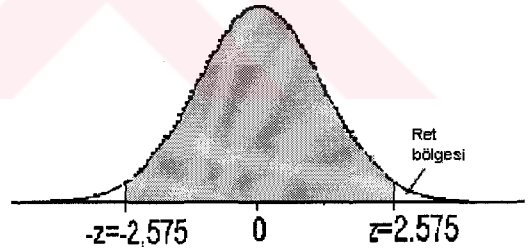
$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ (Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-2'nin çevrim süreleri farklı değildir.),

alternatif hipotez ;

$H_a : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ 'dır. (Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-2'nin çevrim süreleri farklıdır.)

Denklem 6.3 yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanan 24,75 z değeri,

$$z = \frac{448,54 - 366,33}{\sqrt{\frac{258,48}{35} + \frac{127,74}{35}}} = 24,75$$



%1 önem düzeyi ile Ek-10'da gösterilen Standart Normal Olasılıklar tablosundan çift kuyruk için elde edilen 2,575 z kritik değerinden büyük olduğundan ret bölgesine girer. Yani H_0 ret edilir. Buna göre Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-2'nin çevrim süreleri arasındaki fark önemlidir. p değeri=0'dır. Hiçbir önem düzeyinde H_0 kabul edilmez.

Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin çevrim süreleri arasında önemli fark olup olmadığına yönelik olarak kurulan boş hipotez;

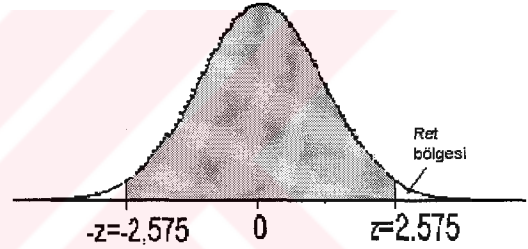
$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ (Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin çevrim süreleri farklı değildir.),

alternatif hipotez ;

$H_a : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ 'dır. (Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin çevrim süreleri farklıdır.)

Denklem 6.3 yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanan 4,59 z değeri,

$$z = \frac{381,16 - 366,33}{\sqrt{\frac{238,36}{35} + \frac{127,74}{35}}} = 4,59$$



%1 önem düzeyi ile Ek-10'da gösterilen Standart Normal Olasılıklar tablosundan çift kuyruk için elde edilen 2,575 z kritik değerinden büyük olduğundan ret bölgesine girer. Yani H_0 ret edilir. Buna göre Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin çevrim süreleri arasındaki fark önemlidir. p değeri=0'dır. Hiçbir önem düzeyinde H_0 kabul edilmez.

7.9.3. Makine faydalanma oranlarının karşılaştırılması

35 simülasyon koşumu sonucu elde edilen makine faydalanma oranları Tablo 7.26, Tablo 7.27 ve Tablo 7.28'de sırasıyla Mevcut Durum, Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2 için gösterilmiştir. Tablo 7.29'de gösterildiği gibi Mevcut

Duruma oranla Alternatif Tasarım-1'de % 7.5, Alternatif Tasarım-2'de % 7,2'lik artış olmuştur. Bu artışların sebebi büyük ölçüde üretim miktarındaki artıştır.

Tablo 7.26. Mevcut Durum makine faydalanma oranları.

Koşum No	Oto. Traş.		PSR Den.Kontrol			Düz. Ölçme					TBR O. Tra.	TBR D. Kontrol		Açık Kord		Geo. Ort.
	1	2	1	2	3	1	2	3	4	5		1	2	1	2	
1	90	90	78	90	65	96	98	93	96	33	44	70	68	85	51	73,30
2	88	88	79	87	59	97	98	92	97	33	43	65	63	81	46	70,98
3	88	88	78	88	60	97	97	93	97	33	44	67	71	81	53	72,53
4	90	90	78	90	65	97	98	97	97	33	44	68	72	81	55	73,73
5	89	89	79	90	66	97	99	93	97	33	44	70	68	84	51	73,49
6	88	88	78	89	61	97	98	96	97	33	44	69	70	84	50	72,91
7	88	88	80	90	63	96	98	97	97	33	44	69	73	82	54	73,56
8	87	87	79	88	58	97	97	97	97	33	44	68	70	82	52	72,46
9	88	88	79	88	60	96	98	99	97	33	44	70	72	82	54	73,42
10	87	87	79	86	53	97	98	92	98	33	44	68	69	82	51	71,57
11	87	87	78	87	58	97	97	95	97	33	43	66	66	80	50	71,47
12	87	87	80	85	53	97	98	97	97	33	44	68	72	82	53	72,24
13	89	89	78	91	64	96	98	97	97	33	44	68	71	82	53	73,38
14	89	89	79	91	65	97	98	97	97	33	44	66	68	80	50	72,80
15	88	88	79	88	60	97	98	92	96	33	44	69	69	82	52	72,45
16	89	89	79	90	64	97	98	94	97	33	44	67	69	80	51	72,71
17	87	87	80	87	56	97	99	93	97	33	44	68	69	83	52	72,09
18	90	90	79	93	74	97	98	98	97	33	44	69	70	82	51	74,20
19	87	87	80	86	52	97	99	95	96	33	44	70	71	83	53	72,22
20	87	87	78	88	60	97	98	92	97	33	44	67	71	80	52	72,13
21	88	88	80	86	53	97	98	93	97	33	44	68	67	83	50	71,59
22	90	90	78	90	65	97	99	96	97	33	43	67	67	81	50	72,56
23	88	88	79	89	65	97	98	98	97	33	44	70	70	84	48	73,13
24	89	89	78	90	65	97	99	93	96	33	44	67	68	81	51	72,70
25	88	88	78	90	67	97	98	96	96	33	44	66	68	80	50	72,59
26	86	86	78	87	56	97	96	98	98	33	44	68	69	82	51	71,91
27	88	88	80	88	57	97	97	95	96	33	44	67	70	81	53	72,33
28	87	87	78	83	47	96	98	97	98	33	44	69	68	83	50	70,98
29	89	89	78	88	57	97	98	91	98	33	44	68	71	80	53	72,44
30	87	87	79	87	60	96	98	93	98	33	44	69	72	82	52	72,61
31	89	89	79	88	61	97	98	93	97	33	44	66	69	82	51	72,44
32	87	87	79	88	60	97	97	97	96	33	43	65	68	79	50	71,84
33	87	87	78	86	56	97	98	94	97	33	44	67	70	82	52	71,91
34	88	88	78	85	57	96	98	97	97	33	44	65	72	78	54	71,95
35	87	87	79	87	58	97	97	97	96	33	44	65	74	77	57	72,53
Geo. Ortalama.																72,49
Std. Sapma																0,75

Tablo 7.27. Alternatif Tasarım-1 makine faydalanma oranları.

Koşum No	Oto. Traş.		PSR Den.Kontrol			Düz. Ölçme					TBR Oto.	TBR D. Kontrol		Açık Kord		Geo. Ort.
	1	2	1	2	3	1	2	3	4	5	Trş.	1	2	1	2	
2	92	93	77	92	67	91	92	95	100	96	42	66	67	80	48	77,48
3	92	92	77	91	68	90	92	94	100	94	42	63	70	74	51	77,19
4	92	92	78	89	59	92	93	95	100	95	42	64	70	76	51	76,89
5	94	94	78	92	68	93	95	97	100	96	43	64	71	76	52	78,57
6	92	92	79	90	63	88	91	96	97	95	42	64	68	76	47	76,21
7	94	94	76	93	71	92	93	97	97	96	42	64	71	75	52	78,31
8	95	95	80	95	80	90	92	92	100	93	43	65	72	76	55	79,64
9	94	94	76	92	71	90	92	96	100	95	42	63	71	75	52	78,00
10	99	99	78	99	93	91	94	94	100	95	42	65	69	78	51	80,57
11	94	94	73	90	66	87	89	95	100	95	42	63	68	75	48	76,32
12	97	97	75	97	86	91	93	95	100	95	43	66	68	79	49	79,74
13	91	91	79	89	58	91	92	96	97	95	43	63	71	75	52	76,70
14	93	93	77	92	69	91	92	94	99	95	43	64	71	76	53	78,13
15	94	94	77	92	69	89	91	94	100	94	43	67	69	78	50	77,96
16	94	94	77	94	73	93	94	98	98	97	42	64	70	76	51	78,75
17	93	93	78	90	63	91	93	95	100	95	42	66	68	81	48	77,50
18	93	93	78	91	63	92	94	97	97	97	42	66	67	80	50	77,68
19	92	92	77	89	63	87	90	94	100	94	42	64	70	75	52	76,71
20	92	92	77	89	61	91	93	97	99	97	43	66	69	78	50	77,35
21	91	91	77	88	61	90	91	96	96	96	43	65	70	77	51	76,83
22	94	94	78	91	66	93	93	96	100	96	43	64	72	75	55	78,53
23	95	95	78	94	74	95	97	97	100	96	42	64	70	77	49	79,16
24	94	94	78	91	66	92	94	97	100	96	42	66	68	80	50	78,14
25	96	97	81	98	92	92	94	94	100	93	42	68	68	80	50	80,70
26	92	92	78	90	63	88	90	93	100	94	43	64	72	75	52	77,02
27	93	93	80	89	59	94	96	98	99	97	42	67	69	80	49	77,90
28	93	93	77	92	69	92	94	94	100	94	42	63	71	75	51	77,91
29	93	93	76	90	66	89	91	95	100	95	42	64	69	78	49	77,02
30	93	93	78	92	67	94	95	97	100	97	42	64	69	76	48	77,91
31	93	93	77	91	66	89	90	94	100	94	42	63	71	75	52	77,22
32	92	92	79	90	62	88	90	95	96	94	42	63	68	74	50	76,19
33	92	92	75	91	68	90	91	95	100	94	42	63	71	75	51	77,28
34	95	95	78	93	70	92	94	97	100	97	43	64	69	76	49	78,57
35	95	95	79	95	80	93	95	96	100	96	43	66	70	77	50	79,62
Geo. Ortalama.																77,93
Std. Sapma																1,15

Tablo 7.28. Alternatif Tasarım-2 makine faydalanma oranları.

Koşum No	Oto. Traş.		PSR Den.Kontrol			Düz. Ölçme					TBR O.	TBR D. Kontrol		Açık Kord		Geo. Ort.
	1	2	1	2	3	1	2	3	4	5	Tra.	1	2	1	2	
2	95	95	77	93	72	99	96	93	99	87	43	66	67	80	50	78,70
3	93	94	76	93	73	100	96	93	95	88	42	64	69	77	50	78,15
4	92	92	76	90	65	99	97	95	96	89	42	65	68	77	47	77,12
5	93	93	77	92	68	99	96	93	97	87	42	64	69	76	50	77,52
6	92	92	78	90	63	99	96	93	98	87	43	68	69	81	49	77,62
7	94	94	76	93	69	99	97	94	97	89	42	69	67	85	48	78,44
8	93	93	77	91	67	99	96	92	99	87	42	66	69	81	48	77,79
9	93	93	76	90	62	99	97	94	99	88	43	67	70	80	51	77,79
10	94	94	78	93	74	99	97	94	100	86	42	62	69	75	50	78,16
11	92	92	76	90	62	99	96	93	97	87	42	63	70	75	51	76,69
12	95	95	76	92	68	99	97	95	100	89	42	65	68	76	51	78,30
13	93	93	77	90	64	99	98	95	93	91	43	67	67	80	49	77,63
14	91	91	77	90	65	99	95	91	92	81	42	63	71	74	52	76,23
15	93	93	78	91	69	99	97	93	99	87	43	64	70	76	51	78,03
16	92	92	79	90	63	99	96	94	96	89	43	65	70	77	52	77,63
17	93	93	78	92	68	99	97	93	98	90	41	64	68	78	45	77,39
18	93	93	78	91	66	99	96	93	96	89	42	62	71	75	50	77,24
19	91	91	79	89	62	99	96	92	99	84	41	62	67	74	48	75,78
20	94	94	78	92	68	100	98	95	94	91	42	64	67	76	47	77,47
21	94	93	77	93	72	99	96	94	98	89	42	65	68	77	49	78,15
22	93	93	77	91	66	99	97	94	98	87	43	66	70	79	51	78,07
23	92	92	78	90	62	99	95	90	99	82	43	63	71	75	52	76,91
24	100	100	81	100	98	98	96	95	100	86	43	65	72	76	52	81,66
25	93	93	79	92	68	99	97	95	100	87	43	65	70	78	49	78,21
26	93	93	77	93	71	99	96	93	99	87	42	67	68	80	48	78,17
27	93	93	78	91	65	99	95	92	100	84	42	66	69	79	50	77,60
28	93	93	77	91	66	99	96	92	96	88	42	65	70	78	50	77,55
29	92	92	78	90	62	99	95	92	98	84	43	65	71	77	52	77,23
30	92	92	75	91	67	99	96	93	97	87	43	65	70	77	50	77,31
31	93	93	80	89	59	99	97	94	100	90	42	64	67	78	47	76,96
32	93	93	78	91	64	99	96	94	98	90	43	64	72	75	55	78,33
33	93	93	77	90	65	99	97	93	98	86	42	64	67	78	47	76,81
34	92	92	78	91	66	99	96	92	95	87	42	65	67	79	48	76,94
35	96	96	79	93	71	100	97	95	98	92	43	65	73	76	54	79,66
Geo. Ortalama.															77,73	
Std. Sapma															1,00	

Tablo 7.29. Makine faydalanma oranı karşılaştırma.

Makine	Şimdiki Durum	Alternatif 1	Alternatif 2
	(Makine Faydalanma Oranı %)		
Oto. Traşlama 1	88,06	93,40	93,13
Oto. Traşlama 2	88,07	93,43	93,14
Denge Kont. 1	78,69	77,48	77,57
Denge Kont. 2	88,09	91,74	91,42
Denge Kont. 3	59,79	68,25	66,95
Düz. Ölçme 1	96,73	90,99	99,09
Düz. Ölçme 2	97,87	92,67	96,37
Düz. Ölçme 3	95,00	95,44	93,31
Düz. Ölçme 4	96,88	99,28	97,51
Düz. Ölçme 5	33,00	95,26	87,37
TBR Oto. Budama	43,84	42,41	42,34
TBR Denge Kont. 1	67,66	64,50	64,85
TBR Denge Kont. 2	69,60	69,63	69,12
Açık Kord 1	81,48	76,65	77,39
Açık Kord 2	51,55	50,52	49,76
Geo. Ortalama	72,49	77,93	77,73
% Artış	-	7,50	7,22

İkili kombinasyonlarla Mevcut Durum, Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin makine faydalanma oranları arasında önemli fark olup olmadığı test edilmiştir.

Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin makine faydalanma oranları arasında önemli fark olup olmadığına yönelik olarak kurulan boş hipotez;

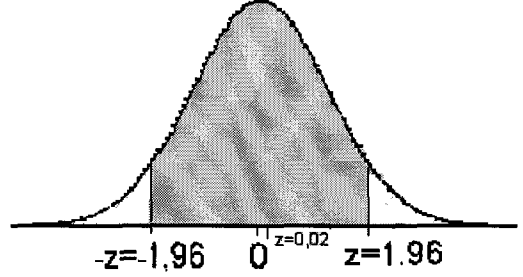
$H_0 : \pi_1 - \pi_2 = 0$ (Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin makine faydalanma oranları farklı değildir.)

alternatif hipotez ;

$H_a : \pi_1 - \pi_2 \neq 0$ 'dır. (Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin makine faydalanma oranları farklıdır.)

Denklem 6.5 kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanan 0,02 z değeri,

$$z = \frac{0,779 - 0,777}{\sqrt{\frac{0,778}{35} + \frac{0,778}{35}}} = 0,02$$



% 5 önem düzeyi ile Ek-10'da gösterilen Standart Normal Olasılıklar tablosundan çift kuyruk için elde edilen $-1,96$ ve $1,96$ ' lık z kritik değerleri arasında olduğundan ret bölgesine girmez. Yani H_0 ret edilmez. Buna göre Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2 arasında makine faydalanma oranları açısından önemli bir fark yoktur. p değeri= $0,9840$ 'tir. Ancak % $98,40$ 'tan daha büyük bir önem düzeyinde H_0 ret edilebilir.

Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-1'in makine faydalanma oranları arasında önemli fark olup olmadığına yönelik olarak kurulan boş hipotez;

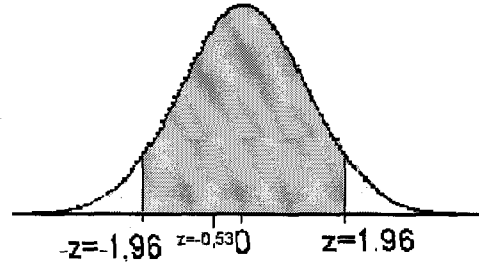
$H_0 : \pi_1 - \pi_2 = 0$ (Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-1'in makine faydalanma oranları farklı değildir.)

alternatif hipotez ;

$H_a : \pi_1 - \pi_2 \neq 0$ 'dır. (Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-1'in makine faydalanma oranları farklıdır.)

Denklem 6.5 kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanan $-0,53$ z değeri,

$$z = \frac{0,725 - 0,779}{\sqrt{\frac{0,752}{35} + \frac{0,752}{35}}} = -0,53$$



%5 önem düzeyi ile Ek-10'da gösterilen Standart Normal Olasılıklar tablosundan çift kuyruk için elde edilen -1,96 ve 1,96'lık z kritik değerleri arasında olduğundan ret bölgesine girmez. Yani H_0 ret edilmez. Buna göre Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-1 arasında makine faydalanma oranları açısından önemli fark yoktur. p değeri=0,5962'tir. Ancak % 59,62'den daha büyük bir önem düzeyinde H_0 ret edilebilir.

Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-2'nin makine faydalanma oranları arasında önemli fark olup olmadığına yönelik olarak kurulan boş hipotez;

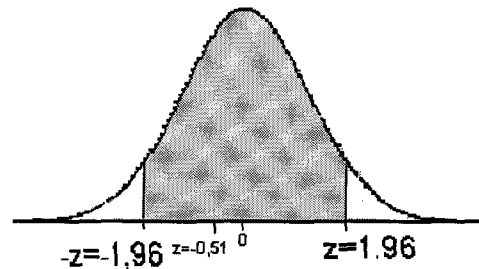
$H_0 : \pi_1 - \pi_2 = 0$ (Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-2'nin makine faydalanma oranları farklı değildir.)

alternatif hipotez ;

$H_a : \pi_1 - \pi_2 \neq 0$ 'dır. (Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-2'nin makine faydalanma oranları farklıdır.)

Denklem 6.5 kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanan -0,51 z değeri,

$$z = \frac{0,725 - 0,777}{\sqrt{\frac{0,751}{35} + \frac{0,751}{35}}} = -0,51$$



% 5 önem düzeyi ile Ek-10'da gösterilen Standart Normal Olasılıklar tablosundan çift kuyruk için elde edilen -1,96 ve 1.96'lık z kritik değerleri arasında olduğundan H_0 ret edilmez. Buna göre Mevcut Durum ve Alternatif Tasarım-2 arasında makine faydalanma oranları açısından önemli fark yoktur. p değeri=0,61'dir. Ancak % 61'den daha büyük bir önem düzeyinde H_0 ret edilebilir.

7.9.4. İşgücü faydalanma oranlarının karşılaştırılması

35 simülasyon koşumu sonucu elde edilen işgücü faydalanma oranları Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2 için sırasıyla Tablo 7.30 ve Tablo 7.31'de gösterilmiştir. Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin işgücü faydalanma oranları arasında önemli fark olup olmadığı test edilmiştir.

Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin işgücü faydalanma oranları arasında önemli fark olup olmadığına yönelik olarak kurulan boş hipotez;

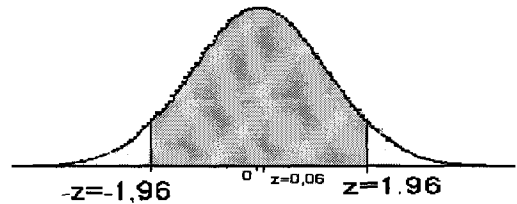
$H_0 : \pi_1 - \pi_2 = 0$ (Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin işgücü faydalanma oranları farklı değildir.)

alternatif hipotez ;

$H_a : \pi_1 - \pi_2 \neq 0$ 'dır. (Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin işgücü faydalanma oranları farklıdır.)

Denklem 6.5 kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanan 0,06 z değeri,

$$z = \frac{0,712 - 0,705}{\sqrt{\frac{0,709}{35} + \frac{0,709}{35}}} = 0,06$$



Tablo 7.30. Alternatif Tasarım-1 işgücü faydalanma oranı.

Koşum No	Sınıf. Opr.	Kontr. 1	Kontr. 2	Düz. Taşy. 1	Düz. Taşy. 2	TBR Taşy.	TBR Kontr. 1	TBR Kontr. 2	Yan. Sal. Kontr.	Fork. Opr.	Geo. Ort.
1	100	88	96	57	58	68	84	88	93	27	71,43
2	100	86	95	56	56	70	81	88	96	26	70,76
3	99	85	94	56	55	69	83	87	99	26	70,68
4	100	84	95	57	56	68	83	87	100	26	71,08
5	99	87	95	59	57	69	84	88	100	27	71,94
6	99	84	93	56	56	67	81	88	96	26	70,10
7	100	89	96	59	58	67	83	87	100	27	72,07
8	97	86	92	55	54	69	85	88	96	26	70,32
9	99	86	94	57	56	68	82	88	95	27	70,94
10	99	88	95	58	57	67	82	88	97	26	71,22
11	99	86	96	55	54	70	83	86	93	27	70,39
12	99	91	96	57	55	70	82	90	100	26	71,81
13	100	84	93	57	55	66	84	88	98	26	70,66
14	99	86	95	57	57	67	83	88	97	27	71,21
15	100	89	95	56	55	70	83	88	98	27	71,38
16	100	90	97	58	57	69	84	87	100	27	72,19
17	100	87	95	59	58	69	82	89	100	26	72,11
18	100	86	94	58	57	69	82	89	100	26	71,60
19	100	83	93	56	55	69	82	87	96	26	70,17
20	100	87	94	55	54	72	83	89	99	26	71,37
21	100	84	93	57	56	68	83	88	97	26	70,65
22	100	86	96	58	57	69	84	87	99	26	71,60
23	99	90	96	60	59	69	83	89	100	27	72,72
24	99	87	95	58	57	70	82	88	96	26	71,35
25	99	86	94	58	57	68	81	90	95	26	71,15
26	100	85	94	54	54	72	83	88	98	27	70,79
27	100	84	93	57	56	71	82	89	99	26	71,35
28	100	87	96	56	55	71	83	88	93	26	71,07
29	100	85	95	56	55	68	81	88	96	26	70,50
30	100	86	94	58	57	69	82	88	100	27	71,67
31	100	86	95	55	53	72	84	88	100	26	70,92
32	100	84	93	57	55	69	82	86	97	26	70,51
33	100	87	96	59	56	68	83	87	99	26	71,45
34	100	87	95	59	58	68	84	88	99	26	71,81
35	98	87	94	57	56	70	84	89	98	27	71,48
Geo. Ortalama											71,21
Std. Sapma											0,62
Varyans											0,38

Tablo 7.31. Alternatif Tasarım-2 işgücü faydalanma oranı.

Koşum No	Sınıf. Opr.	Kontr. 1	Kontr. 2	Düz. Taşiy. 1	Düz. Taşiy. 2	TBR Taşiy.	TBR Kontr. 1	TBR Kontr. 2	Yan. Sal. Kontr.	Fork. Opr.	Geo. Ort.
1	100	86	96	55	55	66	83	88	91	26	70,17
2	100	89	96	57	57	65	82	90	95	27	71,14
3	100	89	97	56	55	66	82	87	95	26	70,70
4	100	88	96	55	56	65	83	89	100	26	71,02
5	100	88	95	56	55	65	83	88	95	26	70,41
6	100	85	95	56	54	68	82	89	100	27	70,92
7	100	90	96	57	56	63	81	88	95	26	70,65
8	100	86	96	55	56	67	83	89	92	27	70,47
9	100	88	95	57	56	66	83	90	93	26	70,88
10	99	88	94	57	56	64	83	87	98	26	70,61
11	100	86	95	55	52	66	83	87	99	26	70,18
12	100	90	97	58	57	65	82	88	97	26	71,36
13	100	85	94	56	55	67	82	89	96	26	70,32
14	100	84	94	55	55	64	84	88	93	26	69,69
15	100	85	95	56	56	64	82	89	100	26	70,54
16	100	86	94	57	58	66	83	88	97	26	71,08
17	100	87	95	56	56	66	81	88	97	26	70,57
18	100	85	94	56	55	64	83	87	96	26	70,02
19	100	82	92	56	54	64	81	86	100	25	69,28
20	100	87	95	59	56	65	82	87	96	26	70,91
21	100	87	95	55	55	63	82	86	100	26	70,29
22	100	87	96	56	56	66	83	90	98	26	71,04
23	100	84	93	54	54	64	84	88	91	26	69,29
24	98	88	94	57	56	64	84	89	98	27	70,99
25	100	86	94	56	56	67	83	89	98	26	70,90
26	99	87	96	57	56	64	82	89	97	26	70,68
27	100	87	96	57	55	63	83	89	98	26	70,55
28	100	86	94	55	54	67	82	89	95	27	70,35
29	99	86	94	55	52	65	84	87	95	26	69,73
30	100	86	95	56	55	65	83	89	100	26	70,70
31	100	84	93	56	56	67	82	88	98	26	70,63
32	100	85	93	56	55	65	84	89	100	27	70,78
33	100	86	94	55	54	65	82	87	98	26	70,02
34	100	85	94	54	54	66	82	90	97	26	70,26
35	100	89	96	57	56	67	84	88	99	27	71,45
Geo. Ortalama											70,53
Std. Sapma											0,52
Varyans											0,27

%5 önem düzeyi ile Ek-10'da gösterilen Standart Normal Olasılıklar tablosundan çift kuyruk için elde edilen -1,96 ve 1.96' lık z kritik değerleri arasında olduğundan ret bölgesine girmez. Yani H_0 ret edilmez. Buna göre Alternatif Tasarım-1 ve

Alternatif Tasarım-2 arasında işgücü faydalanma oranları açısından önemli fark yoktur. p değeri=0,9522'dir. Ancak % 95,22'den daha büyük bir önem düzeyinde H_0 ret edilebilir.

Tablo 7.32'de görüldüğü gibi Mevcut Durumda PSR Yükleme-1 ve PSR Yükleme-2 bölgelerinden PSR palet alanlarına lastik taşıyan Taşıyıcı ve 2. vardiyada Düzgünlük Ölçme-5 makinesine yükleme ve boşaltma yapan Düzgünlük Taşıyıcı-3 alternatif tasarımlarda kullanılmamıştır.

Tablo 7.32. İşgücü faydalanma oranı karşılaştırması.

İşçi	Şimdiki Durum	Alternatif 1	Alternatif 2
	(İşgücü Faydalanma Oranı %)		
Sınıflandırıcı	82,71	99,54	99,78
Kontrolör 1	91,86	86,3	86,5
Kontrolör 2	89,34	94,64	94,82
Düz. Taşıyıcı 1	98,39	57,09	56,01
Düz. Taşıyıcı 2	98,83	56,04	55,24
TBR Taşıyıcı	44,91	68,94	65,17
TBR Kontrolör 1	89,51	82,77	82,62
TBR Kontrolör 2	78,57	87,99	88,16
Yan. Sal. Kontrolör	64,16	97,65	96,78
Geo. Ortalama	79,97	79,55	78,74
Forklift Opr.	60,86	26,34	26,21
Düz. Taşıyıcı 3	96,73	-	-
Taşıyıcı	98,55	-	-

Mevcut Durumda yaklaşık %60 oranında faydalanılan Forklift'in faydalanma oranı alternatif tasarımlarda %26'ya inmiştir. Böylece Forkliftten fabrikanın diğer kısımlarında da faydalanma imkanı doğmuştur.

Sınıflandırıcı Kontrolör-1 ve Kontrolör-2'nin toplam faydalanma oranları alternatif tasarımlarda Mevcut Duruma oranla yaklaşık %18 artmıştır. Bunun nedeni üretim miktarlarının artmasına rağmen bu işçilerin yaptıkları işin değişmemiş olmasıdır. Benzer şekilde Yanal Salgı Kontrolör'ün faydalanma oranı da alternatif tasarımlarda yaklaşık %33 artmıştır.

Düzensizlik Taşıyıcı-1 ve Düzensizlik Taşıyıcı-2'nin kullanım oranları alternatif tasarımlarda mevcut duruma göre yaklaşık %42 azalmıştır. Bunun nedeni ; bu işçilerin Mevcut Durumda yaptıkları düzensizlik boşaltma alanlarından düzensizlik giriş konveyörlerine lastik taşıma işlemini alternatif tasarımlarda yapmamalarıdır. Bu işçilerin yerine alternatif tasarımlarda tek bir işçi kullanılmış faat düzensizlik ölçme makineleri çıkışında darboğaz olduğu ve sistemlerin tıkanıp görülmüştür.

Mevcut Durumda TBR Taşıyıcı'nın % 44.91 olan faydalanma oranı Alternatif Tasarım-1'de %68,94, Alternatif Tasarım-2'de % 65.17'ye çıkmıştır. Bunun nedeni; TBR Taşıyıcı'nın Mevcut Durum'da TBR Ambarlama Konveyörü'nden TBR Palet alanlarına yaptığı taşımanın yanında alternatif tasarımlarda Düzensizlik Ölçme-5 Makinesi'nden çıkan lastikleri Düzensizlik Yükleme bölgesindeki paletlere taşımasıdır.

TBR Kontrolör-1 ve TBR Kontrolör-2'nin toplam faydalanma oranları Mevcut Durum ve alternatiflerde aynıdır.

Sonuç olarak Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2 arasında işgücü faydalanma oranı açısından fark yoktur.

Alternatif tasarımlarda, Mevcut Durum'da 3 vardiya çalışan 1 işçi ve tek vardiya çalışan 1 işçi'den tasarruf edilmiştir. Ayrıca fabrika içinde başka alanlarda da çalışan Forklift'in kullanımı %34 azaltılmıştır.

Artan üretim miktarı ve sistemden çıkartılan işçilere rağmen geriye kalan işgücünün faydalanma oranlarının ortalamaları Mevcut Durum, Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2 için yaklaşık olarak %79 seviyesindedir.

7.9.5. Ara-stok miktarının karşılaştırılması

Tablo 7.33 ve Tablo 7.34'te sırasıyla Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2 için, Yükleme-1 bölgesiyle düzgünlük ölçme makineleri arasındaki tüm mevkilerde simülasyon süresi içinde ortalama olarak bulundurduğu varlık sayıları ve toplamları, 35 simülasyon koşumu için gösterilmiştir.

35 simülasyon koşumunun ortalamaları kullanılarak Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2 ara-stok miktarına göre karşılaştırılmıştır.

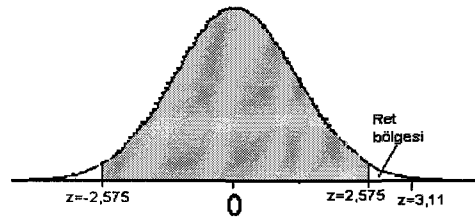
Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin ara-stok miktarları arasında önemli fark olup olmadığına yönelik olarak kurulan boş hipotez;

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ (Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin ara-stok miktarları farklı değildir.)

alternatif hipotez ;

$H_a : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ (Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin ara-stok miktarları farklıdır.) olarak kurulmuştur. Denklem 6.3 kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanan 3,11 z değeri,

$$z = \frac{79,59 - 68,56}{\sqrt{\frac{193,54}{35} + \frac{247,12}{35}}} = 3,11$$



Tablo 7.33. Alternatif Tasarım-1 ortalama ara-stok miktarı.

Koş. No	Yeni Konveyör			Bar. Ok.	Bekleme K.		DUZ. 1235 KON. GİR.	DUZ. 4 KON. GİR.	Düz 1	Düz 2	Düz 3	Düz 4	Düz 5	Düz 1	Düz 2	Düz 3	Düz 4	Düz 5	Y. Sal. Çık. K.	Ort.		
	1	2	3		-	2																
	Konveyör 1					Konveyör 2																
1	21,3	4,7	1,7	1,0	15,2	0,9	0,1	0,8	0,6	0,7	0,1	14,4	1,2	3,4	2,8	2,4	14,4	2,9	0,6	89,05		
2	15,4	4,0	1,6	1,0	11,3	0,8	0,1	0,7	0,6	0,3	0,1	14,1	0,8	4,2	3,6	3,2	14,3	3,6	0,6	80,46		
3	20,8	4,2	1,7	1,0	19,4	0,9	0,1	0,7	0,7	0,5	0,1	13,9	0,9	2,4	1,9	1,6	14,4	2,1	0,7	88,06		
4	13,7	3,7	1,6	1,0	9,9	0,8	0,1	0,7	0,8	0,6	0,2	14,8	1,1	4,0	3,5	3,3	14,4	3,7	0,7	78,40		
5	21,5	4,5	1,7	1,0	18,9	0,8	0,1	0,7	0,8	0,6	0,2	13,3	1,9	5,1	4,6	4,2	14,0	4,6	0,7	99,09		
6	5,6	1,6	0,7	0,8	1,9	0,3	0,1	0,3	0,7	0,5	0,2	8,0	1,6	6,0	5,4	5,1	11,0	5,5	0,6	55,90		
7	13,4	3,0	1,2	0,8	6,1	0,5	0,2	0,5	1,9	1,2	0,3	9,8	5,1	6,5	6,0	5,8	11,6	6,1	0,6	80,48		
8	24,9	4,9	1,9	1,0	24,8	1,0	0,1	0,8	0,6	0,4	0,1	15,0	0,8	1,7	1,2	1,0	14,4	1,5	0,7	96,83		
9	14,5	3,3	1,3	0,9	5,0	0,6	0,1	0,6	1,5	0,6	0,2	12,9	1,9	5,2	4,7	4,3	13,7	4,7	0,6	76,62		
10	25,8	5,2	1,9	1,0	25,2	1,0	0,1	0,8	0,6	0,3	0,1	15,0	0,8	2,5	2,0	1,7	14,4	2,1	0,7	101,03		
11	4,0	2,0	1,0	0,8	2,4	0,4	0,1	0,4	0,7	0,5	0,2	9,6	1,1	5,6	4,9	4,7	12,8	5,1	0,6	56,90		
12	19,3	4,3	1,7	1,0	16,5	0,9	0,1	0,8	0,6	0,3	0,1	14,8	0,8	3,5	2,8	2,5	14,4	3,0	0,7	87,93		
13	4,1	1,2	0,6	0,7	1,2	0,2	0,1	0,2	1,9	0,6	0,2	7,3	2,5	5,7	5,3	5,0	11,1	5,4	0,6	53,94		
14	11,3	2,7	1,3	0,9	9,4	0,6	0,1	0,6	1,1	0,6	0,2	11,7	1,7	5,3	4,8	4,5	13,2	4,9	0,7	75,46		
15	21,2	4,8	1,9	1,0	22,0	1,0	0,1	0,8	0,6	0,3	0,1	15,0	0,8	1,7	1,2	0,9	14,4	1,4	0,7	89,91		
16	5,6	1,7	0,8	0,8	2,0	0,3	0,2	0,3	2,3	0,9	0,3	7,6	4,2	7,1	6,5	6,1	11,8	6,5	0,6	65,26		
17	17,3	4,5	1,8	1,0	10,0	0,9	0,1	0,8	1,2	0,7	0,1	14,9	1,1	5,6	5,1	4,7	14,4	5,1	0,7	89,91		
18	3,3	1,1	0,6	0,7	1,1	0,2	0,2	0,1	2,5	1,3	0,4	4,7	6,1	8,1	7,6	7,4	9,8	7,7	0,6	63,36		
19	6,8	2,3	1,2	0,8	5,1	0,5	0,1	0,5	0,6	0,3	0,1	12,3	0,8	3,8	3,2	2,9	14,2	3,3	0,6	59,34		
20	3,6	1,4	0,8	0,8	2,6	0,3	0,2	0,3	2,3	1,2	0,3	8,2	4,7	8,8	8,4	8,2	12,8	8,5	0,6	73,77		
21	6,1	1,7	0,7	0,8	1,5	0,3	0,1	0,3	0,7	0,8	0,2	8,5	1,9	6,2	5,6	5,4	11,1	5,7	0,6	58,12		
22	9,3	2,6	1,2	0,9	7,5	0,5	0,2	0,5	1,4	0,9	0,3	11,3	4,2	6,6	6,1	5,9	13,9	6,2	0,6	79,95		
23	23,0	4,9	1,8	1,0	15,1	0,9	0,1	0,8	0,6	0,4	0,1	15,0	0,8	4,5	3,8	3,4	14,4	3,8	0,7	95,08		
24	21,0	4,7	1,7	1,0	9,3	0,8	0,1	0,7	0,7	0,4	0,1	14,0	1,0	3,0	2,4	2,1	14,1	2,5	0,6	80,26		
25	27,2	5,3	1,9	1,0	25,4	1,0	0,1	0,8	0,6	0,4	0,1	15,0	0,8	1,7	1,2	0,9	14,4	1,4	0,7	99,63		
26	21,1	4,5	1,8	1,0	17,2	0,9	0,1	0,8	0,6	0,3	0,1	15,0	0,8	2,2	1,7	1,5	14,4	1,9	0,7	86,56		
27	8,3	2,3	1,1	0,8	3,8	0,4	0,2	0,4	2,7	1,5	0,4	8,2	5,4	9,1	8,6	8,3	11,7	8,6	0,6	82,39		
28	22,2	5,1	1,9	1,0	20,5	1,0	0,1	0,8	0,6	0,3	0,1	15,0	0,8	2,3	1,7	1,4	14,4	1,8	0,7	91,54		
29	13,2	3,2	1,4	0,9	6,7	0,6	0,1	0,7	0,6	0,3	0,1	13,8	0,8	2,9	2,3	2,0	14,3	2,4	0,6	66,89		
30	12,3	3,1	1,3	0,9	5,7	0,6	0,2	0,6	2,1	0,9	0,4	12,7	3,8	7,7	7,2	7,0	14,0	7,3	0,6	88,21		
31	14,1	3,7	1,5	0,9	10,4	0,7	0,1	0,7	0,9	0,7	0,2	14,4	1,1	4,2	3,8	3,5	14,4	3,9	0,7	79,81		
32	5,8	1,8	0,9	0,8	2,9	0,4	0,1	0,4	0,8	0,5	0,2	8,8	2,6	5,6	5,1	4,9	11,1	5,2	0,6	58,56		
33	13,7	3,5	1,3	0,9	10,1	0,6	0,1	0,6	0,7	0,4	0,1	14,0	1,0	3,7	3,1	2,8	14,4	3,2	0,6	74,85		
34	17,7	4,0	1,5	0,9	6,9	0,7	0,1	0,7	0,8	0,4	0,1	13,7	0,9	6,1	5,4	5,1	14,4	5,5	0,6	85,39		
35	23,9	4,6	1,7	1,0	16,5	0,8	0,1	0,7	1,2	0,6	0,2	13,3	1,8	4,4	3,8	3,5	13,9	3,9	0,7	96,55		
																				Ortalama	79,59	
																					Std. Sapma	13,91
																					Varyans	193,54

Tablo 7.34. Alternatif Tasarım-2 ortalama ara-stok miktarı.

K. No	Yeni Konveyör										Barkod Oku.											Y. Sal. Çık. K.	Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		Düzg. Konveyör Girişi					Düzg. Konveyörü						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
1	1,5	0,6	9,4	0,2	1,5	1	0,8	0,5	0,1	0,1	0,8	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	7,8	7,6	7,6	10,7	7,4	0,1	58
2	3,2	1,7	24,7	0,2	1,7	1,3	1	0,7	0,3	0,4	0,9	0,1	0,1	0,1	0,6	0,1	6,6	6,4	6,4	14	6,3	0,1	77
3	1,5	0,6	11,8	0,2	1,4	1	0,7	0,4	0,1	0,1	0,7	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	7,3	7,1	7,2	8,5	7	0,1	56
4	6	2,4	27,2	0,2	1,7	1,2	0,9	0,7	0,2	0,5	0,9	0,1	0	0	0,5	0	6,3	6	6	11,9	5,9	0,1	79
5	1,5	0,6	10,1	0,2	1,5	1,1	0,8	0,6	0,2	0,2	0,8	0,1	0,1	0,1	0,4	0	6,3	6,1	6,1	11,5	6	0,1	54
6	1,5	0,6	7,4	0,2	1,4	1	0,7	0,5	0,1	0,1	0,8	0,1	0,1	0,1	0,3	0	6,3	6,1	6,1	10,9	6	0,1	50
7	1,9	0,8	13,4	0,2	1,5	1	0,8	0,5	0,1	0,1	0,8	0,1	0,1	0,1	0,3	0	6,5	6,4	6,4	10,6	6,3	0,1	58
8	3,6	1,6	21,8	0,2	1,7	1,3	1	0,7	0,3	0,4	0,9	0,1	0,1	0	0,6	0	6	5,8	5,8	14,3	5,6	0,1	72
9	3,3	1,6	21,6	0,2	1,7	1,2	0,9	0,7	0,2	0,3	0,9	0,1	0	0	0,5	0	6,9	6,6	6,7	13	6,6	0,1	73
10	11,2	4,4	47,4	0,2	2	1,5	1,2	1	0,4	1	1	0	0	0	0,8	0	4,8	4,6	4,6	16	4,5	0,2	107
11	2	1	13,4	0,2	1,6	1,1	0,9	0,6	0,2	0,2	0,8	0	0	0	0,5	0	6,4	6,2	6,2	12,4	6,1	0,1	60
12	6,5	2,7	38,2	0,2	1,9	1,4	1,2	0,9	0,4	0,6	1	0,1	0,1	0,1	0,7	0,1	7,6	7,4	7,4	15,8	7,3	0,1	102
13	1,8	0,9	12,4	0,2	1,5	1,1	0,8	0,5	0,2	0,2	0,8	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	7,6	7,4	7,4	8,7	7,3	0,1	59
14	1,4	0,6	11,1	0,2	1,5	1,1	0,8	0,6	0,2	0,2	0,8	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	5,9	5,6	5,6	8,4	5,5	0,1	50
15	5,8	2,5	34	0,2	1,8	1,4	1,1	0,8	0,3	0,5	0,9	0	0	0	0,7	0	5,2	5	5	14,6	4,9	0,1	85
16	2,3	1,3	21,1	0,2	1,6	1,2	0,9	0,6	0,2	0,3	0,8	0,1	0	0	0,5	0	5,7	5,5	5,5	11,5	5,4	0,1	65
17	1,8	0,9	17	0,2	1,6	1,1	0,9	0,6	0,2	0,2	0,8	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1	7,8	7,6	7,7	12,1	7,5	0,1	69
18	1,5	0,6	13	0,2	1,5	1	0,8	0,5	0,1	0,1	0,8	0,1	0,1	0	0,3	0	6,9	6,7	6,7	9,3	6,6	0,1	57
19	4,8	1,7	19,2	0,2	1,6	1,2	0,9	0,6	0,2	0,4	0,8	0	0	0	0,5	0	3,8	3,6	3,6	13,6	3,5	0,1	60
20	2,4	1	14	0,2	1,4	1	0,7	0,5	0,1	0,2	0,8	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	9,7	9,5	9,5	8,4	9,4	0,1	70
21	1,5	0,8	15,1	0,2	1,5	1,1	0,8	0,6	0,2	0,2	0,8	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	7,5	7,3	7,3	10,8	7,2	0,1	64
22	1,5	0,8	15,5	0,2	1,6	1,1	0,8	0,6	0,2	0,2	0,8	0	0	0	0,5	0	5,5	5,3	5,3	12,6	5,2	0,1	58
23	1,9	1,1	16,7	0,2	1,6	1,1	0,9	0,6	0,2	0,2	0,8	0	0	0	0,5	0	4,3	4,1	4,1	13,1	4	0,1	55
24	14,7	5,2	51,2	0,2	2	1,5	1,2	0,9	0,4	1,1	1	0	0	0	0,8	0	1,6	1,3	1,3	16	1,2	0,2	102
25	10,8	4	41	0,2	1,9	1,4	1,1	0,9	0,3	0,8	1	0,1	0,1	0,1	0,7	0,1	6,1	5,9	5,9	14,9	5,8	0,1	103
26	2,8	1,4	21,2	0,2	1,6	1,2	0,9	0,7	0,2	0,3	0,9	0,1	0,1	0,1	0,5	0,1	6,8	6,5	6,5	13,4	6,4	0,1	72
27	5,2	2,1	28,3	0,2	1,8	1,3	1	0,8	0,3	0,5	0,9	0	0	0	0,7	0	3,9	3,7	3,7	14,7	3,6	0,1	73
28	2,2	1	12,7	0,2	1,4	1	0,7	0,5	0,1	0,1	0,8	0,1	0	0	0,3	0	6,7	6,4	6,5	10	6,3	0,1	57
29	4,7	1,7	19,3	0,2	1,6	1,1	0,9	0,6	0,2	0,4	0,8	0,1	0	0	0,5	0	5,5	5,3	5,3	12,7	5,1	0,1	66
30	4,7	1,7	17,6	0,2	1,5	1,1	0,8	0,6	0,2	0,4	0,8	0,1	0,1	0,1	0,4	0	5,2	4,9	4,9	10,4	4,8	0,1	60
31	4,2	1,6	21	0,2	1,7	1,2	1	0,7	0,2	0,4	0,9	0	0	0	0,6	0	4,9	4,7	4,7	14,9	4,6	0,1	68
32	2,9	1,4	20,9	0,2	1,6	1,2	0,9	0,7	0,2	0,3	0,9	0,2	0,1	0,1	0,5	0,1	8,9	8,7	8,7	13,5	8,6	0,1	81
33	1,5	0,6	14,1	0,2	1,5	1	0,8	0,5	0,1	0,1	0,8	0,1	0,1	0,1	0,3	0	6,2	6,1	6	10,2	5,9	0,1	56
34	1,5	0,6	11,2	0,2	1,4	1	0,7	0,5	0,1	0,1	0,8	0,1	0	0	0,3	0	5,2	5	5	8,5	4,9	0,1	47
35	3,3	1,3	17	0,2	1,6	1,1	0,8	0,6	0,2	0,3	0,8	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1	9,9	9,6	9,7	12,7	9,6	0,1	80
Ortalama																					68,56		
Std. Sapma																					15,72		
Varyans																					247,12		

% 1 önem düzeyi ile Ek-10'da gösterilen Standart Normal Olasılıklar tablosundan çift kuyruk için elde edilen 2,575 z kritik değerinden büyük olduğundan ret bölgesine girer. H_0 ret edilir. Buna göre Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2'nin ara-stok miktarları arasında önemli fark vardır. p değeri=0,0018'dir. Ancak % 0,18'den daha küçük bir önem düzeyinde H_0 kabul edilebilir.



BÖLÜM 8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Alternatif tasarımların ve mevcut durumun modelleri ile yapılan simülasyon koşullarından elde edilen veriler ve bu veriler üzerinde yapılan istatistiksel analizler sonucunda;

- Yeni tasarımların, sistemde herhangi bir darboğaza neden olmadan, yapılan üretim artışını karşılayabileceği ve gerekli taşımayı düzgün bir akışla sağlayabileceği gösterilmiştir.
- Alternatif tasarımlarda, mevcut duruma göre gerçekleşen yaklaşık %12'lik üretim artışına rağmen, mevcut durumda PSR Yükleme-1 ve PSR Yükleme-2 bölgelerinden PSR palet alanlarına lastik taşıyan Taşıyıcı ve 2. vardiyada Düzgünlük Ölçme-5 makinesine yükleme ve boşaltma yapan Düzgünlük Taşıyıcı-3 olmadan gerekli işgücünün karşılanabileceği ortaya konmuştur.
- Mevcut makinelerin herhangi bir darboğaz olmadan yaklaşık %12'lik üretim artışını karşılayabileceği belirlenmiştir.
- Alternatif Tasarım-1 ve Alternatif Tasarım-2 arasında üretim miktarı, işgücü faydalanma oranı ve makine kullanım oranı açısından fark olmadığı ortaya konmuştur.
- Alternatif Tasarım-1'de yaklaşık 381 dk olan ort. çevrim süresi Alternatif Tasarım-2'de yaklaşık 366 dk'dır. Bu sonuç ort. çevrim süresi kriterine göre Alternatif Tasarım-2'nin Alternatif Tasarım-1'e oranla %3 daha avantajlı olduğunu gösterir.

- Ort. ara-stok miktarı Alternatif Tasarım-1'de yaklaşık 80 lastik, Alternatif Tasarım-2'de yaklaşık 69 lastiktir. Buna göre Alternatif Tasarım-2 Alternatif Tasarım-1'e oranla ara-stok miktarı kriteri açısından yaklaşık %16 daha avantajlıdır.
- Mevcut durumda forklift ile yüksek miktarda ara-stokla, kesikli yapılan taşıma, alternatif tasarımlarda yerini düzgün bir akışla yapılan sürekli ve tek yönlü taşımaya bırakmıştır.
- Taşımada insan faktörünün etkisiyle yapılan hatalar elimine edilerek, paletlerin taşınması sırasında gerçekleşebilecek devrilme, çarpma gibi kazalar önlenilebilecektir.
- Mevcut durumda yükleme ve boşaltma ile harcanan zamanlar alternatif tasarımlarda ortadan kaldırılmıştır. Böylece;

Makine faydalanma oranları Alternatif Tasarım-1'de %7.5, Alternatif Tasarım-2'de %7.2 arttırılmış, işgücünden 32 adam-saat kazanç sağlanmış, üretim miktarı yaklaşık %12 arttırılmış, çevrim süresinde Alternatif Tasarım-1'de %15.02, Alternatif Tasarım-2'de %18.33 düşüş gerçekleştirilmiştir.

- Artan üretim miktarına rağmen çevrim süresinin alternatif tasarımlarda daha düşük olması, akış tipi üretim sistemlerinde konveyör sistemlerinin getirdiği avantajı ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, kullanılan performans kriterlerine göre, Alternatif tasarımların mevcut durumdan daha avantajlı olduğu, alternatif tasarımlar arasında ise Alternatif Tasarım-2'nin Alternatif Tasarım-1'den daha avantajlı olduğu gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

1. ATALAY, İ., 1995. Lastikle İlgili Teknik Terimler Sözlüğü. Brisa A.Ş., Kocaeli.
2. AYDIN, G., 2003. Bir Akış Tipi Üretim Sisteminde dengeleme Sorununa Dal-Sınır Yaklaşımı. Kocaeli Üniv., Y.L. Tezi, Kocaeli.
3. BATEMAN, R. E., BOWDEN, R. G., GOGG, T. J., HARRELL, C. R., MOTT, J. R. A., 1997. System Improvment Using Simulation. Fifth Edition, Promodel Corporation,1-173, Utah.
4. CHAN, F. T. S., CHAN, H. K., 2003. Simulation Analysis of a PCB Factory Using Design- A Case Study. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology-21, 523-533.
5. CHASE, R., AQUILANO, N., JACOBS, R., 1998. Production & Operations Management Manufacturing & Services. Irwin McGraw-Hill Cor, 383-392, Boston.
6. CİVELEK, N., 1995. Otomatik Malzeme Taşıma Sistemlerinin İşletmelere Uygulanması ile İlgili Bir Simülasyon Çalışması. Y.L. Tezi, 86-92, Y.T.Ü..
7. DEMİR, H., GÜMÜŞOĞLU, Ş., 2003. Üretim Yönetimi. 6. Baskı, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., 249-330, İstanbul.
8. DURIEUX, S., PIERREVAL, H., 2002. Regression Metamodeling For the Design Of An Automated Manufacturing System Composed of Parallel Machines Sharing a Material Handling Resource, www.elsevier.com/locate/dsw.
9. ERKUT, H., 1992. Yönetimde Simülasyon Yaklaşımı. 2. Baskı, İrfan Yayımcılık, İstanbul.
10. ERKUT, H., 1996. Analiz Tasarım ve Uygulamalı Sistem Yönetimi. 2. Baskı, İrfan Yayımcılık, İstanbul.
11. HARRELL, C., GHOSH, B., BOWDEN, R., 2000. Simulation Using Promodel. McGraw-Hill Inc, New York.
12. İNSTİTUTE OF INDUSTRIAL ENGINEERS, 1987. Simulation Modeling Manufacturing & Service Systems. Industrial Engineering and Management Press, 3-12, Atlanta.

13. JING, G. G., KELTON, W. D., ARANTES, J. C., HOUSMAND, A. A., 1998. Modelling A Controlled Conveyor Network With Merging Configuration. Proceedings Of The 1998 Winter Simulation Conference, 1041-1048.
14. KANAWATY, G., 1997. İş Etüdü.(Çev. Akal, Z.), 4. Basım, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 113-118, 207-218, Ankara.
15. KHAN, M. R. R., HARLOCK, S. C., LEAF, G. A. V., 1999. Computer Simulation Of Production Systems For Woven Fabric Manufacture. Computers & Industrial Engineering, 37, 745-756.
16. KOBU, B., 1999. Üretim Yönetimi. Avcıol Yayınevi, 10ncu Baskı, 210-228, İstanbul.
17. LAW, A. M., 2000. Simulation Modeling and Analysis. Averill M. Law & Associates, Inc, U.S.A.
18. LAW, A. M., McCOMAS, M. G., 1991. Secrets of Successful Simulation Studies. 1991 Winter Simulation Conference Proceedings, 21-27.
19. LAW, A. M., McCOMAS, M. G., 1999. Simulation Of Manufacturing Systems. Proceedings Of The 1999 Winter Simulation Conference, 56-59.
20. MAGEE, J. F., 1968. Industrial Logistics. McGraw-Hill Inc, 158-162, U.S.A.
21. NAZZAL, D., BODNER, D.A., 2003. A Simulation-Based Design Framework For Automated Material Handling Systems In 300mm Fabrication Facilities. Proceedings of The 2003 Winter Simulation Conference, 1351-1359. www.sciencedirect.com.
22. ÖZTÜRKCAN, M., 2003. İstatistik (Ders Notları). 5. Basım, Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 172-188, Kocaeli.
23. PROMODEL COR., 2002. Promodel Manufacturing Simulation Software User's Guide. Version 5, 1-695, Utah.
24. REED, R., 1967. Plant Layout. Irwin Inc, 80, 436-447, 90-101.
25. SAAD, S. M., 2003. The Reconfiguration Issues In Manufacturing Systems. Journal Of Materials Processing Technology, 138, 277-283, www.elsevier.com/locate/jmatprotec.
26. SHUBIN, J.A., MADEHEIM, H., 1965. Plant Layout. Prentice-Hall Of India Ltd., 108-125, 362-399, New Delhi.

28. ÜLGEN, O. M., UPENDRAM, S. S., 1995. The Role of Simulation Design of Material Handling Systems. www.sciencedirect.com.
29. WANG, F. K., LIN, J. T., 2003. Performance Evaluation Of An Automated Material Handling System For A Wafer Fab., *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 20. 91-100.
30. WILLIAMS, E. J., DARWACTOR, D., SHORKEY, L., 2001. Evaluation Of Machine Shop Logistic Alternatives Using Simulation, *Proceedings of the 13th European Simulation Symposium*.
31. WILLIAMS, E. J., GONZALEZ, R., 2000. Improving Logistics Within A Flow Shop-A Simulation Project Within The Context Of A University Course. www.sciencedirect.com
32. WILLIAMS, E. J., NARAYANASWAMY. R., 1997. Application Of Simulation To Scheduling, Sequencing, And Material Handling. *Proceedings of The 1997 Winter Simulation Conference*, 861-865, www.informs-cs.org/wsc97papers/0861.PDF.
33. WILLIAMS, E. J., SADAKANE, S., 1997. Simulation Of A Paint Shop Power and Free Line. www.informs-cs.org/wsc97papers/0727.PDF.
34. YAMAK, O., 1999. Üretim Yönetimi. *Alfa Basım, Yayım, Dağıtım*, 35, 113-122, İstanbul.
35. YANG, T., PETERS, B. A., TU. M., 2003. Layout Design For Flexible Manufacturing Systems Considering Single Loop Directional Flow Patterns. *European Journal Of Operational Research*. www.elsevier.com/locate/dsw.
36. ZHUANG, L., WONG, Y.S., FUH, J. Y. H., YEE, C.Y., 1998. On The Role of a Queuing Network Model In The Design of an Assembly System, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 14. 153-161.

EKLER

- Ek-1. İnsan ve makine etkin operasyon süreleri.
- Ek-2. Preslere ait duruş verileri örneği.
- Ek-3. Günlük ortalama duruş sıklığı verileri.
- Ek-4. Mevcut durum PSR hattında ham lastiğin iş akışı.
- Ek-5. Mevcut durum TBR hattında ham lastiğin iş akışı.
- Ek-6. χ^2 kritik değerleri tablosu.
- Ek-7. Alternatif Tasarım-1 PSR hattında ham lastiğin iş akışı.
- Ek-8. Alternatif Tasarım-2 PSR hattında ham lastiğin iş akışı.
- Ek-9. Alternatif tasarımlarda TBR Kontrol ve Ambar arası ham lastiğin iş akışı.
- Ek-10. Standart Normal Olasılıklar Tablosu.

Ek-1

PSR-Kontrol

Gözlem No	Tesadüfi Sayı	Gözlem Zamanı(dk)	Operasyon Süresi(sn)
1	7	35	20
2	8	40	20
3	10	50	20
4	11	55	20
5	14	70	20
6	15	75	19
7	16	80	20
8	19	95	20
9	20	100	20
10	21	105	19
11	22	110	21
12	23	115	20
13	26	130	20
14	28	140	20
15	30	150	20
16	31	155	19
17	34	170	20
18	35	175	20
19	43	215	20
20	45	225	19
21	46	230	20
22	49	245	20
23	50	250	20
24	51	255	20
25	52	260	21
26	54	270	20
27	55	275	20
28	56	280	21
29	57	285	20
30	58	290	21
31	59	295	20
32	60	300	20
33	61	305	20
34	62	310	21
35	64	320	21
36	66	330	20
37	67	335	20
38	69	345	20
39	70	350	20
40	75	375	20
41	78	390	20
42	80	400	20
43	81	405	20
44	85	425	20
45	86	430	21
46	89	445	21
47	90	450	20
48	91	455	20
49	93	465	20
50	95	475	20

δ 0,488
 β 1,000
 $1,96 \cdot \delta / \beta$ 0,957
 n 0,916

Yeterli gözlem sayısı 1

TBR-Kontrol

Gözlem No	Tesadüfi Sayı(6)	Gözlem Zamanı(dk)	Operasyon Süresi(sn)
1	0	0	58
2	1	5	58
3	6	30	58
4	7	35	58
5	8	40	58
6	10	50	59
7	16	80	58
8	17	85	58
9	18	90	58
10	23	115	59
11	25	125	58
12	27	135	58
13	30	150	58
14	31	155	58
15	32	160	58
16	33	165	59
17	35	175	59
18	36	180	58
19	40	200	58
20	42	210	58
21	43	215	58
22	48	240	58
23	50	250	59
24	51	255	58
25	52	260	58
26	53	265	58
27	57	285	58
28	59	295	58
29	60	300	59
30	61	305	58
31	62	310	58
32	64	320	58
33	66	330	58
34	67	335	58
35	69	345	58
36	71	355	58
37	72	360	58
38	73	365	58
39	74	370	58
40	75	375	58
41	76	380	58
42	77	385	58
43	79	395	58
44	80	400	58
45	83	415	58
46	85	425	58
47	87	435	58
48	91	455	58
49	92	460	58
50	94	470	58

δ 0,328
 β 1,000
 $1,96 \cdot \delta / \beta$ 0,643
 n 0,414

Yeterli gözlem sayısı 1

Ek-1 Devam

Düzensizlik Giriş Konveyörü lastik yükleme

Gözlem No	Tesadüfi Sayı	Gözlem Zamanı(dk)	Operasyon Süresi(sn)
1	3	15	1
2	5	25	1
3	7	35	2
4	8	40	1
5	9	45	1
6	10	50	1
7	11	55	1
8	12	60	1
9	13	65	1
10	16	80	1
11	17	85	1
12	19	95	1
13	22	110	1
14	24	120	-
15	25	125	-
16	27	135	1
17	29	145	1
18	30	150	1
19	31	155	1
20	32	160	1
21	36	180	1
22	38	190	1
23	39	195	1
24	42	210	1
25	44	220	1
26	45	225	1
27	46	230	1
28	48	240	1
29	49	245	1
30	51	255	1
31	53	265	1
32	55	275	-
33	57	285	-
34	61	305	1
35	63	315	2
36	66	330	1
37	69	345	1
38	70	350	1
39	74	370	-
40	76	380	1
41	77	385	1
42	78	390	1
43	82	410	1
44	88	440	1
45	89	445	1
46	90	450	1
47	92	460	1
48	93	465	1
49	94	470	1
50	95	475	1

δ 0,211
 β 1,000
 $1,96*\delta/\beta$ 0,413
 n 0,171

Yeterli gözlem sayısı 1

Düzensizlik Giriş Konveyörü lastik boşaltma

Gözlem No	Tesadüfi Sayı	Gözlem Zamanı(dk)	Operasyon Süresi(sn)
1	1	5	1
2	2	10	1
3	4	20	1
4	5	25	1
5	13	65	1
6	14	70	1
7	20	100	1
8	21	105	1
9	22	110	1
10	23	115	1
11	24	120	-
12	25	125	-
13	27	135	1
14	28	140	1
15	30	150	1
16	31	155	1
17	32	160	1
18	35	175	1
19	36	180	1
20	38	190	1
21	40	200	1
22	41	205	1
23	42	210	1
24	44	220	1
25	47	235	1
26	49	245	1
27	51	255	1
28	54	270	-
29	59	295	-
30	62	310	1
31	65	325	1
32	67	335	1
33	70	350	1
34	72	360	-
35	73	365	-
36	75	375	1
37	77	385	1
38	79	395	1
39	81	405	1
40	82	410	1
41	83	415	1
42	86	430	1
43	87	435	1
44	88	440	1
45	89	445	2
46	90	450	1
47	92	460	1
48	93	465	1
49	94	470	1
50	96	480	1

δ 0,152
 β 1,000
 $1,96*\delta/\beta$ 0,299
 n 0,089

Yeterli gözlem sayısı 1

Ek-1 Devam

Palete lastik yükleme

Gözlem No	Tesadüfi Sayı	Gözlem Zamanı(dk)	Operasyon Süresi(sn)
1	1	5	1
2	2	10	1
3	4	20	1
4	12	60	1
5	15	75	1
6	17	85	1
7	21	105	2
8	23	115	1
9	24	120	-
10	28	140	1
11	29	145	1
12	30	150	1
13	31	155	1
14	32	160	1
15	36	180	1
16	37	185	1
17	38	190	1
18	41	205	1
19	43	215	1
20	44	220	1
21	48	240	1
22	49	245	1
23	50	250	1
24	54	270	-
25	56	280	-
26	58	290	-
27	59	295	-
28	60	300	-
29	62	310	1
30	65	325	1
31	66	330	1
32	67	335	1
33	69	345	1
34	70	350	1
35	71	355	1
36	72	360	-
37	73	365	-
38	74	370	-
39	76	380	1
40	77	385	1
41	78	390	1
42	80	400	1
43	81	405	1
44	84	420	1
45	85	425	1
46	86	430	1
47	88	440	1
48	89	445	1
49	90	450	1
50	91	455	1

δ 0,158
 β 1,000
 $1,96*\delta/\beta$ 0,310
 n 0,096

Yeterli gözlem sayısı 1

Paletten lastik boşaltma

Gözlem No	Tesadüfi Sayı	Gözlem Zamanı(dk)	Operasyon Süresi(sn)
1	3	15	1
2	5	25	1
3	7	35	1
4	8	40	1
5	9	45	2
6	10	50	1
7	11	55	1
8	12	60	1
9	13	65	1
10	16	80	1
11	17	85	1
12	19	95	1
13	22	110	1
14	24	120	-
15	25	125	-
16	27	135	1
17	29	145	1
18	30	150	1
19	31	155	2
20	32	160	1
21	36	180	1
22	38	190	1
23	39	195	1
24	42	210	1
25	44	220	1
26	45	225	1
27	46	230	1
28	48	240	1
29	49	245	1
30	51	255	1
31	53	265	1
32	55	275	-
33	57	285	-
34	61	305	1
35	63	315	1
36	66	330	1
37	69	345	1
38	70	350	1
39	74	370	-
40	76	380	1
41	77	385	1
42	78	390	1
43	82	410	1
44	88	440	1
45	89	445	1
46	90	450	1
47	92	460	1
48	93	465	1
49	94	470	1
50	95	475	1

δ 0,211
 β 1,000
 $1,96*\delta/\beta$ 0,413
 n 0,171

Yeterli gözlem sayısı 1

Ek-1 Devam

Yanal salgı tamir

Gözlem No	Tesadüfi Sayı	Gözlem Zamanı(dk)	Operasyon Süresi(sn)
1	3	15	52
2	8	40	52
3	9	45	52
4	13	65	52
5	14	70	52
6	15	75	52
7	16	80	52
8	19	95	52
9	20	100	49
10	21	105	52
11	22	110	52
12	24	120	-
13	25	125	-
14	27	135	52
15	28	140	52
16	31	155	52
17	34	170	52
18	43	215	51
19	46	230	52
20	49	245	52
21	51	255	52
22	53	265	52
23	54	270	52
24	55	275	-
25	56	280	-
26	57	285	-
27	58	290	-
28	59	295	-
29	61	305	52
30	64	320	52
31	66	330	52
32	67	335	52
33	68	340	52
34	69	345	52
35	70	350	52
36	75	375	52
37	78	390	51
38	80	400	52
39	82	410	52
40	84	420	52
41	85	425	52
42	86	430	53
43	88	440	52
44	89	445	52
45	90	450	52
46	91	455	52
47	92	460	52
48	93	465	52
49	94	470	52
50	95	475	52

δ 0,526
 β 1,000
 $1,96*\delta/\beta$ 1,031
 n 1,064

Yeterli gözlem sayısı 2

PSR-Otomatik Traşlama

Gözlem No	Tesadüfi Sayı	Gözlem Zamanı(dk)	Operasyon Süresi(sn)
1	2	10	19
2	5	25	19
3	6	30	19
4	11	55	19
5	15	75	19
6	16	80	19
7	21	105	19
8	26	130	19
9	31	155	19
10	36	180	18
11	39	195	19
12	41	205	19
13	44	220	19
14	50	250	19
15	55	275	19
16	59	295	19
17	60	300	19
18	68	340	18
19	73	365	19
20	74	370	19
21	78	390	19
22	85	425	19
23	86	430	19
24	87	435	19
25	88	440	19
26	89	445	19
27	91	455	19
28	92	460	19
29	94	470	19
30	95	475	19

δ 0,254

β 0,100

$1,96*\delta/\beta$ 4,973

n 24,728

Yeterli gözlem sayısı 25

Ek-1 Devam

PSR-Denge ölçme

Gözlem No	Tesadüfi Sayı	Gözlem Zamanı(dk)	Operasyon Süresi(sn)
1	1	5	21
2	2	10	21
3	4	20	21
4	8	40	21
5	15	75	21
6	19	95	21
7	23	115	21
8	29	145	21
9	36	180	21
10	37	185	21
11	43	215	21
12	48	240	21
13	50	250	21
14	54	270	21
15	58	290	21
16	59	295	20
17	65	325	21
18	67	335	21
19	71	355	21
20	73	365	21
21	74	370	21
22	76	380	21
23	80	400	21
24	81	405	20
25	85	425	21
26	86	430	21
27	87	435	21
28	88	440	21
29	90	450	21
30	96	480	21

δ 0,254
 β 0,100
 $1,96*\delta/\beta$ 4,973
 n 24,728

Yeterli gözlem sayısı 25

TBR-Denge ölçme

Gözlem No	Tesadüfi Sayı	Gözlem Zamanı(dk)	Operasyon Süresi(sn)
1	2	10	47
2	5	25	47
3	6	30	47
4	10	50	47
5	11	55	47
6	15	75	47
7	16	80	47
8	21	105	47
9	26	130	47
10	31	155	47
11	35	175	47
12	36	180	47
13	39	195	47
14	41	205	47
15	55	275	47
16	59	295	47
17	60	300	47
18	68	340	47
19	73	365	47
20	74	370	47
21	78	390	47
22	85	425	47
23	86	430	47
24	87	435	47
25	88	440	47
26	89	445	47
27	91	455	47
28	92	460	47
29	94	470	47
30	95	475	47

δ 0,000
 β 0,100
 $1,96*\delta/\beta$ 0,000
 n 0,000

Yeterli gözlem sayısı 1

Ek-1 Devam

TBR-Açık-kord

Gözlem No	Tesadüfi Sayı	Gözlem Zamanı(dk)	Operasyon Süresi(sn)
1	7	35	63
2	8	40	63
3	10	50	63
4	11	55	63
5	23	115	63
6	26	130	63
7	28	140	64
8	30	150	63
9	34	170	63
10	35	175	63
11	45	225	63
12	46	230	63
13	49	245	63
14	50	250	63
15	52	260	63
16	54	270	63
17	55	275	63
18	56	280	63
19	57	285	63
20	61	305	63
21	62	310	63
22	66	330	63
23	67	335	63
24	70	350	63
25	78	390	63
26	81	405	63
27	90	450	63
28	91	455	63
29	93	465	63
30	95	475	63

δ 0,183

β 0,100

$1,96*\delta/\beta$ 3,578

n 12,805

Yeterli gözlem sayısı 13

TBR-Otomatik Traşlama

Gözlem No	Tesadüfi Sayı	Gözlem Zamanı	Operasyon Süresi (sn)
1	3	15	20
2	5	25	20
3	12	60	20
4	15	75	20
5	17	85	20
6	19	95	20
7	21	105	20
8	26	130	20
9	29	145	20
10	30	150	20
11	34	170	20
12	36	180	20
13	37	185	20
14	39	195	20
15	41	205	20
16	42	210	20
17	43	215	20
18	50	250	20
19	61	305	20
20	62	310	20
21	64	320	20
22	65	325	20
23	67	335	20
24	74	370	20
25	75	375	20
26	82	410	20
27	83	415	20
28	87	435	20
29	92	460	20
30	93	465	20

δ 0,000

β 0,100

$1,96*\delta/\beta$ 0,000

n 0,000

Yeterli gözlem sayısı 1

Ek-2

VERİ NO	TARİH	PSR presleri duruşları		DURUŞ GRUP KODU	DURUŞ SÜRESİ (dk)
		ÜRÜN GRUBU	PRES KODU		
1	19.08.2002	PSR	PPV06	DE	2
2	13.02.2002	PSR	PPU02	DE	5
3	17.07.2002	PSR	PPU10	DE	5
4	29.08.2002	PSR	PPV05	DE	5
5	20.02.2002	PSR	PPV09	DE	5
6	23.03.2002	PSR	PPY03	DE	5
7	11.07.2002	PSR	PPU12	MA	5
8	12.08.2002	PSR	PPU01	DE	10
9	15.02.2002	PSR	PPU01	DE	10
10	27.03.2002	PSR	PPU02	DE	10
11	10.08.2002	PSR	PPU02	DE	10
12	24.08.2002	PSR	PPU02	DE	10
13	11.07.2002	PSR	PPU03	DE	10
14	19.07.2002	PSR	PPU03	DE	10
15	29.08.2002	PSR	PPU03	DE	10
16	19.09.2002	PSR	PPU03	DE	10
17	15.07.2002	PSR	PPU04	DE	10
18	23.08.2002	PSR	PPU04	DE	10
19	13.02.2002	PSR	PPU04	DE	10
20	16.02.2002	PSR	PPU04	DE	10
21	04.03.2002	PSR	PPU04	DE	10
22	17.07.2002	PSR	PPU04	DE	10
23	02.09.2002	PSR	PPU04	DE	10
24	18.09.2002	PSR	PPU04	DE	10
25	26.09.2002	PSR	PPU04	DE	10
26	02.01.2002	PSR	PPU04	DE	10
27	17.10.2002	PSR	PPU05	DE	10
28	08.01.2002	PSR	PPU06	DE	10
29	09.10.2002	PSR	PPU07	DE	10
30	12.03.2002	PSR	PPU07	DE	10
31	27.03.2002	PSR	PPU07	DE	10
32	16.08.2002	PSR	PPU07	DE	10
33	20.09.2002	PSR	PPU08	DE	10
34	21.03.2002	PSR	PPU08	DE	10
35	02.01.2002	PSR	PPU09	DE	10
36	14.10.2002	PSR	PPU10	DE	10
37	11.01.2002	PSR	PPU10	DE	10
38	27.03.2002	PSR	PPU10	DE	10
39	04.07.2002	PSR	PPU10	DE	10
40	27.08.2002	PSR	PPU10	DE	10
41	20.07.2002	PSR	PPU12	DE	10
42	23.09.2002	PSR	PPU13	DE	10
43	24.09.2002	PSR	PPU13	DE	10
44	01.10.2002	PSR	PPU13	DE	10
45	04.10.2002	PSR	PPU13	DE	10

Ek-2 devam

TBR presleri duruşları

VERİ NO	TARİH	ÜRÜN GRUBU	PRES KODU	DURUŞ GRUP KODU	DURUŞ SÜRESİ
2	02.07.2002	TBR	PPS08	DE	5
3	12.08.2002	TBR	PPT01	DE	5
4	08.01.2002	TBR	PPR03	DE	10
5	14.01.2002	TBR	PPT01	DE	10
6	14.01.2002	TBR	PPT07	DE	10
7	14.01.2002	TBR	PPT08	DE	10
8	21.01.2002	TBR	PPS04	DE	10
9	25.01.2002	TBR	PPR06	DE	10
10	29.01.2002	TBR	PPS06	DE	10
11	02.02.2002	TBR	PPT09	DE	10
12	05.02.2002	TBR	PPS10	DE	10
13	05.02.2002	TBR	PPS08	MA	10
14	06.02.2002	TBR	PPS05	DE	10
15	02.01.2002	TBR	PPR08	DE	10
16	02.01.2002	TBR	PPT04	DE	10
17	02.01.2002	TBR	PPT04	MA	10
18	04.01.2002	TBR	PPT09	DE	10
19	04.01.2002	TBR	PPT09	DE	10
20	05.01.2002	TBR	PPR04	DE	10
21	05.01.2002	TBR	PPR09	DE	10
22	05.01.2002	TBR	PPR04	MA	10
23	07.01.2002	TBR	PPR03	DE	10
24	07.01.2002	TBR	PPR03	DE	10
25	10.01.2002	TBR	PPT07	DE	10
26	15.01.2002	TBR	PPR10	DE	10
27	15.01.2002	TBR	PPR10	DE	10
28	15.01.2002	TBR	PPR10	DE	10
29	15.01.2002	TBR	PPT01	DE	10
30	19.01.2002	TBR	PPS02	DE	10
31	25.01.2002	TBR	PPT01	DE	10
32	26.01.2002	TBR	PPS06	DE	10
33	29.01.2002	TBR	PPS01	DE	10
34	02.02.2002	TBR	PPR11	DE	10
35	04.02.2002	TBR	PPR01	DE	10
36	04.02.2002	TBR	PPR01	DE	10
37	07.02.2002	TBR	PPT07	DE	10
38	14.02.2002	TBR	PPT09	DE	10
39	19.02.2002	TBR	PPS07	DE	10
40	26.02.2002	TBR	PPS11	DE	10
41	01.03.2002	TBR	PPS03	DE	10
42	01.03.2002	TBR	PPT08	DE	10
43	01.03.2002	TBR	PPT08	MA	10
44	12.03.2002	TBR	PPS02	DE	10
45	05.01.2002	TBR	PPR03	DE	10

Ek-3

PSR PRESLERİ

Veri No	Tarih (Ay)	Durus Sayısı	Pres Kodu	İş Günü Sayısı	Ort. Günlük Duruş Sayısı
1	9	1	PPU12	25	0,040
2	2	1	PPV04	21	0,048
3	7	2	PPV11	27	0,074
4	2	2	PPY07	21	0,095
5	8	4	PPU13	25	0,160
6	7	6	PPY13	27	0,222
7	1	6	PPV01	26	0,231
8	10	6	PPU07	26	0,231
9	7	9	PPV14	27	0,333
10	3	9	PPV06	26	0,346
11	8	9	PPV09	25	0,360
12	1	10	PPY07	26	0,385
13	1	11	PPU14	26	0,423
14	1	11	PPY09	26	0,423
15	3	11	PPV07	26	0,423
16	3	11	PPY07	26	0,423
17	10	11	PPY12	26	0,423
18	2	9	PPV02	21	0,429
19	7	12	PPU14	27	0,444
20	7	12	PPY06	27	0,444
21	9	12	PPV02	25	0,480
22	7	13	PPU13	27	0,481
23	7	14	PPV06	27	0,519
24	9	13	PPY05	25	0,520
25	9	13	PPY10	25	0,520
26	1	14	PPU01	26	0,538
27	3	14	PPV04	26	0,538
28	10	14	PPU01	26	0,538
29	10	14	PPU08	26	0,538
30	7	15	PPY04	27	0,556
31	9	14	PPV03	25	0,560
32	2	12	PPU06	21	0,571
33	3	15	PPY10	26	0,577
34	10	15	PPV03	26	0,577
35	10	15	PPV04	26	0,577
36	7	16	PPV09	27	0,593
37	3	16	PPU09	26	0,615
38	3	16	PPV12	26	0,615
39	10	16	PPY02	26	0,615
40	10	16	PPY06	26	0,615
41	10	16	PPY14	26	0,615
42	2	13	PPV01	21	0,619
43	2	13	PPV06	21	0,619
44	7	17	PPV05	27	0,630
45	1	17	PPY12	26	0,654
46	3	17	PPU01	26	0,654
47	3	17	PPV09	26	0,654
48	3	17	PPY04	26	0,654
49	10	17	PPU11	26	0,654
50	10	17	PPV07	26	0,654
51	2	14	PPY05	21	0,667
52	9	17	PPY03	25	0,680

53	1	18	PPV08	26	0,692
54	3	18	PPY08	26	0,692
55	10	18	PPV09	26	0,692
56	10	18	PPV14	26	0,692
57	10	18	PPY09	26	0,692
58	2	15	PPU10	21	0,714
59	2	15	PPV12	21	0,714
60	2	15	PPV14	21	0,714
61	2	15	PPY09	21	0,714
62	8	18	PPU05	25	0,720
63	1	19	PPU03	26	0,731
64	1	19	PPU13	26	0,731
65	1	19	PPY05	26	0,731
66	1	19	PPY11	26	0,731
67	10	19	PPY08	26	0,731
68	10	19	PPY10	26	0,731
69	8	19	PPU07	25	0,760
70	8	19	PPY14	25	0,760
71	9	19	PPU13	25	0,760
72	9	19	PPY12	25	0,760
73	2	16	PPU01	21	0,762
74	2	16	PPU14	21	0,762
75	2	16	PPV05	21	0,762
76	1	20	PPU02	26	0,769
77	3	20	PPU03	26	0,769
78	3	20	PPY02	26	0,769
79	10	20	PPU02	26	0,769
80	7	21	PPV04	27	0,778
81	8	20	PPU09	25	0,800
82	8	20	PPV06	25	0,800
83	9	20	PPU02	25	0,800
84	1	21	PPV02	26	0,808
85	1	21	PPV04	26	0,808
86	1	21	PPV07	26	0,808
87	1	21	PPY06	26	0,808
88	3	21	PPV02	26	0,808
89	3	21	PPV13	26	0,808
90	3	21	PPY13	26	0,808
91	10	21	PPY05	26	0,808
92	10	21	PPY07	26	0,808
93	2	17	PPU11	21	0,810
94	7	22	PPV03	27	0,815
95	8	21	PPY02	25	0,840
96	9	21	PPV09	25	0,840
97	9	21	PPV10	25	0,840
98	9	21	PPY08	25	0,840
99	1	22	PPU05	26	0,846
100	7	23	PPY02	27	0,852
101	7	23	PPY14	27	0,852
102	2	18	PPV03	21	0,857
103	2	18	PPV13	21	0,857
104	9	22	PPU06	25	0,880
105	10	23	PPU03	26	0,885
106	7	24	PPU10	27	0,889
107	7	24	PPV01	27	0,889
108	2	19	PPV10	21	0,905
109	2	19	PPY06	21	0,905
110	9	23	PPV04	25	0,920
111	1	24	PPV06	26	0,923

112	3	24	PPV03	26	0,923
113	3	24	PPY11	26	0,923
114	10	24	PPY11	26	0,923
115	7	25	PPU05	27	0,926
116	2	20	PPY10	21	0,952
117	2	20	PPY12	21	0,952
118	9	24	PPU09	25	0,960
119	9	24	PPY07	25	0,960
120	1	25	PPY13	26	0,962
121	3	25	PPU02	26	0,962
122	3	25	PPV05	26	0,962
123	3	25	PPY14	26	0,962
124	10	25	PPU14	26	0,962
125	10	25	PPV13	26	0,962
126	10	25	PPY03	26	0,962
127	10	25	PPY13	26	0,962
128	7	26	PPV02	27	0,963
129	2	21	PPU02	21	1,000
130	2	21	PPV07	21	1,000
131	2	21	PPY13	21	1,000
132	3	26	PPU04	26	1,000
133	3	26	PPV10	26	1,000
134	3	26	PPY06	26	1,000
135	7	27	PPU07	27	1,000
136	7	27	PPU12	27	1,000
137	8	25	PPV11	25	1,000
138	9	25	PPV13	25	1,000
139	9	25	PPY02	25	1,000
140	9	25	PPY06	25	1,000
141	9	25	PPY13	25	1,000
142	10	26	PPV01	26	1,000
143	10	26	PPV06	26	1,000
144	10	26	PPV08	26	1,000
145	10	26	PPV11	26	1,000
146	10	26	PPV12	26	1,000
147	7	28	PPV10	27	1,037
148	1	27	PPU12	26	1,038
149	1	27	PPY04	26	1,038
150	3	27	PPV11	26	1,038
151	3	27	PPY05	26	1,038
152	10	27	PPY04	26	1,038
153	8	26	PPY05	25	1,040
154	9	26	PPU14	25	1,040
155	9	26	PPV12	25	1,040
156	9	26	PPY04	25	1,040
157	9	26	PPY11	25	1,040
158	2	22	PPY04	21	1,048
159	2	22	PPY11	21	1,048
160	7	29	PPU08	27	1,074
161	1	28	PPV14	26	1,077
162	3	28	PPU06	26	1,077
163	3	28	PPY03	26	1,077
164	10	28	PPU06	26	1,077
165	8	27	PPV10	25	1,080
166	9	27	PPU01	25	1,080
167	9	27	PPU03	25	1,080
168	9	27	PPV06	25	1,080
169	9	27	PPV08	25	1,080
170	9	27	PPY09	25	1,080

171	2	23	PPU05	21	1,095
172	2	23	PPU12	21	1,095
173	2	23	PPV08	21	1,095
174	7	30	PPU02	27	1,111
175	1	29	PPU10	26	1,115
176	1	29	PPV03	26	1,115
177	8	28	PPV07	25	1,120
178	8	28	PPY10	25	1,120
179	9	28	PPU11	25	1,120
180	9	28	PPV11	25	1,120
181	9	28	PPV14	25	1,120
182	9	28	PPY14	25	1,120
183	2	24	PPV09	21	1,143
184	2	24	PPV11	21	1,143
185	7	31	PPY08	27	1,148
186	1	30	PPV10	26	1,154
187	1	30	PPY08	26	1,154
188	3	30	PPU08	26	1,154
189	3	30	PPV08	26	1,154
190	10	30	PPV10	26	1,154
191	8	29	PPV03	25	1,160
192	8	29	PPV04	25	1,160
193	8	29	PPY04	25	1,160
194	8	29	PPY08	25	1,160
195	9	29	PPV07	25	1,160
196	2	25	PPU03	21	1,190
197	2	25	PPU13	21	1,190
198	1	31	PPU04	26	1,192
199	1	31	PPV11	26	1,192
200	1	31	PPV12	26	1,192
201	3	31	PPU13	26	1,192
202	3	31	PPY12	26	1,192
203	10	31	PPU05	26	1,192
204	10	31	PPU09	26	1,192
205	8	30	PPU03	25	1,200
206	8	30	PPU10	25	1,200
207	8	30	PPU12	25	1,200
208	8	30	PPV12	25	1,200
209	8	30	PPV13	25	1,200
210	8	30	PPV14	25	1,200
211	9	30	PPV05	25	1,200
212	1	32	PPU06	26	1,231
213	1	32	PPV13	26	1,231
214	1	32	PPY03	26	1,231
215	1	32	PPY10	26	1,231
216	3	32	PPU12	26	1,231
217	2	26	PPU08	21	1,238
218	8	31	PPY06	25	1,240
219	8	31	PPY11	25	1,240
220	9	31	PPU08	25	1,240
221	7	34	PPV13	27	1,259
222	7	34	PPY09	27	1,259
223	10	33	PPU10	26	1,269
224	2	27	PPY03	21	1,286
225	7	35	PPU03	27	1,296
226	7	35	PPY10	27	1,296
227	1	34	PPY14	26	1,308
228	3	34	PPV01	26	1,308
229	3	34	PPV14	26	1,308

230	9	33	PPU05	25	1,320
231	9	33	PPU10	25	1,320
232	2	28	PPY02	21	1,333
233	1	35	PPU09	26	1,346
234	1	35	PPY02	26	1,346
235	3	35	PPU10	26	1,346
236	3	35	PPY09	26	1,346
237	8	34	PPV02	25	1,360
238	8	34	PPY09	25	1,360
239	9	34	PPV01	25	1,360
240	2	29	PPU07	21	1,381
241	8	35	PPY03	25	1,400
242	2	30	PPU04	21	1,429
243	2	30	PPY14	21	1,429
244	8	36	PPU06	25	1,440
245	8	36	PPU08	25	1,440
246	9	36	PPU04	25	1,440
247	7	39	PPU06	27	1,444
248	7	39	PPU11	27	1,444
249	7	39	PPY03	27	1,444
250	3	38	PPU05	26	1,462
251	3	38	PPU11	26	1,462
252	10	38	PPU13	26	1,462
253	8	37	PPU01	25	1,480
254	8	37	PPU11	25	1,480
255	8	37	PPY13	25	1,480
256	10	39	PPU04	26	1,500
257	7	41	PPU01	27	1,519
258	1	40	PPU11	26	1,538
259	7	42	PPV12	27	1,556
260	1	41	PPU08	26	1,577
261	7	43	PPU04	27	1,593
262	7	43	PPY11	27	1,593
263	8	40	PPV05	25	1,600
264	7	44	PPU09	27	1,630
265	1	43	PPV09	26	1,654
266	7	45	PPY12	27	1,667
267	8	42	PPU04	25	1,680
268	8	42	PPV01	25	1,680
269	8	42	PPV08	25	1,680
270	7	46	PPV08	27	1,704
271	7	46	PPY07	27	1,704
272	7	48	PPY05	27	1,778
273	8	45	PPY07	25	1,800
274	8	46	PPU14	25	1,840
275	2	40	PPY08	21	1,905
276	2	41	PPU09	21	1,952
277	8	49	PPY12	25	1,960
278	7	53	PPV07	27	1,963
279	3	52	PPU07	26	2,000
280	1	53	PPU07	26	2,038
281	8	53	PPU02	25	2,120
Toplam		7118			

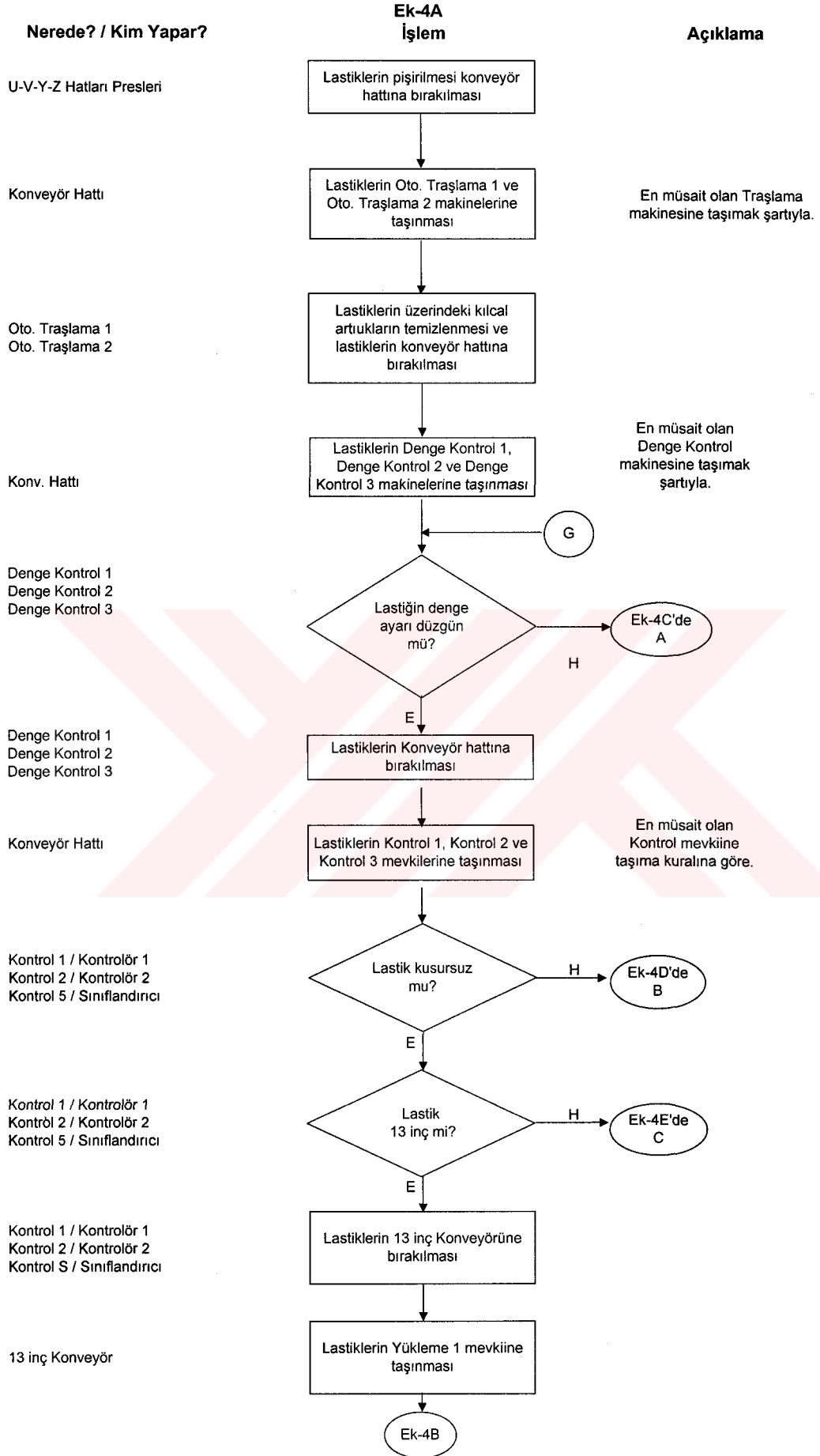
TBR PRESLERİ

Veri No	Tarih (Ay)	Durus Sayısı	Pres Kodu	İş Günü Sayısı	Ort. Günlük Duruş Sayısı
1	1	1	PPS05	26	0,038
2	1	1	PPS11	26	0,038
3	1	1	PPT11	26	0,038
4	3	1	PPR06	26	0,038
5	1	2	PPS09	26	0,077
6	3	2	PPR04	26	0,077
7	2	2	PPR02	21	0,095
8	2	2	PPR09	21	0,095
9	2	2	PPR11	21	0,095
10	2	2	PPT10	21	0,095
11	1	3	PPR07	26	0,115
12	1	3	PPS01	26	0,115
13	1	3	PPS02	26	0,115
14	1	3	PPS04	26	0,115
15	1	3	PPS08	26	0,115
16	1	3	PPS10	26	0,115
17	3	3	PPR03	26	0,115
18	2	3	PPS05	21	0,143
19	2	3	PPT08	21	0,143
20	10	4	PPS05	26	0,154
21	9	4	PPR02	25	0,160
22	9	4	PPS01	25	0,160
23	2	4	PPS11	21	0,190
24	2	4	PPT11	21	0,190
25	1	5	PPR05	26	0,192
26	3	5	PPR01	26	0,192
27	10	5	PPR02	26	0,192
28	10	5	PPR05	26	0,192
29	7	6	PPR04	27	0,222
30	1	6	PPR04	26	0,231
31	1	6	PPS06	26	0,231
32	3	6	PPT09	26	0,231
33	10	6	PPR10	26	0,231
34	2	5	PPS01	21	0,238
35	2	5	PPS02	21	0,238
36	2	5	PPT06	21	0,238
37	9	6	PPP01	25	0,240
38	9	6	PPS07	25	0,240
39	9	6	PPT09	25	0,240
40	3	7	PPT10	26	0,269
41	8	7	PPT06	25	0,280
42	9	7	PPR01	25	0,280
43	9	7	PPR07	25	0,280
44	9	7	PPR08	25	0,280
45	9	7	PPS08	25	0,280
46	9	7	PPS11	25	0,280
47	2	6	PPR01	21	0,286
48	2	6	PPS03	21	0,286
49	2	6	PPT07	21	0,286
50	1	8	PPR06	26	0,308
51	1	8	PPR09	26	0,308
52	1	8	PPS03	26	0,308
53	1	8	PPT06	26	0,308

54	1	8	PPT07	26	0,308
55	3	8	PPT01	26	0,308
56	3	8	PPT05	26	0,308
57	3	8	PPT07	26	0,308
58	10	8	PPR07	26	0,308
59	8	8	PPS03	25	0,320
60	8	8	PPT03	25	0,320
61	8	8	PPT09	25	0,320
62	9	8	PPR04	25	0,320
63	9	8	PPS02	25	0,320
64	9	8	PPS04	25	0,320
65	2	7	PPS06	21	0,333
66	2	7	PPT04	21	0,333
67	7	9	PPR02	27	0,333
68	7	9	PPR05	27	0,333
69	1	9	PPR08	26	0,346
70	1	9	PPT09	26	0,346
71	3	9	PPS05	26	0,346
72	3	9	PPS06	26	0,346
73	3	9	PPS08	26	0,346
74	8	9	PPR10	25	0,360
75	8	9	PPT05	25	0,360
76	9	9	PPR05	25	0,360
77	9	9	PPT03	25	0,360
78	9	9	PPT06	25	0,360
79	2	8	PPS04	21	0,381
80	2	8	PPS09	21	0,381
81	2	8	PPT03	21	0,381
82	3	10	PPS02	26	0,385
83	3	10	PPS09	26	0,385
84	3	10	PPT03	26	0,385
85	3	10	PPT04	26	0,385
86	3	10	PPT08	26	0,385
87	10	10	PPP01	26	0,385
88	10	10	PPR03	26	0,385
89	10	10	PPR11	26	0,385
90	10	10	PPS09	26	0,385
91	10	10	PPT01	26	0,385
92	10	10	PPT06	26	0,385
93	8	10	PPR03	25	0,400
94	8	10	PPS01	25	0,400
95	8	10	PPS11	25	0,400
96	8	10	PPT02	25	0,400
97	9	10	PPR03	25	0,400
98	9	10	PPR10	25	0,400
99	9	10	PPS05	25	0,400
100	7	11	PPR07	27	0,407
101	7	11	PPS01	27	0,407
102	1	11	PPT03	26	0,423
103	3	11	PPT06	26	0,423
104	3	11	PPT11	26	0,423
105	10	11	PPS01	26	0,423
106	10	11	PPS07	26	0,423
107	10	11	PPS11	26	0,423
108	8	11	PPR09	25	0,440
109	9	11	PPR11	25	0,440
110	9	11	PPS03	25	0,440
111	9	11	PPT05	25	0,440
112	9	11	PPT11	25	0,440

113	7	12	PPS03	27	0,444
114	7	12	PPS04	27	0,444
115	7	12	PPT03	27	0,444
116	1	12	PPR02	26	0,462
117	10	12	PPS02	26	0,462
118	10	12	PPS03	26	0,462
119	10	12	PPS04	26	0,462
120	10	12	PPS10	26	0,462
121	2	10	PPS08	21	0,476
122	2	10	PPT01	21	0,476
123	2	10	PPT05	21	0,476
124	8	12	PPR07	25	0,480
125	8	12	PPS02	25	0,480
126	9	12	PPS06	25	0,480
127	9	12	PPS09	25	0,480
128	9	12	PPT02	25	0,480
129	7	13	PPR03	27	0,481
130	7	13	PPS06	27	0,481
131	7	13	PPS07	27	0,481
132	7	13	PPS11	27	0,481
133	7	13	PPT05	27	0,481
134	7	13	PPT06	27	0,481
135	7	13	PPT11	27	0,481
136	1	13	PPR10	26	0,500
137	1	13	PPT08	26	0,500
138	3	13	PPS04	26	0,500
139	10	13	PPR06	26	0,500
140	10	13	PPT03	26	0,500
141	10	13	PPT09	26	0,500
142	7	14	PPR10	27	0,519
143	7	14	PPT04	27	0,519
144	7	14	PPT07	27	0,519
145	7	14	PPT08	27	0,519
146	8	13	PPR01	25	0,520
147	8	13	PPR02	25	0,520
148	8	13	PPR11	25	0,520
149	8	13	PPT01	25	0,520
150	8	13	PPT07	25	0,520
151	9	13	PPR06	25	0,520
152	9	13	PPT08	25	0,520
153	2	11	PPS07	21	0,524
154	1	14	PPT01	26	0,538
155	3	14	PPS07	26	0,538
156	3	14	PPS10	26	0,538
157	3	14	PPS11	26	0,538
158	10	14	PPR04	26	0,538
159	10	14	PPT02	26	0,538
160	10	14	PPT04	26	0,538
161	7	15	PPR11	27	0,556
162	7	15	PPT09	27	0,556
163	8	14	PPR06	25	0,560
164	8	14	PPR08	25	0,560
165	8	14	PPS04	25	0,560
166	8	14	PPT10	25	0,560
167	9	14	PPT01	25	0,560
168	3	15	PPS01	26	0,577
169	10	15	PPR01	26	0,577
170	10	15	PPR09	26	0,577
171	10	15	PPT07	26	0,577

172	7	16	PPR01	27	0,593
173	7	16	PPS05	27	0,593
174	8	15	PPP01	25	0,600
175	8	15	PPR05	25	0,600
176	8	15	PPT04	25	0,600
177	1	16	PPR01	26	0,615
178	1	16	PPR03	26	0,615
179	3	16	PPS03	26	0,615
180	10	16	PPR08	26	0,615
181	2	13	PPS10	21	0,619
182	7	17	PPR06	27	0,630
183	8	16	PPS07	25	0,640
184	9	16	PPT07	25	0,640
185	1	17	PPT04	26	0,654
186	10	17	PPT11	26	0,654
187	7	18	PPP01	27	0,667
188	7	18	PPS02	27	0,667
189	7	18	PPS08	27	0,667
190	8	17	PPS05	25	0,680
191	9	17	PPS10	25	0,680
192	1	18	PPT05	26	0,692
193	10	18	PPS06	26	0,692
194	10	18	PPT05	26	0,692
195	7	19	PPR08	27	0,704
196	7	19	PPS09	27	0,704
197	7	19	PPS10	27	0,704
198	7	19	PPT01	27	0,704
199	2	15	PPT09	21	0,714
200	9	18	PPR09	25	0,720
201	8	19	PPS06	25	0,760
202	8	19	PPS09	25	0,760
203	8	19	PPS10	25	0,760
204	8	19	PPT11	25	0,760
205	3	20	PPR02	26	0,769
206	10	20	PPS08	26	0,769
207	7	21	PPT02	27	0,778
208	8	20	PPS08	25	0,800
209	7	22	PPR09	27	0,815
210	8	21	PPR04	25	0,840
211	7	23	PPT10	27	0,852
212	10	23	PPT08	26	0,885
213	8	23	PPT08	25	0,920
214	10	25	PPT10	26	0,962
215	1	26	PPR11	26	1,000
216	9	27	PPT04	25	1,080
217	9	31	PPT10	25	1,240
Toplam		2439			



Nerede? / Kim Yapar?**Ek-4B
İşlem****Açıklama**

Yükleme 1 / Taşıyıcı

Lastiklerin Palet 1, Palet 2 ...
Palet 12 mevkilerine taşınması

Palet1, ... Palet 12 / Taşıyıcı

Lastiklerin paletlere yüklenmesi

Palet1, ... Palet 12 / Forklift

Dolu paletlerin Forklift'e
yüklenmesi

Palet1, ... Palet 12 / Forklift

Dolu paletlerin
Düz 1B, Düz2B ve Düz 5B
mekkilerine taşınmasıDüz1B, Düz2B / Düz-Taşıyıcı1
Düz3B, Düz2B / Düz-Taşıyıcı2
Düz5B / Düz-Taşıyıcı3Lastiklerin paletlerden alınarak
düzgünlük giriş konveyörüne
taşınmasıDüz1 Gir-Konv.
Düz2 Gir-Konv.
Düz3 Gir-Konv.
Düz4 Gir-Konv.
Düz5 Gir-Konv.Lastiklerin düzgünlük ölçme
makinelere taşınmasıDüz. Ölçme 1
Düz. Ölçme 2Lastiklerin düzgünlük
değerleri uygun mu?Lastiklerin Düzgünlük
Hurda Konv. ne ters
bırakılması

Düz. Ölçme 5

E

Düz. Ölçme 1
Düz. Ölçme 2Yanal salgi
kontrolü
gerekliyormu?Yanal salgi
var mı?

Düz. Ölçme 5

E

E

Düz. Ölçme 1
Düz. Ölçme 2Lastiklerin düzgünlük çıkış
konveyörlerine bırakılmasıLastiklerin Düzgünlük
Hurda Konv. ne düz
bırakılması

Düz. Ölçme 5

E

E

Düz 1 Çık. K./ Düz Taşıyıcı 1
Düz 2 Çık. K./ Düz Taşıyıcı 1
Düz 3 Çık. K./ Düz Taşıyıcı 2
Düz 4 Çık. K./ Düz Taşıyıcı 2
Düz 5 Çık. K./ Düz Taşıyıcı 3Lastiklerin düzgünlük yükleme
alanlarına taşınmasıEk-4D'de
K

Ek-4C

Herbir boş paletle bir çeşit lastiği
palet dolana kadar yüklemek
koşuluyla. (Lastik büyüklükleri ve
yükleme sayıları Tablo 7.6' da
gösterilmiştir)2. vardiyanın son üç saatinde
Düz 5B'ye taşınmaz

Nerede? / Kim Yapar?

Düz1Y1, Düz1Y2 / Düz Taşıyıcı1
Düz2Y1, Düz2Y2 / Düz Taşıyıcı1
Düz3Y1, Düz3Y2 / Düz Taşıyıcı2
Düz4Y1, Düz4Y2 / Düz Taşıyıcı2
Düz5Y1, Düz5Y2 / Düz Taşıyıcı3

Düz1Y1, Düz1Y2 / Forklift
Düz2Y1, Düz2Y2 / Forklift Düz3Y1,
Düz3Y2 / Forklift Düz4Y1, Düz4Y2
/ Forklift Düz5Y1, Düz5Y2 / Forklift

Düz1Y1, Düz1Y2 / Forklift
Düz2Y1, Düz2Y2 / Forklift Düz3Y1,
Düz3Y2 / Forklift Düz4Y1, Düz4Y2
/ Forklift Düz5Y1, Düz5Y2 / Forklift

Ambar / Forklift

**Ek-4C
İşlem**

Açıklama

Denge Kontrol 1

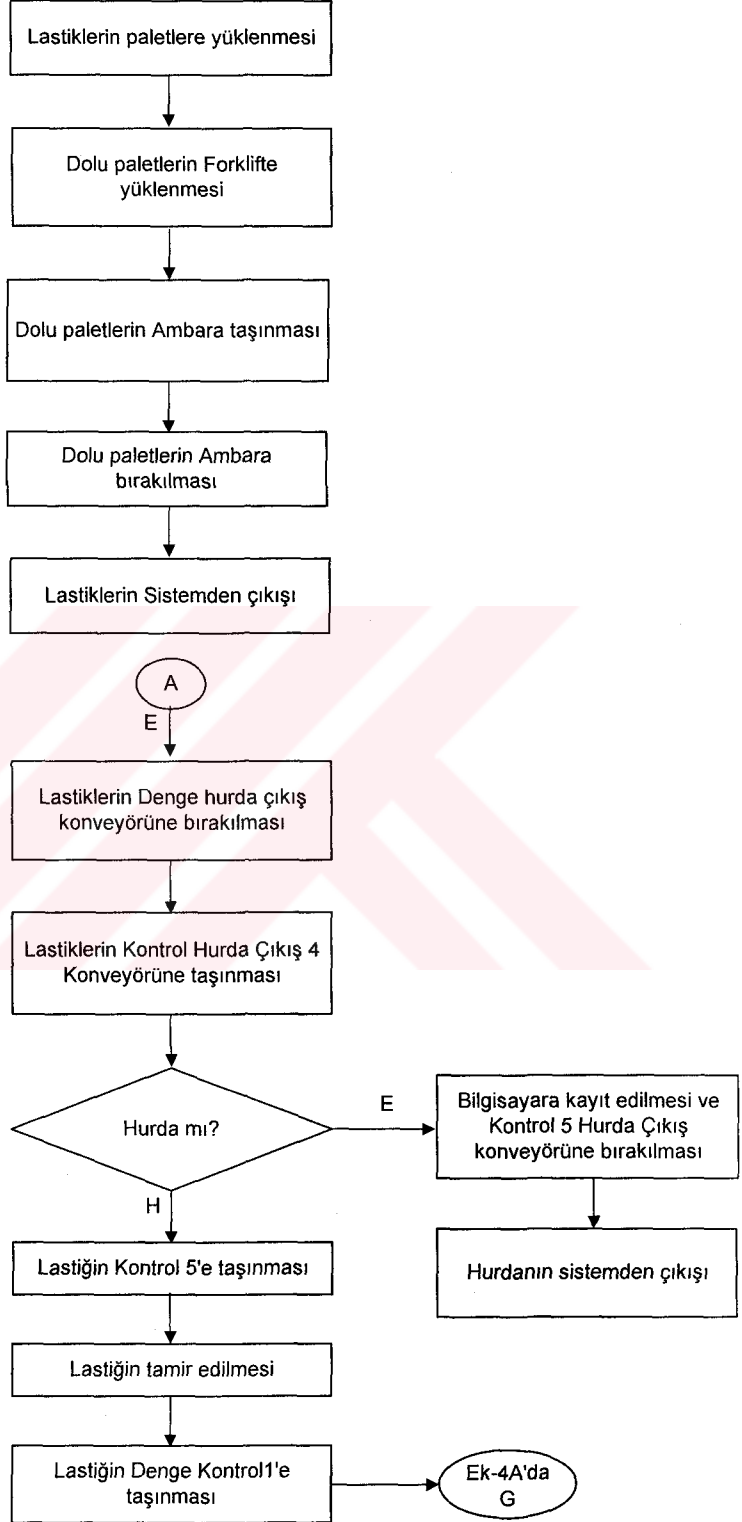
Denge Kontrol 5

Denge Hurda çıkış konveyörü

Kontrol hurda çıkış 4 Konveyörü /
Sınıflandırıcı

Kontrol Hurda Çıkış 4 Konveyörü /
Sınıflandırıcı

Kontrol 5 / Sınıflandırıcı



Nerede? / Kim Yapar?

Ek-4D

İşlem

B

Kontrol 1 / Kontrolör 1
Kontrol 2 / Kontrolör 2

Lastiklerin Kontrol Hurda
Konveyörüne bırakılması

Kontrol Hurda Konveyörü

Lastiklerin Kontrol 5'e taşınması

Kontrol 5 / Sınıflandırıcı

Kusurlu lastiklerin kusur
bilgilerinin bilgisayara girilmesi ve
Kontrol Hurda Konveyörüne
bırakılması

Kontrol Hurda Konveyörü

Lastiklerin Sistemden çıkartılması

K

Düz 1 Hurda Konv.
Düz 2 Hurda Konv.
Düz 3 Hurda Konv.
Düz 4 Hurda Konv.
Düz 5 Hurda Konv.

Lastiklerin Konveyör sonuna
taşınması

Düz 1 Hurda Konv. / Düz. Taşıyıcı 1
Düz 2 Hurda Konv. / Düz. Taşıyıcı 1
Düz 3 Hurda Konv. / Düz. Taşıyıcı 2
Düz 4 Hurda Konv. / Düz. Taşıyıcı 2
Düz 5 Hurda Konv. / Düz. Taşıyıcı 3

Lastik düz mü?

H

Lastiklerin Sistemden
çıkartılması

Düz 1 Hurda Konv. / Düz. Taşıyıcı 1
Düz 2 Hurda Konv. / Düz. Taşıyıcı 1
Düz 3 Hurda Konv. / Düz. Taşıyıcı 2
Düz 4 Hurda Konv. / Düz. Taşıyıcı 2
Düz 5 Hurda Konv. / Düz. Taşıyıcı 3

E

Lastiklerin Düz. Hurda yükleme
alanlarına taşınması

Düz 1 Hurda Yük.
Düz 2 Hurda Yük.
Düz 3 Hurda Yük.
Düz 4 Hurda Yük.
Düz 5 Hurda Yük.

Lastiklerin paletlere yüklenmesi

Düz 1 Hurda Yük. / Forklift
Düz 2 Hurda Yük. / Forklift
Düz 3 Hurda Yük. / Forklift
Düz 4 Hurda Yük. / Forklift
Düz 5 Hurda Yük. / Forklift

Dolu paletlerin Forkliftle
yüklenmesi

Düz 1 Hurda Yük. / Forklift
Düz 2 Hurda Yük. / Forklift
Düz 3 Hurda Yük. / Forklift
Düz 4 Hurda Yük. / Forklift
Düz 5 Hurda Yük. / Forklift

Dolu paletlerin yan al salgı tamir
boşaltma alanına taşınması

Ek-4H'de
L

Ek-4E

Nerede? / Kim Yapar?

Kontrol 1 / Kontrolör 1
Kontrol 2 / Kontrolör2
Kontrol 5 / Kontrolör 5

14-15 inç Konv.

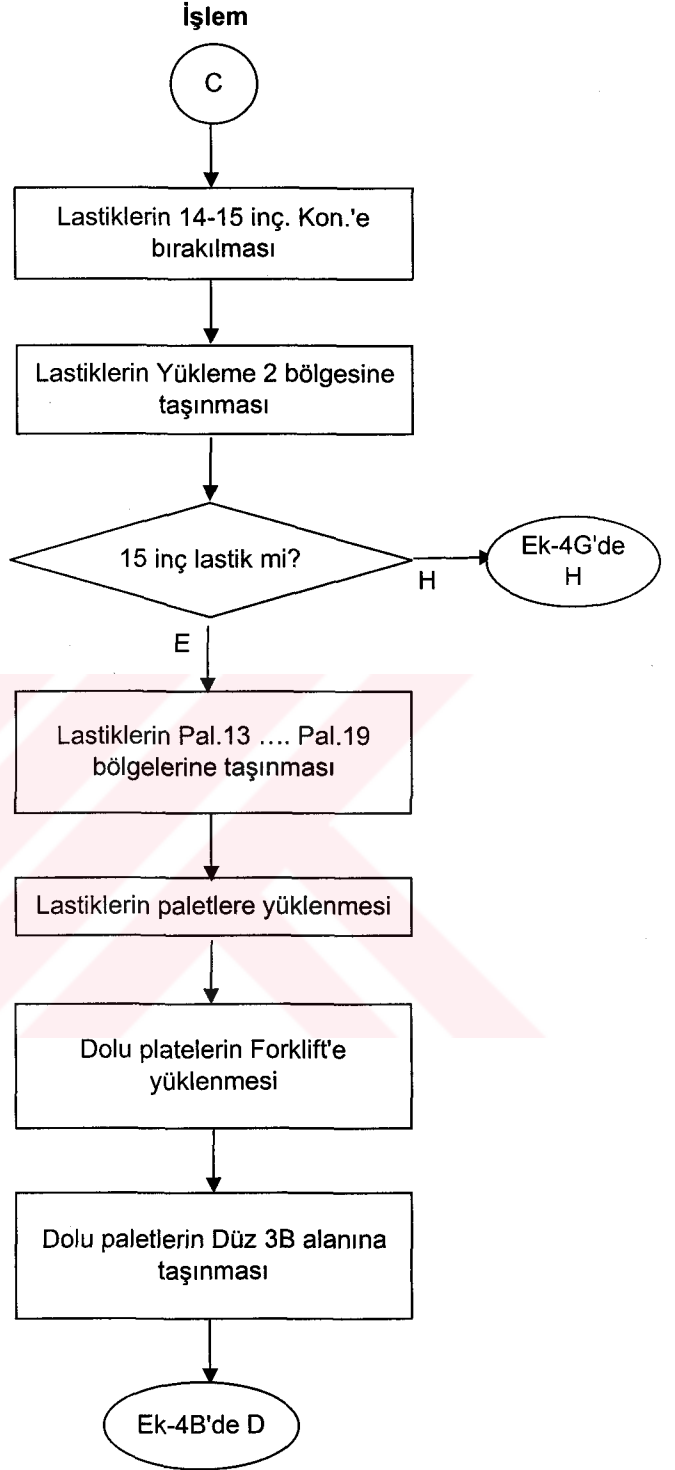
Taşıyıcı

Yükleme 2 / Taşıyıcı

Pal.13 ... Pal.19 / Taşıyıcı

Pal.13 ... Pal.19 / Forklift

Pal.13 ... Pal.19 / Forklift



Nerede? / Kim Yapar?

**Ek-4G
İşlem**

H

Yükleme 2 / Taşıyıcı

Lastiklerin Pal.20 ... Pal.27
mekanlarına taşınması

Pal.20 ... Pal.27 / Taşıyıcı

Lastiklerin paletlere yüklenmesi

Pal.20 ... Pal.27 / Forklift

Dolu paletlerin Forklift'e
yüklenmesi

Pal.20 ... Pal.27 / Forklift

Dolu paletlerin Düz 4B ve Düz 5B
alanlarına taşınması

Sadece 2. vardiyanın son üç
saatinde Düz 5B alanına taşınır.

Ek-4B'de
D

Nerede? / Kim Yapar?

Ek-4H

İşlem

Açıklama

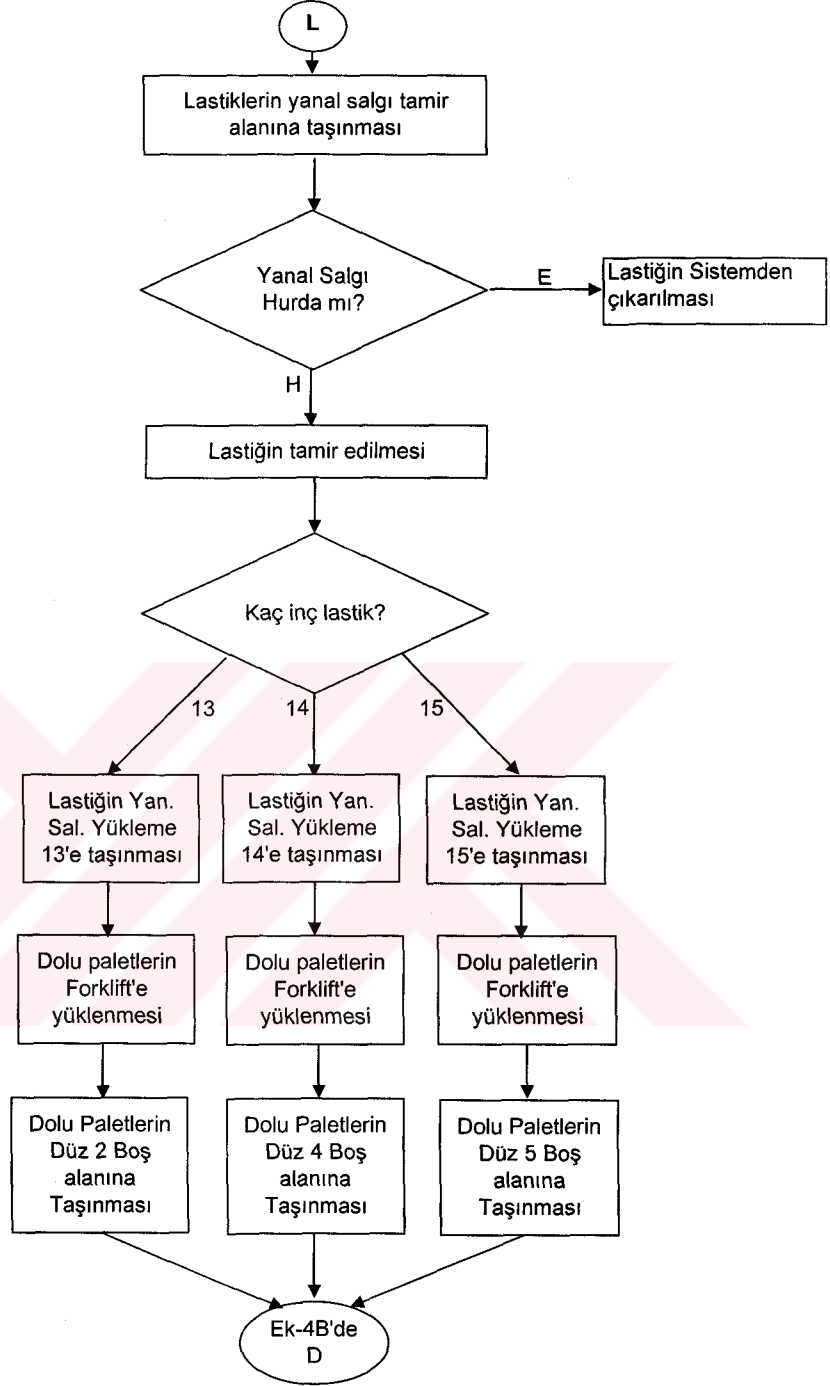
Y. Salgı Boşaltma / Y. Salgı Kontrolör

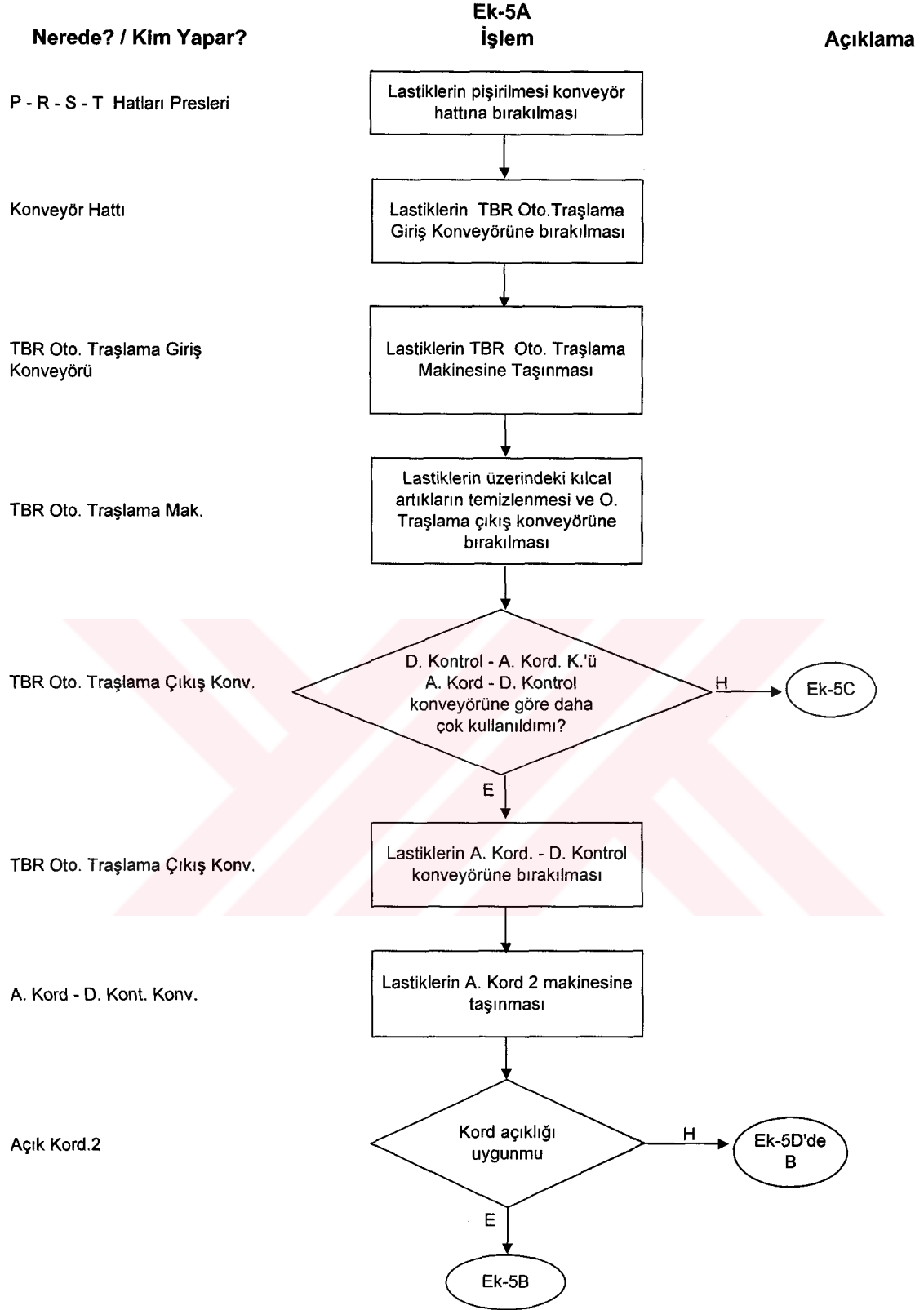
Yanal S. Tamir / Y. Salgı Kontrolör

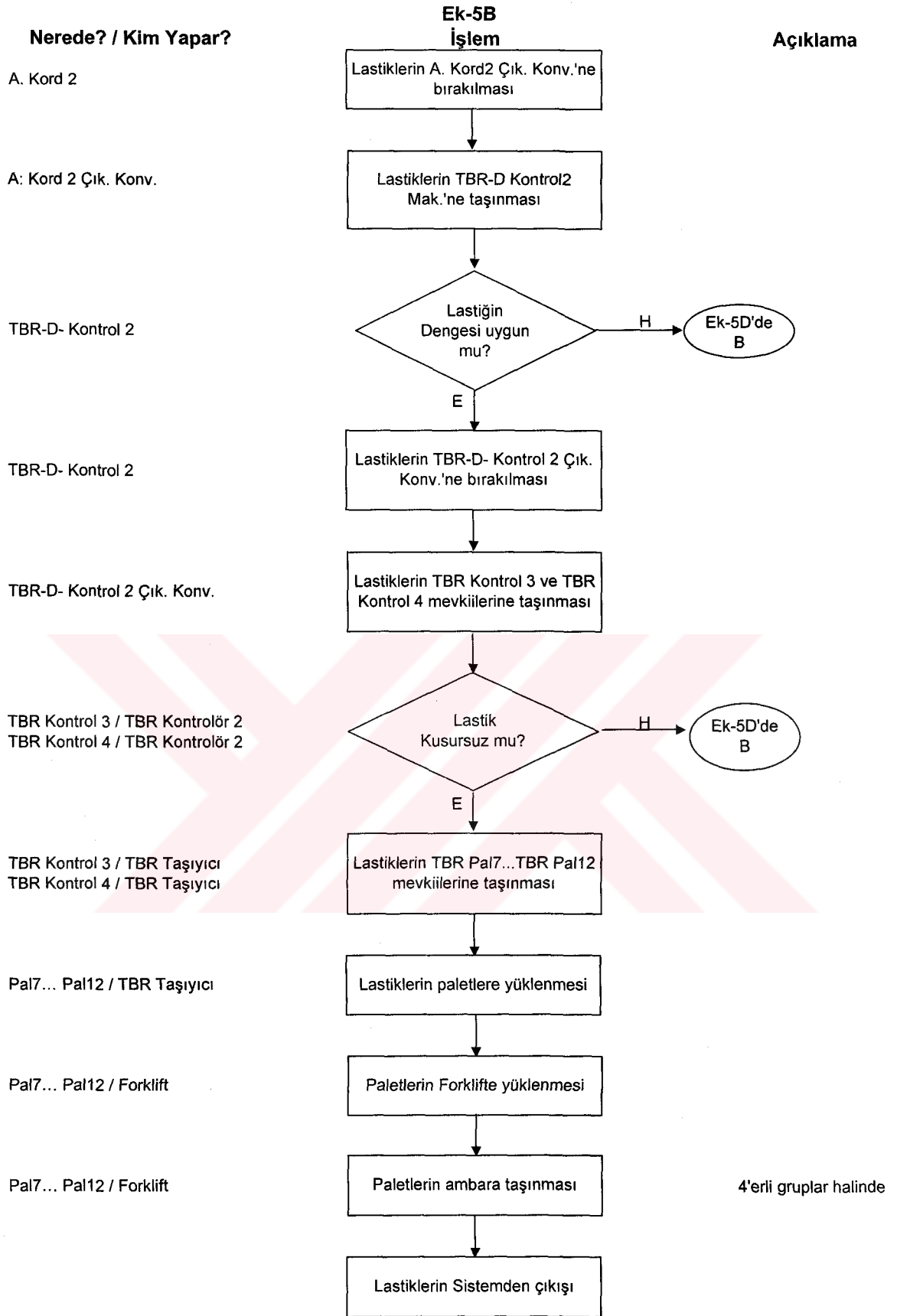
Yanal S. Tamir / Y. Salgı Kontrolör

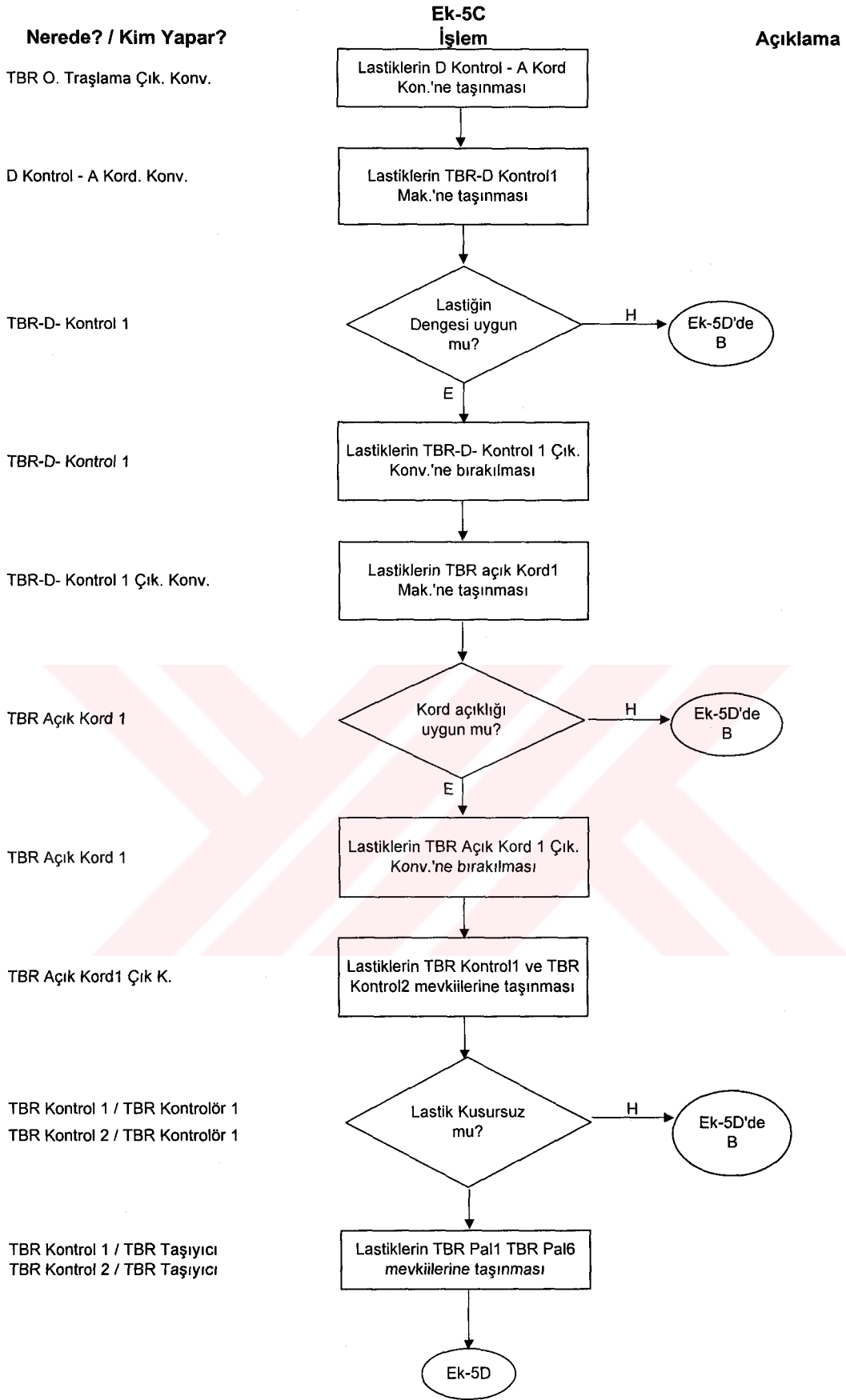
Yanal S. Tamir / Y. Salgı Kontrolör

Yanal salgı yükleme 13
Yanal salgı yükleme 14
Yanal salgı yükleme 15

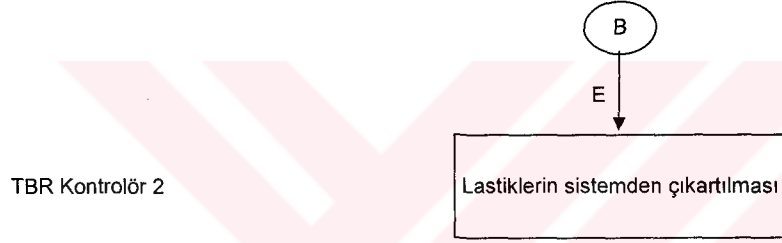








Nerede? / Kim Yapar?	Ek-5D İşlem	Açıklama
Pal.1 ... Pal.6 / TBR Kontrolör 2	Lastiklerin paletlere yüklenmesi	
Pal.1 ... Pal.6 / Forklift	Paletlerin Forkliftte yüklenmesi	
Pal.1 ... Pal.6 / Forklift	Paletlerin ambara taşınması	4'erli gruplar halinde
Pal.1 ... Pal.6 / Forklift	Lastiklerin sistemden çıkışı	



Ek-6

 α önem düzeyi için kritik χ^2 değerleri tablosu.

Serbestlik Derecesi	1- α										
	0.01	0.025	0.05	0.10	0.25	0.50	0.75	0.90	0.95	0.975	0.990
1	0.000	0.0009	0.004	0.158	0.102	0.455	1.32	2.71	3.84	5.02	6.63
2	0.020	0.051	0.103	0.211	0.575	1.386	2.773	4.605	5.991	7.378	9.210
3	0.115	0.216	0.352	0.584	1.213	2.366	4.108	6.251	7.815	9.348	11.344
4	0.297	0.484	0.711	1.064	1.923	3.357	5.385	7.779	9.488	11.143	13.277
5	0.554	0.831	1.145	1.610	2.675	4.351	6.626	9.236	11.070	12.832	15.086
6	0.872	1.237	1.635	2.504	3.455	5.348	7.841	10.645	12.592	14.449	16.812
7	1.239	1.690	2.167	2.833	4.255	6.346	9.037	12.017	14.067	16.013	18.475
8	1.646	2.180	2.733	3.490	5.071	7.344	10.219	13.382	15.507	17.535	20.090
9	2.088	2.700	3.325	4.168	5.899	8.343	11.389	14.684	16.919	19.023	21.666
10	2.558	3.247	3.940	4.865	6.737	9.342	12.549	15.987	18.307	20.483	23.209
11	3.053	3.816	4.575	5.578	7.584	10.341	13.701	17.275	19.675	21.920	24.725
12	3.571	4.404	5.228	6.304	8.438	11.340	14.845	18.549	21.026	23.337	26.217
13	4.107	5.009	5.892	7.042	9.299	12.340	15.984	19.812	22.362	24.736	27.688
14	4.660	5.629	6.571	7.790	10.165	13.339	17.117	21.064	23.685	26.119	29.141
15	5.229	6.262	7.261	8.547	11.037	14.339	18.245	22.307	24.996	27.488	30.578
16	5.812	6.908	7.962	9.312	11.912	15.339	19.369	23.542	26.296	28.845	32.000
17	6.408	7.564	8.672	10.085	12.792	16.338	20.489	24.769	27.587	30.191	33.409
18	7.015	8.231	9.390	10.865	13.675	17.338	21.605	25.989	28.869	31.526	34.805
19	7.633	8.907	10.117	11.651	14.562	18.338	22.718	27.204	30.144	32.852	36.191
20	8.260	9.591	10.851	12.443	15.452	19.337	23.828	28.412	31.410	34.170	37.566
21	8.897	10.283	11.591	13.240	16.344	20.337	24.935	29.615	32.671	35.479	38.932
22	9.542	10.982	12.338	14.041	17.240	21.337	26.039	30.813	33.924	36.781	40.283
23	10.196	11.689	13.091	14.848	18.137	22.337	27.141	32.007	35.172	38.076	41.638
24	10.856	12.401	13.848	15.659	19.037	23.337	28.241	33.196	36.415	39.364	42.980
25	11.524	13.120	14.611	16.473	19.939	24.337	29.339	34.382	37.652	40.646	44.314
26	12.198	13.844	15.379	17.292	20.843	25.336	30.435	35.563	38.885	41.923	45.642
27	12.879	14.573	16.151	18.114	21.749	26.336	31.528	36.741	40.113	43.194	46.963
28	13.565	15.308	16.928	18.939	22.657	27.336	32.620	37.916	41.337	44.461	48.278
29	14.256	16.047	17.708	19.768	23.567	28.336	33.711	39.087	42.557	45.722	49.588
30	14.953	16.791	18.493	20.599	24.478	29.336	34.800	40.256	43.773	46.979	50.892
40	22.164	24.433	28.509	29.051	33.660	39.335	45.616	51.805	55.758	59.342	63.691
50	29.707	32.357	34.764	37.689	42.942	49.335	56.334	63.167	67.505	71.420	76.154
60	37.485	40.482	43.188	46.459	52.294	59.335	66.981	74.397	79.082	83.238	88.379
70	45.442	48.757	51.739	55.329	61.696	69.334	77.577	85.527	90.531	95.023	100.425
80	53.540	57.153	60.391	64.278	71.144	79.334	88.130	96.578	101.880	106.629	112.329
90	61.754	65.647	69.126	73.291	80.625	89.334	98.650	107.565	113.145	118.136	124.116
100	70.065	74.222	77.929	82.358	90.133	99.334	109.141	118.498	124.342	129.561	135.807

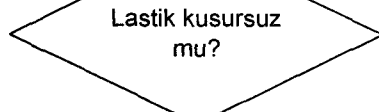
Ek-7A

Nerede? / Kim Yapar?

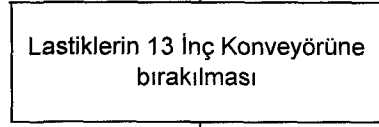
İşlem

Açıklama

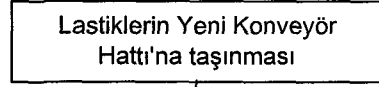
Kontrol 1 / Kontrolör 1
Kontrol 2 / Kontrolör 2
Kontrol 5 / Sınıflandırıcı



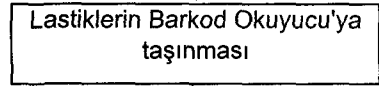
Kontrol 1 / Kontrolör 1
Kontrol 2 / Kontrolör 2
Kontrol 5 / Sınıflandırıcı



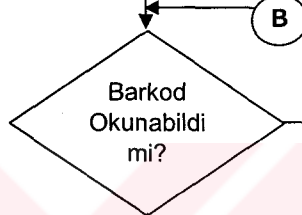
13 inç Konveyör



Yeni Konveyör Hattı



Barkod Okuyucu



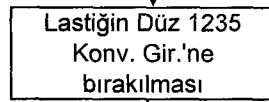
Barkod Okuyucu



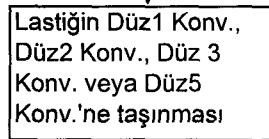
Barkod Okuyucu



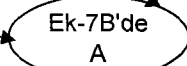
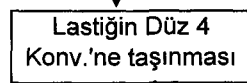
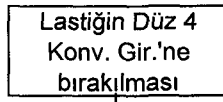
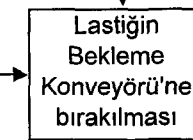
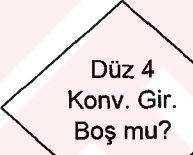
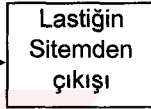
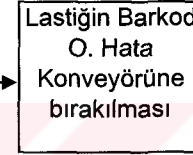
Barkod Okuyucu



Düz 1235 Konv. Giriş,
4 Konv. Giriş



Düz



Ek-7B

Nerede? / Kim Yapar?

İşlem

Açıklama

Düzlük 1 Konv.
Düzlük 2 Konv.
Düzlük 3 Konv.
Düzlük 4 Konv.
Düzlük 5 Konv.

BO Düz 1, BO Düz 2,
BO Düz 3, BO Düz 4,
BO Düz 5

BO Düz 1, BO Düz 2,
BO Düz 3, BO Düz 4,
BO Düz 5

Düz. Ölçme 1
Düz. Ölçme 2
.
Düz. Ölçme 5

Düz. Ölçme 1
Düz. Ölçme 2
.
Düz. Ölçme 5

Düz. Ölçme 1
Düz. Ölçme 2
Düz. Ölçme 5

Düz1 Çık. K./D.Taş1
Düz2 Çık. K./D.Taş1
Düz3 Çık. K./D.Taş2
Düz4 Çık. K./D.Taş2
Düz5 Çık. K./D.Taş3

A

Lastiklerin Düzlük
Barkod Okuyuculara
taşınması

Jant ölçüsü bir
önceki jant
ölçüsüyle aynı
mı?

Düzlük
ölçme
makinesinin
ayarılanması

Lastiğin düzlük
ölçme makinelerine
taşınması

Lastiklerin
düzlük
değerleri uygun
mu?

Lastiklerin Sitem'den
çıkışı

Yanal salgı
kontrolü
gerekliyormu?

Yanal salgı
var mı?

Lastiklerin düzlük çıkış
konveyörüne bırakılması

Lastiklerin Düzlük
Hurda Konv. ne
bırakılması

Lastiklerin düzlük yükleme
alanına taşınması

Ek-7C'de
M

Ek-4C

Nerede? / Kim Yapar?

Ek-7C
İşlem

Açıklama

Düz 1 Hur. Konv.
Düz 2 Hur. Konv.
Düz 3 Hur. Konv.
Düz 4 Hur. Konv.
Düz 5 Hur. Konv.

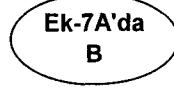
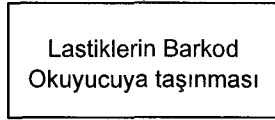
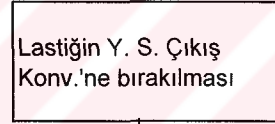
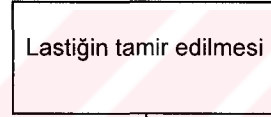
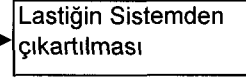
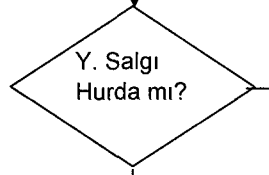
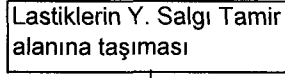
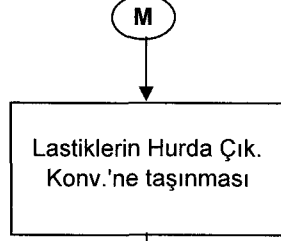
Hur. Çık. Konv.

Y.S. Tamir/ Y.S. Kontrolör

Y.S. Tamir/ Y.S. Kontrolör

Y.S. Tamir/ Y.S. Kontrolör

Y. S. Çıkış Konv.



Ek-8

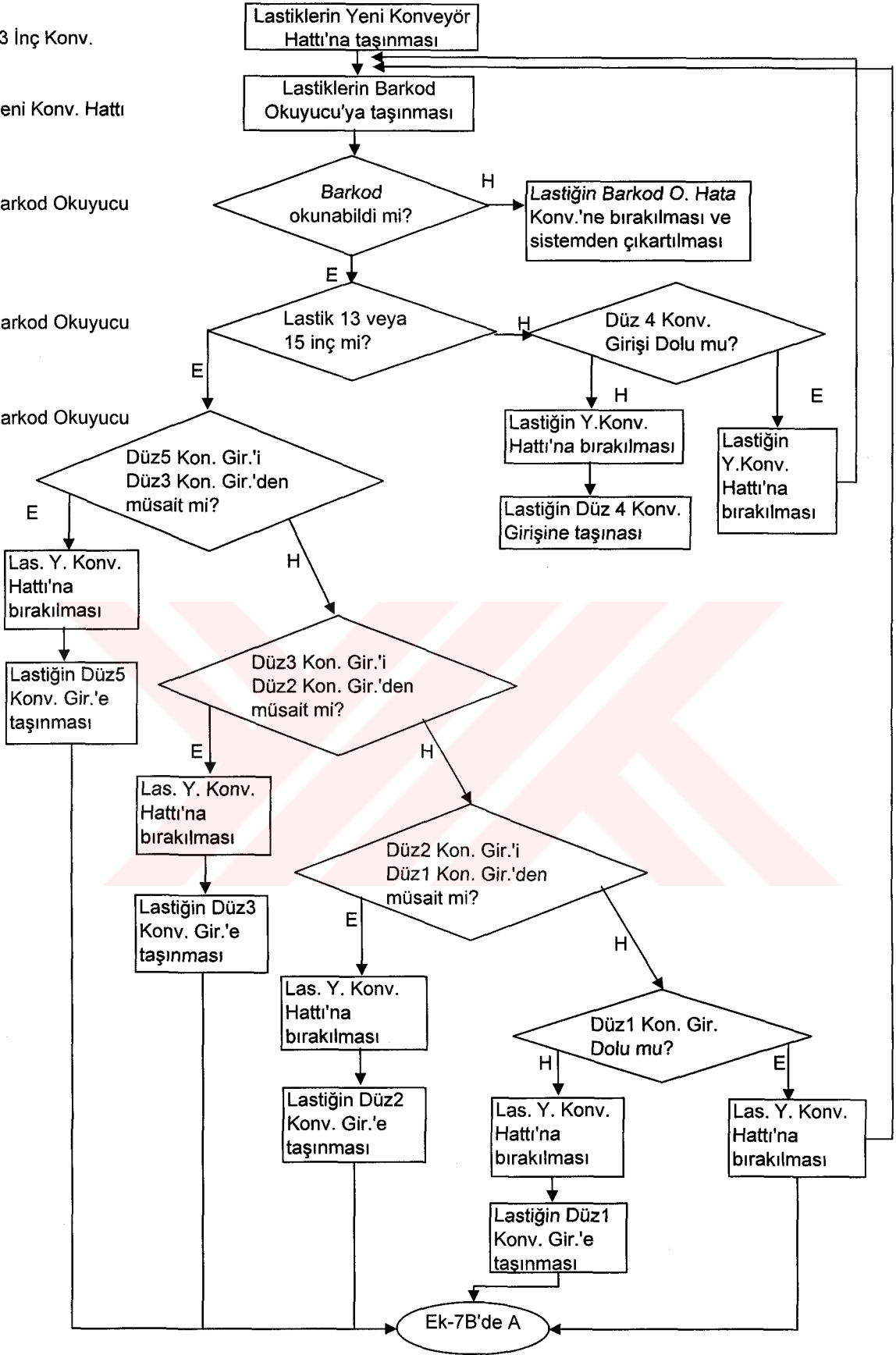
13 İnc Konv.

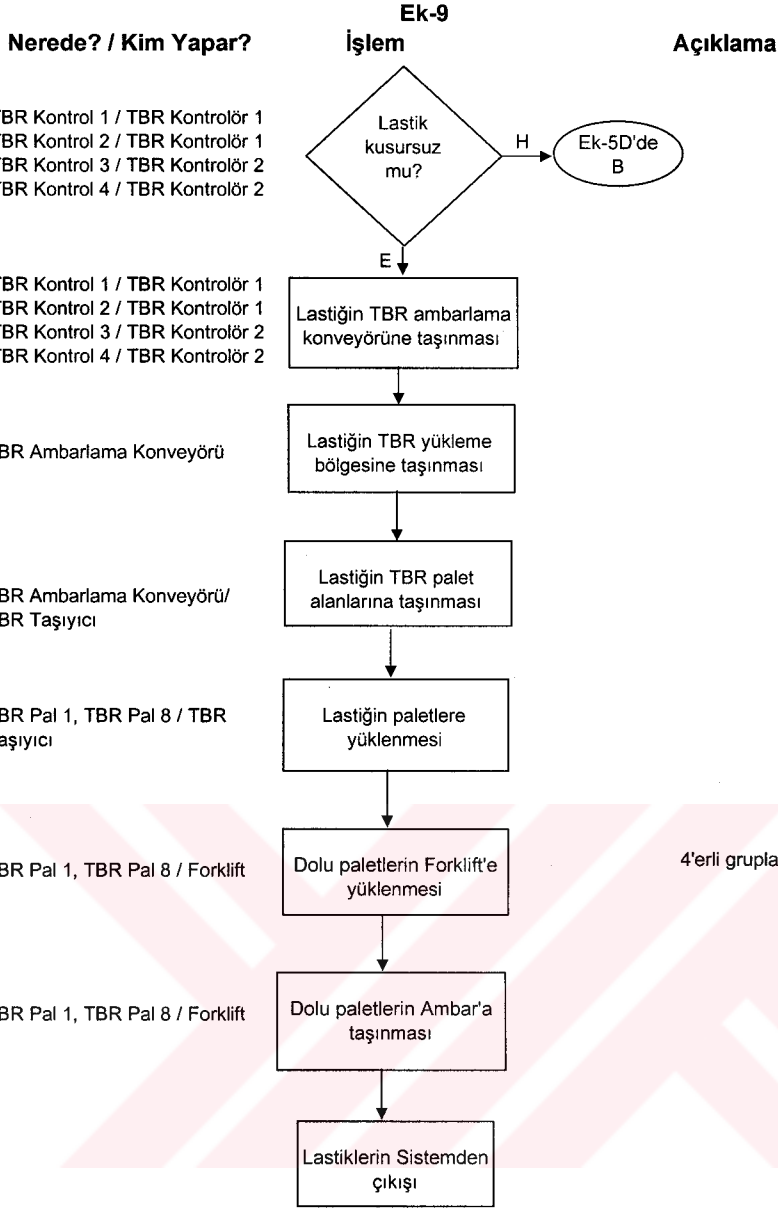
Yeni Konv. Hattı

Barkod Okuyucu

Barkod Okuyucu

Barkod Okuyucu





ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında İzmit'te doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İzmit'te tamamladı. 1997 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden 2001 yılında mezun oldu. Aynı yıl Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı.

2001 yılında Araştırma Görevlisi olarak göreve başladığı Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde halen çalışmaktadır.