KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE SİMÜLASYON ÇALIŞMASI

YÜKSEK LİSANS

Endüstri Müh. Alper ÖZÇİFT

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği

Danışman : Prof. Dr. Alpaslan Fığlalı

KOCAELİ, 2010

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE SİMÜLASYON ÇALIŞMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Müh. Alper ÖZÇİFT

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28 Aralık 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 2 Şubat 2010

Tez Danışmanı	Üye	Üye
Prof.Dr.Alpaslan Fığlalı	Prof.Dr.Coşkun Özkan	Yrd.Doç.Dr. Alparslan Serhat Demir
(.....)	(.....)	(.....)

KOCAELİ, 2010

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Otomotiv endüstrisi, oluşturduğu istihdam ve ortaya çıkardığı ürünler sayesinde, insan yaşamında büyük öneme sahiptir. Otomotiv endüstrisinin ayakta kalması, içinde bulundurduğu sistemlerin uyum içerisinde çalışması ve yönetilmesi ile sağlanmaktadır. Sistemin kusursuz çalışmasında etki faktörü olan Yalın üretim felsefesi ve Simülasyon yöntemi, bu tez çalışmasının temelini oluşturmaktadır.

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Prof. Dr. Alpaslan FIĞLALI ve Doç. Dr. Didem YILMAZ ÇAPKUR'a, kıymetli bilgilerinden faydalandığım Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğretim üyelerine ve asistanlarına, yüksek lisans öğrenimim esnasında beni destekleyen ve çalışma saatlerimde esneklik sağlayan Ford Otomotiv Sanayi A.Ş. yöneticilerine, oluşturduğum simülasyon modelinde bana yardımcı olan çalışma arkadaşlarım Burak NALÇACI, Hamit PİŞKİN ve Yunus EGE'ye, her zaman bana gösterdikleri anlayış ve sevgiyle beni, ben yapan aileme ve eşim Başak ÖZÇİFT'e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ v
TABLOLAR DİZİNİ vi
ÖZET vii
İNGİLİZCE ÖZET viii
1. GİRİŞ 1
2. OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE ÜRETİM FELSEFESİ YALIN ÜRETİM 2
2.1. Yalın Üretimin Tanımı 2
2.1.1. Yalın üretimin doğuşu 2
2.1.2. Yalın üretim nedir, neden gereklidir? 2
2.1.3. Yalın üretim ile seri üretimin karşılaştırılması 4
2.2. Yalın Üretim Teknikleri 5
2.2.1. Tam zamanında üretim (TZÜ) 5
2.2.1.1. Tam zamanında üretimin tanımı 5
2.2.1.2. Tam zamanında üretimin ilkeleri 6
2.2.1.3. Tam zamanında üretimin aşamaları 6
2.2.1.4. Tam zamanında üretim sisteminin uygulanış esasları 7
2.2.1.5. Tam zamanında üretimin faydaları 7
2.2.2. Kaizen 8
2.2.2.1. Kaizen nedir? 8
2.2.2.2. Kaizen'in ilkeleri 8
2.2.2.2.1. Üst yönetim için kaizen stratejisi 9
2.2.2.2.2. Orta düzey yöneticiler için kaizen stratejisi 9
2.2.2.2.3. Bölüm şefleri için kaizen stratejisi 9
2.2.2.2.4. Çalışanlar için kaizen stratejisi 9
2.2.2.3. Kaizen'in uygulanışı 10
2.2.2.3.1. Çalışma gruplarının oluşturulması 10
2.2.3. Poka – Yoke 11
2.2.3.1. Poka – Yoke'nin tanımı ve gelişimi 11
2.2.3.2. Poka – Yoke çeşitleri 12
2.2.3.2.1. Önlemeye dayalı Poka – Yoke'ler 12
2.2.3.2.2. Keşfetmeye dayalı Poka – Yoke'ler 12
2.2.3.2.3. Poka – Yoke'nin temel prensipleri 13
2.2.4. 5S 14
2.2.4.1. 5S'nin tanımı 14
2.2.4.2. 5S'yi oluşturan unsurlar 15
2.2.4.2.1. Seiri (Sınıflandırma) 15
2.2.4.2.2. Seiton (Sıralama / Düzenleme) 15
2.2.4.2.3. Seiso (Temizlik) 16
2.2.4.2.4. Seiketsu (Standartlaştırma) 16
2.2.4.2.5. Shitsuke (Sahiplenme / Disiplin) 16
2.2.5. Toplam üretken bakım (TÜB) 17

2.2.5.1. Toplam üretken bakım'ın tanımı 17
2.2.5.2. Toplam üretken bakım'ın uygulanması 17
2.2.5.2. Toplam üretken bakım'ın önemi 18
2.2.5.3. Toplam üretken bakım'ın kazançları 18
2.2.6. SMED 18
2.2.6.1. SMED'in tanımı 18
2.2.6.2. SMED'in uygulanış basamakları 19
2.2.6.2.1. İç ve dış hazırlık sürelerini ayırma ve listeleme 19
2.2.6.2.2. İç hazırlık işlemlerini dış hazırlık işlemleri haline getirme 19
2.2.6.2.3. Hazırlık işlemlerinin sürelerini kısaltma 20
2.2.6.2.4. Hazırlık işlemini optimize etme 20
2.2.7. Kanban 20
2.2.7.1. Kanban'ın tanımı 20
2.2.7.2. Kanban sistemi nedir? 21
2.2.7.3. Kanban kartları 22
2.2.7.4. Kanban kartlarının kullanımı 22
2.2.7.5. Kanban sistemi yönetim gerekleri 23
2.2.7.6. Kanban sisteminin uygulanması 23
2.2.8. Jidoka 24
3. OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE BİR YALIN ÜRETİM UYGULAMASI (FORD ÜRETİM SİSTEMİ) 26
3.1. Ford Üretim Sistemi Tanımı 26
3.2. Ford Üretim Sistemi Konuları 27
3.2.1. Liderlik 27
3.2.2. Çalışma grupları 28
3.2.3. İstasyonda proses kontrol 29
3.2.3.1. Kalite proses sistemi (KPS) 29
3.2.3.2. Görsel fabrika 29
3.2.3.3. Hata önleme 30
3.2.3.4. Hızlı ekipman değişimi 30
3.2.4. Endüstriyel malzeme akışı (EMA) 31
3.2.5. İş sağlığı ve güvenliği (İSG) 31
3.2.6. Çevre 32
3.2.7. Eş zamanlı malzeme akışı 32
3.2.8. Eğitim 34
3.2.9. İmalat mühendisliği 34
3.2.10. Ford toplam üretken bakım (FTÜB) 35
3.2.11. Kalite 35
3.3. Denetleme Sistemi 35
3.4. İyileştirme ve Ödül Sistemi 36
3.5. Kazançlar 37
4. OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE SİMÜLASYON 38
4.1. Simülasyon Nedir? 38
4.2. Simülasyonun Kullanım Alanları 38
4.3. Simülasyonun Avantajları ve Dezavantajları 40
4.4. Simülasyon Modelinin Yapısı 40
4.5. Simülasyon Süreci 43
4.6. Otomotiv Endüstrisinde Simülasyon 45
4.7. Simülasyon Programları 48
4.7.1. Çalışmada kullanılan paket program – Witness 49
5. UYGULAMA 50

5.1. Firma Tanıtımı 50
5.2. Sistemin Tanımı 51
5.3. Problemin Tanımı ve İhtiyaçlar 53
5.4. Problemin Çözümü 54
5.4.1. Alternatiflerin oluşturulması 54
5.4.2. Alternatiflerin değerlendirilmesi 55
5.4.3. Simülasyon modelinin oluşturulması 55
5.4.4. Simülasyon modeli – Girdilerin analizi 57
5.4.5. Simülasyon modeli – Çıktıların analizi 63
6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME 64
KAYNAKLAR 65
EKLER 66
ÖZGEÇMİŞ 70

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Kanban sistemi 23
Şekil 3.1: FÜS liderlik şeması 27
Şekil 3.2: İç lojistik yönetimi 33
Şekil 5.1: Mezanin stok alanı 53
Şekil 5.2: Mezanin stok alanı yeni durum ve akış süreçleri 56
Şekil 5.3: Simülasyon modelinin ekran görüntüsü 56
Şekil 5.4: Gövde – Connect arızalar arası geçen süre grafiği 57
Şekil 5.5: Gövde – Connect arızayı giderme süresi grafiği 58
Şekil 5.6: Gövde – Transit arızalar arası geçen süre grafiği 58
Şekil 5.7: Gövde – Transit arızayı giderme süresi grafiği 58
Şekil 5.8: Boyahane arızalar arası geçen süre grafiği 59
Şekil 5.9: Boyahane arızayı giderme süresi grafiği 59
Şekil 5.10: Gövde Connect arızalar arası geçen süre normalite test grafiği 59
Şekil 5.11: Gövde – Connect arızayı giderme süresi normalite test grafiği 60
Şekil 5.12: Gövde – Transit arızalar arası geçen süre normalite test grafiği 60
Şekil 5.13: Gövde – Transit arızayı giderme süresi normalite test grafiği 60
Şekil 5.14: Boyahane arızalar arası geçen süre normalite test grafiği 61
Şekil 5.15: Boyahane arızayı giderme süresi normalite test grafiği 61
Şekil 5.16: Isınma periyodu sonrasında simülasyon modelinin ekran görüntüsü 62

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1: Seiri 15
Tablo 4.1: Sistem değişkenlerinin ilişkileri 41
Tablo 4.2: Otomotiv endüstrisinde simülasyon uygulamalarının sınıflandırılması 47
Tablo 4.3: Simülasyon programlarının karşılaştırılması 48
Tablo 5.1: Gövde Transit, Connect ve Boyahane arıza istatistikleri 57
Tablo 5.2: Konveyör doluluk oranları 63

OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE SİMÜLASYON ÇALIŞMASI

Alper ÖZÇİFT

Anahtar Kelimeler: Yalın Üretim, Ford Üretim Sistemi, Simülasyon

Özet: Simülasyon çalışmasının gerçekleştirildiği otomotiv endüstrisinde, yalın üretim teknikleri üretim ortamını şekillendirmektedir. Yalın üretim, tam zamanında üretim, kaizen, poka – yoke, 5S, toplam üretken bakım, smed, kanban ve jidoka gibi teknikleri bir arada barındıran bir felsefedir. Yalın üretim uygulayan kuruluşlar; sürekli iyileşmeyi benimseyerek her geçen sene, bir önceki seneden daha iyi olmayı hedeflerler. Yalın üretimin uygulandığı otomotiv endüstrisinde; firmalar, yalın üretim tekniklerini kendi sistemlerine uyarlayarak çeşitli yeni sistemler ortaya çıkarırlar. Ford Üretim Sistemi de bu örneklerden bir tanesidir. Otomotiv endüstrisinde simülasyon, ortaya koyduğu avantajlarla, üretim içerisinde yer alan süreçleri iyileştirmeye çalışır. Ara stok alanları da bu sürecin bir parçasıdır. Bu çalışmada, otomotiv endüstrisinde ara stok alanı yatırım kararı, Witness simülasyon programı ile verilmiştir. Oluşturulan model sayesinde, simülasyonu uygulayan kuruluş yatırım maliyetinde kazanç sağlamıştır.

SIMULATION STUDY IN AUTOMOTIVE INDUSTRY

Alper ÖZÇİFT

Key Words: Lean Production, Ford Production System, Simulation

Abstract: In the automotive industry, the simulation study realized, lean manufacturing techniques shape the production area. Lean production is a philosophy, which includes techniques such as just in time, kaizen, poka – yoke, 5S, total productive maintenance, smed, kanban and jidoka. Companies, which apply lean production, adopt continuous improvement and aim to be better than each passing year. In automotive industry, which applies lean production, companies customize lean production techniques to their systems, so they can create various new systems. Ford Production System is one of these examples. Simulation, executes advantages, in automotive industry tries to improve processes in production. Buffers are part of this process. In this study, in automotive industry buffer investment decision had been awarded with Witness simulation program. By means of simulation model, the company which implements the simulation provides gain in investment costs.

1. GİRİŞ

Otomotiv sektörü, sanayisi gelişmiş ülkelerin gelir kaynakları arasında ilk sırada yer almakta ve ekonomilerinin lokomotifi olarak kabul edilmektedir. Yarattığı katma değer, doğrudan veya dolaylı olarak istihdama katkısı ve teknolojik gelişmeye öncülük etmesi sayesinde ülkelerin kalkınmasında önemli bir rol oynamaktadır. Küreselleşen ekonomiyle birlikte otomotiv sektörü, diğer sektörlerde de olduğu gibi yoğun ve acımasız rekabet ortamının hazırlanmasına zemin oluşturmuştur. Rekabet ortamı; firmaların ayakta kalması için işçilik, yatırım, hammadde ve hizmet maliyetlerini en düşük seviyede tutmayı zorunlu kılmıştır.

Sektörde lider firmalardan ikisi olan Toyota ve Ford, maliyetlerin düşürülmesi konusunda sektöre öncülük etmiş ve üretim sistemlerini bu doğrultuda geliştirmiştir. Üretim sistemleri, çalışmanın ikinci bölümünde detaylı olarak anlatılan yalın üretim felsefesine dayanmaktadır. Üçüncü bölümde, yalın üretim felsefesinin fiili olarak Ford'da uygulanan yöntemlerinden bahsedilmiştir.

Bilgisayarların hayatımızda edindikleri yerlerin vazgeçilemez boyutlara ulaşması sonucunda, otomotiv sektörü de bu faydalı makineden sağladığı faydayı en üst seviyede tutmayı başarmıştır. İçerisinde irili ufaklı yüzlerce karmaşık alt sistemleri barındıran otomotiv sektörü artık bilgisayar sistemleri ile yönetilmektedir. Dördüncü bölümde sistem analiz, tasarım yöntemi ve aynı zamanda bilgisayar araçlarından bir tanesi olan simülasyon yöntemi anlatılmıştır. Beşinci bölümde, bir otomotiv endüstrisi kuruluşu olan Ford Otomotiv Sanayi A.Ş.'de ara stok alanı yatırımının simülasyon yöntemi ile yönlendirilmesi ele alınmıştır.

2. OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE ÜRETİM FELSEFESİ YALIN ÜRETİM

2.1. Yalın Üretimin Tanımı

2.1.1. Yalın üretimin doğuşu

Endüstri dünyasında, 1. Dünya Savaşına kadar olan dönem iyi eğitilmiş vasıflı işçi türünün büyük rol oynadığı, emek-yoğun üretimin ağırlıklı olduğu dönemdir.

1. Dünya Savaşından sonra Henry Ford ve General Motors'dan Alfred Sloan dünya otomotiv sanayisini emek ağırlıklı üretim sisteminden, seri üretim sistemine taşıdılar. Kitle üretimi metodu olarak da bilinen bu sistem, belirli konularda yetişmiş profesyonellerin dizaynı ile vasıfsız veya az vasıflı işçi kullanarak pahalı ve tek amaçlı tezgahlarla üretim yapar. Burada Henry Ford'un uygulamaya koyduğu yürüyen bant tipi üretim sistemi, yeni bir devrin başlangıcı olmuştur.

2. Dünya Savaşından sonra, Japonya'da Toyota Motor İşletmesinden Eiji Toyoda ve Taiichi Ohno yalın üretim kavramına öncülük ettiler**.** Yalın üretim, üretime yük getiren tüm israflardan arınmayı hedef alan bir yaklaşımdır. Diğer Japon şirket ve endüstrilerinin de bu sistemi kopya etmeleri üzerine Japonya, kısa zamanda bugünkü ekonomik üstünlüğüne ulaştı.

Bugün dünyanın her tarafındaki imalatçılar yalın üretimi benimsemeye çalışıyorlarsa da gelişme ağır ilerliyor. Bu sistemde ilk ustalaşan şirketler Japonya'da toplanmıştır. Yalın üretim onların himayesi altında Kuzey Amerika ve Batı Avrupa'da yayılırken, 1980'li yıllardan itibaren dünya genelinde sanayide yalın üretim sistemine geçiş için yoğun çalışmalar devam etmektedir (Ohno, 1996).

2.1.2. Yalın üretim nedir, neden gereklidir?

Yalın düşünce, müşterinin edineceği değerlerin artırılmasını hedefleyen, değer yaratma sürecindeki faaliyetlerin hepsini bir proses olarak ele alır.

Yalın üretim, yapısında hiçbir gereksiz unsur taşımayan ve hata, maliyet, stok, işçilik, geliştirme süreci, üretim alanı, fire, müşteri memnuniyetsizliği gibi unsurların en aza indirgendiği üretim felsefesi olarak tanımlanmaktadır.

Yalın yaklaşımına göre bir işletme, hangi faaliyetlerin değer yarattığını bilmek durumundadır.

Yalın sistemi, global rekabet sürecine uyum sağlamaya yönelik, bir işletmedeki israfı tanımlayarak onu yok eden bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. İsraf, ürüne açıkça değer katacak olan minimum miktarda malzeme, parça, alan ve çalışma zamanı dışında kalan her şeydir. ”Shoichiro Toyoda”

Üretimde görülen temel israfları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Reaktif kalite kontrol etkinlikleri israftır, ürün kontrol edildiği için değil, kaliteli olduğu için değer kazanır.
- Yarı mamül ve bitmiş ürün stokları israftır, ürünün bekletilmesi genelde katma değer getirmez, fiyatını artırmaz.
- Taşımalar israftır, ürünün üretim süreci içinde taşınmasının ürün değeri üzerinde hiçbir etkisi yoktur.
- Beklemeler israftır, kalıp değiştirme, ayar zamanları, arızalar ve diğer nedenlerden kaynaklanan beklemeler, aynı süre içinde katma değeri olan etkinliklerin yapılmasını engeller.
- Fazla üretim israftır çünkü atıl stok oluşmasına neden olur.
- Gereksiz işçi hareketleri israftır, işçiler mümkün olduğunca az hareket etmelidir.
- Kusurlu üretim israftır, üretimde hatalar azaltılmalıdır.

Yukarıda sayılan bu israfların nedenleri ise; yetersiz çalışma metotları, uzun hazırlık zamanları, yetersiz prosesler, eğitim eksikliği, yetersiz bakım, uzun taşıma mesafeleri, liderlik eksikliğidir.

Yalın üretimin başarıya ulaşmasını sağlayan unsurlar; proje yöneticisi, ekip çalışması, bilgi kültürü, tedarikçilerle entegrasyon, eşzamanlı mühendislik ve tüketici oryantasyonudur. Bunlardan ekip çalışması, proje yöneticisi ve tüketicilerle bütünleşme, yalın üretim kavramını daha az rekabetçi alternatif olan Tayloristik yapılandırılmış üretim kavramından ayıran faktörlerdir.

Yukarıdaki anahtar unsurları başarılı bir şekilde uygulamayı öngören bu yaklaşım tarzının kökeninde, kalite anlamı ve sistemini değiştiren Toplam Kalite Kontrol Sistemi bulunmaktadır. Kalitenin “kalite kontrol” veya “kalite güvencesi” gibi tek bir departmanın sorumluluğu olmadığını, kalitenin, mal ve hizmetler oluşturulurken aşama aşama elde edildiğini benimseyen bu sistem, yalın üretimin temel unsurlarından birisidir.

Yalın üretimin kalite anlayışı, müşterinin bir mal veya hizmeti alırken bu mal veya hizmette beklediği bütün özelliklerin karşılanması, bu mal veya hizmetin müşteriye istediği zaman, istediği miktarda sağlanmasıdır. Özetle yalın üretim kalite anlayışına yeni boyutlar kazandırmıştır.

Yalın üretimin, pazardan gelebilecek hedefleri anında karşılayabilmek için tepe yönetimden işçisine ve yan sanayicisine kadar herkesin çalışmasını bir bütün olarak birleştirir. Üretimin her düzeyinde çok yönlü eğitilmiş işçi ekipleri çalıştırılır ve yüksek derece esnekliği olan, otomasyon düzeyi yüksek makineler kullanılır. Diğer yandan sorumluluk firmanın organizasyon yapısının en alt kademelerine kadar itilir. Bu sorumluluk çalışanların kendi çalışmasını kontrol etme özgürlüğü anlamına gelir.

Japon otomotiv endüstrisi tarafından geliştirilen yalın üretim; emek-sanat bağımlı ve seri üretimin avantajlarını birleştirir ve bu sayede emek-sanat’ın yüksek maliyetinden ve seri üretimin katılığından ve sıkıcılığından sakınmış olunur. Yalın üretimde; çok çeşitli ürünler üretmek için kuruluşun her düzeyinde çok yönlü eğitilmiş işçi ekipleri çalışır ve yüksek düzeyde esnekliği olan, otomasyonu gittikçe artan makineler kullanılır.

2.1.3. Yalın üretim ile seri üretimin karşılaştırılması

Yalın üretim, seri üretimle kıyaslandığında her şeyin daha azını kullanır. Ayrıca yerinde ihtiyaç duyulan stokların yarısından çok daha azının bulundurulmasını gerektirir, çok daha az bozuk mal çıkar, daha fazla ve gittikçe de artan çeşitlilikte ürünler üretir.

Seri üretim ile yalın üretim arasındaki en çarpıcı farklılık asıl amaçlarında yatmaktadır. Seri üreticiler kendilerine sınırlı bir hedef tayin ederler. Bu da, azami

sayıda, standardize edilmiş ürünler anlamına gelir. Daha iyisini yapmak, bu anlayışa göre çok pahalıya mal olacaktır veya insanın doğal yeteneklerini aşacaktır. Diğer tarafta, yalın üreticiler kesin olarak kusursuzluğu hedef almışlardır. Devamlı düşen maliyetler, sıfır bozuk mal, sıfır stok ve sonu gelmeyen ürün çeşitliliği gibi. Yalın üretici bu hedefe ulaşmak için sürekli mükemmellik arayışı içindedir.

Yalın üretim, daha fazla profesyonel yeteneklerin öğrenilmesini ve bunların katı bir hiyerarşiden ziyade yaratıcı bir şekilde bir takım atmosferi içinde uygulanmasını gerektirmektedir. Ana amaç, sorumluluğu kuruluşun yapısal piramidinde çoğunluğu oluşturan alt kademelerdeki kişilere yaymaktır. (www.biymed.com)

2.2. Yalın Üretim Teknikleri

Yalın Üretim felsefesi, ana amaçları felsefenin temel düşüncesi ile aynı olan teknikler kullanılarak işletmeye benimsetilebilir. Bu teknikleri; Tam Zamanında Üretim (TZÜ), Kaizen, POKA-YOKE, 5S, Toplam Üretken Bakım (TPM), SMED, Kanban, Jidoka olarak sıralayabiliriz.

2.2.1. Tam zamanında üretim (TZÜ)

2.2.1.1. Tam zamanında üretimin tanımı

Tam Zamanında Üretim aslında bir yalın üretim tekniği olmaktan çok başlı başına bir üretim sistemidir. Değişik uygulamalar temelinde TZÜ sistemine çeşitli tanımlar getirilebilir. Bu tanımların bazıları, sistemi yalnızca stokların azaltılmasıyla sınırlar. Oysa, TZÜ bundan çok daha geniş kapsamlıdır. Yalnızca imalatla ilgili etkinliklerde değil, malzeme temininden depolamaya, bakım onarımdan mühendislik tasarımına, satıştan üst yönetime kadar üretim sisteminin diğer alanlarında da etkisini hissettirir. Çünkü TZÜ, tüm kuruluştaki zaman ve kaynak kayıplarının önlenmesi ve yok edilmesi yoluyla iş verimliliğinde önemli ölçüde ve sürekli iyileştirmeyi amaçlayan bir stratejidir. Daha genel bir ifade ile, TZÜ felsefesi, tüm birimlerin katılımıyla en az maliyet ve en yüksek müşteri memnuniyetini sağlayacak sürekli iyileştirmeyi amaçlayan bir stratejidir.

Bu durumda temel felsefeleri aynı olan Tam Zamanında Üretim ile Yalın Üretimin arasındaki fark tartışılması gereken bir noktadır. Çeşitli yorumların mevcut olduğu bu

noktada bu iki kavramın tanımlarının bir daha yapılması gerekmektedir. Tam Zamanında Üretim, üretim sistemlerinde uygulanan bir düzen, bir üretim tarzı iken Yalın Üretim, sadece üretim sistemleri ile sınırlı kalmayan hayatın her alanında uygulanabilecek bir felsefe, bir bakış açısıdır.

TZÜ'nün hedefi üretimde üretkenliği engelleyen, müşterilere gereksiz maliyetler yükleyen veya firmanın rekabet gücünü tehlikeye sokan her türlü öğeyi ortadan kaldırmaktır. TZÜ sisteminin geçmiş uygulamaları yok etmek gibi bir iddiası yoktur. Kendi içinde bütünleşmiş bir sistem olmasına rağmen, uygulamada kuruluşun bütün birimlerini içine alması gerekmeyebilir. Ancak TZÜ, yan sanayi ilişkilerinden teslimata kadar, üretimle ilgili her aşamada, geleneksel yaklaşıma ters düşebilecek yeni kavram ve davranış değişiklikleri gerektiren bir sistemdir.

2.2.1.2. Tam zamanında üretimin ilkeleri

- Her üretim birimi, hem müşteri, hem sunucudur. Bu birimler arasındaki iletişim KANBAN sistemi ile sağlanmalıdır.
- Müşteriler ve sunucular, üretim sürecinin uzantısıdır.
- Sürekli olarak basite giden yollar aranmalıdır.
- Problemi çözmek yerine, önlemek gerekir.
- Malzeme, yarı mamul, mamul, ihtiyaç duyulduğu anda (tam zamanında) üretilir ya da elde edilir.

2.2.1.3. Tam zamanında üretimin aşamaları

Tam Zamanında Üretim (TZÜ) sisteminde hammadde girişinden, ürün oluşumu ve çıkışına kadar geçen süre beş aşamadan meydana gelmektedir.

1. İşleme süresi: Ürünün üzerinde çalışıldığı süre.
2. Kontrol süresi: Ürünün istenilen kalitede bulunması, eğer bu seviyede değilse, istenilen kaliteye gelinceye kadar yapılan çalışmalar için harcanan süre.
3. Taşıma süresi: Ürünün bir yerden diğer bir yere taşınması için geçen süre.
4. Bekleme süresi: Ürünün, işlem görme, taşıma, kontrol gibi unsurlar için beklediği süredir.
5. Depolama süresi: Yarı mamul ve mamullerin işlem görme ve veya sevk edilme için stok kapsamına alınıp bekletildiği süredir.

Bu aşamalardan sadece işlem süresi ürünün değerini arttıran ve bununla ilgili çalışmaları kapsayan basamaktır. Diğer dördü maliyeti arttırır. Bu nedenle JIT'in hedefi, işleme süresi dışındaki süreleri kaldırarak, maliyeti düşürmektedir. Bu nedenle sıfır stok, sıfır makine ayarlama zamanı, sıfır temin zamanı ve sıfır malzeme taşıma üzerinde durulur. Kalite kontrol süreleri de mümkün olduğunca aşağı çekilmelidir, zira gereksiz kalite kontrol de israftır.

2.2.1.4. Tam zamanında üretim sisteminin uygulanış esasları

Tam zamanında üretim sistemi işletmeye yerleştirilirken bir değişiklik olarak değil, sürekli bir iyileştirme olarak görülmelidir. Tam zamanında üretimin bir yatırım projesi olarak ele alınması ve işletme bazında; yatırım giderleri, olası yararları ile birlikte değerlendirilmesi gerekir.

Personeli takım çalışmasına sevk edip, disiplini ve kalite konusunda tüketici teşviki sağlayarak, herkesin kendi işiymiş gibi çalışmasını sağlamak gerekir. Bu, her iş görenin üretiminin kalitesinden kendisinin sorumlu olmasını sağlar.

2.2.1.5. Tam zamanında üretimin faydaları

Tam zamanında üretim yatırım ve uygunsuz çalışma ortamından hızlı bir düşüş sağlar. Malın üretimi ve sonrası satışında bekletme zamanı az olacağından alan tasarrufu yapılır.

Malın kalitesi artar ve atık maliyetleri azalır. Atık maliyetinin düşmesinin nedeni ise az miktarda üretim olacağından, yapılacak bir hatada atığın da az olacağıdır.

Ufak üretimler sayesinde hem üretilen malın, hem de stoklanacak hammadde ve malzemenin bakım ve benzeri maliyetleri düşük olur.

Bir arada çalışma sayesinde de iş görenler birbirlerini görür, işlerini tanır, birbirlerine yardımcı olur, iletişim hızlanır. Bunlar da takım çalışmasının esaslarındandır.

Merkezi üretim şekli sayesinde, üretim sorunları ve üretim esasları çabuk halledilebilir. Üretim maliyetleri azalır, işgücü verimliliği artar ve ürün kalitesi gelişir. Tüketici hizmetlerinde gelişme olur.

2.2.2. Kaizen

2.2.2.1. Kaizen nedir?

Japonların performanslarını en iyi açıklayan ilkelerin başında gelen Kaizen, Japonca "Kai; değişim ve Zen; iyi, daha iyi" kelimelerinden oluşup geliştirme, iyileştirme ve özellikle de "sürekli gelişme" anlamlarında kullanılmaktadır. Üst yönetimin liderliğinde, eğitilmiş personel takımlar halinde organize olunmalı ve "müşteri odaklılık" sonucu belirlenen hedefler doğrultusunda sürekli geliştirme çalışmaları yapılmalıdır. Kaizen, işletmede yer alan herkesin katılımını gerektiren sürekli bir proses olduğu için, hiyerarşideki herkes faaliyeti sırasında Kaizen ile iç içedir.

Kaizen anlayışına göre tüm ürün, hizmet ve süreçler, önemli yatırımlara gerek kalmadan her zaman iyileştirilebilir.

Günümüzün yüksek kaliteye sahip kuruluşları kalite yönetimlerini Kaizeni temel olarak oluşturmuşlardır. En alt düzeydeki prosesten, tüm şirketi içine alan hedeflerle yönetim sistemine kadar bütün ileriye dönük planlama ve uygulama çalışmaları bu anlayışa göre düzenlenmiştir.

Kaizen artık dünya çapında uygulanmakta olan Japonlara özgü çok sayıda uygulamayı bir araya getiren şemsiye kavramıdır. Kaizen bir şirkete uygulandığında tüm kademeleri birebir örter ve tam anlamıyla bir sistemi çalıştırır.

2.2.2.2. Kaizen'in ilkeleri

Kaizen kavramının yeni yönetim anlayışı içerisinde yer almasını sağlayan yönetim uzmanı Maasaki Imai 1986 yılında yayınladığı Kaizen adlı eserinde sürekli gelişme için aşağıdaki ilkeleri önermektedir.

2.2.2.2.1. Üst yönetim için kaizen stratejisi

- Üst yönetim Kaizen stratejisini kavramalı.
- Üst yönetim Kaizen stratejisinin uygulanması için destek olmalı.
- Üst yönetim, organizasyonda sistemleri, prosedürleri ve yapıları oluşturarak Kaizen stratejisinin amaçlarını oluşturmaya çalışmalı.

2.2.2.2.2. Orta düzey yöneticiler için kaizen stratejisi

- Orta düzeydeki yöneticiler üst yönetim tarafından belirlenen Kaizen amaçlarını gerçekleştirmeyi hedeflemeli.
- Orta düzeydeki yöneticiler, çalışanların Kaizen felsefesini anlamalarını ve kavramalarını sağlamaya çalışmalı.
- Orta düzeydeki yöneticiler çalışanların organizasyon içerisinde problem - çözme konusunda bilgi ve becerilerini artırmayı amaçlamalı.

2.2.2.2.3. Bölüm şefleri için kaizen stratejisi

- Bölüm şefleri, çalışanlar ile arasındaki iletişimi geliştirmeli ve organizasyon içerisinde yüksek moralin kazanılmasını sağlamaya çalışmalı.
- Bölüm şefleri Kaizen stratejisinin başarıyla uygulanması için çalışanlara rehberlik etmeli.
- Bölüm şefleri organizasyonda sürekli gelişmenin sağlanması için Kalite Çemberleri oluşturulmasını sağlamalı ve bu gruplar içerisinde çalışanları desteklemeli.
- Bölüm şefleri, çalışma gruplarının toplantılarında disiplini sağlamalı.

2.2.2.2.4. Çalışanlar için kaizen stratejisi

- Çalışanlar Kaizen stratejisine küçük grup toplantıları ve öneri sistemi ile destek olmalı.
- Çalışanlar Workshop'larda disiplinli olarak çalışmalı.
- Çalışanlar organizasyon içerisindeki problemlerin daha iyi ve çabuk çözülmesi için çaba göstermeli.

- Çalışanlar eğitim programlarına aktif olarak katılarak, bilgi ve becerilerini geliştirmeli.

2.2.2.3. Kaizen'in uygulanışı

Kalite geliştirilmesinde ilk olarak çalışma gruplarının oluşturulması gereklidir. Daha sonra organizasyonun genel durumunun ve süreç analizlerinin yapılması gerekir. Analiz aşamasından sonra değişimin planlanması ve uygulanması aşamaları gelmektedir. Değişim yönetimi konusunda yapılacak uygulamalardan sonra ise elde edilen sonuçlar değerlendirilmeli ve gözden geçirilmelidir. Bu aşamadan sonra uygulamalara devam edilmeli ve tüm bu yapılan işlemler tekrarlanmalıdır. Sürekli gelişme felsefesi (kaizen felsefesi) organizasyonda kalite geliştirme çalışmalarının devamlı olarak iyileştirilmesi görüşüne dayalıdır.

Bu aşamaların hepsi Kaizen felsefesinin işletmede oturması için çok önemlidir. Özellikle yapılan bu işlemlerin tekrarlanması sürekli gelişme felsefesinin temel taşıdır. Fakat çalışma gruplarının oluşturulmasında açıklanması gereken noktalar olduğu için bu aşamanın ayrı bir başlık altında incelenmesi uygun görülmüştür.

2.2.2.3.1. Çalışma gruplarının oluşturulması

Çalışma grupları 3 farklı alandan seçilen insanlarla oluşturulmalıdır.

Bu alanlardan ilki çalışanlardır. "Bir işi en iyi, o işi yapan bilir" temel prensibini esas alan bu anlayışta iş süreçlerinin iyileştirilmesi ve geliştirilmesinde bizzat o işi yapan personelin katılımı çok önemlidir. Çalışanların katılımı, Toplam Kalite Yönetiminin de felsefesinin temel taşlarındandır. Çalışanların katılımı denince Şirketimiz çalışanlarının toplanmaları, birlikte iş yapmaları ya da dostane ilişkiler içinde bulunmalarından çok, problemlerin çözümünde tüm çalışanların enerjilerinden faydalanmak anlaşılmalıdır. Kaliteye ulaşmak, çalışan herkesin sorumluluğunu gerektirmektedir. Birey olarak herkes kalitenin önemini anlamalı ve kaliteye ulaşmak için sorumluluk hissetmelidir. Çalışanların hissettikleri bu sorumluluk onların çalışma isteklerini ve verimliliklerini de arttırmakta, çalışırken hissettikleri monotonluğu ise önemli ölçüde azaltmaktadır.

Kaizen gruplarında yöneticilerin de bulunması gerekmektedir. Bu grupta bir düzenin ve disiplinin bulunmasında verimli bir şekilde çalışılmasında yardımcı olur. Ayrıca alınması muhtemel kararları yöneticilerin yerinde görüp değerlendirmelerini buna göre yapmaları önem taşımaktadır. Bunun dışında yöneticilerin bürolarından çıkım çalışma sahasına inmeleri, üretimi yerinde görmeleri hem onların da hissettikleri monotonluk hissini bir ölçüde azaltır, hem de yapılan işi yerinde görerek neyin nasıl yapıldığını daha iyi kavrayabilir böylece hem çalışanların ne hisettiklerini daha iyi anlar hem de daha uygun kararlar verebilirler.

Gruplarda bulunması gereken diğer bireyler ise çalışma sahası veya yönetimle ilişkisi bulunmayan, sistemin dışından gelen insanlardır. Bu insanların grupta bulunması grubun üzerindeki işletme körlüğünü üzerinden atmasına ve bazı şeylerin başka bir yöntemle yapılamayacağı düşüncesinden arınmasına yardımcı olur. Bu tip çalışmalarda en radikal, belki en iyi fikirler dışarıdan gelen insanlar tarafından öne sürülmektedir.

Günümüz rekabet şartlarında yerinde sayan işletmelerin yok olmamaları söz konusu değildir. Bu durumda sektörde rekabet etmenin tek yolu sürekli gelişme, sürekli iyileştirmedir. Kaizen felsefesi bu rolü üstlenen bir felsefedir ve işletme için hayati önem taşımaktadır.

2.2.3. Poka – Yoke

2.2.3.1. Poka – Yoke'nin tanımı ve gelişimi

Başlangıçta Baka Yoke olarak kullanılan Poka Yoke; Japonca bir kavram olup Poka (tesadüfi hata) ve Yoke (sakınma,azaltma) kelimelerinden oluşur ve hatadan sakınma anlamında bir arada kullanılır.

Yöntem ilk olarak 1961 yılında Dr. Shigeo Shingo tarafından düşünülmüş ve zaman içerisinde geliştirilerek 1980'li yıllarda açıklanmıştır. Üretim sisteminin hata oluşabilecek kısımlarına oldukça basit hata önleyiciler yerleştirme esasına dayanır. Hata önleyici olarak bazı ölçüm cihazları ve aletler kullanılmaktadır. Örneğin montaj hattının bir bölümüne, eklenen parçalarla beraber oluşan toplam ağırlığa duyarlı bir araç yerleştirerek farklı ağırlıkta bir parçanın bir sonraki üretim birimine geçmesi engellenebilir.

Poka Yoke, üretim sisteminde otomatik olarak kontrolü sağlar. Sistemde bir kısım istenmeyen gelişmeler meydana geldiğinde bir kişinin süreci durdurması ve üretim bandının geriye doğru incelenmesi gerekir.

2.2.3.2. Poka – Yoke çeşitleri

Hataları yok etmek amacıyla kullanılan çok çeşitli Poka Yoke yöntemi mevcuttur. Bu yöntemleri iki ana başlık altında toplamak mümkündür (Shingo, 1997).

2.2.3.2.1. Önlemeye dayalı Poka – Yoke'ler

Bu tür Poka Yoke'ler hataların oluşmasını önlemeye dönüktür. Önlem temelli mekanizmalar süreçteki anormallikleri hissederek bu durumu sinyalle bildirir yada olayın zorluğuna ve tekrarlanma sıklığına bağlı olarak süreci durdurur. Önlemeye dayalı Poka Yokeler için 2 yaklaşım kullanılır.

- İkaz Yöntemi:Bir anormallik ortaya çıktığını çalışanlara duyurmak yada problemin ortaya çıktığı yeri belirlemek için ışıklar, artan sesli ziller yada başka uyarıcı yöntemlerle uyarıcı sinyaller vererek durumu bildirir. Alınan bu sinyalle operatör süreçteki hatayı düzeltir veya süreci kontrol altına alır. Hat yada üretim süreci durdurulmaz.

- Kontrol Yöntemi:Üretim sürecinde bir hata ortaya çıktığında makineleri otomatik olarak durdurur. Bu aşamada düzeltici faaliyetler acil olarak devreye girer. Bu sayede hatalı ürünlerin piyasaya ulaşması engellenebilir.

2.2.3.2.2. Keşfetmeye dayalı Poka – Yoke'ler

Bazı durumlarda hataları önlemek mümkün yada ekonomik olmaz. Bu gibi durumlarda hataların süreç içerisinde erkenden teşhis edilmesi gerekir. Keşfetme amaçlı kullanılan üç tür Poka Yoke mevcuttur.

- İlişki Yöntemi: Bu yöntem ortaya çıkacak herhangi bir sapmayı yüksek genişlik gibi boyutsal özelliklere yada başka arızaları o bölümle doğrudan ilişkili olan mekanizmalar aracılığıyla tespit eder.

- Sabit Değer Yöntemi:Bu yöntem birbirini takip eden adımlardan oluşan işlemlerde kullanılır. Otomatik sayaçlar optik araçlar vasıtasıyla adımların sayısı, oranı, süreleri ve diğer kritik işlem parametreleri takip edilir. Bu yöntem basınç ve ısı gibi kritik şartların denetimini de gerekli izleme aletleri aracılığıyla gerçekleştirir.

- Hareket Adımları Yöntemi: Bu yöntem sürecin yada çalışanın yanlışlıkla normal süreçte yer almayan bir adımı gerçekleştirmesine engel olur. Çeşitli renk kodları kullanarak yöntem işletilir.

2.2.3.2.3. Poka – Yoke'nin temel prensipleri

Üretim sürecinin hatasız/sıfır hatalı ürünler üretebilmesi için uygulamaya konulabilecek bazı prensipler bulunmaktadır. Bu prensipler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Shimbun,1988).

- Kaliteye süreçlere yerleştirmek. Bu sayede herhangi bir hata yapılmış olsa da üretilen parçalar %100 denetimden geçirileceğinden sistemden kusurlu parçanın çıkması engellenmiş olur.

- Yanlışlıkla yapılan hataları elimine etmek. Hataların kaçınılmaz olmadığı farz edilebilir. Eğer gereken özen gösterilir ve uygun araçlarla sistem desteklenirse bütün hataları elimine edecek bir yol bulunabilir.

- Yanlış yapmayı bırak, doğru yapmaya şimdi başla. Üretim sisteminde doğru olmadığı bilinen hiçbir işlem gerçekleştirilmemelidir. "Doğru olmadığını biliyoruz. Ancak…" şeklindeki ifadelere kesinlikle yer verilmemelidir.

- Mazeretleri değil, nasıl doğru yapılacağını düşünmek. Hatalara yönelik olarak ne gibi mazeretler bulunabileceğini düşünmek yerine yapılanların nasıl daha doğru bir şekilde gerçekleştirilebileceğini düşünmek ve bulmak gerekir.

- %60'lık başarı şansını yeterli görmek. Gelişmelerde, harekete geçmeden mükemmelliği amaçlamak gerekmez. Eğer, çözüm %50 başarı şansından daha yüksekse hemen yerine getirilmelidir.

- Hatalar ve kusurlarla ilgili olarak herkes çaba sarf etmelidir. Tek bir çalışanın çabaları sıfır hatanın gerçekleşmesi için yeterli olmaz. Hata ve kusurları yok etmek için işletmenin bütün çalışanları destek vermek zorundadır.

- On beyin bir beyinden daha iyidir. Hataların ortadan kaldırılmasında ilgili kişilerin tamamının katılacağı beyin fırtınası çalışmaları daha etkin sonuçlar doğurur.Takım çalışması ilerleme fikirlerinin anahtarıdır.

- 5 kez “neden” 1 kez “nasıl” sorusunu sorarak doğruları bulmak. Eğer bir hata varsa daha fazla denetleyici talep edilmemeli, problemin kaynağına inilmelidir.

2.2.4. 5S

2.2.4.1. 5S’nin tanımı

5S adını, “S” ile başlayan 5 Japon sözcüğünün baş harflerinden alır. Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu ve Shitsuke. Çalışılan ortamın daha temiz, güvenli ve yapılan işin daha basit, tatmin edici olması için geliştirilmiş güçlü bir metodolojidir. 5S, herkesin gurur duyabileceği, düzenli, organize edilmiş, herkesin aradığını bulabildiği, temiz bir iş ortamının nasıl oluşturulabileceğini göstermektedir. Kısaca 5S, insanların özel hayatlarında farkına varmaksızın çöp sepeti, havlular, dolapların düzenlenmesi gibi uyguladıkları düzenleme işlemlerinin işletmelerde uygulanışıdır.

5S sistemi çalışanlara uygulatılan değil, bizzat çalışanlar tarafından uygulanan bir sistemdir. Çalışanlara keyifli ve güvenli çalışma koşulları sağlar. Çalışanlarda, işyeriyle "gurur duyma" ve işyerine "ait olma" duygusu artar. Ekip çalışması ve uyum içerisinde çalışma anlayışı gelişir. Çalışanların, işyerleriyle ilgili olarak yaratıcı katkıları artar.

5S sistemini uygulayan işyerlerinde, gereksiz malzemelerin işyeri civarında bulundurulması engellenerek, çalışma alanının daha verimli kullanılması sağlanır. Olağan dışı durumlar hemen fark edilir. Eski tezgâhlardan daha çok verim elde edilir. Daha iyi önleyici bakım yapılır. Sonuçta işletmenin performansı artar. Yönetimde açıklığın bir göstergesi olarak, kendini tekrarlayan 5 basamak, genellikle panolarla duyurulur.

2.2.4.2. 5S'yi oluşturan unsurlar

2.2.4.2.1. Seiri (Sınıflandırma)

Üretimde kullanılan bütün makine ve malzemelerin sınıflandırılması ve mevcut üretim faaliyetleri için gerekli olanların dışındakilerin çalışma sahasından uzaklaştırılması anlamına gelir. Ancak uygulamada çalışanlar, üretim için gerekli olup olmadığına bakmaksızın, makine ve malzemelerin yakın gelecekte gerekli olabileceğini düşünerek onları tutma eğilimindedirler. Böylece eldeki teçhizat stoğu giderek artar ve bunlar da günlük üretim faaliyetlerine katılırlar. Zamanla ve giderek işletmenin tümünü işgal eden geniş bir stok (makine-malzeme) yığını oluşur. Burada çalışma sahasında bulunması ve bulunmaması gereken malzemeleri belli bir düzene göre belirleyebiliriz (Bkz. Tablo 2.1).

Tablo 2.1: Seiri

ÖNCELİK	KULLANIM SIKLIĞI	UYGULAMA
Düşük	Yılda birkez yada daha az	Atın, işyerinden uzaklaştırın
Ortalama	Ayda bir, haftada bir	Bir arada ama işten uzakta saklayın
Yüksek	Günde bir kez	İşyerinde bulundurun

2.2.4.2.2. Seiton (Sıralama / Düzenleme)

İhtiyaç duyulan gereçlerin kolayca kullanımını sağlayacak şekilde yerleştirilmesi ve arandığında kolayca bulunacak biçimde etiketlenmesi anlamına gelir. Düzenlilik, üretim faaliyetlerinde ve büro işlerinde hareket kaybı, aramadan kaynaklanan kayıplar, malzeme sayısının fazlalığından kaynaklanan kayıplar gibi birçok kaybı önlemektedir.

Düzenlilik daima organize olma ile birlikte uygulanmalıdır. Her şey organize olduğunda ortada yalnızca gerekli olanlar kalır ve bundan sonra yapılacak iş bu kalanların nereye ait olduğunun belirlenmesidir. Çalışanlar neyi, nerede bulacaklarını ve işleri bittiğinde nereye bırakacaklarını bilmelidirler. Organize olma ve düzenlilik, sıfır hata, maliyetlerin azaltılması, sıfır kaza koşullarına ulaşmak için temel faktörlerdir. Organize olma ve düzenlilik en önemli iki unsurdur.

2.2.4.2.3. Seiso (Temizlik)

Yerlerin temizlenmesi, makine aksamının silinmesi ve genel anlamıyla fabrika alanındaki her şeyin temiz tutulması anlamına gelir. Temizlik işyerinde kir, toz, pas ve atıkların yığılmasını önlemenin yollarını bularak, işgücünden tasarrufu da kapsar. Fabrikalarda ve bürolarda temizlik, aynı zamanda çalışanlardaki stres ve gerginliği azaltır. Temizlik faaliyetlerinin günlük bazda yapılması gerekir. İşletme temizlik alanlarına ayrılır ve her alan için kişiler görevlendirilir. Hangi alanların hangi günlerde, günün hangi saatlerinde, kimin sorumluluğunda temizleneceğini gösteren çizelgeler hazırlanır. Temizlik aynı zamanda orada çalışanların sorumluluğundadır.

2.2.4.2.4. Seiketsu (Standartlaştırma)

Standartlaştırma fonksiyonu, organize olma, düzenlilik ve temizlik sağlandığında ortaya çıkan durumdur. Standartlaştırmadaki amaç, organize olma, düzenlilik ve temizlik uygulaması ile elde edilen kazançlarda bir gerileme olmasını engellemek üzere bu üç aşamayı alışkanlık şekline dönüştürerek uygulamaların korunmasını sağlamaktır. Aksi halde, kısa sürede uygulama öncesine dönülür.

2.2.4.2.5. Shitsuke (Sahiplenme / Disiplin)

Önceki aşamaların kalıcılığı disiplin ile sağlanır. Disiplin ölçülebilir ve uygulanabilir bir teknik olmaktan ziyade, çalışanların davranış biçimleri ile kanıtlanan bir olgudur. Ancak 5S'deki disiplin, uyarı ve cezalardan farklı olarak, doğru prosedürlerin sürekli olarak korunmasının bir davranış biçimi şekline dönüştürülmesi anlamına gelir. Bu durumda işletme içindeki disiplin kavramı yerini sahiplenme kavramına bırakmaktadır. Bu da disiplin olgusunun çalışanlar üzerinde yarattığı olumsuz etkilerin azaltılmasında ve işletmenin çalışanlar tarafından benimsenmesine yardımcı olmaktadır (www.danismend.com).

2.2.5. Toplam üretken bakım (TÜB)

2.2.5.1. Toplam üretken bakım'ın tanımı

Bir fabrikada kullanılan ekipmanın verimliliğini yada etkinliğini artırmak ve olası makine hatalarından kaynaklanacak ıskartaları önlemek amacıyla gerçekleştirilen çalışmalardır.

TÜB ilk olarak 1969'da, Toyota grubunun bir firması olan dünyanın en büyük otomobil elektrik aksamı üreticilerinden Japon Nippondenso şirketi tarafından geliştirilmiştir.

2.2.5.2. Toplam üretken bakım'ın uygulanması

- TÜB, firmada üst yönetimden başlayan bir TÜB politikası oluşturulmasına, ve fabrika zemininde de, oluşturulacak küçük işçi ekipleri kanalıyla hayata geçirilmesine dayanır.
- Ekip elemanları, çalışmalara başlamadan önce, uzmanlar tarafından ekipmanın çalışma ilkeleri üzerine eğitimden geçirilirler.
- Ekipler, işe önce, ekipmanı toz ve kirden arındırmakla başlar. Bu iş, ekip içi bir iş bölümüyle yapılır. "Kim, ekipmanın hangi parçasını, ne zaman, ve nasıl temizleyip, yağlayacak?", soruları ekip tarafından cevaplanır.
- TÜB ekipleri, yaptıkları çalışmalara, kendilerinin asıl görevinin problem çözme olduğu bilinciyle yaklaşırlar. Yani TÜB ekipleri, her şeyden önce birer problem çözme ekibi olarak algılanmalıdırlar.
- TÜB ekipleri yaptıkları her işte bir problem ararlar ve saptadıkları zaman da, çözüm geliştirirler. Ekipmanın temizlenmesi, yada yağlanmasında bile bu yaklaşım egemendir.
- Ekip, temizlenmesi yada yağlanması zor olan ekipman parçaların saptayıp, çözüm getirmek zorundadır. Yalın üretimin ürüne değer katmayan, sadece zaman harcanmasına yol açan tüm operasyonları elimine etme ilkesi burada da geçerlidir.
- Ekibin bir diğer önemli görevi de, ekipmanın ne kadar sıklıkla durduğunu saptayıp, kayda geçirmektir. Ekipman durmasının, hangi ekipman parçasının yada parçalarının bozulması sonucu meydana geldiği keşfedilip, yine çözüm

önerileri getirilir. Önerilerin içinde, gerekirse ekipman parçalarının tasarımında değişikliğe gidilmesi de yer alabilir (erp.karmabilgi.net).

2.2.5.2. Toplam üretken bakım'ın önemi

TÜB, tek-parça-akışına dayalı U-hatlarının oluşturulmasında önemli rol oynayan bir tekniktir. U-hatlarında işlenmekte olan ürün stoku (WIP) olmadığından, herhangi bir makinenin bozulup durması, tüm hattı sekteye uğratıp, hattan söz konusu üründen tek bir adedin bile çıkmaması anlamına gelecektir. Dolayısıyla U-hatlarına gidilirken, hatta gidilmeden önce, TÜB çalışmaları başlatılmalı, TÜB'ün, U hatlarının organik bir parçası olması mutlaka sağlanmalıdır.

2.2.5.3. Toplam üretken bakım'ın kazançları

Bir Japon firmasının TÜB uygulayarak U-hatlarında elde ettiği sonuçlar:

- Firma TÜB sonucu, dört yıl içinde, ilk başta ayda toplam 298 adet olan makine bozulma olayını, ayda 20 olaya indirmiştir.
- Elde edilen bu başarılar, U-hatlarının kurulması için yeterli zemini hazırlamış, U-hatları ile fabrika içi taşıma %60; bir ürün için harcanan toplam işgücü zamanı %35; ve işlenmekte olan ürün stokunu (WIP) %45 dolayında azaltılmıştır (Shingo, 1988).

2.2.6. SMED

2.2.6.1. SMED'in tanımı

SMED, makine kullanım zamanlarının optimize edilmesi, makinelerin boş durma zamanlarının azaltılması için uygulanan bir tekniktir. Bu teknik sayesinde imalat içi süre azalır ve küçük büyüklükteki partilerin üretimi mümkün hale gelir.

Geleneksel makine hazırlama işlemleri makine durunca başlar, kusur hata veya eksiklikler makine çalışmaya başlayınca anlaşılır. Bu durum kusurlu ürün oluşmasına neden olur. Bu süreç hazırlık, sökme ve yerleştirme, kontrol, çalıştırma, deneme ve iyileştirme şeklinde ilerlemektedir. SMED, makine hazırlama işlemine yeni bir anlayış, sistematik bir yaklaşım getirmektedir.

Makine hazırlama süreleri ikiye ayrılır: İç hazırlama süreleri, dış hazırlama süreleri. İç hazırlama süreleri makine, takım veya araçların sadece durduğu (çalışmadığı, üretimin durduğu) zaman yapılabilen işlemlerin süreleridir. Dış hazırlık süreleri ise üretim devam ediyorken, her şey çalışıyorken yapılabilecek işlemlerin süreleridir. Burada üretimi aksatan ve azaltılması, mümkünse ortadan kaldırılması gereken süreler dış hazırlık süreleridir.

2.2.6.2. SMED'in uygulanış basamakları

2.2.6.2.1. İç ve dış hazırlık sürelerini ayırma ve listeleme

- Mevcut durumu video'ya kaydet. (Hazırlık işleminin bütün safhalarını)
- Yapılan tüm işlemleri listele.
- Yapılan tüm hareketleri azaltmaya veya kısaltmaya çalış.
- Hazırlık için gerekli olan araçların taşınmasını kolaylaştır.
- Taşıma mesafelerini kısalt.
- Araç gerecin daha hızlı bulunmasını ve alınmasını temin et.
- Prosedürleri tezgahın yanında bulunudur.
- Sökme işlemlerini azaltacak bağlantı elemanları kullan.
- Takma işlemlerini azaltacak, kısaltacak taşıma ve bağlantı elemanlarını kullan.

2.2.6.2.2. İç hazırlık işlemlerini dış hazırlık işlemleri haline getirme

- Makine çalışmıyorken yapılan işleri makine çalışıyorken yapılır hale getir. (Mümkün olan her şeyi)
- Kalıpların ısınması gerekiyorsa önceden ısıt, proses parametrelerini önceden söyle, malzemenin sürekli akışına çalış.
- Standart araç gereç, standart kalıp yerleştirme elemanlarını kullanacak şekilde tasarım yap, kullanılan araç gereç çeşitliliğini azalt.
- Hazırlık prosedürü incelenecek ise önceden incele.
- Kalıp getirilecek ise önceden getir.
- İç hazırlık süresini azalt.
- Makine durma süresini azalt.

2.2.6.2.3. Hazırlık işlemlerinin sürelerini kısaltma

- Hazırlık işleminde kullanılan araç gereç, bağlama elemanları, proses parametrelerinin önceden hazır olması üzerine konsantre ol.
- Araç gereç yerleşimini düzenli ve temiz olmalı.
- Durumu kötü olan hiç bir araç gereç hazırlık alanında olmamalı.
- Her şeyin gözle görünebilmesini sağla.
- Hazırlık işlemlerini standardize et, çeşitliliği azalt.
- Tek seferde bağlantı yapılabilecek elemanları ve teknikleri kullan.
- Kullanılan her türlü araç ve kalıbın kullanıma hazır ve sağlam olmasını garanti et.

2.2.6.2.4. Hazırlık işlemini optimize etme

- Eşlenik operasyon: Gerekiyor ise 1 yerine 2 operatör kullanarak hazırlık süresini kısalt.
- Standart ürün dizaynı: Bir parçayı birden çok üründe kullanacak şekilde tasarla, tüm araç gerecin çeşitliliğini azalt.

2.2.7. Kanban

2.2.7.1. Kanban'ın tanımı

Kanban, üretim ve malzeme akışını kontrol etmek için kullanılan; üretim proseslerine neyi, ne zaman, ne kadar üreteceklerini ve nereye göndereceklerini söyleyen bir üretim yönetimi aracıdır. Kanban ile ürün ve bilgi akışı birlikte ele alınır, ayrı bir stok yönetimi gerekmez, fazla üretim engellenir ve israfların en aza indirilmesi sağlanır.

Üretimin tam zamanında gerçekleştirilebilmesi için tüm proseslere ne zaman ne kadar üretim yapacaklarını zamanında bildiren bir bilgi sisteminin kurulması gereklidir. Tam zamanında üretim sistemlerinde ve grup teknolojisinde bu işlevi gerçekleştiren kanban sistemidir. Kanban sistemi basit bir sistem mantığı olan, manüel ve düşük yatırım maliyetine sahip olan bir sistemdir. İlk uygulayıcısı Toyota olmakla birlikte, Japonca bir kelime olan kanban, kart anlamına gelir.

2.2.7.2. Kanban sistemi nedir?

Kanban sistemi, üretim ortamında malzeme hareketlerinin kontrolü ve bununla beraber üretim etkinliklerini amaçlayan bir üretim kontrol (çizelgeleme) yaklaşımıdır.

Üretim kontrol sistemleri, çeken sistemler(pull systems) ve iten sistemler(push systems) olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Mevcut endustriyel tarihi gelişiminde ortaya çıkan klasik sistemler iten sistemlerdir. Girdiler bir üretim prosesinden geçerek ürün haline getirilir, üretilen ürünler stoklanır ve müşteri talebi oluştuktan sonra satılır. Süreç baştan sona doğru işler. Üretim ve envanter kontrolü, tahmin edilen talep değerleri doğrultusunda hazırlanan üretim çizelgeleri ile yapıldığı için iten sistemler olarak adlandırılır. Bu sistemde üretim süreçleri bir sonraki sürecin ihtiyacını karşılayacak şekilde üretim yapar. Fakat bu sistemlerde, üretim süreçlerinden birinde oluşan bir sorundan veya talepteki tahminlerden kaynaklanan dalgalanmalara uyum sağlamak kolay değildir. Üretim hızını etkileyen bu değişiklikler doğrultusunda çizelgelerin yeniden gözden geçirilmesi ve ilgili birimlere gönderilmesi gerekmektedir. Bu da zaman alıcı olduğundan iten (pull) sistemlerde stok bulundurarak değişikliklere adapte olunur ve bu sistemlerde yüksek ara stok bulundurmak kaçınılmazdır. Zaten üretim ve stok miktarları da geçmişe yönelik veriler üzerinden tahminlere dayanarak hesaplandığı için ani değişmelere karşı gösterilecek reaksiyon güçlü ve etkili değildir.

Çeken (push) sistemler ise sonraki proseslerin önceki proseslerden sadece tükettikleri miktarda ve zamanda parça talep ettikleri ve çektikleri sistemlerdir. Bu sistemde üretim çizelgesi sadece son üretim prosesine gönderilir. Hangi ürünün, ne zaman ve ne miktarda üretileceğinin sadece son proses tarafından bilinmesi bu prosesin önceki proseslerden sadece kendine gereken parçaları çekmesini sağlayacaktır ve böylece sonraki aşamanın parça çekimi olmadan önceki aşamada üretim yapmayacak ve sonuçta her aşama kendisinden sonra gelen aşamanın ihtiyacını karşılamak üzere tam zamanında üretim yapacaktır. Bu da prosesler arasında oluşacak ara stokları ve stok düzeylerinde gözlenen dalgalanmaların minimize edilmesini sağlayacaktır. Talep değişikliklerine karşı üretim hacimlerinde oluşması gereken reaksiyon hızlı ve etkilidir. Bu nedenle stok seviyeleri minimum düzeylerde seyreder. Sistemin ideali sıfır stoktur. Güçlü bir tedarik yönetimi sistemine ihtiyaç duyulur.

2.2.7.3. Kanban kartları

Kanban plastik bir koruyucu içinde muhafaza edilen bir karttır. Kanbanlar, fiziksel birimlerle birlikte hareket eden, daima üretimin akışına ters yönde, son prosesten ilk prosese doğru hareket ederek üretim aşamalarını birbirine bağlar. İki iş istasyonu arasındaki akışın kontrolünde iki kart ve küçük arabalar kullanılır. Bu kartlardan birincisi prosesler arasındaki bağlantıyı sağlayan ve çekme kanbanı olarak da adlandırabileceğimiz Taşıma Kartı; ikincisi ise belirli bir istasyonunun üretmesi gereken parça miktarını belirleyen Üretim Emir Kartıdır.

Taşıma Kartı(Çekme Kanbanı): Malzeme isteklerini prosesler arasında iletir. Bir sonraki istasyonun bir önceki istasyondan çekmek istediği parça cinsi ve miktarını belirler.

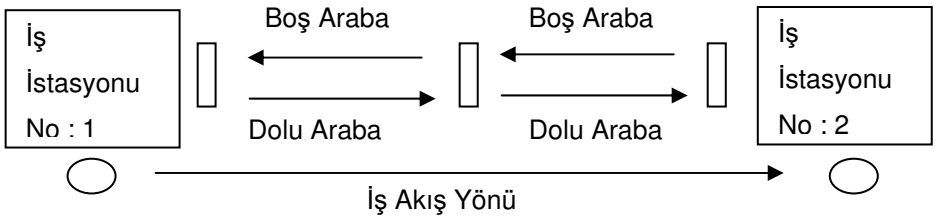
Üretim Emir Kartı: Proses içi kanban olup belirli bir proses içinde üretim kontrolünü sağlar. Belirli bir istasyonun ne kadar üretmesi gerektiğini gösterir.

Kanban kartları işletmelerde farklı şekillerde dizayn edilerek kullanılırlar. Bazı işletmelerde bir tür detay kontrol aracı olarak da kullanılan kanban kartları çok fazla detaylandırılmış bilgiler içerebildiği gibi bazı işletmelerde ise yalnızca basit ve temel ihtiyaç bilgilerini içerirler. Kullanım ve takip kolaylığı açısından bu tip kanbanlar daha uygun olabilirler. Günümüzde bazı firmalar kanban kartlarını tümüyle elektronik kartlar haline getirmiş ve bilgisayar desteği ile takip edilebilir duruma sokmuştur. Bu sayede hem ihtiyaç duyulabilecek tüm bilgileri ihtiva eden kanban kartlarının oluşturulabilmesi sağlanmış hem de takip sorunları ortadan kaldırılmıştır.

2.2.7.4. Kanban kartlarının kullanımı

Bir sonraki işlemin yapıldığı istasyonda araba boşaldığı zaman işçi taşıma kartı (çekme kanbanı) ve boş araba ile beraber dolu arabanın bulunduğu yere gider. Aynı işçi, dolu arabaya iliştirilmiş olan üretim emri kartını ayırarak boş arabaya takar ve taşıma kartını iliştirdiği dolu araba ile 2 Nolu iş istasyonuna dönerek üretime devam eder ve çekme kanbanını, çekme kanbanı kutusuna bırakır. Önceki işlemin yapıldığı 1 Nolu iş istasyonundaki işçi, doldurduğu arabayı belirlenen yere götürür ve üretim emri kartı ile beraber boş arabayı alarak 1 Nolu iş istasyonuna döner ve işine devam eder. Üretim emri kartı, üretim emri kanbanı kutusuna bırakılır (Bkz. Şekil 2.1).

Bu işlemde, stok noktasında kartların çıkarılış sayısı aynen korunur ve bu sırayla kartlar kutuya yerleştirilir. Üretim emri kanbanlarının kutudaki sırasına göre parça üretimi gerçekleştirilir. Tüm süreç boyunca fiziksel birimlerin kanbanlarla birlikte hareket etmesi gereklidir.



Şekil 2.1: Kanban sistemi

2.2.7.5. Kanban sistemi yönetim gerekleri

Kanbanların, Tam Zamanında Üretim amacıyla kullanılabilmesi için aşağıda belirtilen gereklerin yerine getirilmesi gerekir.

- Sonraki üretim süreci, önceki süreçten gerekli parçaları, gerekli miktarlarda ve gereken zamanlarda çekmelidir.
- Önceki üretim süreci sonraki süreç tarafından çekilen miktar kadar üretim yapmak zorundadır.
- Hatalı parçalar hiçbir zaman bir sonraki üretim sistemine geçirilmemelidir.
- Kanban sayısı en aza indirilmeli ve bu sayı talepteki değişmelere adapte olmak için kullanılmalıdır.
- Kanban, talepteki ufak dalgalanmalar karşısında üretim hızını ayarlamak amacıyla kullanılmalıdır.

2.2.7.6. Kanban sisteminin uygulanması

Her işletme hedef olarak belirlediği sıfır stok seviyesine ulaşmak ister. Bunun uygulamada zor olduğunu ve ancak pratikte sıfır stok seviyesine ulaşmak için iyileştirme çalışmaları yapıldığını belirtmiştik. Kanban sistemine geçiş aşamalı olarak gerçekleştirilmesi gereken bir projedir ve uygulamaya geçmeden önce altyapının

hazırlanması gerekir. Buna bağlı olarak yürütülmesi gerekli olan çalışmalardan bazılarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Yan sanayi ile karşılıklı güven ve işbirliğine dayanan ilişkiler çerçevesinde satınalma sisteminin yeniden düzenlenmesi
- Üretim planlama sisteminin kurulması ve üretim hızının zaman boyutunda dengelenmesi
- Üretim ön sürelerinin kısaltılması
- Tezgah hazırlık işlemlerinin ve buna bağlı olarak tezgah hazırlama zamanlarının kısaltılması
- Üretim işlemlerinin (operasyonların) standardizasyonu
- Süreçlere ilişkin yerleşim planlarının hazırlanması; ‘‘esnek atölyeler’’ için yerleşim planlaması ve çok fonksiyonlu işgücü çalışmaları
- TZÜ sistemini diğer geleneksel yaklaşımlardan ayıran sürekli gelişme öğesine ilişkin gerekli altyapının hazırlanması
- Toplam kalite yönetimi ilkeleri doğrultusunda, güvence ağırlıklı, sıfır hata hedefli ve tüm çalışanların sorumluluğunda bir kalite sisteminin kurulması
- TZÜ sisteminin örgüt yapısına uyarlanması sonucunda geliştirilen işlevsel yönetim modeli ile ilgili çalışmaların yapılması.

Sonuç olarak; kanban yönteminde ıskartaya, arızaya ve uzun hazırlık sürelerine yer yoktur. Tam anlamıyla sıfır stok seviyesinin gerçekleşebilmesi için sistemin yapısında görülen hatalı parça üretimine sebep olan bütün problemlerin giderilmesi ve tezgah hazırlık sürelerinin olmaması gerekir. Yani bu sistem her sürecin tek bir parçayı üretip bir sonraki istasyona birer bir er aktardığı ,ekipman ve süreçler arasında 1 parçalık güvenlik stokunun bulundurulduğu bir sistem anlatılmak istenmektedir. Kanban uygulamasında başarılı olan şirketlerin işçilik prodüktivitesinde %30’luk artış, stok düzeylerinde %60 ve ıskarta oranlarında %90 azalma, fabrika alanının kullanımında %15 tasarruf sağladıkları görülmüştür (Shoenberger, 1982).

2.2.8. Jidoka

Jidoka üretim kalitesini artırır, israfı azaltır, verimliliği artırır ve zamanında teslimatı sağlar.

Jidoka;

- Hattı durdurma yetkisinin operatörlere verilmesi ve problemlerin kaynağının tespit edilerek giderilmesinin sağlanması,
- Makinelere ürettiği ürünü kontrol edebilme,
- Anormallik gördüğünde otomatik durabilme ve/veya gerekli sinyalleri verebilme yeteneği kazandırılması,
- Operatör iş gücü ile makine operasyonlarının birbirinden ayrılması,
- Birden fazla makinenin yönetilmesinin sağlanması,
- Bir problemle karşılaşıldığında derhal müdahale edilmesi ve böylece kök nedenin bulunmasının sağlanması gibi prensipler üzerine kuruludur (www.danismend.com).

3. OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE BİR YALIN ÜRETİM UYGULAMASI (FORD ÜRETİM SİSTEMİ)

3.1. Ford Üretim Sistemi Tanımı

Ford Üretim Sistemi (FÜS), müşterilerin, "Kalite, Maliyet ve Teslimat Süresi beklentilerini tam olarak karşılayarak, birlikte öğrenerek ve emniyet kuralları içinde birlikte çalışarak, sıfır hata, sıfır israfla en az envanter ve en düşük maliyetle üretim yapmak için tasarlanmıştır.

FÜS, üretimde oluşan 7 temel israfı (fazla üretim, bekleme, taşıma, gereksiz işlem, envanter, hareket, hurda & tamir) ortadan kaldırarak; yeni teknolojilere, pazar değişikliklerine, yeni bilgilerin elde edilmesine ve kullanılmasına, proses değişikliklerine, küçük partilerde değişik birçok ürünün üretimine, ekipman ve varlıkların tekrar verimli bir şekilde kullanılmasına, yeni ürünlerin zamanında ve kaliteli bir şekilde devreye alınmasına imkan verir.

FÜS, aşağıda belirtilen 11 konu başlığı etrafında toplanır.

1. Liderlik
2. Çalışma Grupları
3. İstasyonda Proses Kontrol
   - Kalite Proses Sistemi
   - Görsel Fabrika
   - Hata Önleme
   - Hızlı Ekipman Değişimi
4. Endüstriyel Malzeme Akışı
5. İş Sağlığı ve Güvenliği
6. Çevre
7. Eş Zamanlı Malzeme Akışı
8. Eğitim
9. İmalat Mühendisliği

10. Ford Toplam Üretken Bakım
11. Kalite

3.2. Ford Üretim Sistemi Konuları

3.2.1. Liderlik

Liderlik, FÜS'ün iskeletini oluşturan temel yapı niteliğindedir. Liderliğin temeli Şekil 3.1'de özetlenmiştir. Liderlik, FÜS konularının tamamını yönetmektedir.



Şekil 3.1: FÜS liderlik şeması

Eski tarz yöneticilikte, tek başına karar verme, yönetimde gizlilik ve bireysel düşünce gibi anlayışlar bulunmaktaydı. Yeni tarz liderlikte ise çalışanları yetkilendirme, ekibinde sinerji yaratma, ortak hedefleri belirleme ve yayma, çalışanları dinleme ve fikirlerinden yararlanma, tüm sistemi neden ve sonuçları ile görebilme anlayışı yer almaktadır. Çalışma grubu odaklı organizasyonda, organizasyonun temelinde mavi yakalı çalışanlar (operatörler) yer alır (Şekil 3.1).

Her sene sonunda Koç Holding'den gelen hedefler doğrultusunda bir sonraki senenin fabrika hedefleri metrikler bazında belirlenir. Hedeflerin bir önceki seneden belirlenmesinin amacı, çalışanların bir sonraki hedeflerini bilmeleri ve yılın ilk gününden itibaren bu hedefler doğrultusunda çalışmaya başlamalarıdır. Metrikler; İş Sağlığı ve Güvenliği, Kalite, Teslimat, Maliyet, Moral ve Çevre hakkındadır. Metrikler, bölümlere göre değişiklik gösterir. (Örneğin, Üretim bölümlerinin Kalite ile ilgili tuttukları metrikler, Bakım ve Çevre departmanı tarafından tutulmamaktadır.) Fabrikanın hedefleri belirlendikten sonra bütün bölümler arasında hedef yayılımı yapılır. Hedef yayılımı yapılırken, bir önceki senenin gerçekleşen değerleri ile

holding tarafından hedeflenen iyileşme hedefleri örtüştürülür. Her sene, bir önceki seneden iyi olmak FÜS'ün temel felsefeleri arasında yer alır. Bölümler arasında hedef yayılımları yapıldıktan sonra her bölüm, hedeflerine ulaşmak için sene içerisinde yapacakları faaliyetleri belirler.

Hedeflerin ve faaliyetlerin belirlenmesiyle, her bölüm kendi içerisindeki dağılımı yapar. Örneğin, Gövde Üretim Müdürü'nün hedefleri ve faaliyetleri, 2 müdür yardımcısına, müdür yardımcılarından 5 ekip liderliğine, ekip liderliklerinden 9 atölye ekip liderine, atölye ekip liderlerinden 216 çalışma grubuna kadar aktarılır. Böylece Koç Holding'den gelen hedefler, fabrikanın en küçük birimi olan çalışma gruplarına kadar dağıtılmış olur ve hedeflerin tüm çalışanlar tarafından benimsenip ortak hedef doğrultusunda çalışma gerçekleşir.

3.2.2. Çalışma grupları

Çalışma grubu, aynı alanda çalışan operatörlerden oluşan bir gruptur. Grup büyüklüğü ideal olarak 8'dir, fakat çalışma bütünlüğünün bozulmaması için bazı gruplarda bu sayı 10'a kadar çıkmaktadır. Her çalışma grubunun başında 1 grup lideri bulunur. Gruptaki herkes, o alanda uygulanan proseslerin çoğu safhalarını bilir ve uygular. Gruptaki herkesin görev ve sorumlulukları belirlenmiştir. Düzenli iş rotasyonu yapılır ve bunun için yeterli eğitim temin edilir. Çalışma grubu lideri, grubunu yönetir; proses içerisinde belirlenmiş bir işi yapmaz. Çalışma gruplarında haftalık olarak 20'şer dakikalık toplantılar yapılır. Amaç, grup içerisindeki haberleşmeyi sağlamak ve takip edilen metrikler ile ilgili sürekli gelişme faaliyetleri yapmaktır. Çalışma gruplarında, görsel haberleşme araçları kullanarak önemli metrikler (İş Güvenliği, Kalite, Teslimat, Maliyet, Çevre, Moral) takip edilir ve kompleks problemler kolayca ifade edilir. Her çalışma grubunda, gruptaki metriklerin gidişatını, operatörlerin kalite proses sayfalarını, operatörlerin iş yüklemelerini, grubun değer akış haritasını ve denetleme panosunu gösteren bir FÜS panosu yer alır. FÜS panolarındaki her bir metrikten ilgili grup üyeleri sorumludur.

Her çalışma grubunun faaliyetlerini denetleyecek, ihtiyaçların karşılanmasında yardımcı olacak bir koç mühendisi bulunmaktadır. Gövde Üretim Md.lüğü genelinde 216 çalışma grubu ile, 22 koç mühendis ilgilenmektedir. Koç mühendisler sorumlu oldukları çalışma gruplarının haftalık toplantılarına katılırlar.

Şirket içerisinde çalışan her mavi yaka personel bir çalışma grubunun üyesi olmak zorundadır. Ford Otosan Kocaeli fabrikasında 6.164 mavi yakalı personelin bağlı bulunduğu 634 çalışma grubu bulunmaktadır. 6.164 personelin 2.130'u Gövde Üretim Md.lüğü'nde çalışmaktadır. Gövde Üretim Md.lüğü'ne bağlı olarak 216 etkin çalışma grubu yer almaktadır.

3.2.3. İstasyonda proses kontrol

İstasyonda proses kontrol (İPK), istasyonda kaliteli ürünlerin üretilmesini, israfın elimine edilmesini, hataların bir sonraki istasyona geçişinin engellenmesini, sürekli iyileşmenin ve standartlaşmanın sağlanmasını amaçlar. İPK, kendi içinde 4 gruba ayrılır.

3.2.3.1. Kalite proses sistemi (KPS)

Çalışma gruplarının, görevlerini yaparken, israfın ortadan kaldırılması amacı ile sürekli iyileşmeyi standartlaştırmalarına yarayan bir metottur. KPS ile prosesler standartlaştırılarak çalışanların güvenliği sağlanır, ürünün ve prosesin kalitesi artar, çalışanların iş yükleri dengelenir. KPS, aynı zamanda faydalı bir eğitim aracıdır. KPS'ler, çalışma grubu lideri ve operatörler tarafından birlikte hazırlanır. Sabit ve durağan değil, yaşayan bir dökümandır. Prosesler değiştikçe KPS'ler de güncellenir. Operasyonların gerçek performansını yakından takip eden bir sistemdir. Gövde Üretim Md.lüğü'nde 610 KPS yer almaktadır. Operatörler tarafından yürütülen prosesler, bu KPS'ler doğrultusunda yapılmaktadır.

3.2.3.2. Görsel fabrika

Operatöre sürekli standartları hatırlatmak ve olası hatalara fırsat vermemek için kullanılan bir metottur. Görsel fabrika, operatörün kimseye ihtiyaç duymadan çalışabilmesini, fazlalıklardan kurtulmayı, anormallikleri hemen görmeyi, hataları çabuk düzeltmeyi, sürekli iyileşmeyi ve iyileşmeyi korumayı hedefler. Görsel fabrika sayesinde, çalışma süreleri azalır, ekipmanlar ortadan kaybolmaz, güvenliği arttırır, iletişim hızını arttırır ve iş tatminini arttırır. Ford Otosan'da görsel fabrika uygulamaları;

- Kırmızı Etiket Uygulaması : Alanlarda bulunan, kullanılmayan veya ihtiyaç duyulmayan malzemelerin belirlenmesi ve ayrılmasını amaçlar. Kullanılmayan malzemelere kırmızı etiket asılır. Etiketli malzemeler Karantina Saha'sına götürülür. Karantina Saha'sındaki malzemeler, diğer grup liderleri tarafından incelenir, mümkünse kullanılır. Karantina sahasında 1 ay beklemiş malzemeler hurda sahasına atılır.

- Çizgiler ve renklendirme : Stok sehpaları, yerleşim yerleri, yükseklikler belirli renklerde çizgilerle çevrilir. Benzer şekilde, çeşitli kimyasalların, gazların bulunduğu saklayıcılar, önceden belirlenmiş renklerdedir.

3.2.3.3. Hata önleme

Herhangi bir proseste hatanın ortaya çıkmasını engellemek için oluşturulmuş bir proses kontrol ve geliştirme sürecidir. Hata önleme'nin faydaları arasında, mükemmel bir proses kontrol yöntemi olması, üretim dışı duruşların azalmasına yol açması, kaliteyi, üretim maliyetini, iş güvenliğini ve müşteri memnuniyetini etkileyebilecek olan yanlışlardan ve sapmalardan uzak durulmasını sağlaması yer almaktadır.

Gövde Üretim Md.lüğü "Hata Önleme" örneği;

Ön tampon puntalama prosesinde, gazaltı kaynak robotuna operatörün parçayı ters yüklemesinden dolayı kapak sacları ters puntalanmaktaydı. Proseste yapılan hata önleme çalışması sonrasında, parçayı ters koymayı engelleyecek kenet yapılarak hata frekansı %0,35'ten %0'a düşürülmüştür. Yapılan çalışma, operatörün KPS'sine işlenmiştir.

3.2.3.4. Hızlı ekipman değişimi

Bir iş istasyonunda değişim ve ayar süresini azaltmaya yönelik yapılan iyileştirmelerdir. Hızlı ekipman değişimi sayesinde, daha çok satış, iş artışı, imalat alanının daha iyi kullanılması, stok ve taşımanın azalması gibi avantajlar sağlanır.

3.2.4. Endüstriyel malzeme akışı (EMA)

Endüstriyel malzeme, araç üzerinde direkt olarak kullanılmayan, ancak üretim faaliyetlerinin yürütülmesi için gerekli olan tüm sarf ve işletme malzemeleridir. EMA ile minimum maliyette, ihtiyaç duyulan malzemenin doğru miktarda, doğru zamanda, doğru yere tedarik edilmesi sağlanır. EMA'da 3 dağıtım şekli bulunmaktadır. Bunlar, EMA kartları ile talep, EM fişleri ile talep, elektronik talep sistemi ile talep.

EMA kartları ile talep, sürekli tüketilen malzemelerin siparişi için kullanılır (eldiven, bez, elektrod gibi). Çalışma grupları tarafından EMA kartları, kart toplama noktalarına bırakılır. Merkezi ambar tarafından günlük olarak kart toplama noktalarından alınan talepler, 1 gün süre ile tamamlanır.

EM fişleri ile talep, sürekli kullanımı olmayan malzemeler için yapılır. Bölümlerde bulunan ambarlar vasıtası ile talepler karşılanır.

Elektronik talep sistemi ile yapılan talepler, nadir olarak tüketilen malzemeleri ve fiyatı yüksek malzemeleri kapsar. Talepler, bölümün EM sorumlusuna yapılır. EM Sorumlusu siparişi elektronik ortamda merkezi ambara iletir. Merkezi ambarda stok bulunması durumunda, talep karşılanır, aksi takdirde Satınalma vasıtası ile talebin karşılanması sağlanır.

3.2.5. İş sağlığı ve güvenliği (İSG)

Her faaliyet için var olan riskler, gözden geçirilir. Bu riskleri en düşük seviyeye indiren sistem gerekliliklerini yerine getirir.

Yapılan her iş için risk analizi yapılmalıdır. Risk analizi, yapılacak işin risklerinin tespit edilmesi, bu risklerden ilgili kişilerin haberdar edilmesini ve aksiyonlar alınmasını sağlar. Her KPS'nin risk analizi olmalıdır. Risk analizi de KPS gibi yaşayan bir dokümandır. Yeni prosesler ilave edildiğinde veya prosesle ilgili herhangi bir kaza yaşanması durumunda risk analizleri güncellenir.

Gövde Üretim Md.lüğü'nde İş Sağlığı ve Güvenliği kapsamında bazı istasyonlarda ışık perdeleri konumlanmıştır. Işık perdeleri bir çeşit hata önlemedir. Işık perdeleri, insan - makine (robot, konveyör, vb.) bütünleşik çalışılan istasyonlarda, insan

sağlığını koruma amacıyla, makinelerin çalıştıkları durumlarda yapılacak müdahaleleri önlemek amacı ile tasarlanmıştır.

Manuel hatlarda yer alan fikstürlerde kenetlerin kapanması ile sac parçalar birbirine tutturulmakta bu sayede kaynak yapılacak bölgelere kolaylıkla punta atılmaktadır. Kenetlerin kapanması, çift el butonları vasıtası ile otomatik olarak yapılmaktadır. Kenetler kapandığı esnada aynı istasyonda çalışan bir diğer operatörün ellerine kenet kapanmasını önlemek amacı ile bir operatöre bir çift el buton kuralı getirilmiş. Bu sayede meydana gelebilecek kazalar engellenmiştir.

Otomatik hatların etrafı iş güvenliği tedbirleri kapsamında tel fensler ile çevrelenmiştir. Arıza durumlarında müdahale edilebilmesi için otomatik hatlara kapı yapılmıştır. Kapıların girişinde, enerji otomatik kesebilen güç kilitleme sistemleri bulunmaktadır.

3.2.6. Çevre

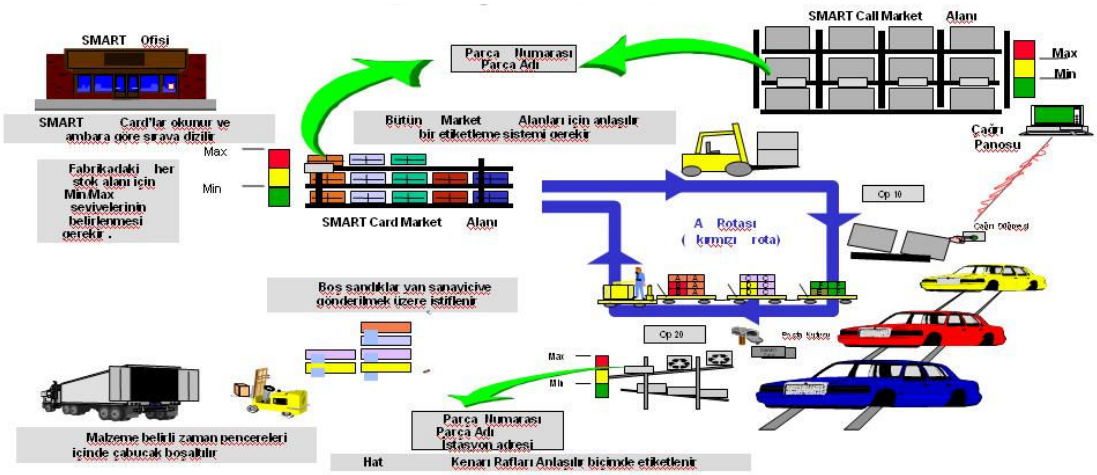
Fabrikanın operasyonlarına bütünleşmiş, toplumla ilişkileri ve şirket hedeflerini destekleyerek sürekli gelişen ve çevre yasaları ile sürekli uyum sağlayan bir çevre yönetim sistemi uygulanması amaçlanır.

ISO 14001 gereksinimleri ve FÜS'ün bütünleşmiş olması ile çevreyi koruyan ürünlerin üretimi sağlanır. Atıklar, geri dönüşüm yolu ile kazanılmaya çalışılır.

Gövde Üretim Md.lüğü'nde proseslerde kullanılan eldivenler, düşük bir maliyetle yıkanarak, geri dönüşümü sağlanır (Yıkanan eldivenler belirli aralıklarla sağlık testlerinden geçmektedir).

3.2.7. Eş zamanlı malzeme akışı

Üretim parçalarının yan sanayilerden fabrikaya, fabrika içinde de ambarlardan üretim hatlarına akışını koordine eden, hat kenarında 2 saat, stok alanında 1,5 günlük stokun bulunmasına izin veren çekme sistemdir (Bkz. Şekil 3.2).



Şekil 3.2: İç lojistik yönetimi

Malzeme siparişleri hat kenarından “Smart Call” ve “Smart Card” uygulamaları ile yapılır.

Eş zamanlı malzeme akışının özellikleri :

- Eş Zamanlı Malzeme Akışını (SMF) desteklemek, ilk giren ilk çıkar prosesini uygulamak için makaralı, eğilimli raflar ve standart malzeme kutuları (KLT) kullanılmaktadır.
- Fabrika yerleşim planında montaj binasına bitişik olarak inşa edilen yan sanayi imalatçı parkından (7+7) çekme sistemine göre anlık (TZÜ) montaj hatlarına sıralı olarak parçalar beslenmektedir.
- Ambardan hat kenarlarına malzeme ikmali, çekme sistemine göre, 1,5 saatlik periyotlarla yapılmaktadır.
- Smart ofise gelen kartlar malzeme ikmal koordinatörü tarafından ambar adresleme sisteme uygun olarak okutulmaktadır.
- Smart sistem sayesinde hat kenarı stok miktarları ve toplam üretim bandı uzunluğu minimize edilmiştir.
- Hat kenarına sık sevkiyatı sağlamak, stoku ve forklift hareketlerini azaltmak için Smart Call ve Smart Card sistemi devreye alınmıştır.
- Hat kenarındaki parça stok seviyesini ve ikmal maliyetini azaltmak bununla birlikte çekme sistemini desteklemek için merkezi küçük ambar (market place) kurulmuştur.

- Forklift kullanımını minimize etmek, stoku azaltmak, iş güvenliği ve çalışma esnekliği sağlamak için imalatçı parkından hat kenarına malzemeler tekerlekli ergonomik sehpalar yardımıyla taşınmaktadır.
- Firmaya boş kasaların geri dönüşüm nakliyesinde hacim kazancı sağlamak için, geri dönüşümlü katlanabilir sandık/kasa kullanılmaktadır.
- Çekici ve taşıyıcıların 1,5 saatlik periyotlara hangi hatları besleyecekleri görsel ve renkli olarak rotalarla belirlenmiştir.
- Çekme sistemiyle talep edilen malzemelerin hatta ikmalinde kullanılan smart monitör vasıtasıyla gereksiz, katma değer yaratmayan forklift hareketleri minimize edilmiştir.

3.2.8. Eğitim

Şirkette rekabet gücünün oluşturulması ve bu gücün sürmesi için şirket personelinin ihtiyaç duyduğu bilgi, beceri ve davranışların kazandırılmasını amaçlar.

Her personel işe girişinde 1 haftalık Fabrika Oryantasyonu eğitimine ardından 1 hafta çalışacağı bölüm ile ilgili işbaşı eğitimlerine tabi tutulur. Operatörlerin alması gereken eğitimler, sene başında belirlenir. Belirlenen eğitimler üzerinde operatörlerin "Bilgi, Beceri Envanteri" oluşturulur. Bu envanterler sayesinde hangi operatörün ne gibi işleri yapabileceği görülür. Operatörlerin 1 numaralı eğitimcisi çalışma grup liderleridir. Verilen eğitimler "Eğitim Katılım Formları" ile kayıt altına alınır ve kişilerin özlük dosyalarına işlenir.

Beyaz yaka personel eğitimleri Koç Akademi sistemi üzerinden yürütülür. Kişilerin yetkinlik değerlendirmeleri yapıldıktan sonra kariyer hedefleri doğrultusunda yöneticiler ve çalışanlar birlikte belirledikleri eğitimleri alır.

3.2.9. İmalat mühendisliği

İmalat Mühendisliği, fabrikadaki tesislerin, ekipmanların, proseslerin, tezgahların toplam verimliliğinin artırılmasını ve bu gelişmelerin gelecek yeni proseslere aktarılmasını amaçlar. Yeni projelerin devreye alınmasında aktif rol oynar.

2007 yılı içerisinde Gövde Üretim Md.lüğü VBK hattı kapasitesini %30 arttıran 18,5 milyon dolarlık proje devreye alınmıştır. İmalat Mühendisliği, 2007 yılı içerisinde 17 projenin kabullerini tamamlamıştır.

3.2.10. Ford toplam üretken bakım (FTÜB)

Ekipmanların, proseslerin veya kuruluşun yetersizliğinden kaynaklanan tüm kayıpların ölçülmesi, diğer firmaların kayıplarıyla karşılaştırılması ve düzeltilmesi için belirlenmiş faaliyetler dizisidir. Amacı, sıfır kayıp ve sıfır arızadır.

3.2.11. Kalite

Fabrikanın kalite sisteminin imalat fonksiyonları üzerinde yoğunlaşılarak değerlendirilmesi, tüm fabrikanın kalite sisteminin belirtilen standartlara uyumunun veya uyumsuzluğunun belirlenmesi, tüm üretim ve montaj alanları için oluşturulan kalite hedeflerini karşılamakta uygulanan kalite sisteminin etkinliğinin belirlenmesi, "İyi Uygulamalar"a bağlı kalınması ve uygulanması yoluyla imalat fabrikalarına kalite sistem iyileştirmelerinin sağlanmasıdır.

Kalite sistemi içerisinde, yönetimin sorumluluğu, ileri ürün kalite planlaması, proses kontrol, istatistiksel teknikler, uygunsuz ürünün kontrolü, ürün durumu tanımı, yan sanayi kalitesi, ürün testi/mühendislik spekleri, ölçüm ve test ekipmanlarının planlama ve kontrolü, ölçüm ve test ekipmanlarının kalibrasyonu ve bakımı, taşıma, muhafaza, paketleme, koruma, üretim parçası onay prosesi, doküman ve kayıt kontrolü, değişiklik yönetimi, kalite tecrübeleri / eğilimleri, iç denetlemeler, düzeltici ve önleyici faaliyetler incelenir.

3.3. Denetleme Sistemi

Sistem büyüklüğü nedeni ile, sürekli standarttan sapmaya yönelecektir. Bu sapmayı engellemek için FÜS içerisinde çeşitli denetleme sistemleri tasarlanmıştır. Bunlardan en önemlisi T-Kart sistemidir. T-Kart bölümlerin yöneticileri ve çalışma grup liderleri tarafından her gün yapılır. T-Kart'ın süresi maksimum 15 dk. ile sınırlıdır. T-Kart denetlemesi FÜS'ün temel elementlerini denetlemeyi amaçlar. Bunlar, Faaliyet Planı-Skorkart-Göstergeler, Eş Zamanlı Malzeme Akışı, Endüstriyel Malzeme, Hurda, İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG), Çevre, Ford Toplam Üretken Bakım (FTÜB),

Kalite, Görsel Fabrika, Kalite Proses Sistemi'dir. FÜS panoları'nda her bir konuya ait sorular yer almaktadır. Denetlemeyi yapacak kişi T-Kart konularından bir tanesi seçer ve bu soruları grup liderine sorar. Bulunan uygunsuzluklar çalışma grubunun T-Kart problem tespit takip raporu'na kaydedilir ve uygunsuzlukların kapatılması için hedef tarihi verilir.

T-Kart sayesinde yöneticiler, her gün çalışma gruplarına giderek, çalışanlarla iç içe olur. Çalışanların ihtiyaçlarını dinleyip, bu konular hakkında çözümler bulunur. Çalışma gruplarının FÜS'ü doğru uygulayıp uygulamadıkları denetlenir.

Gövde Üretim Md.lüğü'nde T-Kart'ın yanı sıra farklı denetleme sistemleri de yer almaktadır. FÜS Doğrulama Denetlemesi, çalışma gruplarının koç mühendisleri tarafından haftada 1 defa yapılır. FÜS Doğrulama Denetimi soruları, FÜS ile ilgili detaylı soruları içermektedir. Boyutsal Kontrol Denetlemesi, boyutsal doğruluk mühendisi tarafından haftada 1 defa yapılır. İstatistiksel proses kontrol ile ilgili soruları içerir. Kalite Genel Denetlemesi, kalite mühendisi tarafından haftada 5 defa yapılır. Proseslerin kalitesini sorgular. FTÜB denetimi, bakım koç mühendisleri tarafından haftada 1 defa yapılır. FTÜB ile ilgili detaylı soruları içerir. Proses Doğruluk Denetimi, proses teknisyenleri tarafından haftada 5 defa yapılır. Proseslerin doğru yapılıp yapılmadığını denetler. Endüstriyel Malzeme Denetimi, endüstriyel malzeme sorumlu mühendisi tarafından haftada 5 defa yapılır. Endüstriyel Malzeme Akışını denetler. İş Sağlığı ve Güvenliği denetimi, İSG teknisyenleri tarafından haftada 5 defa yapılır. İş güvenliği ile ilgili detaylı denetlemeyi kapsar. Eş zamanlı malzeme akışı denetimi, sorumlu mühendisi tarafından haftada 5 defa yapılır. Konu ile ilgili detaylı soruları içerir. Benzer şekilde, Kaynak Doğruluk Denetimi, sorumlu mühendisi tarafından haftada 5 defa yapılır. Kaynak doğruluğunu denetleyen soruları içerir.

3.4. İyileştirme ve Ödül Sistemi

Çalışma grupları, proseslerinde veya sistem akışında yaptıkları iyileştirmeleri iyileştirme veya öneri olarak sunabilmektedir. İyileştirme ve öneriler, belirli kurallar dahilinde değerlendirilmekte ve şirkete parasal kazanç sağlayan iyileştirmeler, iyileştirmeyi yapan çalışma grubuna da kazanç sağlanan miktarın belli bir kısmını kazandırır. 2003 yılından itibaren çalışma gruplarında 45.146 iyileştirme yapılmış. Yapılan iyileştirme ve öneriler sayesinde Ford Otosan A.Ş. 120.442.292 €'luk

kazanç elde etmiş ve bu kazancın 284.421 €'su iyileştirmeyi yapan çalışma gruplarına dağıtılmıştır.

Parasal kazancın yanı sıra, Ford Otosan A.Ş., parasal kazanç getirmeyen iyileştirmeleri de ödüllendirmektedir. Her ay, en fazla iyileştirmeyi yapan çalışma grubu üyeleri, Fabrika Müdürü ile şirket dışında akşam yemeği yemekte, bölümlerde en fazla iyileştirmeyi yapan çalışma grubu üyeleri Bölüm Müdür'leriyle birlikte Ford Otosan A.Ş. yemekhanesinde öğle yemeği yemektedir. Bölümlerde yaptıkları iyileştirmelerden en fazla puanı elde eden çalışma grubu üyeleri, alan yöneticileri ile birlikte tatlı yemekte ve sohbet etmektedir.

Gövde Üretim Md.lüğü, Fabrika Md.lüğü'nün verdiği ödüllerin yanı sıra kendi iç ödüllendirme sistemini kurmuştur. Başarılı çalışma yapan ekipleri destekleyen bu ödül sistemi sayesinde çalışma gruplarına Ford logolu çeşitli butik ürünleri dağıtılmaktadır.

3.5. Kazançlar

Ford Otosan A.Ş. Gövde Üretim Md.lüğü 2002 yılından itibaren uyguladığı FÜS sayesinde göstergelerinde aşağıdaki performansı sergilemiştir.

- İş güvenliği Kaza Frekansı'nı %1000 oranında iyileşmiş,
- Kalite İlk Seferde Doğru Yapma Performansını %28 oranında iyileşmiş,
- Kalite Kaynak Doğruluk Performansını %5 oranında iyileşmiş,
- Kalite Boyutsal Doğruluk Performansını %11 oranında iyileşmiş ,
- Araç başına işçilik maliyeti %2 oranında iyileşmiş,
- Araç başına hurda maliyeti %25 oranında iyileşmiş,
- Araç başına enerji maliyeti %130 oranında iyileşmiş,
- Araç başına atık maliyeti %117 oranında iyileşmiştir.

FÜS'ün sürekli iyileştirme felsefesi doğrultusunda yukarıdaki göstergeler, her geçen sene iyileşmeye devam etmektedir (Özçift, 2008).

4. OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE SİMÜLASYON

4.1. Simülasyon Nedir?

Simülasyon, karmaşık sistemlerin tasarımı ve analizinde kullanılan en güçlü analiz araçlarından birisidir. Genel anlamda simülasyon, zaman içinde sistemin işleyişinin taklididir. Simülasyon, çeşitli koşullar altında sistemin tavrının gözlemlenebilmesi için, bu sistemin modellenmesi olarak da tanımlanabilir. Zaman içinde değişiklik gösteren bir sistemin tavrı, geliştirilen bir simülasyon modeli ile incelenir. Bu model, sistemin çalışması ile ilgili kabuller setinden oluşur. Bu kabuller, sistemin ilgilenilen nesneleri (varlıkları) arasındaki matematiksel, mantıksal ve sembolik ilişkiler ile ifade edilir.

Bir simülasyon modeli geliştirildikten ve geçerliliği sağladıktan sonra, gerçek sistem hakkındaki çeşitli sorulara cevap aramak için kullanılır. Bir simülasyon modeli; gerçek sistem üzerinde yapılacak değişikliklerin etkilerini, yeni kurulacak bir sistemin performansını tahmin etmek için analiz ve tasarım aracı olarak kullanılır.

Gerçek hayatta karşılaşılan sistemlerin birçoğu karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu durumda, bu sistemlerin modellerini matematiksel metotlar ile çözmek mümkün değildir. Bu tür sistemlerin analizi ve çözümü, simülasyon modeli ile yapılır. Simülasyon çalışmasında, gerçek sistemden (mevcutsa) toplanan veri, sistemin modelinin çalıştırılabilmesi için gerekli olan girdi parametrelerinin tahmininde kullanılır. Simülasyon, yöneylem araştırması ve yönetim biliminde uygulama alanı geniş olan metotlardan birisidir (w3.gazi.edu.tr).

4.2. Simülasyonun Kullanım Alanları

Özel amaçlı simülasyon dilleri, düşük operasyon maliyetleri için yüksek hesaplama kabiliyetleri ve simülasyon metodolojisindeki gelişmeler, simülasyonu yöneylem araştırmasında ve sistem analizinde en çok kullanılan ve kabul edilen bir metot yapmıştır. Simülasyonun hangi şartlar altında kullanılması gerektiği bir çok yazar

tarafından incelenmiştir. Bunları genel olarak sınıflandırırsak, simülasyon aşağıdaki amaçlar için kullanılabilir:

- Simülasyon, karmaşık bir sistemin iç yapısını veya karmaşık bir sistemdeki alt sistemi incelemek için kullanılabilir,
- Bilgi, organizasyon el ve çevresel değişiklikler simüle edilebilir ve modelin davranışı üzerinde bu değişikliklerin etkileri incelenebilir,
- Bir simülasyon modelinin tasarımından elde edilen bilgiler, incelenen sistemin geliştirilmesine büyük ölçüde katkıda bulunmaktadır,
- Simülasyon girdilerini değiştirerek ve sonuçları inceleyerek, hangi değişkenlerin daha önemli olduğu ve değişkenlerin birbirlerini nasıl etkiledikleri hakkında bilgi edinilir,
- Simülasyon, analitik çözüm metodolojisini destekleyen bir bilgi verici araç olarak kullanılabilir,
- Simülasyon, uygulamadan önce yeni tasarımlar ve politikalar deneyerek durumun ne olacağını görmek için kullanılabilir,
- Simülasyon, analitik sonuçları test etmek için kullanılabilir (turk-ie.org).

Simülasyonun uygulama alanları oldukça fazladır. Aşağıda simülasyonun kullanışlı ve kuvvetli bir araç olduğu problemler listesinden örnekler verilmiştir.

- Üretim sistemlerinin tasarımı ve analizi,
- Askeri silah sistemlerinin ve geri hizmetlerin değerlendirilmesi,
- Donanım ihtiyaçlarının veya iletişim ağ protokollerinin belirlenmesi,
- Bilgisayar sistemlerinin donanımsal ve yazılımsal ihtiyaçlarının belirlenmesi,
- Havalimanı, çevre yolu, liman ve metro gibi ulaşım sistemlerinin tasarlanması ve yönetilmesi,
- Çağrı merkezleri, çabuk servis yapılan restoranlar, hastaneler ve postaneler gibi servis organizasyonlarının tasarımlarının değerlendirilmesi,
- İşletme süreçlerinin yeniden yapılanması,
- Stok sistemleri için sipariş politikalarının belirlenmesi,
- Finansal ve ekonomik sistemlerin analizi (Kelton ve Law, 2000)

4.3. Simülasyonun Avantajları ve Dezavantajları

Simülasyon çalışması problem çözmede son derece güçlü bir yardımcı olup, yaygın kullanılışının çeşitli nedenleri vardır. Bunlar şu baslıklar altında özetlenebilir:

- Karmaşık yapıdaki gerçek sistemleri analitik olarak inceleyerek matematiksel modellerin kurulmasındaki güçlükleri ortadan kaldırır.
- Simülasyon; yeni politikalar, parametreler veya çalışma koşullarının denemesine imkân sağlayarak sistem performansının bu yeni koşullar için tahmini sağlar.
- Alternatif tasarımların birbiri ile karşılaştırılmasını mümkün kılar.
- Gerçek sistemin rahatsız edilmeden, bozulmadan, tehlikeye atılmadan denenmesi sağlanır.
- İncelenen sistemin farklı zaman akışlarında ele alınması mümkündür. (Örneğin, sıkıştırılmış bir zamanda çalışma hızlandırılarak sistem hakkında genel bilgi elde edinilebileceği gibi, geniş bir zaman aralığında sistem hakkında ayrıntılı bilgi edinme mümkün olabilir.)

Bu avantajlara rağmen, simülasyon çalışmalarının bazı dezavantajlarının da bilinmesi gerekir.

- Simülasyon modelleri pahalı ve geliştirilmesi zor modellerdir.
- Simülasyon modellerinin stokastik yapısı, gerçek sistemle ilgili ancak tahminlerde bulunmayı sağlar
- Simülasyon modelleri probleme en iyi çözümü bulmak yerine alternatif çözümleri karşılaştırır.
- Simülasyon sonuçlarının incelenen sistemi doğru yansıtması için modelin geçerliliği çok önemlidir.
- Simülasyonda bilgisayara olan bağımlılık, çalışmanın uzun sürmesine pahalı olmasına neden olur. (www.turk-ie.org)

4.4. Simülasyon Modelinin Yapısı

Simülasyon modelinin yapısı basit olarak aşağıdaki gibi formülize edilebilir.

$$E = f(X_i;Y_i) \quad (4.1)$$

Bu formülasyonda;

E : Sistem performansının etkisi
X_i : Denetlenebilen değişken ve parametreler
Y_i : Denetlenemeyen değişken ve parametreler
f : X_i ve Y_i arasındaki ilişki

Simülasyon açısından hemen hemen tüm modellerin aşağıdaki elemanlardan oluştuğunu söylemek mümkündür.

- Bileşenler; biraraya geldiklerinde sistemi oluşturan parçalardır. Bağımsız olarak belirlenirler ve bunların ortak performansı sistemin çıktısını oluşturur.
- Değişkenler; sistemin özellikleridir. Değişik koşullarda ve değişik sistem durumlarında farklı değerler alırlar. Değişkenler dört karşıt kategori içinde sınıflandırılabilirler. Bağımsız ve bağımlı, denetlenebilir ve denetlenemez, içsel ve dışsal, girdi ve çıktı. Sistem değişkenlerinin ilişkileri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 4.1: Sistem değişkenlerinin ilişkileri

	Bağımsız	**Bağımlı**	**Denetlenebilir**	**Denetlenemez**	**İçsel**	**Dışsal**	**Girdi**	**Çıktı**
Bağımsız			X			X	X	
Bağımlı				X	X			X
Denetlenebilir	X				X	X	X	
Denetlenemez		X			X	X	X	X
İçsel		X	X	X				X
Dışsal	X		X	X			X	
Girdi	X		X	X			X	
Çıktı		X		X	X			

- Parametreler; sistem analizcinin keyfi değerler verilebildiği miktardadır. Bunlar analiz boyunca değiştirilemezler. Örneğin Y = 3X gibi bir denklemde 3 parametredir. Y ve X ise değişkenlerdir.
- İlişkiler; sistemin bileşenleri, değişkenleri ve parametreleri arasındaki bağıntılardır. Bunlar sistem durumundaki değişimleri denetler. İlişkiler dokuz'a ayrılırlar.

1. Yapısal ilişki; bileşenleri ve bunların özelliklerini birbirine bağlayan ilişkilerdir.
2. İşlevsel ilişki; bileşen ve bileşenlerin davranışını belirleyen ilişkilerdir.

3. Sayısal ilişki; birbirine yalnızca zaman açısından bağımlı olan sistem olayları arasındaki ilişkilerdir.
4. Mekânsal ilişki; fiziksel öğelerin, mekan içinde, kendi aralarında belli bir ilişki içinde bulundukları statik sistemler bu ilişki türüne iyi bir örnektir.
5. Zamansal ilişki; öğeler arasındaki zamansal ilişki iki ayrı şekilde düşünülebilir. Bunlardan ilki saat zamanı ilişkisidir. Sistem içinde olayların sırasını ayırt etmeye yarar. İkinci tür zaman ilişkisi, psikolojik zaman ilişkisi olarak adlandırılır. Bu ilişki görecelidir. Kişisel algılamalara dayanır.
6. Neden – Sonuç ilişkisi; bu ilişki en büyük doğa yasalarından biridir. Sonlu bir zaman süresi içinde gerçekleşen, tersinmez süreçlerde uygulanan bir yasadır. Bir zaman noktasında neden oluşur, etkisini verir ve ileri bir zaman noktasında sonuç doğar.
7. Enerjinin korunumu ilişkisi; maddenin bir biçimden diğerine geçişte görülen bir ilişki türüdür.
8. Mantıksal ilişki; maddenin bir biçimden diğerine geçişte görülen bir ilişki türüdür.
9. Matematiksel ilişki; mantıksal ilişkinin özel bir biçimidir.

- Varsayımlar; modeli gerçek durumdan soyutlayan kabullerdir. Varsayımlar üzerinde yapılan varsayım değişiklikleri ile modelin soyutlama derecesi de değişecektir.
- Kısıtlar; değişkenlerin değerleri veya kaynakların nasıl tahsis edileceği üzerindeki sınırlandırmalardır. Kısıtlar, tasarımcı tarafından koyulabileceği gibi, sistemin doğasında da olabilir.
- Ölçütler; Ölçüt fonksiyonu, sistemin hedeflerinin veya amaçlarının ve bunların nasıl değerlendirileceğinin bir durumudur. Ölçüt yargılama standardı olarak da tanımlanabilir. Buna göre ölçüt fonksiyonu iki açıdan büyük önem kazanmaktadır. Birincisi, modelin tasarımı ve işletilmesi üzerinde büyük etkisi vardır. İkincisi, ölçütün yanlış tanımlanması, yanlış sonuçlar verecektir (Erkut,1992).

4.5. Simülasyon Süreci

Simülasyon süreci adımlar halindeki aşağıdaki gibidir. Süreç akış şeması Ek-A'da yer almaktadır.

1. Problemin formülasyonu ve çalışmanın planlanması

- Sistem yöneticisi tarafından problemin içeriği belirlenir.
- Proje yöneticisinin, simülasyon analistinin ve konunun uzmanlarının katıldığı başlangıç toplantıları yapılır. Aşağıdaki konular tartışılır;

1. Çalışmanın genel amaçları
2. Çalışma esnasında cevaplanacak spesifik sorular
3. Farklı sistem konfigürasyonlarının etkinliğini hesaplayacak performans ölçütleri
4. Modelin kapsamı
5. Modellenecek sistem konfigürasyonları
6. Kullanılacak simülasyon programı
7. Çalışmanın zaman çizelgesi ve ihtiyaç duyulan kaynaklar

2. Veri toplama

- Sistemin yerleşimi ve işlemsel prosedürler üzerinden bilgi toplama
- Model parametrelerinin ve girdi olasılık dağılımlarının belirlenmesi için veri toplama

1. Tek bir kişi veya doküman yeterli değildir
2. Bazı kişiler yanlış bilgi verebilirler (doğru konu uzamanlarını tanımlandığından emin olun)
3. İşlemsel prosedürler formalize edilmemiş olabilir.

- Kavramsal bir model olan bir "varsayımlar dokümanında" yer alan veri ve bilgileri tanımla
- Mevcut sistemin performansı üzerinden veri toplama (adım 6 daki doğrulama amacı için)
- Model detaylarının seviyeleri aşağıdakilere bağlıdır:

1. Proje amaçları
2. Performans ölçütleri
3. Veri sağlayabilme (availability)
4. Güvenilirlik

5. Bilgisayar kısıtları
6. Konu uzmanlarının görüşleri
7. Zaman ve para kısıtları

- Modelin her elemanı ve sistemin ilişkili olduğu elemanlar arasında bire bir ilişki olmasına gerek yoktur.
- Sistem yöneticileri ile düzenli aralıklar ile iletişim kurma

3. Kavramsal model doğru mu?

- Yöneticilerin, sistem analistlerinin ve konu uzmanlarının katıldığı sunum öncesinde varsayım dokümanları kullanılarak kavramsal model için adım adım ilerleyen bir yapı oluşturulur.

1. Modelin varsayımlarının doğru ve tam olduğundan emin olmaya yardımcı olur.
2. Modelin benimsenmesini kolaylaştırır.
3. Programlamadan önce yapılırsa, tekrar programlama gibi bir durumdan kaçınmayı sağlar.

4. Bir bilgisayar programı oluşturun ve doğrulayın

- Programlama dillerinde veya bir simülasyon programında modeli programla
- Bilgisayar simülasyon programını doğrula

5. Deneme koşumlarını başlat

- Adım 6'daki doğrulama için deneme koşumlarını başlat

6. Programlanan model doğru mu?

- Eğer mevcut bir sistem varsa, modeli ve sistemi mevcut sistemin performans ölçütlerine göre kıyaslayın
- Simülasyon analisti ve konu uzmanları mevcut istemin varlığını göz ardı ederek model sonuçlarını doğruluk açısından gözden geçirmeli
- Hangi model faktörlerinin performans ölçütleri üzerinde nasıl bir etki oluşturduğunu görmek için duyarlılık analizlerini kullan

7. Deneyi tasarla

- Her sistem konfigürasyonunun kapsamı için aşağıdakileri tanımla

a. Her koşumun uzunluğu
b. Isınma periyodunun uzunluğu (gerekliyse)
c. Farklı rassal numaralar kullanılarak bağımsız simülasyon koşum sayısı

8. Üretim koşumlarını yap

- Adım 9 için üretim koşumlarını yap

9. Çıktı verilerini analiz et

- Çıktı verilerini analiz ederken 2 majör amaç

a. Mevcut sistem konfigürasyonlarının mutlak performanslarının belirlenmesi
b. Alternatif sistem konfigürasyonlarının göreceli olarak kıyaslanması

10. Dökümante et, sun ve sonuçları kullan

- Varsayımları, bilgisayar programlarını ve çalışmanın sonuçlarını mevcut ve gelecek projelerde kullanmak için dökümante et
- Çalışmanın sonuçlarını sun
- Sonuçları, doğru ve tutarlı ise karar alma prosesinde kullan (Kelton ve Law, 2000)

4.6. Otomotiv Endüstrisinde Simülasyon

Otomotiv endüstrisinde, otomotiv bileşenleri imalat tesislerinin yanı sıra kamyon ve araç montaj tesislerindeki operasyonlar ve tasarımda bilgisayar simülasyonları yoğun şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Dünya çapında çoğu otomotiv imalatçısı ve özellikle de ABD menşeli üç büyük firma (General Motors Corporation, Ford Motor Company ve Chrysler Corporation), şimdilerde son donanım alımlarını yapmadan önce tüm yeni ve değiştirilecek imalat sistemi tasarımlarının, simülasyon ile doğrulanmasına gereksinim duymaktadırlar. Aslında, üç büyük otomotiv firmasının herhangi bir yeni donanım alımı veya imalat hatlarında herhangi bir değişikliğin maliyeti birkaç milyon dolardan fazla olacağı için, bu kararlar alınmadan önce

simülasyon ile doğrulanmaları gerekmektedir, yani bir bakıma buna zorlanmaktadırlar. Geçmişte gerçekleştirilen bazı çalışmalar, araç imalatını da içeren her çeşit üretim sistemindeki operasyon ve tasarımlarda simülasyonun nasıl kullanışlı olabileceğinin göstergeleridir.

Araç imalat sistemlerinin operasyon ve tasarımda yer alan kesikli olay simülasyonu uygulamaları iki farklı şekilde sınıflandırılabilir. İlk sınıf, sistem tasarımı geliştirme aşamalarını temel alabilir. Bu sınıf da yine kendi içinde dörde ayrılabilir. Bunlar; kavramsal tasarım aşaması, detaylı tasarım aşaması, devreye alma aşaması ve tamamıyla operasyonel aşamadır. Kavramsal aşama ilk aşama olup, yeni imalat ve malzeme taşıma metotlarının mühendisler tarafından test edildiği aşamadır. Bu aşamada, üç boyutlu animasyon yeteneğine sahip kesikli olay simülasyon paketleri oldukça popüler simülasyon araçlarıdır. Detaylı tasarım aşaması, sistemin detaylı yerleşim planlarının ve donanım özelliklerinin doğrulandığı aşamadır. Burada, donanım doğrulama (ambar çizelgelerinin ve konveyörlerin sayıları sayısı, ara stok kapasiteleri), çevrim zamanı doğrulama (konveyör hızları, hat verimliliği) ve hatların operasyonel ve çizelgeleme faaliyetlerini (boşaltma fırınları ve boya kabinlerinin mantığı, tamiratlar ve ürün karışımı kararları) içeren birincil faktörler göz önüne alınmıştır. Detaylı donanım özellikleri ve üç boyutlu animasyon özelliklerini içeren kesikli olay simülasyon paketleri, bu aşamada kullanılan en popüler paketler olarak görülmektedir. Devreye alma aşaması ile tasarlanmış operasyonel koşullar altında tesisin çalıştırıldığı aşama kastedilmektedir. Bazı vakalarda sistemin maksimum kapasite koşullarında çalıştırılması 6 aya kadar sürebilmektedir. Bu aşamada gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları genellikle operasyonel talimatları test etmek için kullanılırlar. Bu aşamada kullanılan kesikli olay simülasyon paketleri tipik olarak detaylı donanım özellikleri veya üç boyutlu animasyon özellikleri gerektirmez. Kullanıcı dostu özellikleri ile simülasyon programları bu aşamada kullanılan en popüler paketlerdir, çünkü modeller mikro seviyeden ziyade makro seviyede olma eğilimindedirler. Tamamıyla operasyonel aşama ile tesisin öngörülen kapasitesinde işletilmesi aşaması ima edilir. Bu aşamada gerçekleştirilen simülasyon çalışmalarında ürün karışımı kararları, yeni ürün tanıtımları, yeni operasyonel politikalar ve hat değişiklikleri göz önünde bulundurulur. Bu aşamada kullanılan simülasyon yazılımı genellikle devreye alma aşamasında kullanılan yazılım ile benzer yetenekleri gerektirir.

Otomotiv imalat tesislerinde kesikli olay simülasyonu kullanımının ikinci sınıflandırması ilgilenilen problemin doğasını temel alır. Bu sınıf da yine kendi içinde dörde ayrılabilir. Bunlar; donanım ve tesis tasarım aşaması, yönetim değişkenliği ile ilgili konular, ürün karışımı sıralama konuları, ve diğer operasyonel konulardır. Donanım ve tesis tasarım konuları gerekli makinelerin sayısı, çevrim zamanının doğrulanması, ara stok stoklama alanlarının tanımlanması, ara stok hacim analizleri ve konveyör uzunluğu ve hızının belirlenmesi gibi tipik problemleri içerir. Yönetim değişkenliği alanında bu tipik problemlere örnek olarak tamir ve hurda politikaları analizleri, sipariş hacmi değişkenliği ve boya kabini çizelgeleme verilebilir. Ürün karışı sıralama konuları tipik olarak trim hattı ve gövde atölyesi sıralama, vardiya çizelgeleme ve trim ve son montaj hattı dengelemeyi içerir. Diğer operasyonel konularda, tipik olarak kavşaklara öncelik atama, montaj hattı sıralama ve vardiya ve ara çizelgelemeyi içeren uygulamalardır. Tablo 4.2, araç montaj tesislerinde simülasyonun çeşitli kullanımlarını özetlemektedir. "X" işaretleri, tasarımcılar ve yöneticiler tarafından hamle yapılacak olan belirli problem tiplerini ve listelenen uygulama alanları için etkin bir rol oynayabilecek olan simülasyonu gerektiren tipik aşamaları göstermektedir. Örneğin, çevrim zamanı doğrulama problemleri tasarım ve operasyon çevrim aşamalarının başlarında yer alacağa benzemektedir. Ancak, vardiya çizelgeleme problemleri, tüm donanım ve yerleşim tasarımı konuları sonlandırıldığında çözülebileceğe benzemektedir. Unutulmamalıdır ki, bununla birlikte, herhangi bir problem tipi tasarım çevriminin herhangi bir aşamasında yer alabileceğinden tablo yalnızca genel bir çatı sunar (Banks, 1998).

Tablo 4.2: Otomotiv endüstrisinde simülasyon uygulamalarının sınıflandırılması

Uygulama Sınıfı	Örnek Uygulama	Aşama			
		Kavramsal Tasarım	Detaylı Tasarım	Devreye Alma	Tam Operasyon
Donanım ve Yerleşim	Ara stok kapasite analizleri	X	X	X	
	Sıralama yerlerinin artırılması	X	X	X	
	Çevrim zamanı doğrulama	X	X	X	X
	Konveyör uzunluğu ve hızı	X	X	X	
Yönetim Değişkenliği	Test - tamir döngü analizi		X	X	X
	Hurda analizleri		X	X	X
	Boya tabancası sprey temizleme çizelgeleri		X	X	X
	Trim hattı sıralama		X	X	X
	Gövde atölye sıralama	X	X	X	X
	Vardiya çakışması	X	X	X	X
Detaylı Operasyonel Konular	Trafik öncelik yönetimi		X	X	X
	Montaj sıralama		X	X	X
	Vardiya ve ara çizelgeleme		X	X	X

4.7. Simülasyon Programları

Günümüzde simülasyon, üretim ve hizmet sektörleri tarafından geçerliliği kabul edilen ve geniş olarak uygulanan bir çalışma yöntemi haline gelmiştir. Bu nedenle, piyasada doğan çeşitli ihtiyaçları karşılamaya yönelik özel simülasyon programları geliştirilmiştir. Piyasada bulunan simülasyon paket programlarından bazıları; Witness, Promodel, Arena, Extend, Enterprise Dynamics, Automod, Quest, Flexsim, EmPlant, Simul8, Cyrastal Ball, @Risk, Simprocess, Microsaint Sharp. Tablo 4.3'te, simülasyon programlarının çeşitli kriterler üzerinden karşılaştırılması yer almaktadır.

Tablo 4.3: Simülasyon programlarının karşılaştırılması

#	ÖZELLİK	WITNESS	PROMODEL	ARENA	EXTEND	ENTERPRISE DYNAMIC	AUTOMOD	QUEST	FLEXSIM	Emplant	SIMUL8	CRYSTAL BALL	@RISK	SIMPROCESS	MICROSAINT SHARP
1	Olay kuyruk tabanlı kesikli olay simülatörleri	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	✓	✓
2	Monte carlo özellikli simülatörler	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	✓	✓	X	X
3	Hesaplama simülasyonlarına odaklanan çoklu bölümler	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	✓	✓	X	X
4	İş süreçleri modellemesi için şablonlar	✓	✓	✓	✓		X	X	X	X	✓	X	X	✓	✓
5	Kesikli üretim modellemesi için şablonlar	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X
6	Üretim süreç modellemesi için şablonlar	✓	✓	✓	✓		✓	X	X	X	✓	X	X	X	X
7	Hizmet sektörü modellemesi için şablonlar	✓	✓	✓	✓		X	X	X	X	✓	X	X	✓	✓
8	Tedarik zinciri modellemesi için şablonlar	✓	✓	✓	✓		X	X	X	X	✓	X	X	✓	✓
9	Fiziksel lojistik modellemesi için şablonlar	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X
10	6 Sigma odaklı	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
11	Optimizasyon teknolojisi (° Optquest yazılımı)	✓	✓°	✓°	✓	✓°	✓	✓°	✓°	✓	✓°	✓°		✓°	✓°
12	Entegre sanal gerçekçilik	✓	X	X	X	✓	✓	✓	✓		X	X	X	X	X
13	Süreçlendirme destekli sanal gerçekçilik	✓	✓	✓	X		✓				✓	X	X	X	X
14	Hiyerarşik modelleme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	✓	✓
15	Kullanıcı değişiklikleri için kodların altı çizgili gösterimi	X	X	X	✓	✓	X		✓		X	X	X	✓	
16	Modellerin çalıştırılmadan önce doğrulama gerekliliği	X	X	✓	✓				✓		X	X	X	X	✓
17	Çizelgeleme modülü	X	✓	X	X	X	X		X		✓	X	X	X	X
18	Ürünü büyük kısımlardan parçalara ayırma	X	X	✓	X	X	✓	✓	X	✓	X	X	X	X	X
19	Verileri eğri içine sığdırma veya sıkıştırma	X	✓	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	X			✓	X
20	Serbest izleme	X	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	X	✓	✓	X	X	X
21	Serbest çalıştırma zamanları	X	✓	✓	✓	X	X	X	X	X	✓	X	X	X	X
22	Çok interaktif (Ç), Orta interaktif (O), Az interaktif (A)	Ç	O	A	A				A		O	A	A	A	A
23	AVI uzantılı dosya oluşturma	✓	X	X	✓	✓	✓		✓	X	X	X	X	✓	X
24	Ücret sınıfı (A<5.000 $, B>5.000 $)	B	B	A/B	A	B	B	B	B	B	A	A	A	A/B	B
25	XML model çıktısı	✓									✓				
26	VISIO ilişkili Üretim/Kabiliyet	✓	✓	✓	X	X	X	X	X	X	✓	X	X	X	X
27	Amaç modeli	✓		✓							✓				
28	Kes/Yapıştır, Sitil raporları ve grafikleri	✓		X	X					X					
29	Konsept miktar modellemesi	✓									X				
30	Platform	W	W	W	W/M	W	W	W	W	W	W	W	W	W/U	W

4.7.1. Çalışmada kullanılan paket program – Witness

Çalışmanın yapıldığı Ford Otomotiv Sanayi A.Ş. 'de WITNESS simülasyon programı lisanslı olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, çalışma Witness programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Witness programı, diğer simülasyon programlarına göre; kolay ve basit şekilde model tasarımı yapmaya, modüler ve hiyerarşik yapı tanımlamasına, Windows üzerinde kolay kurulum ve kullanıma, interaktif çalışmaya, istatistiksel bilgi ve rapor girişlerine, ORACLE, SQL Server, Access, vb, veritabanı yapısı ile konuşabilme, karşılıklı veri aktarımına, grafiksel görüntü desteği ile teknik grafikler yaratılmasına, görsel zenginliği ile, sağlık, çağrı merkezleri, e ticaret, proses endüstrileri, otomotiv gibi sektörlerin ihtiyacı olan görsel zenginliğe olanak sağlamaktadır. (www.lojitek .com)

Witness programının kullanım alanları;

- Ara stokların azaltılması
- Kaynak ve/veya makine kullanım kapasitelerinin iyileştirilmesi
- Yerleşim planlaması
- Ekipman ve kaynak planlaması
- Malzeme ihtiyaç planlaması
- Darboğaz ve kısıt analizi
- Yeni operatör eğitimi
- Detaylı AS/RS modellemesi
- Montaj hattı dengelemesi
- "What-if" analizi
- Teslimat performans analizi
- Rotalamada rotaların test edilmesi
- Lojistik ağ tasarımında en uygun modelin seçilmesi, karmaşık tedarik ve dağıtım sistemleri
- Üretim planlama ve çizelgeleme
- Sistem üzerindeki stokların azaltılması
- Vendor managed inventory, milk run, crossdock gibi sistemlerin test edilmesi
- Depo verimlilik analizi

5. UYGULAMA

Kaynakların etkin ve verimli kullanılması için sistem tasarım ve analiz araçlarından bir tanesi simülasyon yöntemidir. Artan müşteri talepleri karşısında Ford Otomotiv Sanayi A.Ş. Gölcük Fabrikası'nda Boyahane ve Gövde Üretim Atölyeleri arasında yer alan ara stok alanı ihtiyacı karşılayamayacak duruma gelmiş ve kapasite artırım yatırımı planlanmıştır. Sistemin karmaşık ilişki yapısı ve yatırımın yüksek maliyetli olması sebebi ile yatırımın doğru yönetilmesi için sistem tasarımı ve analizi simülasyon yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

5.1. Firma Tanıtımı

Türkiye Otomotiv sektörünün öncü kuruluşlarından olan Ford Otosan, 1959 yılında Otosan A.Ş. olarak kurulmuş ve sektörde faaliyet göstermeye başlamıştır. 1998 yılında Ford Motor Company ile imzalanan ortak anlaşması sonrasında şirketin ismi Ford Otomotiv Sanayi A. Ş. yani Ford Otosan olarak değiştirilmiştir.

Şirketin kayıtlı sermayesi 500 Milyon TL ve çıkarılmış sermayesi 350,91 Milyon TL'dir. Koç Holding ve Ford Motor Company 143,9 Milyon TL tutarındaki sermaye payları ve %41,04 hisseleriyle Ford Otomotiv Sanayii A.Ş nin ana ortaklarıdır. Şirket Anadolu Kurumlar Vergi Dairesi'nin 6490020363 vergi numaralı mükellefidir ve 73232 / 11476 no ile Ticaret Sicil'e kayıtlıdır.

Ford Otosan'ın Türkiye'de 3 tesisi bulunmaktadır ve bu tesislerde 6.656'ü işçi, 1271'i memur olmak üzere toplam 7.927 kişi görev almaktadır. 1998 yılında 750 Milyon € yatırımla inşasına başlanan ve 2001 yılında devreye alınan Kocaeli fabrikasında orta ticari araç Transit ve hafif ticari araç Transit Connect üretimi yapılmaktadır. Eskişehir İnönü fabrikasında Cargo kamyon, motor ve aktarma organları üretimi yapılırken, İstanbul Kartal'da ise Türkiye'nin en büyük yedek parça dağıtım merkezi olan Servis ve Yedek Parça bölümü bulunmaktadır.

Ford Otosan Türkiye'de Ka'dan Cargo'ya kadar geniş ürün yelpazesi ile otomotiv sektörünün tüm ana segmentlerinde yer almaktadır. Ayrıca Türkiye çapında 68 3S

(satış, servis ve yedek parça) ve 48 2S (servis ve yedek parça) bayisi ile tüketicilere hizmet vermektedir.

2005 yılında toplam otomotiv pazarı 2004 yılına göre %3,4 büyüyerek 765.651 adet olarak gerçekleşirken, Ford Otosan 2005 yılında iç pazarda 130,121 adet toplam araç satışı gerçekleştirdi ve 2004 yılına göre satışlarını %13,3 arttırmış oldu. Aynı zamanda 2002, 2003 ve 2004 yıllarında yakalamış olduğu pazar liderliğini, 2005 yılında elde ettiği %17,0'lık pazar payı ile devam ettirmiş oldu.

2005 yılında toplam üretimini 2004 yılına göre %17,8 artıran Ford Otosan, 2005 yılında 243.455 araç üretti. ve bu üretimin 162.712 adedini ihraç etti. İç pazar ve ihracat dahil olmak üzere toplam 295.555 araç satışı gerçekleştirmiş oldu.

2005 yılının Nisan ayında, Yeni Ford Focus'u piyasaya sunarak C segmentindeki yerini sağlamlaştırmak isteyen Ford Otosan, 2004 yılında Fusion TDCİ, FocusC-MAX, Ti-Vct, 2003 yılında ise Fusion, Fiesta ASM, Street Ka, Mondeo ve Ford Cargo ürünlerini pazara sunarak, ürün yelpazesini genişletmişti.

Yaklaşık 50 milyon dolarlık mühendislik ve üretim yatırımı ile 5 senede hayata geçirilen yeni Ford Cargo ve Ecotorq motor projesinde 128 Türk mühendis görev aldı.Tamamı ile yerli olarak Ford Otosan tarafından tasarlanan ve üretilen yeni Ford Cargo ve Ecotorq motor Eylül ayında piyasaya sunuldu. Ecotorq motor projesi TÜBİTAK, TTGV ve TÜSİAD'ın ortaklaşa düzenledikleri Teknoloji Ödülleri yarışmasında teknoloji özel ödülünü aldı.

Transit üretiminin de yapıldığı Kocaeli tesislerine, yine 2002 yılında alınan 200 Milyon € ek yatırım kararı ile Ford Avrupa'nın Belçika Genk fabrikasındaki Transit üretiminin kaydırılmasına karar verildi. Bu yatırım kapsamında Kocaeli fabrikasının yıllık üretim kapasitesi 140,000 adetten 200,000 adede yükseldi. Bu proje dahilinde yüksek adette Transit üretimine ise 2004 Mart ayında başlandı.

5.2. Sistemin Tanımı

Otomotiv üretimi 4 ana sürecin tamamlanmasıyla gerçekleşir. Bu süreçler sırasıyla Pres, Gövde, Boyahane ve Montaj'dır.

Ara stok alanı kapasite artırımı yapılacak olan Gövde Üretim Atölye'sinde (kısaca Gövde) yapılan ana faaliyet basitçe; yan sanayi firmalarından ve Pres Atölyesi'nden gelen sac parçaların birleştirilmesi ile gövde oluşturulmasıdır.

Gövde oluşum sürecinde yer alan ana öğeler;

- Kaynak teknolojisi,
- Yüksek otomasyon,
- Yetişmiş ve yetkilendirilmiş iş gücü,
- Enerji,
- Akış tipi hat,
- Sac parça,
- Yalın yönetim

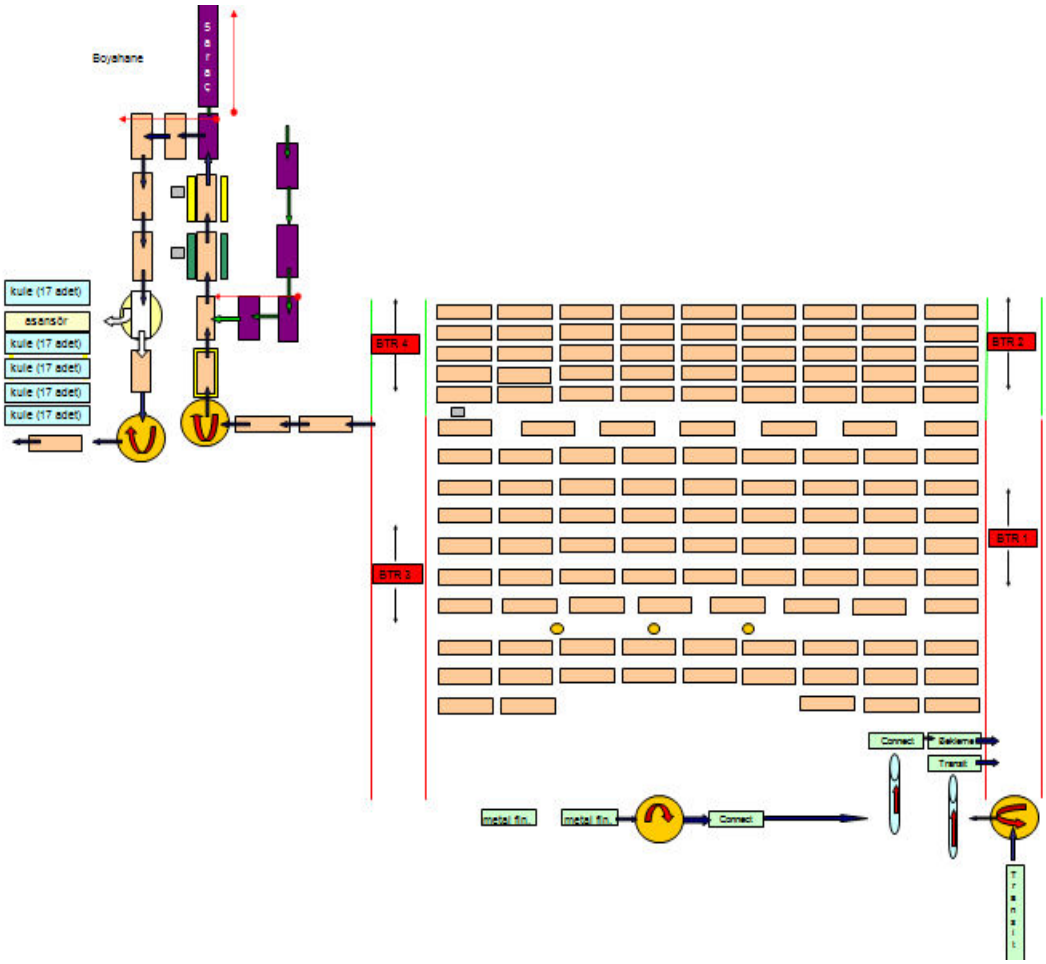
olarak sayılabilir.

Gövde Üretim Atölye'sinde; 1 Connect gövde üretim hattı ve 2 Transit gövde üretim hattı olmak üzere toplam 3 adet üretim hattı 80,000 m2 alana yayılmış durumdadır. Gövde üretim prosesi kısaca;

1. Detay hatlarda gövde tabanının oluşturulması,
2. Detay hatlarda gövde yan panellerinin oluşturulması,
3. Detay hatlarda kapı, motor kaputu gibi gövde sökülebilir parçaların oluşturulması,
4. Gövde tabanı ile tüm otomatik hatlar ve de konveyör zincirleri boyunca gövdeyi üzerinde taşıyacak olan skidin birleşmesi,
5. Skid üzerindeki taban ile gövde yanlarının birleştirilmesi,
6. Gövdeye sökülebilir parçaları takılması,
7. Gövdenin Boyahane'ye verilmesi olarak tanımlanabilir.

Gövde üretim hatları ile Boyahane arasında mezanin adı verilen gövde stok alanı bulunmaktadır. Mezaninde belirli sayıda gövde stoklama alanı 15 paralel hat üzerine kuruludur. Stok bölgesini besleyen tek yol üzerinde seri bağlı 2 tane BTR (Body Transfer Rail – Gövde Transfer Aracı) (BTR_1, BTR_2), stok bölgesini boşaltan tek yol üzerinde seri bağlı 2 tane BTR (BTR_3, BTR_4) vardır (Şekil 5.1)

Transit ve Connect hatlarına ait olmak üzere gövdeleri mezanine ulaştıran 2 ayrı hat vardır. Hatların sonundaki asansörlerden mezanine çıkan gövdeler, gövde tipine (Transit ve Connect) göre 2 ayrı noktadan boyahanenin kısıtı olan gövde tipi ve renge göre BTR_1 ve BTR_2 tarafından sıralanmaktadır. Yönetilir olması açısından 1200 den fazla gövde tipi ve 500'den fazla boya çeşidi 6 farklı gruba ayrılmıştır. Sistemde Boyahane kısıtlarına göre sıralama otomatik olarak yapılmaktadır. BTR_1, ilk 10 paralel hattı. Stok bölgesini boşaltan BTR_3, BTR_1'in beslediği hatları boşaltmakta, BTR_4 ise BTR_2'nin beslediği hattı boşaltmaktadır. BTR_3 ve BTR_4 aldıkları gövdeleri Boyahane geçiş konveyörüne, Boyahane kısıtlarına göre vermektedir.



Şekil 5.1: Mezanin stok alanı

5.3. Problemin Tanımı ve İhtiyaçlar

Mezaninde ekipmanların hızı ve BTR'lerin işleyiş ilişkisi 250.000 araç/yıl kapasitesine uygun olup, fabrikanın 320.000 araç/yıl'a çıkacak olan kapasitesini

desteklememektedir ve ilave yatırım ihtiyacı vardır. Ayrıca arıza durumunda BTR'ler birbirini yedekleyemediği için Boyahane'ye gövde veriş durmaktadır.

5.4. Problemin Çözümü

5.4.1. Alternatiflerin oluşturulması

Kapasite artırma çalışmaları doğrultusunda 2 alternatif önerilmiştir.

1) Bütün çıkış sıralı zincirli konveyör sistemi :

Mevcut sistemin ortadan kaldırılarak, sistemin mekanik çalışma prensiplerinin değişmesinden oluşur. Kurulacak tüm stok hatlarının kendi aralarında geçişini sağlayarak, esnekliği arttıracak ve Boyahanenin kısıtlarını en düşük seviyeye indirecektir. Sistemin esnek olması sebebi ile arıza durumlarında stok hatları, birbirini yedekleyebilir durumda olacaktır.

Mevcut sistemin ortadan kaldırılması sebebi ile yeni akış mantıklarının oluşturulması gerekecektir. Sistemin devreye alınması için sadece fabrika duruşundaki süre kullanılabileceğinden, bu sistemin kurulması, zamanında devreye alma açısından risk teşkil etmektedir. Sistem, mevcut sistemden oldukça farklı olduğu için devreye alındıktan sonra işletilmesi esnasında doğabilecek hatalardan dolayı uzun süreli duruşlar yaşanabilir. Sistemin yatırım maliyeti 646.660 €'dur.

2) İkinci çıkartma sıralı BTR sistemi :

Mevcut sistem üzerine yeni stok hatlarının eklenmesini, gövde transfer araçlarının (BTR) hızlarının arttırılmasını, birbirini yedeklemesini ve sisteme yeni bir gövde transfer aracının eklenmesinden oluşur. Sistemde yapılacak revizyonlar sayesinde sistemin hızı istenilen süreye getirilmiş ve mevcut durumda problem oluşturan BTR'lerin birbirini yedekleyememesi problemi çözülmüş olacaktır.

Sistem üzerinde büyük değişiklikler yapılmayacağından dolayı, sistemin devreye alınması için fabrika duruşundaki süre yeterli olacaktır. Sistemin yatırım maliyeti 373.960 €'dur.

5.4.2. Alternatiflerin değerlendirilmesi

Sistemin girdileri müşteri isteğine göre şekillenen gövde tipi ve renkleri, stokastik arıza-üretim performansları olduğu için problem herhangi bir deterministik model ile ele alınamamıştır. Sistemin karmaşık ilişki yapısı düşünüldüğünde yatırımın doğru yönetilmesi için sistemin ihtiyacını en iyi karşılayacak, yatırım maliyetini minimize edecek modelin bilgisayar ortamında simülasyon ile doğrulanması kararlaştırıldı. Kaynakların verimli kullanımı için öncelikle düşük maliyetli alternatifin bilgisayar ortamında modellenmesi, düşük maliyetli alternatifin ihtiyaçları karşılayamaması durumunda ise yüksek maliyetli alternatifin modellenmesi kararı verildi.

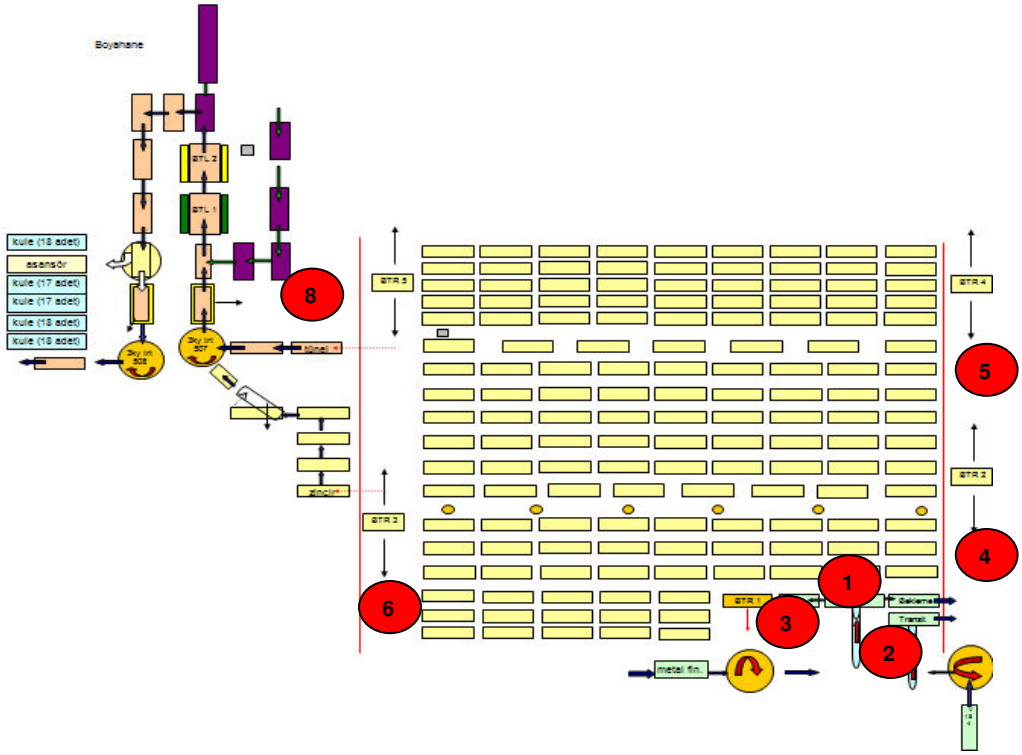
İki alternatifin de yüksek maliyetli olması, önerilen alternatiflerin problemi çözebileceğinin doğrulanması gereğini doğurmuştur.

5.4.3. Simülasyon modelinin oluşturulması

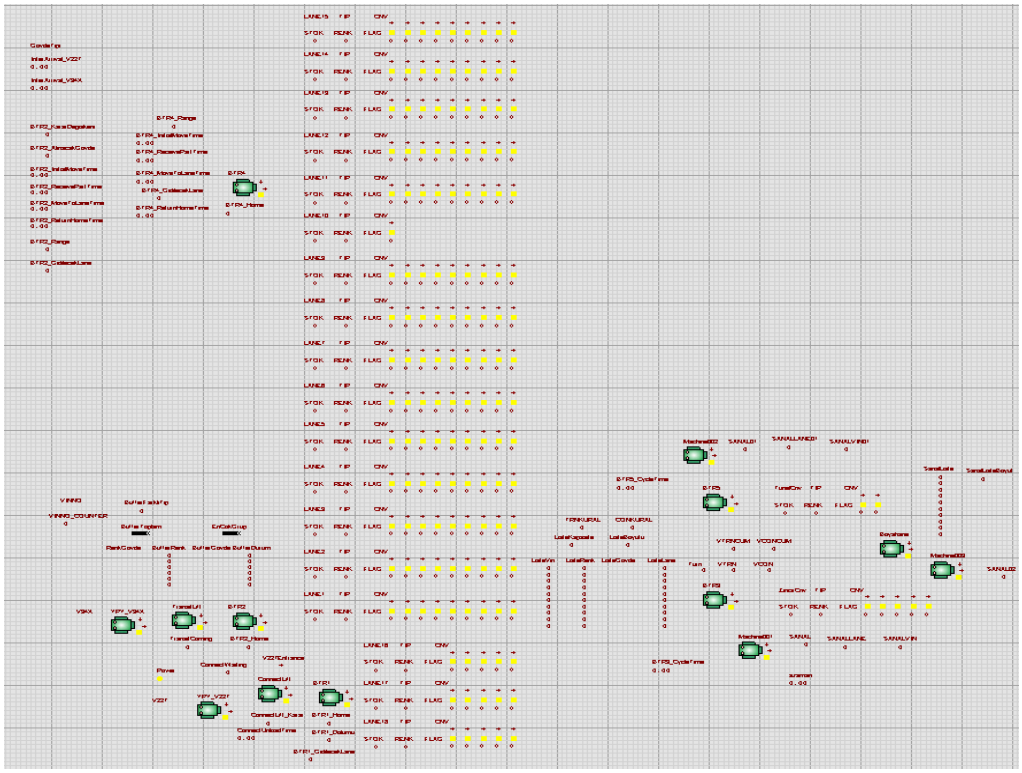
Mevcut sistemin ihtiyaçları karşılayamamasının gerçek durumda görülmesi üzerine "İkinci çıkartma sıralı BTR" alternatifinin modellenmesi için sistemin akış süreçleri oluşturuldu. Sistemde 6 farklı akış süreci yer almaktadır. Süreçler, Şekil 5.2'de numaralandırılmış (Akış süreçlerinin örnekleri, Ek-B, Ek-C ve Ek-3D'de yer almaktadır), simülasyon modelinin ekran çıktısı Şekil 5.3'te gösterilmiştir.

Şekil 5.2'de yer alan akış süreçleri

1. Connect asansörün gövde verişi (Bknz. Ek-B)
2. Transit asansörün gövde verişi
3. 3*5 yeni stok alanı BTR'sinin konveyörlere gövde dağıtımı
4. BTR_2'nin konveyörlere gövde dağıtımı (Bknz. Ek-C)
5. BTR_4'ün konveyörlere gövde dağıtımı (Bknz. Ek-D)
6. BTR_3'ün konveyörlerden gövde alışı
7. BTR_5'in konveyörlerden gövde alışı
8. Boyahane BTR'nin gövde alışı



Şekil 5.2: Mezanin stok alanı yeni durum ve akış süreçleri



Şekil 5.3: Simülasyon modelinin ekran görüntüsü

5.4.4. Simülasyon modeli – Girdilerin analizi

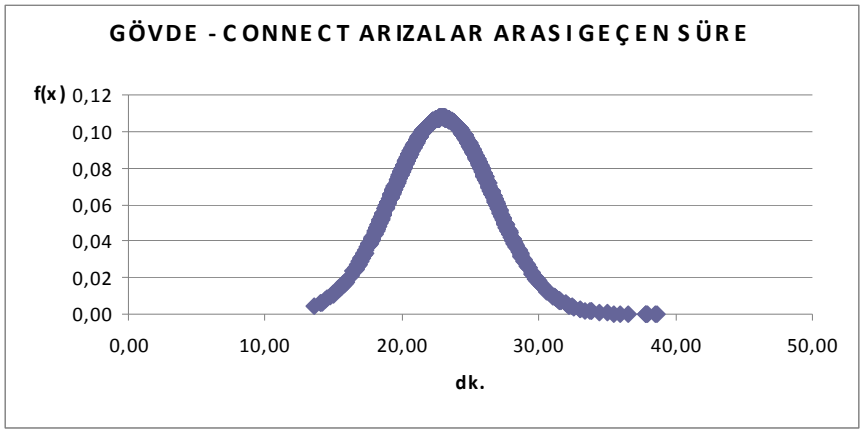
Sistemin girdilerini, Gövde Atölyesi Transit hattının çevrim zamanı, Gövde Atölyesi Connect hattının çevrim zamanı, Boyahane'nin çevrim zamanı, Gövde Atölyesi Transit hattının arızalar arası ortalama süresi, arıza giderme süresi, Gövde Atölyesi Connect hattının arızalar arası ortalama süresi, arıza giderme süresi ve Boyahane'nin arızalar arası ortalama süresi, arızayı ortalama giderme süresi oluşturmaktadır.

Yıllık üretim kapasitesinin 320.000 araç/yıl'a çıkması ile birlikte Gövde Atölyesi Transit hattının çevrim zamanı 85 sn.'ye, Gövde Atölyesi Connect hattının çevrim zamanı 190 sn'ye ve Boyahane'nin çevrim zamanı 57 sn.'ye düşmüştür.

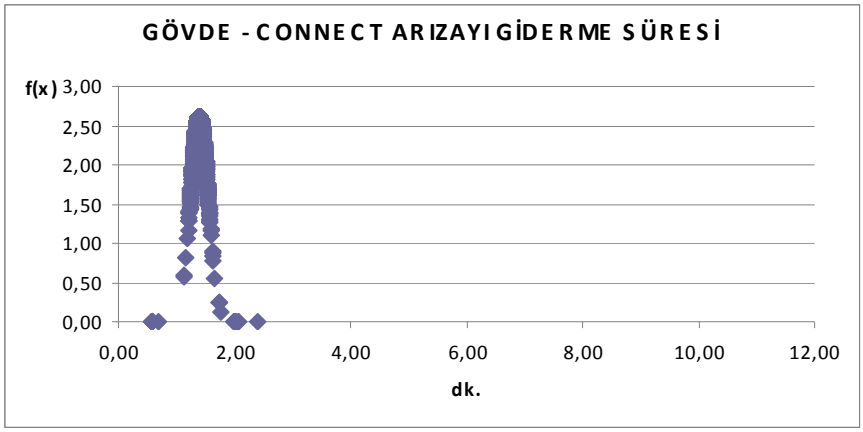
Gövde Atölyesi Transit, Connect hatlarının ve Boyahane'nin; arızalar arası ortalama süreleri ve arızayı ortalama giderme süreleri geçmişe yönelik 3 yıllık veri ile incelenmiş ve verilerin normal dağılıma uygun olduğu görülmüştür (Tablo 5.1, Şekil 5.4, Şekil 5.5, Şekil 5.6, Şekil 5.7, Şekil 5.8, Şekil 5.9).

Tablo 5.1: Gövde Transit, Connect ve Boyahane arıza istatistikleri

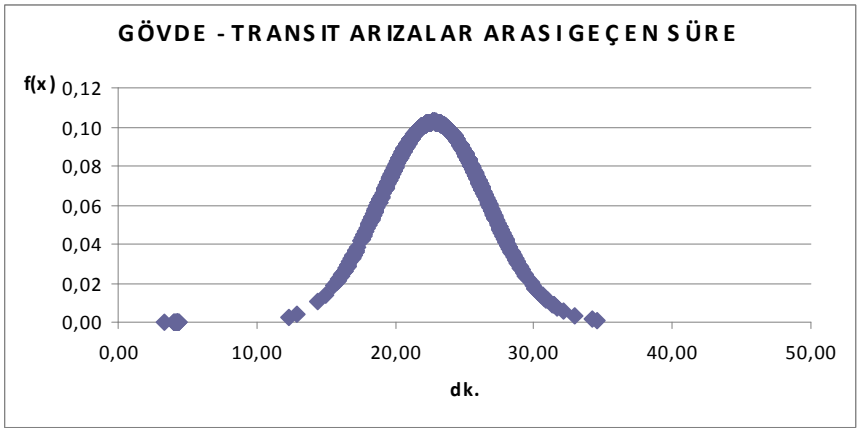
		Ortalama	Standart sapma
Gövde Connect	Arızalar arası geçen süre (dk.)	23,14	3,59
	Arızayı giderme süresi (dk.)	1,40	0,08
Gövde Transit	Arızalar arası geçen süre (dk.)	23,15	3,03
	Arızayı giderme süresi (dk.)	4,93	0,60
Boyahane	Arızalar arası geçen süre (dk.)	27,45	6,81
	Arızayı giderme süresi (dk.)	5,22	1,28



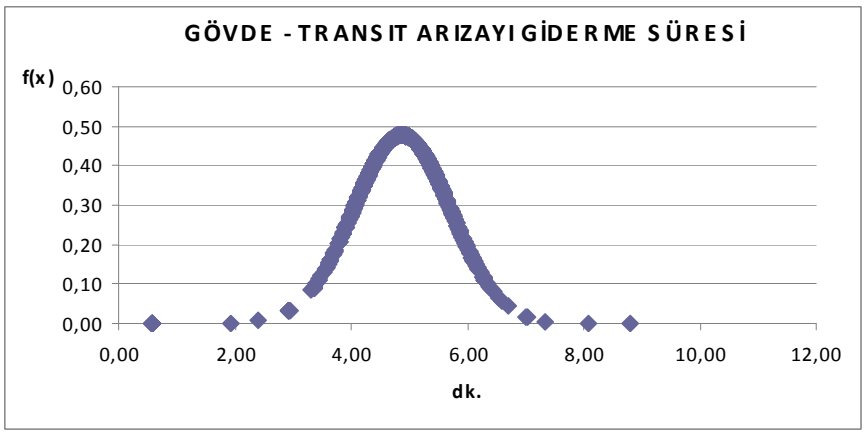
Şekil 5.4: Gövde – Connect arızalar arası geçen süre grafiği



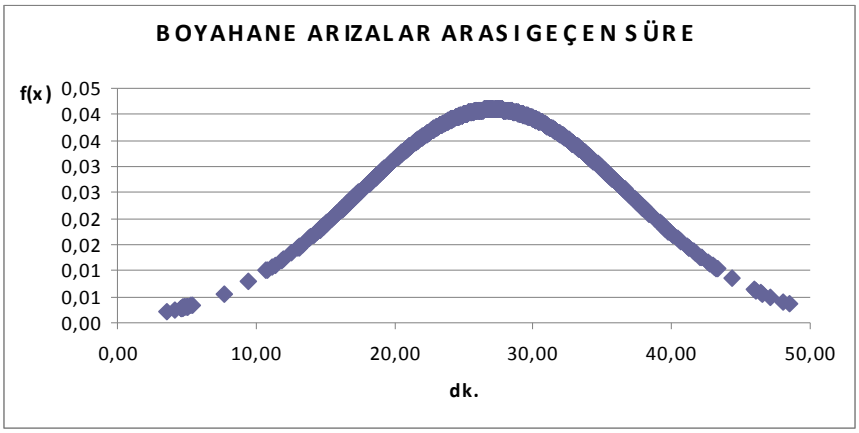
Şekil 5.5: Gövde – Connect arızayı giderme süresi grafiği



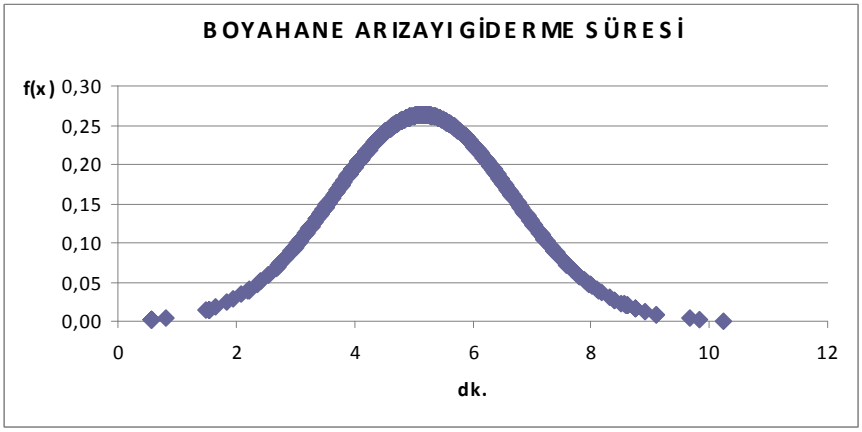
Şekil 5.6: Gövde – Transit arızalar arası geçen süre grafiği



Şekil 5.7: Gövde – Transit arızayı giderme süresi grafiği

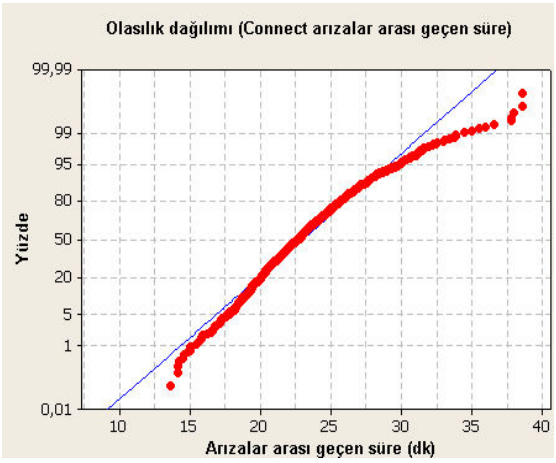


Şekil 5.8: Boyahane arızalar arası geçen süre grafiği

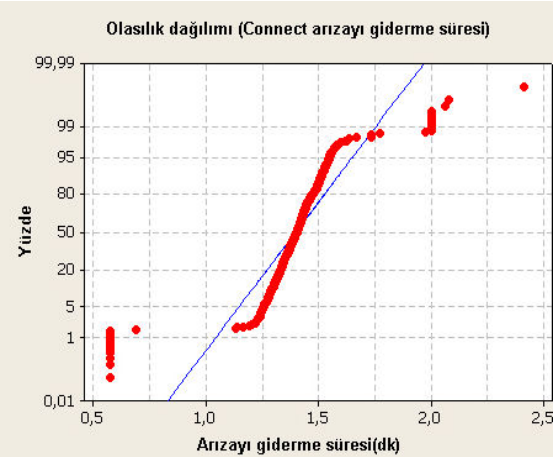


Şekil 5.9: Boyahane arızayı giderme süresi grafiği

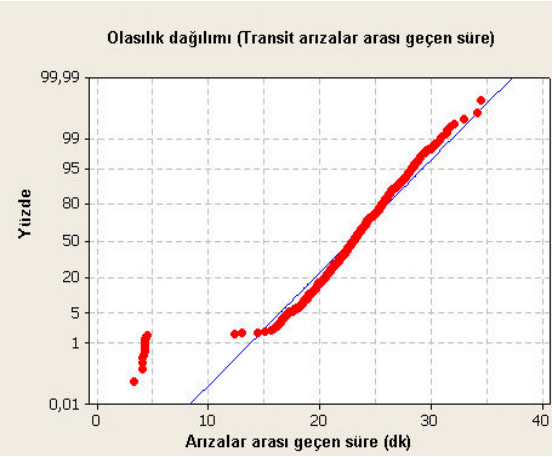
Verilerin normalite testleri Minitab programı vasıtasıyla yapılmış ve aşağıdaki grafikler elde edilmiştir.



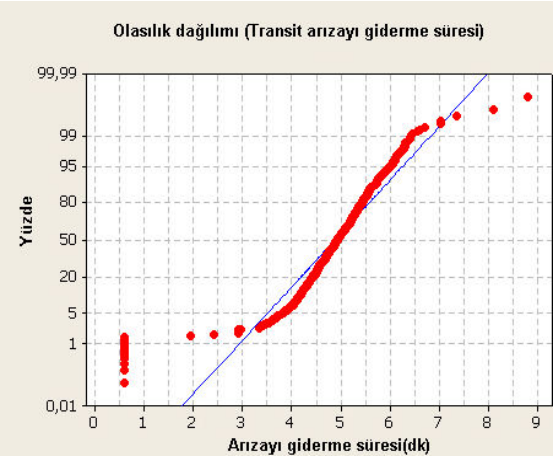
Şekil 5.10: Gövde - Connect arızalar arası geçen süre normalite test grafiği



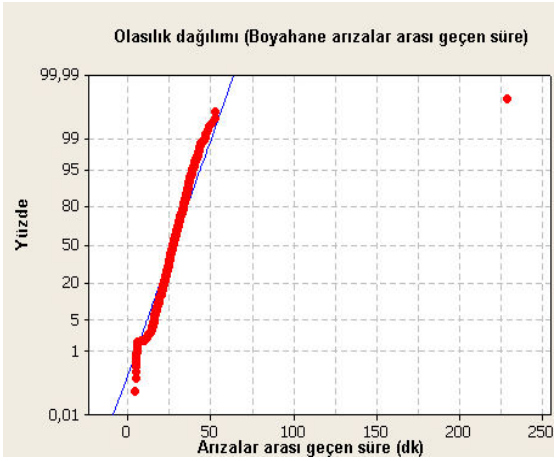
Şekil 5.11: Gövde – Connect arızayı giderme süresi normalite test grafiği



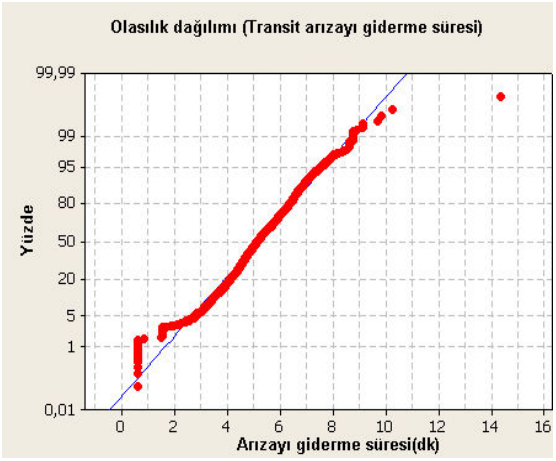
Şekil 5.12: Gövde – Transit arızalar arası geçen süre normalite test grafiği



Şekil 5.13: Gövde – Transit arızayı giderme süresi normalite test grafiği



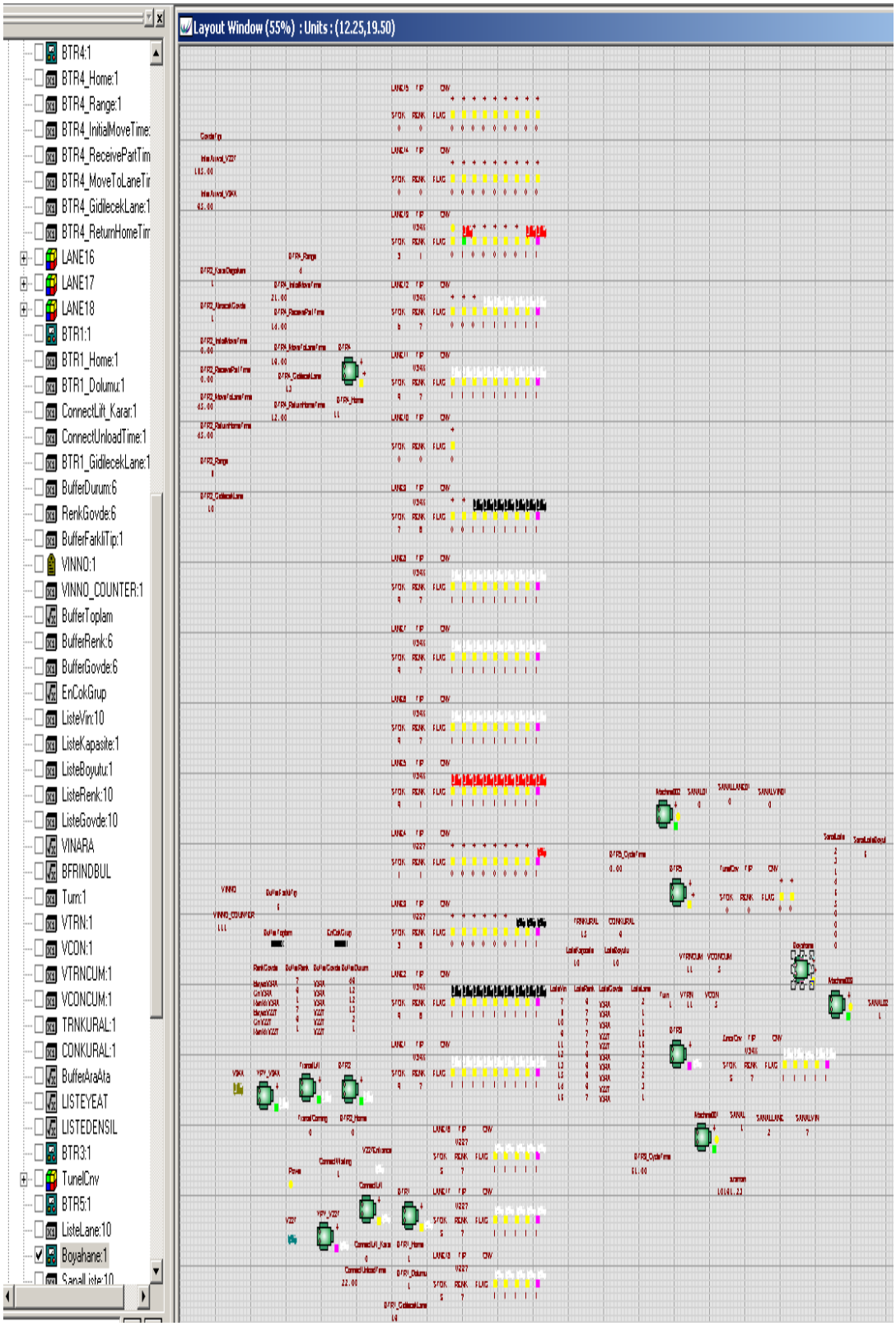
Şekil 5.14: Boyahane arızalar arası geçen süre normalite test grafiği



Şekil 5.15: Boyahane arızayı giderme süresi normalite test grafiği

Gövde Atölyesi Transit, Connect ve Boyahane çevrim zamanları modele girdi olarak tanımlanmış, arızalar ise modelin “Breakdown” kısmına Normal dağılımın fonksiyonu olarak girdi tanımlanmıştır.

Sistemin ısınma periyodu, gerçek hayatta Boyahane ve Gövde atölyelerinin 1 haftalık üretime başlama ve bitiş çalışma saatleri farkı olan 2 saat olarak alınmıştır (Haftanın sonunda Gövde hatlarının son vardiyası, mezanin stok alanını dolu tutmak için Boyahane’den 2 saat sonra üretimini bitirir. Boyahane ise haftaya Gövde hatlarından 2 saat önce başlar) (Şekil 5.16).



Şekil 5.16: Isınma periyodu sonrasında simülasyon modelinin ekran görüntüsü

5.4.5. Simülasyon modeli – Çıktıların analizi

Benzetim modelinin 1 yıl koşturulması sonucunda "İkinci çıkartma sıralı BTR" alternatifinin ihtiyaçları karşıladığı görülmüştür. 1 yıl sonucunda sistemin çıktısı olan Boyahane'ye verilen gövde sayısının günde ortalama 1.154 olduğu, bununla birlikte Transit Gövde hatlarının günde ortalama 752 gövde ve Connect Gövde hatlarının ise günde ortalama 402 gövde ürettiği tespit edilmiştir.

Konveyörlerin kullanım oranları incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde BTR_2'ye yakın olan konveyörlerin kullanım oranlarının fazla olduğu görülmüştür. Bunun sebebi, sistemin verimli çalışmak için BTR_2'ye yakın olan konveyörleri tercih etmesidir. Konveyör kullanım oranlarının genel olarak düşük olmasının sebebi ise sistemde 2 farklı araç tipine ait 6 renk grubunun olması ve ayrı renk gruplarının aynı konveyör üzerinde dizilememesidir.

Tablo 5.2: Konveyör doluluk oranları

Konveyör adları	Konveyörden geçen ortalama gövde sayısı	Konveyörlerin ortalama doluluk oranları
Lane1	245	21%
Lane2	141	12%
Lane3	63	5%
Lane4	34	3%
Lane5	41	4%
Lane6	50	4%
Lane7	52	5%
Lane8	54	5%
Lane9	52	5%
Lane10	0	0%
Lane11	42	4%
Lane12	45	4%
Lane13	48	4%
Lane14	52	5%
Lane15	46	4%
Lane16	104	9%
Lane17	41	4%
Lane18	44	4%
	1154	

Yapılan modelleme sonucunda düşük maliyetli alternatifin sistemin ihtiyaçlarını tamamen karşıladığı görüldü. Bunun sonucunda seçilen alternatifin sisteme entegrasyonu yapıldı.

6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada otomotiv endüstrisinde üretim felsefesi olan Yalın Üretim, metotları ile birlikte incelenmiş, Ford Otomotiv Sanayi A.Ş.'de Yalın Üretim uygulaması olan Ford Üretim Sistemi anlatılmıştır. Çalışmanın son bölümlerinde simülasyon, tanımı, avantajları, kullanım alanları, model yapısı, süreci anlatılmıştır. Otomotiv endüstrisinde simülasyon çalışmalarından bahsedilmiş ve Ford Otomotiv Sanayi A.Ş. Gövde Üretim Atölyesi'nde yapılan ara stok alanı simülasyon modeli anlatılmıştır.

Yapılan simülasyon çalışması sayesinde 2 alternatif arasından, düşük maliyetli alternatif seçilerek, 272.700 € yatırım maliyeti tasarruf edilmiştir. Sistemin kapasitesi yatırım ile 320.000 araç/yıl'a çıkarılmıştır. Çalışma sonucunda, mezanin, yeni stok hatları ile 2 bölgeye ayrıldı. Üst mezanin olarak adlandırılan 1.bölge 18 paralel hatta çıkmıştır. Gövde stok kapasitesi %52 arttırılmıştır. Mezaninde yer alan BTR'lerin hızları artırılarak sistemin çevrim zamanı % 24 iyileştirilmiştir. Sistemde yer alan aynı yol üzerindeki BTR'lerin kullandıkları rayların ortaklaştırılması sonucunda BTRler'in birbirini yedeklemesi sağlanmıştır. Kurulan benzetim modeli çalışmadaki faydalarının yanı sıra, fabrika içerisinde simülasyonun kullanılmasını yaygınlaştırmıştır. Örneğin, Gövde üretim hatlarında hat dengeleme çalışmaları esnasında simülasyon kullanılmakta ve elde edilen çıktılar sayesinde hatlarda verimlilik arttırma çalışması yapılabilecek fırsatlar ortaya çıkarılmaktadır.

KAYNAKLAR

Banks, J., “Handbook of Simulation”, ***John Wiley and Sons Inc.***, Canada, (1998).

Erkut, H., “Yönetimde Simülasyon Yaklaşımı”, ***İrfan Yayımcılık***, 2.basım, İstanbul, (1992).

http://erp.karmabilgi.net/yalin-uretim-yontemleri (**Ziyaret tarihi : 23 Ekim 2009)**.

http://www.biymed.com/forum/forum_posts.asp?TID=21848 **(Ziyaret tarihi: 15 Ekim 2009)**.

http://www.danismend.com/konular/stratejiyon/YALIN%20%20URETIM%20%20UZERINE%20-1.htm **(Ziyaret tarihi: 20 Ekim 2009)**.

http://www.lojitek.com/index.asp?ustmg=5&ustsubg=15&varLang=T **(Ziyaret tarihi: 19 Aralık 2009)**.

http://www.turk–ie.org/index.php?option=com_content&view=article&id=106:simulasyon-ve-modelleme&catid=48:diger&Itemid=57 **(Ziyaret tarihi: 17 Kasım 2009)**.

http://w3.gazi.edu.tr/~baykoc/ENM316.htm **(Ziyaret tarihi: 14 Kasım 2009)**.

Kelton, W.D., Law, A.M., “Simulation Modeling and Analysis”, ***McGraw Hill***, 3rd edition, Ohio, (2000).

Ohno, T., “Toyota Ruhu”, ***Scala Yayıncılık***, İstanbul, (1996).

Özçift, A., “Ford Üretim Sistemi ve Uygulaması”, ***13. Uluslararası Makine Tasarım ve İmalat Kongresi***, ODTÜ Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul 3-5 Eylül (2008).

Shinbun, K., “Poka Yoke Improving Product Quality By Preventing Defects” , ***Productivy Pres Inc.*** , Portland, 24-25, (1988).

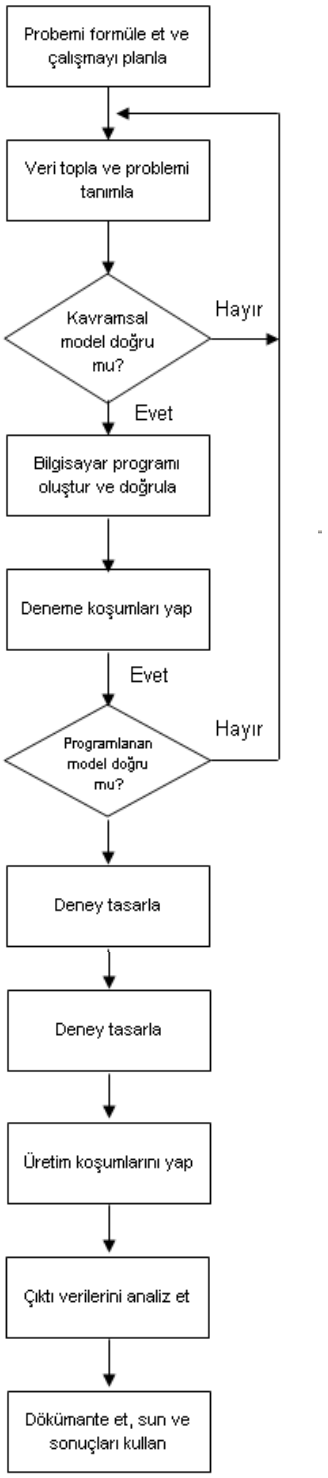
Shingo, S., ”Mistakes-Proofing for Operators The ZQC System” , ***Productivy Press Inc.*** , Portland, 40-42, (1997).

Shingo, S., “Non-Stock Production the Shingo Systemfor Continuous İmprovement”, ***Productivity Press Inc.*** , Cambridge, (1988).

Shoenberger, R. J., ”Japanese Manufacturing Techniques, The Nine Hidden Lessons In Simplicity”, ***Free Press*** , New York, (1982).

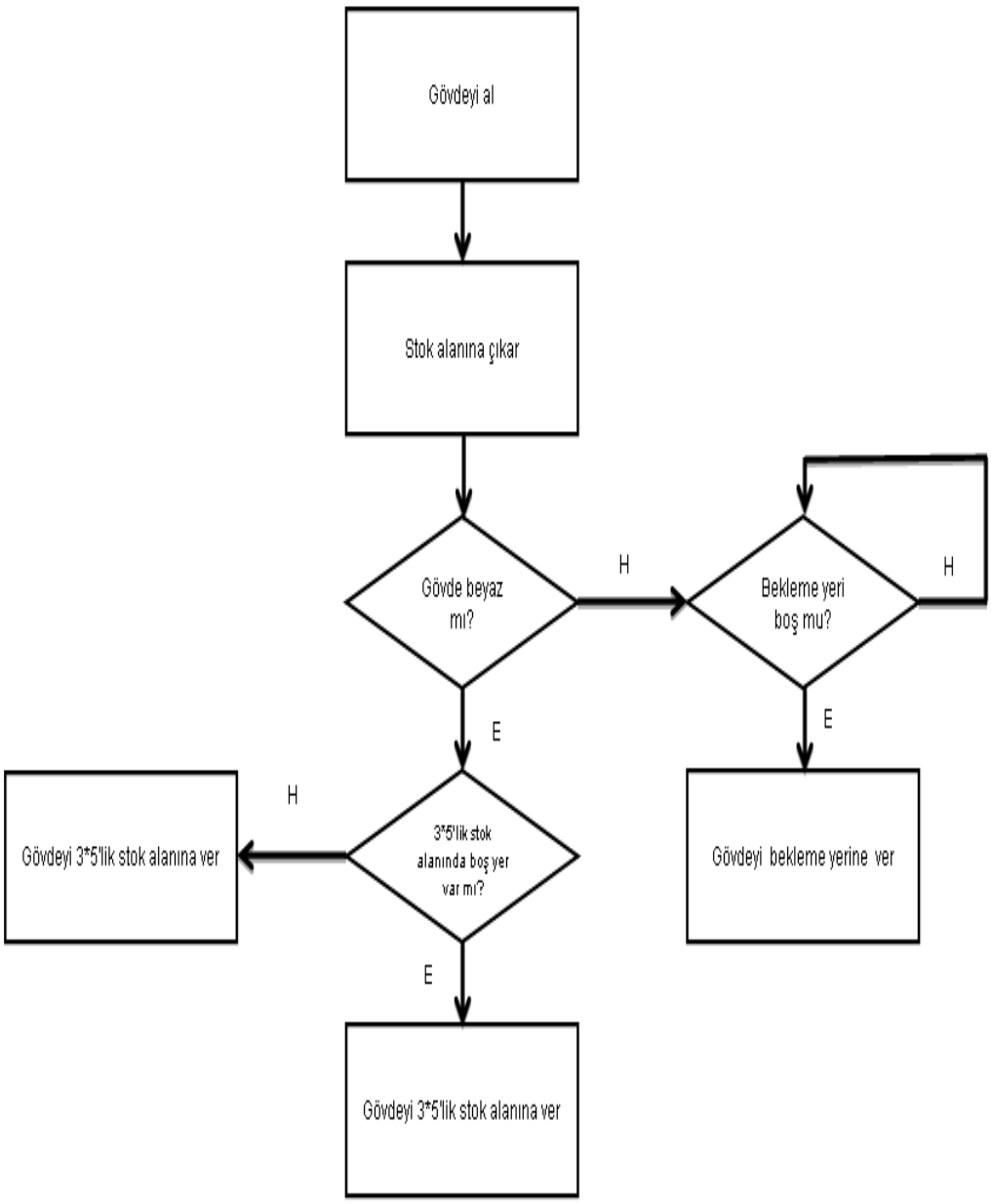
EKLER

EK-A
SİMÜLASYON SÜRECİ



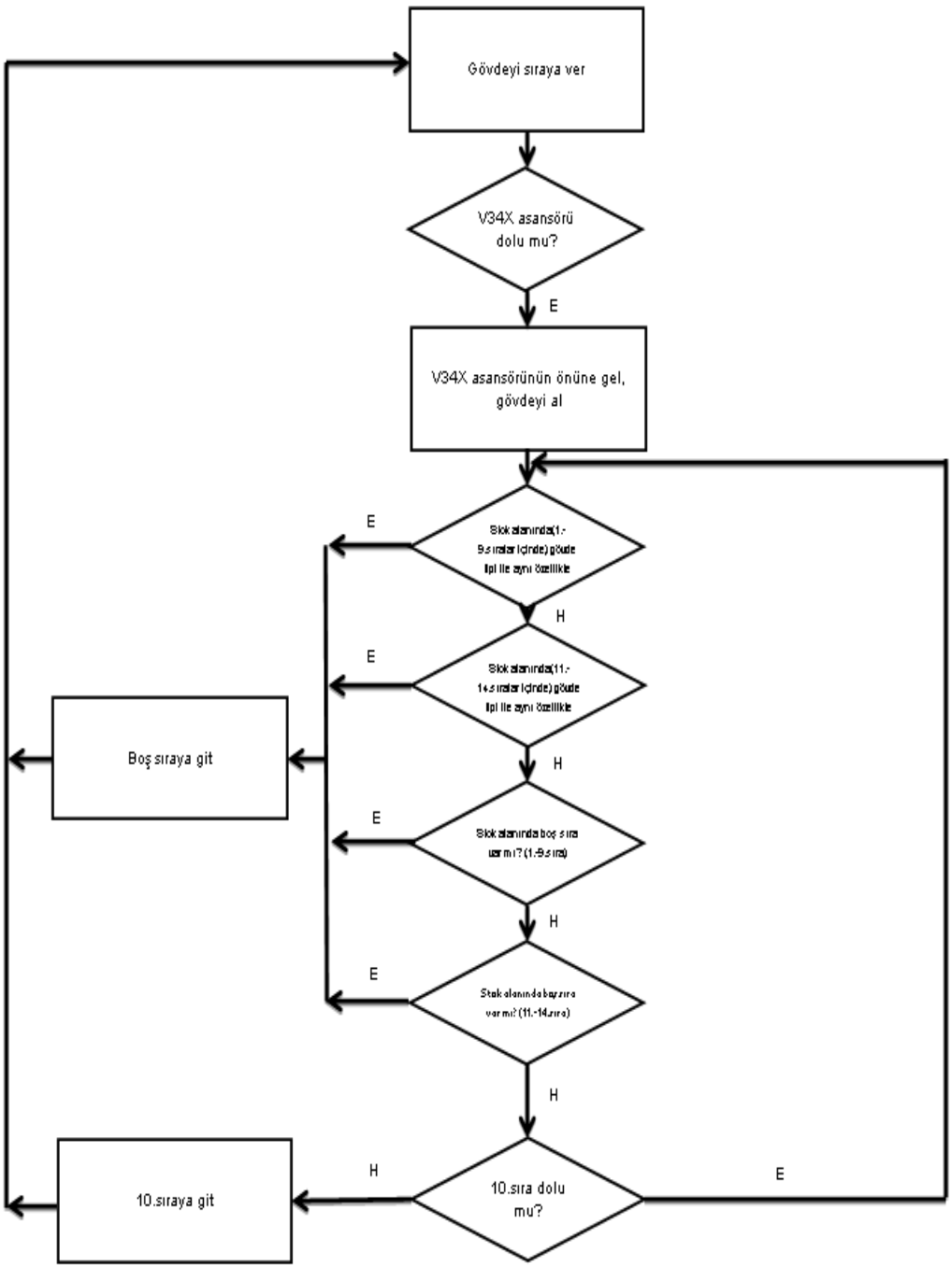
EK-B

CONNECT ASANSÖRÜN GÖVDE VERİŞİ



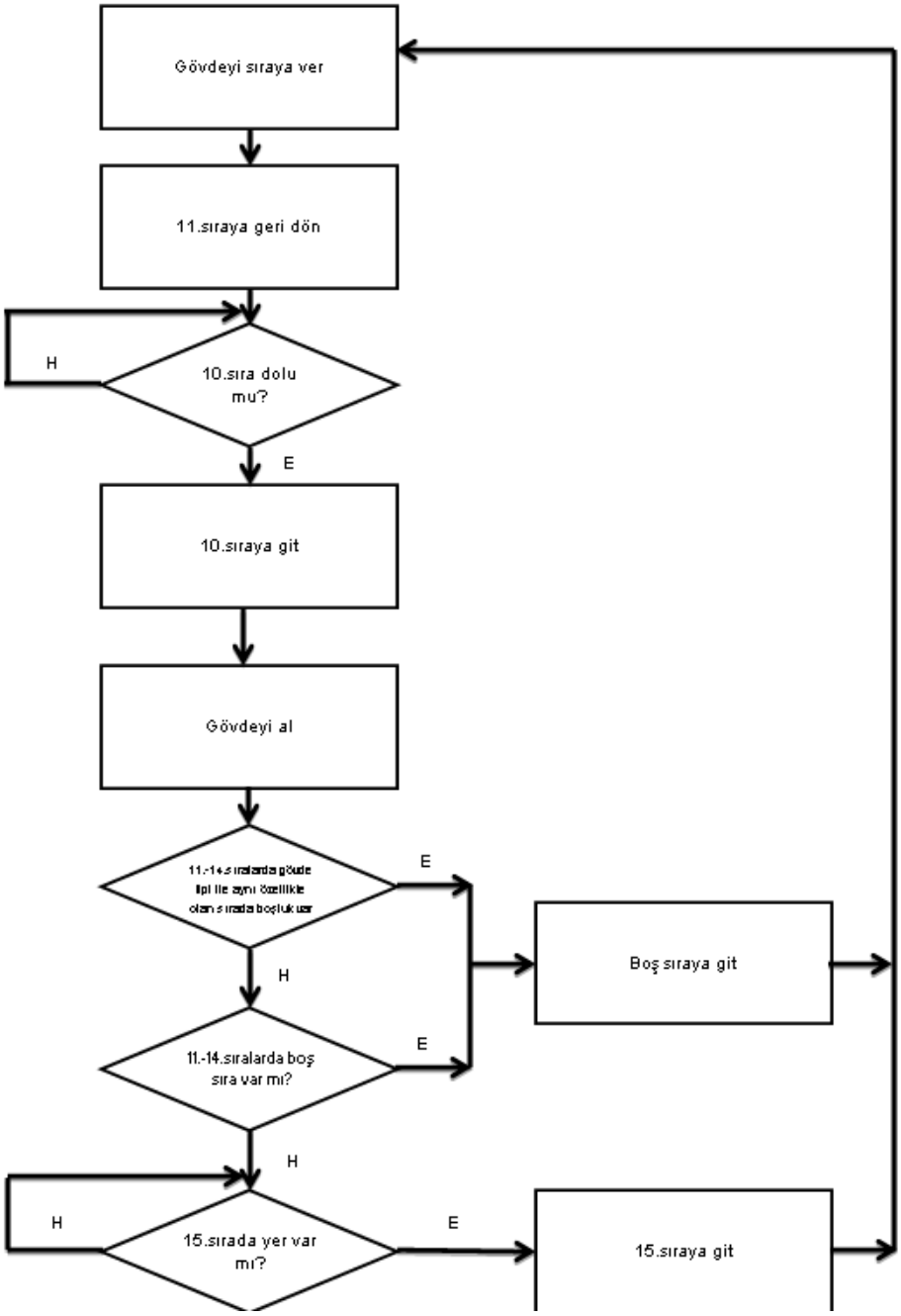
EK-C

BTR_2'NİN KONVEYÖRLERE GÖVDE DAĞITIMI



EK-D

BTR_4'ÜN KONVEYÖRLERE GÖVDE DAĞITIMI



ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Ankara'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Gaziantep'te tamamladı. 2001 yılında girdiği Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden 2005 yılında Endüstri Mühendisi olarak mezun oldu. 2006 yılında Ford Otomotiv Sanayi A.Ş. Gölcük Fabrikası'nda Endüstri Mühendisi olarak göreve başladı. 2007 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen Ford Otomotiv Sanayi A.Ş. Gölcük Fabrikası'nda Endüstri Mühendisi olarak görevini devam ettirmektedir.