

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TAM ZAMANINDA ÜRETİMDE ESNEKLİK VE
HACİM ESNEKLİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Elektrik Müh. Akçay KUZU

**FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Sistem Mühendisliği Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç Dr. Ali Fuat GÜNERİ

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. TAM ZAMANINDA ÜRETİM	1
1.1 Tam Zamanında Üretim Nedir?	1
1.2 Tam Zamanında Üretim Fikrinin Doğuşu	5
1.3 Tam Zamanında Üretim Sistemi Öğeleri	7
1.4 Tam Zamanında Üretim Sisteminin Temel Kavramları	8
1.4.1 Andon ve Yo-i-don Kavramları	8
1.4.2 Otonomasyon (Jidoka veya Oto-aktivasyon) Kavramı	10
1.4.3 Bandı Durdurma Kavramı	11
1.4.4 Görsel Kontrol Kavramı	11
1.4.5 Poke-Yoke Kavramı	11
1.4.6 Kaizen Kavramı	12
1.4.7 Dengelenmiş Üretim ve Düzgün Yük	12
1.4.8 Firma İçeriği Boyutları	13
1.4.9 Ayar zamanının azaltılması	14
1.4.10 GrupTehnolojisi ve Çakışan İşlemler	14
1.4.11 Önleyici Bakım	17
1.4.12 Çok İşlevli İşçiler ve Çok Yönlü Kadro	18
1.4.13 Kalite Halkası	19
1.4.14 Kaynağında kalite	20
1.4.14.1 Her seferinde mükemmel parça	20
1.4.14.2 İşçi sorumluluğu	20
1.4.14.3 Yeni müşteri tanımı	20
1.4.14.4 Yeni bakım çantası	20
1.4.14.5 Dur ve problemi sapta	21
1.4.14.6 Makineler her zaman hazır	21
1.4.14.7 Görünebilir (saydam) yönetim	21
1.4.15 Tedarikçi İlişkileri	22
1.4.15.1 Tedarikçi parti boyutu	22
1.4.15.2 Tek kaynak kullanımı	23
1.4.15.3 Tedarik zamanı	23
1.4.15.4 Tedarikçi kalite sertifikaları	23
1.4.16 Tam Zamanında Üretim Takımı	23

1.4.17	Tam Zamanında Üretimde Eğitim	24
2.	ESNEKLİK	25
2.1	Esnekliğin Tanımı	26
2.2	Esneklik İhtiyacı Doğuran Faktörler	31
2.3	Esnekliğin Sınıflandırılması	34
2.3.1	Esnekliğin Yatay Olarak Sınıflandırılması	34
2.3.2	Esnekliğin Dikey (veya hiyerarşik) Olarak Sınıflandırılması	35
2.3.3	Esnekliğin Zamansal Olarak Sınıflandırılması	37
2.3.4	Esnekliğin Değişim Baz Alınarak Sınıflandırılması	38
2.3.5	Genel Esneklik Sınıflandırmaları	39
2.3.5.1	Makine esnekliği	39
2.3.5.2	Ürün esnekliği	39
2.3.5.3	Süreç esnekliği	39
2.3.5.4	Operasyon esnekliği	40
2.3.5.5	Rotalama esnekliği	40
2.3.5.6	Hacim esnekliği	40
2.3.5.7	Büyüme esnekliği	40
2.3.5.8	Üretim esnekliği	40
2.3.6	Birden Fazla Değişkene Bağlı Olarak Yapılan Esneklik Sınıflandırmaları (Karışık Sınıflandırma)	44
2.4	Belirsizliklerin ve Değişimin Yönetilmesi	45
2.4.1	Marketle İlişkili Faktörler	46
2.4.1.1	Talebin değişimi (rastlantısal veya sezonluk)	46
2.4.1.1.1	Bağımlı ve bağımsız talep	46
2.4.1.1.2	Talep değişimi örnekleri	46
2.4.1.1.3	Hacim esnekliği	47
2.4.1.1.4	Çalışan esnekliği	47
2.4.1.1.5	Büyüme (Genişleme) esnekliği	47
2.4.1.1.6	Kontrol ve belirsizliğin azaltılması	48
2.4.1.2	Kısa ürün ve teknoloji ömürleri	48
2.4.1.2.1	Yeni/geliştirilmiş ürün	48
2.4.1.2.2	Tedarik zinciri faktörü	48
2.4.1.2.3	Donanım faktörü	49
2.4.1.2.4	Yazılım faktörü	49
2.4.1.3	Arttırılmış ürün çeşitliliği	49
2.4.1.3.1	Statik bakış açısı	50
2.4.1.3.2	Dinamik bakış açısı	50
2.4.1.3.3	Yazılım faktörü	50
2.4.1.3.4	Donanım faktörü	50
2.4.1.3.5	Modüler tasarım	51
2.4.1.4	Kısaltılmış dağıtım zamanları	51
2.4.1.4.1	Dağıtım esnekliği	52
2.4.1.4.2	Tedarik Zinciri faktörü	52
2.4.2	Üretim süreçleriyle ilgili faktörler	52
2.4.2.1	Makine aksaklık süreleri	52
2.4.2.1.1	Rotalama esnekliği	53
2.4.2.1.2	Tampon ve kontrol	53

3.	HACİM ESNEKLİĞİ	56
3.1	Hacim Esnekliğinin Tanımlanması	56
3.2	Hacim Esnekliğine Sahip Bir Firma Yaratmak	58
3.3	Bir Firma Neden Hacim Esnekliğine İhtiyaç Duyar?	59
3.4	Esnek Üretim Nasıl Gelişir?	60
3.5	Yapının Kurulması	62
3.6	Yapının Oluşturulması	64
3.7	Yapının Kullanılması	66
3.7.1	Çıktı karakteristiklerinden sistem karakteristiklerine dönüşüm	66
3.7.2	Sistem karakteristiklerinden kaynak karakteristiklerine dönüşüm	68
3.7.3	Sistem karakteristiklerinden çıktı esnekliğine dönüşüm	69
4.	KANBAN	71
4.1	Temel Kanban Çeşitleri	72
4.2	Kanbanların Kullanımı	76
4.3	Kanban Kuralları	79
4.4	Çekme Sistemlerinde Toplam Kanban Sayısının (TKS) Belirlenmesi	83
4.4.1	Sabit kafiye büyüklüğüne sahip değişken çevrim zamanlı çekme sistemi	84
4.4.2	Sabit Kafiye Büyüklüğüne Sahip Çekme Sisteminde Kanban Sayısının Hesaplanması	84
4.4.3	Sabit Çevrim Zamanlı Çekme Sisteminde Kanban Sayısının Hesaplanması	85
4.4.4	Toyota'da kullanılan kanban formülasyonu	86
4.5	Kanban Sisteminin Uygulanması	87
4.6	Geleneksel Kanban Sistemi (GKS)	89
4.7	Esnek Kanban Sistemi (EKS)	90
5.	HACİM ESNEKLİĞİNİ GELİŞTİRMEK İÇİN ESNEK KANBAN KULLANIMI İÇEREN MODEL UYGULAMASI	91
5.1	Bir Tam Zamanında Üretim Sisteminde Hacim Esnekliği ve Üretim Kontrol Karakteristikleri Arasındaki İlişki	91
5.2	Önerilen Modelin Tanımı	95
5.2.1	Metot 1. Sabit kanban tayini için bir lineer programlama modeli	96
5.2.2	Metot 2. Esnek Kanban Tayini İçin Bir Lineer Programlama Modeli	99
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	105
	KAYNAKLAR	108

SİMGE LİSTESİ

a	Üretim (sipariş) çevrim zamanı
a_i	“i” safhasındaki bir envanter seviyesinin oluşturulabilmesi için gerekli kapasite
b	Ön Süre(İşlem, Bekleme, Taşıma, Kanban Toplama) zamanları
B_i	Her periyot için “i” safhasındaki hazır üretim kapasitesi
c	Emniyet Stoğu
C	Konteynır kapasitesidir
CH_i	“i” safhasındaki her üretim periyodu başına envanter seviyesi için sabit tutulan ücret
CK	Her bir istasyondaki artan veya azalan bir Kanbanla beraber masraf ortaklığı
CS_i	Her envanter seviyesi başına düşen eksik (açık) ücret
D	Birim zamandaki talep
D_t	son ürün için (I safhasındaki) “t” periyodundaki talep
I	Üretim safhaları
K	Kanban sayısı
K_i	“i” safhasındaki Kanban sayısı
$K_{i,0}$	Baştaki Kanban sayısı
$K_{i,t}$	“t” periyodu “i” safhasına atanan Kanban sayısı
$K_{i,t}^+$	“i” safhasındaki “t-1”. periyottan “t”. periyoda artan Kanban sayısı
$K_{i,t}^-$	“i” safhasındaki “t-1”. periyottan “t”. periyoda azalan Kanban sayısı
L	Sipariş temin süresi
r_i	“i+1” safhasındaki envanter miktarı tarafından talep edilen “i” seviyesindeki envanter miktarı
$RI_{i,t}$	“t” periyodu “i” safhasında gerekli ürün miktarı
q	Üretim hacmi
T	Üretim periyotlarını oluşturan planlama ufku
$U_{i,0}$	“i” safhasındaki başlangıç envanteri
$U_{i,t}$	“t” periyodu sonunda “i” safhasında taşıyıcıya eklenen Kanban sayısı
$U_{i,t}^+$	“t” periyodu sonunda “i” safhasındaki pozitif envanter
$U_{i,t}^-$	“t” periyodu sonunda “i” safhasındaki negatif envanter
$X_{i,t}$	“t” periyodunda “i” safhası için üretim miktarı
α	$K_{i,0}$ ’ye göre Kanban sayılarındaki değişim oranı

KISALTMA LİSTESİ

TZÜ	Tam Zamanında Üretim
NC	Nümerik Kontrollu
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
CAM	Bilgisayar Destekli Üretim
QCC	Kalite çemberi
MRP	Malzeme İhtiyaç Planlaması
EDI	Elektronik Veri Değişimi / Elektronik Data Interchange
FMS	Esnek Üretim Sistemleri / Flexible Manufacturing System
CAPP	Bilgisayar Destekli Süreç Planlama / Computer Aided Proses Planning
GT	Grup teknolojisi
CNC	Bilgisayarlı Nümerik Kontrol / Computer Numerical Control
MTS	Malzeme Taşıma Sistemi
ITO	Girdi-değişim-çıktı / input-transformation-output
GKS	Geleneksel Kanban Sistemi
EKS	Esnek Kanban Sistemi

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 TZÜ' de beş sıfır.....	4
Şekil 1.2 Andon çalışma prensibi	9
Şekil 1.2.a Gövde kaynak tesisindeki süreçler	9
Şekil 1.2.b Tesiste kullanılan Andon örneği.....	9
Şekil 1.3 Düzgün yük.....	13
Şekil 1.4 Uzmanlaşan bölümler	15
Şekil 1.5 TZÜ tarzı üretim.....	15
Şekil 1.6 Hareket halindeki operatör	16
Şekil 1.7 Üç kişi tarafından işletilen bir U şekilli üretim hücresi.....	17
Şekil 2.1 Belirsizlik ve esneklik arasındaki denge	30
Şekil 2.2 Esnekliği doğuran faktörler	33
Şekil 3.1 Hacim değişmesi durumunda toplam ücretler	60
Şekil 3.2 Girdi-değişim-çıktı (input-transformation-output, ITO) modeli	63
Şekil 3.3 Yapı içindeki bilgi akışı.....	64
Şekil 3.4 İskelet yapı.....	65
Şekil 4.1 Çekme kanbanı	73
Şekil 4.2 Üretim sipariş kanbanı.....	73
Şekil 4.3 Üretimde kullanılan kanban tipleri	74
Şekil 4.4 Satıcı kanbanı	74
Şekil 4.5 Sinyal kanbanları	76
Şekil 4.5.a Üçgen kanban örneği	76
Şekil 4.5.b Malzeme istek kanbanı örneği.....	76
Şekil 4.6 Kanban zinciri ve fiziksel birimlerin hareketleri	77
Şekil 4.7 Montaj hattında bulunun iki iş istasyonu arasındaki zincir	78
Şekil 5.1 Önerilen yapının zincirin bir parçası olarak düşünülmesi	92
Şekil 5.2 Farklı α değerleri için maliyet azalım miktarları.....	103

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Esneklik tanımlarının köken ve uygulamaları	26
Çizelge 2.2 Talep değişimi için esneklik işleyişi ve sağlanan araçlar/teknikler	48
Çizelge 2.3 Kısa ürün ve teknoloji ömürleri için esneklik işleyişi ve sağlanan araçlar/teknikler	49
Çizelge 2.4 Ürün çeşitliliğinin dinamik ve statik bakış açısı için esneklik işleyişi ve sağlanan araçlar/teknikler.	51
Çizelge 2.5 Kısaltılmış Dağıtım süreleri için esneklik işleyişi ve sağlanan araçlar/teknikler	52
Çizelge 2.6 Makine aksaklık sürelerinin karşılanması için esneklik işleyişi ve sağlanan araçlar/teknikler	53
Çizelge 3.1 Çıkış esneklikleri ve sistem karakteristikleri arasındaki ilişkiyi analiz eden matris	67
Çizelge 3.2 Sistem karakteristikleri ve üretim sistemi kaynak karakteristikleri arasındaki ilişkiyi analiz eden matris	68
Çizelge 5.1 Çıktı esneklikleri ve sistem karakteristikleri arasındaki ilişki	92
Çizelge 5.2 Hacim esnekliği ve kaynak karakteristikleri arasındaki ilişki	94
Çizelge 5.3 Metot 1’de kullanılan parametre ve değişkenler.....	96
Çizelge 5.4 Metot 2’de kullanılan diğer parametre ve değişkenler	99
Çizelge 5.5 Uygulama aşamasında kullanılan parametre değerleri	101
Çizelge 5.6 Metod 2 kullanımıyla elde edilen uygulama sonuçları	102
Çizelge 5.7 Ortaya çıkan maliyetlerin karşılaştırılması	103

ÖNSÖZ

Tam Zamanında Üretim sistemlerinde esnekliğin incelendiği bu tezde, Tam Zamanında Üretim sistemlerinde esnekliğin önemine dikkat çekilerek, hacim esnekliğinin geliştirilmesinin firmalar için rekabetçi ortamda önemli avantajlar sağladığı vurgulanmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmamda ve yüksek lisans hayatım boyunca yardımlarını esirgemeyen Sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Ali Fuat GÜNERİ başta olmak üzere tüm bölüm hocalarıma, çalışmanın uygulama kısmındaki yardımlarından dolayı Entegre Sanayi ve Ticaret AŞ.' den Sayın Kağan ÖZDEMİR' e, literatür araştırması kısmında yardımlarını esirgemeyen kardeşim Sayın Güray KUZU' ya ve çalışmalarım boyunca beni sabırla destekleyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran, 2007

Akçay KUZU

ÖZET

Son yıllarda teknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesi ile birlikte müşterilerin ulaşabileceği ürün çeşitliliği giderek artmaktadır. Bu da firmaların artan rekabet karşısında oluşan talep değişkenliği problemleriyle başa çıkabilmek için esnekliğe felsefesi içerisinde büyük bir yer veren Tam Zamanında Üretim sistemlerine yönelmelerine neden olmaktadır. 70' li yıllarda Japonya' da ortaya çıkmaya başlayan Tam Zamanında Üretim felsefesinin değişen pazar koşulları ile birlikte, günümüze gelindiğinde önemi artmaktadır.

Günümüzde tüm imalatçıların en büyük kaygısı, siparişleri daha kısa zamanda, daha hızlı ve parti hacimlerinin değişmediği durumlarda bile, takım değiştirme zamanlarına gerek kalmadan karşılamaktır. Bu da verimli, israfsız ve az maliyetli üretimin, talepteki değişime göre sistemin konfigürasyonunu değiştirme hızının ve müşteri tercihlerine uyum sağlama kabiliyeti olan esnekliğin dengeli bir şekilde sağlanmasıyla mümkün olabilmektedir.

Tüm firmaların amacı müşterilerinin tatminine öncelik vererek onlara istediği ürünü, istediği renk ve desende, istediği boyutlarda, istediği sayıda ve istediği zamanda teslim ederek, alıcılara ürün özelliklerinin belirlenmesi konusunda çok sayıda seçenek sunabilmektir.

Üretimdeki stratejik esneklik konusu, son ürün esnekliği ile üretim kaynaklarının karakteristikleri arasında bir ilişki kurularak derlenmiştir. Bu ilişkilerden yola çıkarak, Tam Zamanında Üretim ortamında ele alındığında, esnek Kanban tanımlama ihtiyacı piyasadaki talep değişimleri yüzünden ortaya çıktığı görülmektedir. Esnek Kanban ihtiyacı ayrıca ilgili bir literatür taraması yapılarak görülmesi mümkündür.

Bir dışsal değişken olarak talep dalgalanmalarını kontrol altında tutmak mümkün olmadığından firmaların amacı piyasadaki irili ufaklı talep dalgalarına en hızlı ve en az maliyetle ayak uydurmak olmaktadır.

Bu çalışmada öncelikle Tam Zamanında Üretim sistemi esnekliğin önemine dikkat çekilerek genel hatlarıyla tanımlanmıştır. Üretimdeki esnekliğin tanımı ve sınıflandırmaları yapılarak hacim esnekliği üzerinde detaylı bir şekilde durulmuştur. Hacim esnekliğinin geliştirilmesi Tam Zamanında Üretim sisteminin içinde bir temel teşkil eden Kanban sistemlerinin tanımı ve kuralları vurgulanarak, önerilen bir metot üzerinde incelenmeye çalışılmıştır.

Esnek Kanban ihtiyacı göz önüne alınarak, Tam Zamanında Üretim sisteminin her bir safhası için esnek bir şekilde Kanban sayısını tanımlayan bir metot kullanılmıştır. Bu metodun etkinliğinin araştırılması için geleneksel sabit Kanban metodunun sonuçlarıyla ile karşılaştırılmıştır ve talep değişimi ne kadar büyükse maliyet açısından avantajın o kadar büyük olduğu gözlemlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tam Zamanında Üretim, Kanban, Esneklik, Hacim esnekliği

ABSTRACT

In recent years as the technology has been developing rapidly, the variety of the products served to the customers has been increasing. Firms have thereof tended to JIT (Just in Time) production systems including the philosophy of the flexibility in order to overcome the demand fluctuation problems while rivalry increases. Today, JIT philosophy arisen in 70's in Japan becomes very important with varying market conditions.

The biggest desire of all manufacturers in today's world is to satisfy the order in a shorter time, more rapidly and without pausing for retooling even in the fixed volume. This is possible as the efficient and less costly manufacturing without waste, the manufacturing system's speed in reconfiguring itself to meet changing demands and the system's ability to adjust to customer's preferences are provided.

The goal of all companies is to introduce various alternatives for the product properties to customers by putting customer satisfaction high, or even first, on the list of priorities, giving the buyer the freedom to pick the product with the color, pattern, size, amount and supply time.

The issue of strategic flexibility in manufacturing is reviewed to establish the links between output flexibilities and resource level characteristics. Through these links, and considering a JIT environment, the need for flexible Kanban determination is then recognized with respect to demand fluctuations in the marketplace. This is also confirmed through a review of the related literature.

Since demand fluctuation, which is an external factor, cannot be controlled, the aim of the company is to fit less costly and most rapidly according to demand fluctuations.

In this study, firstly JIT production system was defined by focusing on its importance. Volume flexibility was studied in details by defining the production flexibility and its classifications. A method was proposed and it was investigated by underlining the improvement of volume flexibility, and the definition and rules of Kanban systems, which is the basis of the JIT production system.

Based on the need for the flexible Kanban, this method is proposed, using an integer linear programming technique, to flexibly determine the number of Kanban for each stage of a JIT production system, minimizing total inventory cost for a given planning horizon. The effectiveness of the proposed method is then examined and compared with the results for the conventional method of fixed Kanban determination. The comparison proved a cost advantage for the proposed method over the conventional method in fluctuating demand situations while the cost advantage increases with increase in demand fluctuations.

Keywords: Just-in-time, Kanban, Flexibility, Volume Flexibility

1. TAM ZAMANINDA ÜRETİM

Günümüz dünyasında yaşamakta olduğumuz siyasal, sosyal ve ekonomik krizler ile yoğun rekabet ortamı, işletmeleri varlıklarını sürdürebilmek için daha düşük maliyetlerle daha kaliteli mamulleri üretmek durumunda bırakmaktadır. Bunu gerçekleştirmek için de fazla sermaye yatırımı gerektirmeyen, verimliliği ve üretkenliği arttırıcı yeni üretim teknolojileri geliştirmenin yollarını aramaktadırlar. Bu arayışlardaki amaç gereksiz olanları ortadan kaldırarak üretim zamanını dolayısıyla maliyetleri azaltmak ve verimliliği arttırmaktır.

Bu arayışlar sonucu ortaya çıkan sistemlerden bir tanesi Tam Zamanında Üretim Sistemidir (TZÜ).

Japon şirketleri, 1973 petrol krizi sonrasında girdikleri darboğazdan kurtulmak ve düşen karlılık düzeyini yükseltmek amacıyla, yeni yöntem arayışlarına girmişlerdir. Bu çabalar sonucunda Toyota firmasının geliştirdiği Tam Zamanında Üretim (Just - in- time) doğdu. Bu sistem, çeşitli tüketici istekleri ve sürekli artan uluslararası rekabet koşullarında olgunlaştırıldı. Günümüzde bu sistem, tüm sanayi şirketlerinin uygulamayı hedeflediği bir model haline geldi.

1.1 Tam Zamanında Üretim Nedir?

Tam zamanında terimi, genellikle sloganlaşmış tanımıyla sadece gerekli parçaların, gerekli olduğu miktarlarda, gerekli görülen kalite düzeyinde, gerekli olduğu zaman ve yerde üretilmesidir. Ayrıca, bu tanım tam zamanında üretimin geniş anlamda israfın önlenmesi yoluyla maliyetlerin azaltılması olarak ta açıklanmaktadır (Ohno, 1996).

Yinede birçok kişi tarafından Tam Zamanında üretiminin ne olduğu tam olarak anlaşılmamıştır. Tam Zamanında üretimi; stok miktarını düşüren, sorumluluğu tedarikçiye atan veya verimsiz üretimi çabuk bir şekilde düzelten bir sistem olarak görmektedirler. Hâlbuki Tam Zamanında üretim yukarıdaki tanımlara ek olarak birçok bileşimi içeren, satın almadan dağıtıma kadar tüm üretim sürecinde israfı gidermeyi amaçlayan bir felsefedir. Bu felsefe gerektiği gibi uygulanırsa, Tam Zamanında üretim şirketler için üretimde stratejik bir silah haline gelir (Hay, 2000).

Tam Zamanında üretimin gücünü kanıtlamasından sonra Amerikan şirketleri, TZÜ kavramını benimsemişlerdir. TZÜ kavramını benimsedikten bu yana maliyeti düşürerek daha büyük karlar elde etme felsefesini benimsemişlerdir. Bu felsefe, TZÜ' nün potansiyeline kısa vadeli bir bakış açısı sunar ve dolayısıyla tüm kısa vadeli çözümler gibi eninde sonunda

sendelemeye mahkumdur.

İsrafı gidermek uzun vadede düşünüldüğünde şirketler için stratejik bir silahtır. Çünkü bu sistem, müşteri isteklerine kolayca cevap verebilmeyi yani esnekliği sağlar, kaliteyi esas alır ve aynı zamanda toplam maliyeti düşürür. Verimi yüksek, israfı ise az olan üretim sistemleriyle artık şirketler ürün çeşitlerini ve pazar paylarını arttırmak için yalnızca pazarlama ve reklama bağımlı kalmazlar.

TZÜ' nün tek getirisi şirketlerin üretim kalitelerini arttırmaları değildir. Bu sistem aynı zamanda pazara cevap verme zamanının yaklaşık olarak %90 oranında düşürmektedir: şöyle ki, yeni ürünlerin piyasaya sunulması veya müşteri tarafından istenilen ürün değişikliklerinin yerine getirilme süresi, TZÜ sayesinde şu andaki seviyesinin yarısına inmektedir (Hay, 2000). Aynı zamanda işi yapabilmek için gerekli olan stok miktarları da önemli ölçüde azalır.

TZÜ' nün başarılı bir şekilde uygulanması ile eskiden sadece kalite konusunda yarışabilen firmalar artık düşük maliyetli ürünler sayesinde fiyat konusunda da yarışabilir duruma geldiler. Bu, şirketler için farklı alanlarda rekabet imkanı doğurmaktadır.

TZÜ tüm bu fırsatları sunduğu gibi, şirketlerin TZÜ' ü bütünsel bir işletme ve pazarlama planı ile bağlantı içinde uygulamaları gerekmektedir. Genellikle şirketlerin stratejik amaçları farklı olduğu için TZÜ' nün bazı öğelerinin diğerlerinden önce tanımlanması çok önemlidir. Öte yandan bazı şirketler TZÜ' nün sunduğu fırsatlardan daha fazla yararlanabilmek için işletme veya pazarlama planlarını değiştirmeyi hatta yeniden yapılandırmayı tercih ederler.

Bu bağlamda TZÜ:

- Gerekli parçaların,
- Gerekli olduğu miktarlarda,
- Gerekli görülen kalite düzeyinde,
- Gerekli olduğu zaman ve
- Gerekli yerde üretilmesi

olarak tanımlanabilir.

TZÜ kayıpların azaltılması ve verimliliğin artırılması konularında sürekli olarak hedefe yönlendirilmiş bir süreçtir. Değişik uygulamalar temelinde Tam Zamanında Üretim (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.

Tam zamanında üretim felsefesinin temelinde, üretimin tüm aşamalarında israfın önlenerek maliyetlerin azaltılması hedefi yer almaktadır. Bir işletmede, ancak tüm israfın önlenebildiği noktalarda tam zamanında üretim gerçekleşecektir. Başka bir anlatımla tam zamanında üretimin gerçekleşebilmesi israfın ne ölçüde engellenebildiğine bağlıdır. Tam Zamanında Üretim felsefesi ürünün değerini arttırmayan tüm unsurları “israf” olarak tanımlamıştır. Bu bağlamda üretimin her aşamasındaki stoklar (hammadde, ara mamul, mal stokları) ile kalitesizlik (satın alınan ve imal edilen parça ve mamullerde hatalar) en temel israf unsurları olarak belirlenmiştir (Acar, 1997). Bu nedenle;

TZÜ felsefesi idealize edilmiş işletme hedefleri olarak tanımlanmaktadır. Ancak bu hedeflere ulaşmak pratik olarak mümkün olmadığından, burada önemli olan, bu iki hedef doğrultusunda sürekli gelişme çabalarını yoğunlaştırmak ve bu yolla israfı önleyip, maliyetleri azaltabilmektir. Maliyetler azaltıldığında ise işletme karlılığı artacaktır.

TZÜ’ nün temel hedeflerin başında israfın önlenmesi ile maliyetlerin azaltılması yer almaktadır.

TZÜ’ in yaratıcısı olarak kabul edilen Taiichi Ohno ise, üretimde meydana gelen yedi israfı şu şekilde tanımlamıştır (Ohno, 1996):

- Aşırı Üretim,
- Bekleme Zamanı,
- Taşıma,
- İşlem,
- Stoklar,
- Hareket,
- Hatalı Ürünler.

Hay’ a (2000) göre TZÜ felsefesinin önemli bir parçası olan israfı yok etmenin üç temel ögesi vardır:

İlk öge, eğer yoksa imalat işleminde dengeyi, senkronizasyonu ve akışı sağlamak, varsa bunların geliştirilmesidir.

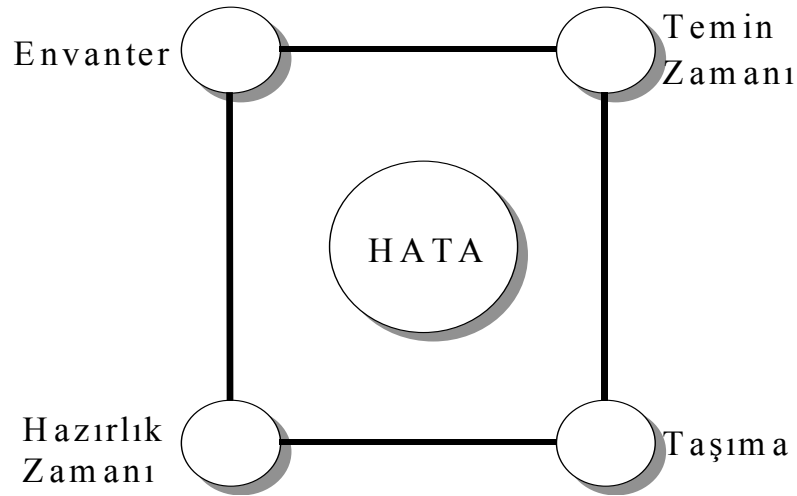
İkinci öge, şirketin kaliteye bakış açısı ile ilgilidir. Şirketler, doğru olan, ilk seferde yapma anlayışına sahip olmalıdır.

TZÜ felsefesinin üçüncü ögesi ise, çalışan katılımını sağlamaktır. Bu öge israfı gidermek için bir ön koşuldur. Üretim alanında çalışanlardan üst düzey yönetime kadar herkes israfı gidermede ve imalat problemlerini çözmede bir rol oynar. Bir şirketin üretim sisteminde meydana gelen yüzlerce sorunun çözülebilmesi “%100 çalışan katılımı” ile mümkün olabilir.

Bu nedenle TZÜ felsefesinin idealize edilmiş işletme hedefleri;

- Sıfır stok,
- Sıfır hata

olarak tanımlanmaktadır. TZÜ felsefesi altında 5 sıfır tanımlanmış ve Şekil 1.1’ de gösterilmiştir (Güneri ve Baraçlı, 1998).



Şekil 1.1 TZÜ’ de beş sıfır (Güneri ve Baraçlı, 1998)

Bu noktada, TZÜ sistemlerinin temel hedefinin diğer (“tam zamanında” olmayan klasik) üretim sistemlerinin temel hedefinden farklı olmadığı görülmektedir. Ancak TZÜ felsefesini diğer klasik sistemlerden ayıran farklı ve yeni olan taraf, bu felsefenin üretim ortamındaki problemleri kapatmak ve olumsuz etkilerini azaltmaya çalışmak yerine, problemlerin temeline inerek çözümlemek için sürekli çaba harcamayı özendiriyor olmasıdır. Bilindiği gibi, üretim ortamında yer alan, pek çok sorunun temelinde “belirsizlik” olgusu yer almaktadır.

Belirsizliğin etkisi, ürünün sistem içindeki ilerleyişini kesmek şeklinde ortaya çıkar. Bugüne kadar yapılan temel hata, yıllardır belirsizlik kaynaklarını ortadan kaldırmak yerine, yüksek düzeyde envanter ve güvenlik stoğu tutarak, belirsizliğin olumsuz etkilerini kapatmaya çalışmak olmuştur. TZÜ sistemi, belirsizlik kaynaklarını ortadan kaldırmak konusunda odaklaşır ve bu yönüyle yeni bir felsefe ve amaçlar bütünüdür.

1.2 Tam Zamanında Üretim Fikrinin Doğuşu

İkinci dünya savaşı bütün dünyada bir ekonomik kriz başlatmıştı. Ancak bunu en yoğun şekilde hisseden ülke kuşkusuz ki Japonya idi. O günlerde Japon firmaları savaştan kalma makine ve tesislere sahipti, ayrıca verimlilikte oldukça düşüktü. O yıllarda Toyota Motor Firması, ayda 800 kamyonu hedefleyen bir programla üretime başladı ve zamanın zor koşullarından dolayı bu hedefe güçlükle ulaşabildi. Halkın satın alma gücünün sınırlı olmasından dolayı üretimi ayda 1000 kamyonu çıkarttıklarında müşteri bulamadılar. Aynı tip üretime devam etmeleri halinde büyük zararlar doğacağından, küçük miktarlarda değişik model üretmeye karar verdiler. O yıllarda Amerika'da Ford firmasının kullandığı düşük maliyetle kütle imalatı metodunu Japonlar kendilerine adapte edemediler ve bu metodu kullanarak otomobil endüstrisinde Avrupalılar ve Amerikalılar ile boy ölçüşemeyeceklerini anladılar. Sonuç açıktı: yapılması gereken üretkenliği 8 kat arttırarak, en az Avrupa ve Amerika arabaları kadar kaliteli arabaların düşük maliyetle üretilebilmesini sağlayacak, kendilerine ait yeni bir sistem geliştirmekti (Ohno, 1996).

Kore savaşı sırasında firmada kamyon üretimi 3000'e çıktı. 1951'deki hedef aylık 5000 kamyondu. Bu hedefe, tesisin modernleştirilmesiyle, çalışan işçi sayısında değişiklik yapmadan ulaşılacaktı. Ancak bu seferde verimlilik sorunları doğmuştu. Daha fazla otomobil satılmadıkça üretim arttırılamayacaktı. O günlerde, birkaç farklı modeli alabilen bir üretim hattı geliştirildi ve ilk gerçek binek otomobilin yapımına başlandı. Avrupa ve Amerika'da gelişen transfer makineleri ve otomasyon sistemleriyle tanışan Toyota, otomasyona geçiş ve modernize olma dönemine girdi. Bu aşamada işçinin üretimi ile makine üretimi birbirinden ayrıldı (Ohno, 1996).

Eskiden boş makineler işlem görürken işçiler onları seyrediyordu. Oysa bu yeni dönemde, işçiler boş zamanlarında yeni tasarımları gerçekleştirmeye sevk edilmiş oldular. Sistemin hedefi işçi ve makine koordinasyonu ile üretimi arttırmak ve geliştirmekti.

İmalat süreçleri tamamen değiştirilerek üretim, miktar ve kalite açısından geliştirildi. Bazı modellerin aylık satışlarındaki dalgalanmalar, üretim planlarında değişiklik yapma

zorunluluğu doğuruyordu. Geleneksel üretim ve envanter kontrolü bütün envanter seviyelerinin oluşmasına yol açıyor, bu da üretimde aksamalara yol açıyordu (Ohno, 1996).

O dönemde Toyota firmasının başkanlığını yürüten Taiichi Ohno, ortaya şöyle bir fikir attı: “eğer parçalar otomobillere bir montaj konveyör hattı şeklinde tam zamanında taşınırlarsa, stoklara sahip olunmayacak ve malzeme iletimi minimize edilmiş olacaktır”. Bu yeni anlayış ile Toyota firması büyük bir atılım yapmış oldu. Gereksiz bütün fonksiyonlar ortadan kaldırıldı. Daha önceki üretim akışı, iletim ve teslimat yöntemleri değiştirildi.

Yeni doğan tam zamanında üretim fikri, sadece gerekli parçaların gerekli miktarlarda ve gerektiği zamanda üretilmesi prensibine dayanmaktaydı. Bu, aynı zamanda satılabilecek miktarda, satabileceği zamana ve maliyetlerine bağlı olarak üretim yapmak anlamına geliyordu. Bu görüşü yürütebilmek için firmada, temin sürelerinin kısaltılması amacıyla çalışmalar yapılmış ve böylece talepteki değişikliklere göre, sistemin uyarlanabilmesi sağlanmaktadır. Sonuç olarak, süreç içi envanter kendiliğinden azalmış, işgücü kullanımı oranı artmış ve dolayısıyla düşük maliyet ve yüksek verimlilik amaçlarına ulaşılmıştır.

Toyota’da yeni sistem uygulanmaya başlanırken, montaj hatlarında her istasyona durdurma düğmeleri yerleştirilmişti. İşçiler, herhangi bir işi gerektiği gibi başaramadıkları zaman düğmeye basarak montaj hattını durdurabileceklerdi. Japonlar, fabrika içinde, herkesin görebileceği yerlere ışıklı bir gösterge tablosu olan Andon denilen, herhangi bir anormallik ya da arıza halinde hattı durdurmakta kullanılan ve üretim süreci üzerinde doğrudan denetim sağlayan görsel bir kontrol aracı yerleştirmişlerdi. Her şey yolunda gittiğinde Andon’da yeşil ışık yanar. İşçi bant üzerinde herhangi bir düzeltme gerçekleştirmek istediğinde ve yardım gerektiğinde sarı ışık yanar. Sorunu çözmek için bandı durdurmak gerektiğinde ise kırmızı ışık yanar. İşçiler gerekli hallerde bandı durdurma konusunda tereddüt etmemeleri yönünde eğitilmişlerdir. Buda tüm işlemlerin doğru ve gerektiği biçimde gerçekleşmesinin sağlamanın en iyi yoludur (Ohno, 1996).

Andon’un gösterdiği durumlara göre, diğer noktalardaki çalışanlar üretimin aksaklığının önem derecesine göre, üretimi aksatmayacak ve ara envanter oluşumuna meydan vermeyecek şekilde ya hızlarını düşürürler yada dururlar. Hat durduğunda ise ustabaşı ve işçiler işi daha iyi nasıl yapabileceklerini düşünürler.

Toyota Üretim Sistemi, 1973’deki petrol krizinin hemen sonrasında Japon endüstricilerinin dikkatini çekmiştir. Bütün Japon firmaları maliyet enflasyonuna karşı koyamazken Toyota büyük karlar elde etmiş; bu sistemi kısmen ya da tamamen uygulayan firmalarda bu krizden

zaferle çıkmışlardır. Toyota firması, robotlar, NC tezgahları, CAD/CAM, işleme merkezlerinin hızlandırılmış çalışmaları ve üretim sistemi uygulamaları ile yakın yıllarda otomobil endüstrisinde dünyada büyük bir pay sahibi olmuştur. Taiichi Ohno (1996)'nın deyimi ile petrol krizi ile gözü açılan bir firma üst düzeylerde yer alarak tüm dikkatleri üzerinde toplamıştır. Bu başarı ABD ve diğer ülkeleri de harekete geçirmiştir.

Sistemin ayrılmaz bir parçasını oluşturan Kanban sistemi, iyi bir üretim kontrolünün yapılıp, envanter kontrolü ihtiyacının ortadan kaldırılması amacıyla geliştirilmiştir. Kanban, üretim kontrol görevini gören bir karttır. Bir imalat sistemi insan vücuduna benzetilirse, üretim kontrol kısmı beyin ve Kanban sistemi de sinir sistemi görevini üstlenecektir. Kanban sistemi ile ilgili detaylı bilgi ilerleyen bölümlerde verilecektir.

1.3 Tam Zamanında Üretim Sistemi Öğeleri

Tam zamanında üretim ortamında, üretimin tüm aşamalarında israfın ortadan kaldırılması hedefine ulaşabilmek için, aşağıda belirtilen ikincil hedeflerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Acar, 1997).

1. Miktar ve çeşit açısından talepteki günlük ve aylık dalgalanmalara sistemin adaptasyonunu sağlamak üzere; kalite kontrol fonksiyonunun geliştirilmesi,
2. Her sürecin, sonraki süreçlere sadece iyi (hatasız) parçaları göndermesini sağlamak üzere; kalite güvencesi sisteminin kurulması,
3. Sistemin, insan kaynağı kullanarak, maliyet azaltma hedefine ulaşabilmesini sağlamak üzere; insana saygının egemen olduğu bir örgüt kültürünün oluşturulması.

TZÜ sisteminde temel hedefe ulaşabilmek için öncelikle bu ikincil hedeflerin birbiriyle olan ilişkileri de göz önüne alınarak, gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

TZÜ sistemi, istenilen çıktıların elde edilmesinde dört kavramdan yararlanmaktadır (Monden, 1986):

Tam zamanında kavramı, sadece gerekli parçaların gerekli miktarlarda, gerekli olduğu zaman üretilmesi durumunu açıklar.

Otonomasyon (Japonca Jidoka) kavramı, otonom hata kontrolü olarak tanımlanabilir. Otonomasyon, hatalı parçaların üretim akışına karışıp sonraki süreçlerde üretimi kesintiye uğratmasını engelleyerek “tam zamanında” kavramını destekler.

Esnek işgücü (Japonca Shojinka) kavramı, talep dalgalanmaları karşısında işgücü sayısının değiştirilmesidir.

Yaratıcı düşünce (Soikufu) kavramı ise çalışanların önerileri ile sürekli gelişmenin sağlanmasıdır.

TZÜ ortamında bu dört kavramın gerçekleştirilmesi ise aşağıdaki belirtilen sistemlerin devreye girmesi ile sağlanabilir (Monden, 1986):

1. Tam zamanında üretimi gerçekleştirebilmek için Kanban sistemi,
2. Talep dalgalanmalarına uyum sağlayabilmek için üretim dengeleme yöntemleri,
3. İmalat ön sürelerinin azaltmak için tezgah hazırlık zamanlarını azaltma yöntemleri,
4. Hat dengesinin sağlanabilmesi için operasyonların standardizasyonu,
5. Esnek işgücü kavramını gerçekleştirmek için yerleşim planlaması ve çok fonksiyonlu işçiler.
6. Sürekli gelişmeyi sağlamak üzere sorun çözme grupları ve öneri sistemleri,
7. Otonomasyon kavramını gerçekleştirmek üzere görsel kontrol sistemleri,
8. İşletme genelinde kalite kontrol yaklaşımını uygulayabilmek için işlevsel yönetim modeli.

Bu durumda, TZÜ felsefesinin uygulanabilmesi için, işletme içinde bir dizi üretim yönetimi tekniğinin, bunların çoğu yıllardır kullanılagelen tekniklerdir, sistematik bir yapı çerçevesinde devreye girerek işlevlik kazanması gerektiğini söylenebilir.

Ancak tüm bu karmaşık gibi görünen yapı çerçevesinde, sistemin temelinde, “etkinliklerin ufak çalışma grupları tarafından iyileştirilmesi” ilkesinin yer alması, TZÜ felsefesinin özünü açıklar.

1.4 Tam Zamanında Üretim Sisteminin Temel Kavramları

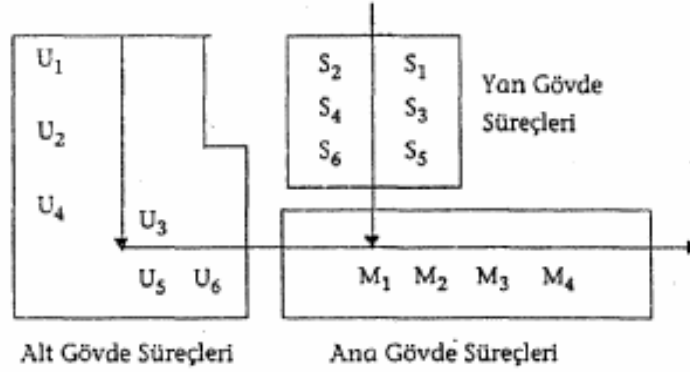
Bu bölümde TZÜ sisteminin daha kolay algılanması amacıyla sistemi oluşturan temel kavramlar özetlenmiştir.

1.4.1 Andon ve Yo-i-don Kavramları

Işıklı gösterge tablosu olan Andon, herhangi bir anormallikte veya arıza durumunda bandı durdurmak için kullanılır ve üretim süreci üzerinde doğrudan denetim sağlayan görsel bir kontrol cihazıdır. Her şey yolunda gittiğinde Andon’da yeşil ışık yanar. İşçi bant üzerinde herhangi bir düzeltme gerçekleştirmek istediğinde ve yardım gerektiğinde sarı ışık yanar. Sorunu çözmek için bandı durdurmak gerektiğinde ise kırmızı ışık yanar. İşçiler gerekli

hallerde bandı durdurma konusunda tereddüt etmemeleri yönünde eğitilmişlerdir. Bu da tüm işlemlerin doğru ve gerektiği biçimde gerçekleşmesini sağlamanın en iyi yoludur (Ohno, 1996).

Andon'un çalışma prensibini basit bir örnekle açıklamak gerekirse: Şekil 1.2 a 'da bir gövde kaynak fabrikasındaki süreçler ve Şekil 1.2 b' de bu fabrikadaki Andon gösterilmiştir.



a. Gövde kaynak tesisindeki süreçler

1/3		2/3		3/3	
U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₆
S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆
M ₁	M ₂		M ₃	M ₄	

b. Tesiste kullanılan Andon örneği.

Şekil 1.2 Andon çalışma prensibi (Acar, 1997).

Altı alt gövde süreci (U₁, U₂, ..., U₆), altı yan gövde süreci (S₁, S₂, ..., S₆) ve dört ana gövde süreci (M₁, M₂, ..., M₄) olarak tanımlanan süreçlerden oluşan kaynak tesisinde bir birim çıktı üretebilmek için gereken zaman başka bir anlatımla tesis ters çevrim zamanı 3 dakika 35 saniye olarak kabul edilsin. Çevrim zamanının üç eşite parçaya 1/3, 2/3 ve 3/3 şeklinde bölünmesiyle, her süreçte bir birim çıktı üretebilmesi için gereken standart zaman belirlenmiş olacaktır.

Alt gövde sürecinde çalışan işçiler U₁'den U₆'ya kadar tüm operasyonlar 3 dakika 35 saniyede tamamlamak zorundadırlar. Aynı şekilde yan gövde ve ana gövde süreçlerinde çalışan işçiler de çevrim zamanı içinde tüm operasyonları tamamlamak zorundadırlar.

Bu sistem çerçevesinde, her süreçteki işçi, işini tamamladığında bir düğmeye basacak ve 3 dakika 35 saniye sonra Andon üzerindeki kırmızı ışık sadece işin tamamlanmadığı süreçler için otomatik olarak yanmaya devam edecektir. Andon üzerindeki kırmızı ışık, süreçte bir gecikme olduğunu gösterdiğinden kırmızı ışığın yanması durumunda tüm üretim hattı duracaktır.

Örneğin Andon üzerinde U4, S5 ve M2 süreçlerinde kırmızı ışık yanması durumunda, ustabaşı ve diğer işçiler bu süreçlere giderek işin tamamlanması için yardım edeceklerdir. Çoğu kez Andon'daki kırmızı ışıklar 10 saniye içinde söndürülmüş olacaktır.

Andon üzerindeki tüm kırmızı ışıklar söndüğünde bir sonraki çevrim zamanı başlar ve tüm süreçlerde operasyonlara başlanır. Tüm süreçler arasında üretimin dengelenmesini sağlayan bu sistem Yo-i-don (hazırlan-başla-yap) olarak tanımlanmaktadır. Yo-i-don sistemi bu hedefine ulaşmak için Andon kullanımından yararlanmaktadır (Acar, 1997). Bu aşamadaki önemli faktör tüm süreçlere hakim ve birden fazla yeteneği bulunan işçi kullanımıdır.

1.4.2 Otonomasyon (Jidoka veya Oto-aktivasyon) Kavramı

TZÜ sistemi otomasyondan çok, otonomasyon kullanımını tercih eder. Bunun anlamı makineye insan zekası ve duyarlılığını nakletmektir. Otonomasyon kavramının esin kaynağı Sakichi Toyoda'nın icat ettiği otonom dokuma tezgahıdır. Sakichi geliştirdiği bu icatla, dokuma tezgahını ipliğin kopması ya da dolaşması halinde hemen devreye girerek çalışmasını durduran bir cihazla donatmıştır. Otonom-makine herhangi bir sorun halinde kendi kendine durarak hatanın tekrarlanmasını, bunun sonucunda da sorunun büyümesini önlediği gibi, işlerin normal akışında yürüyüp yürümediğini göstermesi açısından son derece önemli bir destektir.

Bu kavram Toyota'da yalnızca makinelerin değil üretim bantlarına ve işçilere uygulanmıştır. Bunun anlamı işçinin herhangi bir anormallik gördüğünde tereddüt etmeden bandı durdurmasıdır. Otonomasyon hatalı üretimi önler ve üretim bandında ortaya çıkan tüm anormalliklerin belirlenmesini sağlar (Ohno, 1996).

Bu düşünce ile üretim hattının kontrolünün maksimum düzeyde olması sağlanmaya çalışılmaktadır. Burada işçilere büyük sorumluluklar düşmektedir.

1.4.3 Bandı Durdurma Kavramı

Hiç durmaksızın çalışan bir üretim bandı ya mükemmel bir banttır ya da bir yığın sorunu vardır. Bu durumda çalışanların bandı hiç durdurmamaları işlevsizliklerin ortaya çıkmasını ve belirlenmesini engeller; dolayısıyla da çözümünü geciktirir. Bu, son derece vahim bir durumdur (Acar, 1997).

Gerçekte hatalı üretimi önlemek, sürecin iyileşmesini sağlamak amacıyla rekabet duygusu en çok gelişmiş olan personelden faydalanılmaktadır. En nihayetinde hiç bir zaman durma gereksinmesi duymayan, mükemmel bir bant haline gelebilmesi için bandın gerekli durumlarda durdurulabilecek şekilde düzenlenmesi gerekir.

1.4.4 Görsel Kontrol Kavramı

Otonomasyon (Jidoka) her tür anormalliğin belirlenmesine yardımcı olmakta, normal ile anormal olanın birbirinden ayrılmasına olanak sağlamaktadır. Bu da işlemlerin sorumlular tarafından görsel olarak kontrol edilmesini ve üretim planlarına uygunluğunun denetlenmesiyle mümkündür. Bu ilke, gerek ürünün kalitesine (tüm hatalar anında ortaya çıkmalıdır) gerekse miktarına (reel süreç ile üretim planları arasındaki ilişki işin yapılışı sırasında belirginleşir) uygulanır. Görsel kontrol ilkesi yalnızca makinelere ve bantlara değil; iş süreçlerine, Kanban'ın dolaşımına, envantere ve üretim sürecindeki bütün diğer işlevlere uygulanabilir (Monden, 1998).

1.4.5 Poke-Yoke Kavramı

Bu kavram, bir operasyonun daha basit ve güvenilir düzeye getirilmesi için makinelerin kullanılması veya yenilik yapılması anlamını taşır. Gerçekleştirilen operasyonlardan istenilen üretimi elde edebilmek hedeflerden birisidir. TZÜ sisteminde bir aksilik yeri geldiğinde bütün sistemi durdurabileceği için üretim hattındaki her noktada gerçekleştirilen operasyonlar kusursuz bir şekilde yapılmalıdır. Aksi halde bu para ve zaman kaybına ve kalitedeki düşüşe yol açabilir.

“Sıfır hata”yı hedef alan bir üretime katkıda bulunmak ve destek vermek amacıyla donanımlara çeşitli cihazlar yerleştirebilir. Toyota’da bu cihazların adı “Poke-yoke”dir. Aşağıda bir kaç Poke-yoke örneği verilmiştir (Ohno, 1996):

1. Çalışmada herhangi bir hata söz konusu olduğunda hammadde iş aracına uyum sağlamaz.
2. Hammaddede anormallik olması halinde makine çalışmaz.
3. Çalışmada herhangi bir yanlışlık varsa makine normal devrine başlamaz.
4. Çalışmada yanlışlık söz konusu olduğunda düzeltme otomatik olarak gerçekleşir ve iş devam eder.
5. “Vadi”deki süreçler, “tepe”deki süreçlerde ortaya çıkan düzensizlikleri denetler ve hatalı ürünleri ıskartaya çıkarır.
6. Bir geçiş, doğru gerçekleşmediği takdirde sonraki süreç başlamaz.

1.4.6 Kaizen Kavramı

Makine, materyaller, işçi hizmetleri gibi konularda sürekli geliştirmelerin yapılması veya takım elemanlarının görüş ve tavsiyelerinin uygulanmasına yönelik üretim metotlarının kullanılmasıdır (Monden, 1998). Burada üzerinde durulması gereken en önemli husus, yapılacak olan gelişmelerdir. Japonlar, gelişmenin temelini, azar azar birikimler sağlayacak küçük geliştirmelere dayandırmışlardır. Yapılacak geliştirmelerde büyük kararlılık, verimlilikte önemli bir artış ya da sorunların büyük bir bölümüne çözüm getirmiş olması aranmaz. Önemli olan bu az miktardaki fayda getiren küçük geliştirmelerin, gün gelince bütün halinde işletmeye büyük faydalar sağlayacak olmasıdır.

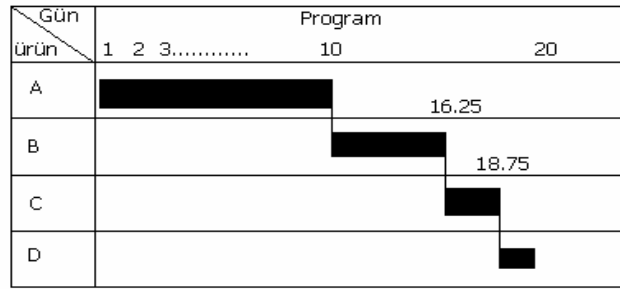
1.4.7 Dengelenmiş Üretim ve Düzgün Yük

Üretimin değişken talebe göre ayarlanmasına “üretimin düzgünleştirilmesi” denir. Bu yöntem, her bir istasyonda üretilen parçaların çekilmelerindeki dalgalanmayı minimize ederek, saatte üretilen parça sayısının sabit olmasını sağlar. Bütün üretim sürecinin dengelenmeye ve birlikte bağlanmaya ihtiyacı vardır, eğer bir iş merkezi diğerinden daha hızlı üretirse, kuyruklar oluşur ve tüm üretim engellenir. Üretim süreci dengede değilse, üç yaklaşım düşünülebilir: ya yavaş iş merkezleri hızlandırılmalıdır, ya da hızlı iş merkezleri yavaşlatılmalıdır veya bu iki yaklaşımın bir kombinasyonu uygulanabilir. Üretim dengeleme çalışmaları sonucunda arzu edilen durum, bir üretim hattının tek bir ürünü yüksek hacimlerde üretmesi değil, tersine, taleplerdeki değişikliklere uygun olarak, aynı gün içinde çeşitli ürün tiplerini ufak miktarlarda üretebilecek seviyeye ulaşmasıdır. Üretim hızını makinelerin hızının değil müşteri taleplerinin belirlemesi istenir.

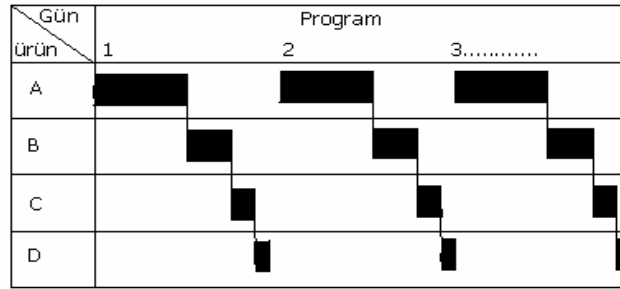
Düzgün yük ise, ürünün doğru sıklıkta üretmekle ilgilidir. Düzgün yük prensibine göre ürünler müşterinin istediği sıklıkta üretilmelidir. Çok uç bir örnek verecek olursak; ürün her gün satılıyorsa her gün üretilmelidir. Amaç daha küçük partiler halinde üretmektir, çünkü

böylece ek ayar maliyeti ve makine kapasitesinde kayıp olmadan daha sık ayar yapılabilir. Her ay, aylık üretimden günlük üretime geçişin pratik yolu; her bir farklı ayara ayrılan zamanı azaltmak ve kazanılan zamanı daha sık ayar yapmak için kullanmaktır.

Örnek olarak, 20 gün zarfına üretilecek 4 ürünümüz bulunsun (A, B, C, D). Ürün gereksinimleri şu şekilde sıralansın: A ürünü:16.000, B ürünü:10.000, C ürünü:4.000 ve D ürünü de 2.000 olmak üzere toplam 32.000. Geleneksel üretim ve TZÜ de istenilen düzgün yük üretim programları aşağıdaki Şekil 1.3'te verilmiştir (Hay, 2000).



a



b

Şekil 1.3 Düzgün yük: Geleneksel (a) TZÜ (b) (Hay, 2000).

1.4.8 Firma İçi Parti Boyutları

Daha küçük partiler halinde üretim yapabilmeyi olanaklı kılan TZÜ sistemleri oldukça etkili kazanımların ortaya çıkmasını sağlamıştır (Monden, 1998):

- Daha az işletim envanteri,
- Daha az alan gereksinimi,
- Programda esnekliğin arttırılması,
- Öğrenme eğrisinde iyileşme,
- Stok azalması,
- Kısalan temin süresi,
- Kalitede iyileşme.

1.4.9 Ayar zamanının azaltılması

Bir ünitedeki ideal parti boyutlarının yakalanmasında makine ayar zamanının azaltılması gerekmektedir. TZÜ pratik uygulamalarında, makine daha küçük parti boyutları için sıklıkla ayarlanır. Bu gelişme için ayar prosedürü mutlaka basite indirgenmeli ve standart hale sokulmalıdır (Zhu ve Meredith, 1995)

Verilen bir üretim süresi içinde hazırlık sürelerinin en aza indirilmesi, toplam üretim süresini azaltacağı gibi, hem üreticiye, hem de müşteriye faydaları geliştirecektir. Temin sürelerini azaltan kısa hazırlık süreleri, üretim programının daha kolay değiştirilmesine izin verir. Daha kısa hazırlık süreleriyle, firmanın üretim çıktıları müşteri taleplerini daha iyi karşılar.

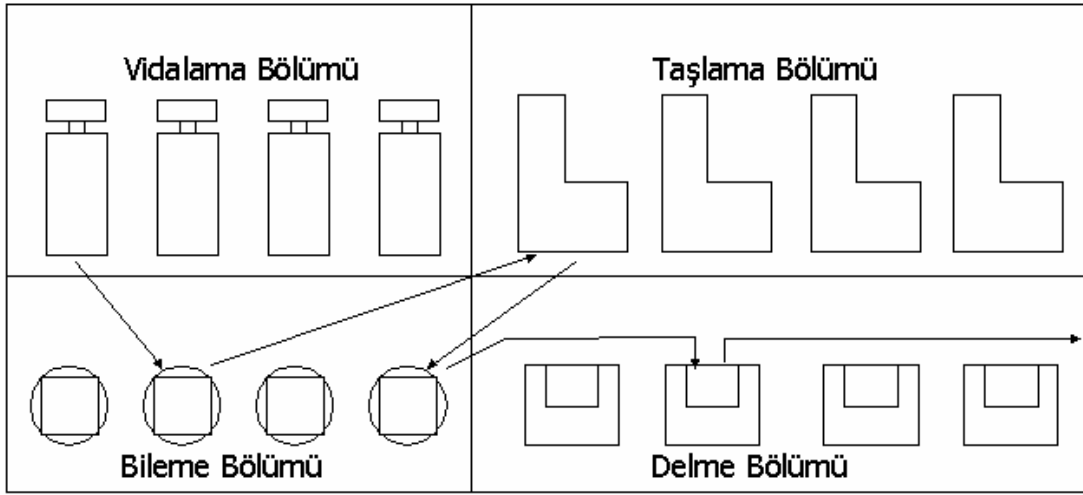
1.4.10 Grup Teknolojisi ve Çakışan İşlemler

Grup teknolojisi, farklı görevdeki makineleri tek bir hücrede toplayan ve bu makinelerin bölümler arasındaki mümkün olan en az envanter akışını sağlayabilecek şekilde işletilmesine olanak veren bir tekniktir (Chase ve Aquilana, 1992). Grup teknolojinin geleneksel yerleşim yönteminden farkı hücre içerisinde çakışan işlemler işçinin birkaç makineyi kontrol edebilmesine imkan sağlamasıdır (Brown ve Mitchell, 1991). Bu teknikte amaçlanan, işçinin boş zamanını ortadan kaldırmaktır ve ürün kalitesindeki sorumluluğunu attırmaktır.

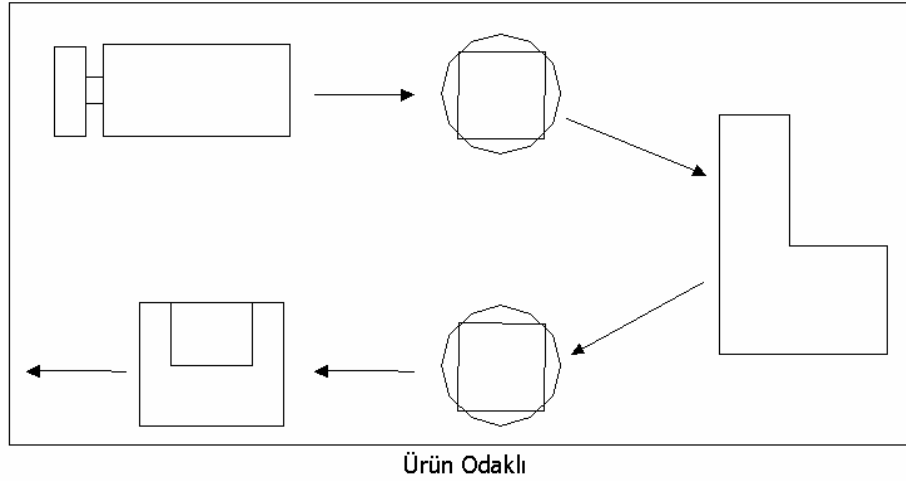
Bir üretim işlemini organize etmenin alışlagelmiş yolu her departmanın bir çeşit donanım veya teknolojiye uzmanlaşmasıdır. Tüm vida makineleri bir departmanda, bileyiciler bir departmanda, taşıyıcılar başka bir departmanda, delme ve vuruş başka bir departmanda (Şekil 1.4). Bu bir metal çalışma örneği olsa da aynı durumlar elektronik, kimya, tekstil, gıda ve aslında tüm endüstriler için geçerlidir (Hay, 2000).

Fabrikalar yayılıp değişik fonksiyonlar değişik departmanlara ayrıldığında, şirket kaçınılmaz olarak büyük partiler halinde üretim yapacaktır. Genellikle bir parti ikinci işleme taşınmadan önce bütün parti 1. işlemini tamamlamış olur. Bu ise TZÜ üretim tekniğinin önerdiğinin tam tersidir.

Kısacası TZÜ, işletmenin fonksiyonlara ayrılmaktansa fiziksel olarak ürünlere yayılmasını gerektirir. Makineler ürün gruplarına adanır ve ürün grubuna uygulanacak işlemlerin sırasına göre yerleştirilir (Şekil 1.5) (Hay, 2000).



Şekil 1. 4 Uzmanlaşan bölümler (Hay, 2000)



Şekil 1.5 TZÜ tarzı üretim (Hay, 2000).

TZÜ’ de istenilen üretimde bir kerede akışın yakalanabilmesidir. Çakışan işlemleri yaratan da bir kerede akıştır. Bu birinci işlemden ilk parça gelir gelmez 2. işlemin başladığı bir akış sağlar. Aslında parti tek parçadan oluşur (Hay, 2000). Çakışan işlemler, işçilerin birçok makineyi kullanmaya teşvik edildiği zaman gereklidir. Çakışan işlemler ürünleri üreten kişiye ürünlerin kalitesiyle ilgili birçok sorumluluklar yükleyen bir iş genişletme fikridir. Kalite, işçinin etkinliğinin arttırılarak sağlanabilir.

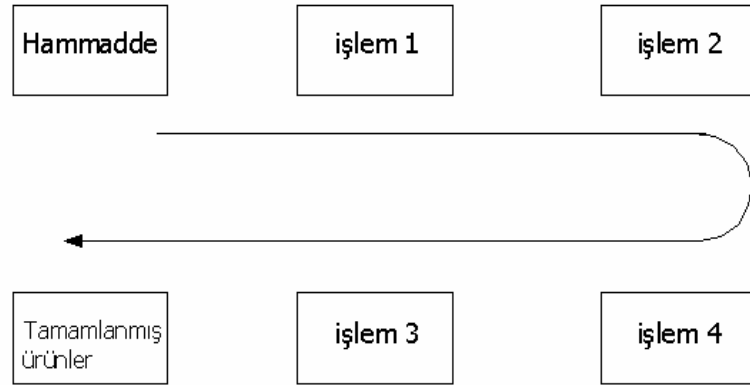
TZÜ iş hücrelerinde müşterinin varsayılan üretimi belirlediğini düşünürsek, işlemin veya müşterinin istediği hızda üretim yapmaya ayarlanabilir olması gerekir. Hücre kurulduktan sonra sorulması gereken soru “Bu iş hücresi ne kadar hızı çalışabilir ?” değil “Bu üretim

periyodu için bu iş hücresinden ne bekliyoruz ?” ve “ İhtiyaç duyulan miktarları üretmek için, bu iş hücresinde kaç operatöre gerek duyuluyor ?” şeklinde olmalıdır.

İlk önce ne gerektiğini, sonrada bu ayın üretim ihtiyacını karşılamak için kaç operatöre ihtiyaç duyulduğunu belirledikten sonra bir TZÜ kavramı olan “bir operatör çok makine” kavramı oluşturulmalıdır.

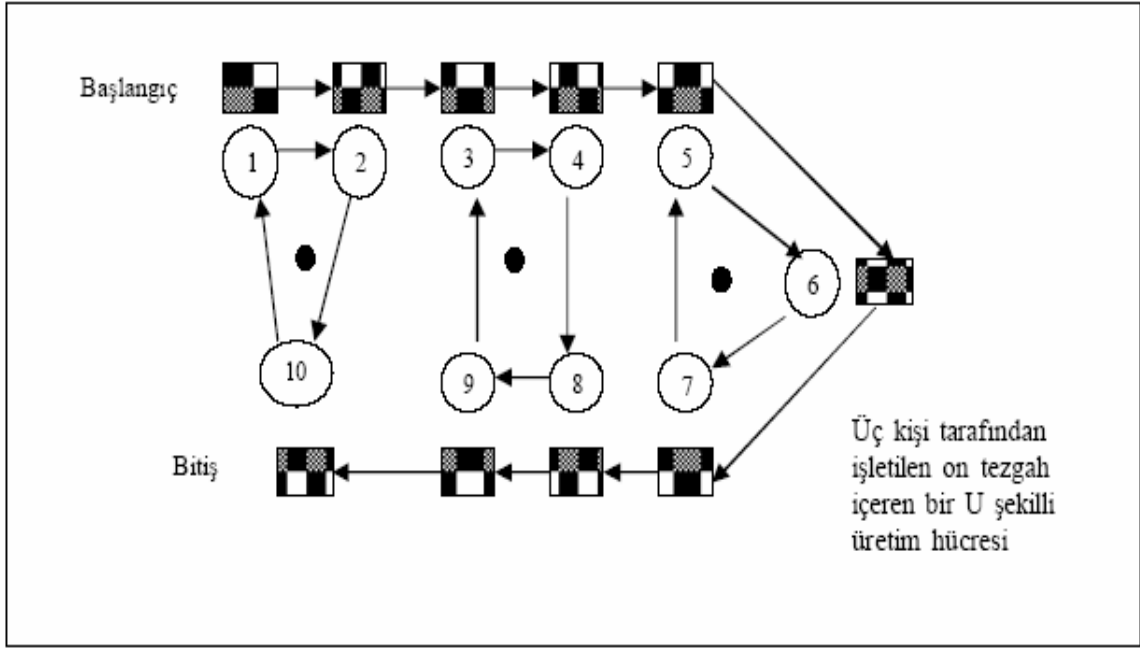
Bu da ilk aşamada alışılmış üretimden pek farklı gibi gözükmemesine rağmen burada bahsedilen “bir operatör, çok makine” kavramı, bir operatörün benzer birkaç makinede çalışmasından ziyade farklı özellikteki birkaç makinede çalışması anlamına gelir.

Yani TZÜ’ deki iş hücresinde, bir operatör aynı parça üzerinde işlem yapan ve o parçayı sıra ile bir kerede bir işlemden diğerine taşıyan iki, üç veya dört farklı makine çalıştırır. Bu durumda eğer bir operatör ürünü bir kerede bir işlemden diğerine taşıyorsa mutlaka hareket halindedir (Şekil 1.6) (Hay, 2000). Operatörün hareket halinde olmasının sağladığı birkaç yarar vardır. Biri, sağlık ve zihinsel açıdan tetikte olma konularında gelişme sağlamasıdır.



Şekil 1.6 Hareket halindeki operatör (Hay, 2000).

Genellikle uygulama, operatörlerin oturması şeklindedir. Ancak çalışmalar, ayakta durmanın zihinsel zindelik ve sağlık açısından daha iyi olduğunu göstermektedir. Hele operatör bir iki adım atıyorsa bu çok daha iyidir. Zihinsel olarak tetikte olmak ayrıca emniyet ve ürün kalitesi üzerinde de olumlu etki yapar. Yine operatör çok daha fazla alana ulaşabilir.



Şekil 1.7 Üç kişi tarafından işletilen bir U şekilli üretim hücresi (Hay, 2000).

Bunun içinse yapılması gereken esnek yerleşim düzeni uygulamasıdır ve bu konuda en çok bilinen uygulama U tipi yerleşim planlarıdır (Şekil 1.7).

U tipi yerleşimin başarısı; yerleşimin U şeklinde olması değil, operatörlerin yan yana, arka arkaya yani fiziksel olarak bir arada olmalarındadır. Birbirlerini kızdıracak ya da engelleyecek kadar yakınlıkta değil. Ancak aralarında hiçbir engel bulunmadan bir aradadırlar. Bu hücrede yapılacak her iş ancak sınırlı bir merkez alanda yapılabilir. Bu şekilde işi yapacak operatör sayısı esnek kalır.

1.4.11 Önleyici Bakım

Önleyici bakım gereksinimi TZÜ' nün çok küçük bir işlem envanterine izin vermesiyle önem kazanır. Makine arızaları yıkıcı olabilir. Bakıma zaman ayrılmaması çok yoğun bir üretim akışı sağlar. Bakım ve daha küçük tamiratlara işçinin işinin bir parçası gibi bakılır. Japonya'da birçok TZÜ kullanıcısı işçilerin bakım ve küçük tamiratlar konusunda sorumluluk sahibi olmasını istemektedir (Monden, 1998).

TZÜ felsefesinin doğasında mevcut olan toplam kalite kontrol kavramının, küçük bir alt kümesidir. Kafale büyüklüklerinin küçük olması gerektiğinden ve ara stoklar kesinlikle istenmediğinden, gerek kaza ve gerekse diğer sebeplerden ötürü üretim araçlarında oluşabilecek arızalar kabul edilemez. Bir TZÜ ortamındaki çalışanlar, kullandıkları tezgah ve

takımları çok iyi tanınmalı ve bakım gerektirecek problemleri daha başlangıç aşamasında tespit etmelidirler.

Önleyici bakımın temel amacı, üretim kalitesinin korunmasını ve devamını sağlamaktır. Buna ek olarak iyi bakılmış bir tezgah daha uzun süre iş görür ve daha az problem meydana getirir. Koruyucu bakım programının konuları şunlar olacaktır.

- Duruşları azaltmak,
- Kaliteyi iyileştirme ve sapmaları azaltma,
- Tezgah ömrünü uzatmak,
- Temel tezgah duruşlarını önlemek.

1.4.12 Çok İşlevli İşçiler ve Çok Yönlü Kadro

İşçi, işinde ustalaşmadığı sürece, yapılanların hiçbir önemi yoktur. Rotasyonlu çalışan işçilere yaptıkları veya yapacakları işin nasıl gerçekleşmesi gerektiği hakkındaki detaylar sürekli olarak iletilmelidir. Bu iletişim hiç şüphesiz yapılan işin mükemmelliğini ve bununla birlikte ürün kalitesini etkileyecektir.

Dar kalıplara sıkışmış, sınırlı iş tariflerine bağlılık TZÜ felsefesiyle bağdaşmamaktadır. Aynı zamanda çalışanların kendi başlarına hareket etmeleri de TZÜ felsefesine aykırıdır. Herkes ortak bir kavramda birleşmeli ve takım çalışmasının özüne uygun hareket etmelidir. Çalışan elemanların yönetim tarafından güçlü bir şekilde koordinasyonu sonucu TZÜ başarıya ulaşabilir. Sadece bir işte uzmanlık TZÜ için sakıncalıdır. Tam zamanında sistemlerinin en önemli yönlerinden biri insana önem vermesidir. İşçiler bireysel olarak üretime ve üretim kontrolüne katkıda bulunurlar. Yönetim ve taban el ele verip sorunlar için birlikte çare ararlar. İşçilerin, hata oluştuğunda hattı durdurmaya yetkileri vardır ve aynı zamanda sorumludurlar. Birden fazla işi yapabilecek şekilde eğitilirler, makine arızalarını giderebilirler ya da sorunun ne olduğunu anlayabilirler. Tam zamanında sistemlerinin Japonya’da başarıyla kurulmasının arkasında Japon işçilerinin çok iyi ve çok yönlü eğitilmiş olmaları ve disiplinli çalışmaları yatmaktadır. Örneğin işçiler, o günün programı tamamlanmadıkça evlerine gitmemektedir. İşçilerin hep aynı firmada çalışması ve sürekli rotasyon Japonya’da bir kuraldır. İşçilerin ömür boyu iş garantileri vardır. Ücret ölçümü ise kıdem ve işe göre yapılmaktadır. Sonuç olarak, sürekli aynı nitelikte kalan işçiler, toplu karar verme toplu sorumluluk, disiplinli ve çok amaçlı çalışma, TZÜ sisteminin başarılı olmasını etkileyen faktörlerdir.

1.4.13 Kalite Halkası

Kalite halkası, kalite problemlerini tartışmak için muntazaman toplanan bir grup çalışandan oluşur. Muhtemel çözümler tartışılır ve yönetime iletilir (Chase ve Aquilana, 1992)

Kalite konusunda anlamlı gelişmeler elde edebilmenin en önemli nedeni, işçi katılımı ve eēitimidir. Kalite emberleri (QCC), gelişimi saēlamak için gerekli olan insan politikalarını ve uygulamalarını yansıtan bir metottur. Japonların bir icadıdır. Kalite ve verimliliēi geliştirmek amacıyla düzenli bir şekilde bir araya gelen küçük gönüllü işçi ekiplerinden oluşur. Amerika’da ilk QCC denemesi 1974’te olmuştur.

QCC nasıl çalışır?

Gnllllk,

Vardiya içi toplantı,

Bölgesel problemlerle ilgilenmek,

Veri toplama,

Problem analizi,

zm alternatiflerini geliştirme ve yönetime sunma.

Gerekli koşullar:

1- İnisiyatif,

2- Birbirinden etkileşim,

3- Açık tartışma ve ortak amaçlar.

1.4.14 Kaynağında kalite

Kaynağında kalite kavramı aşağıdaki yedi madde ile daha iyi açıklanabilir.

Bunlar:

- 1- Her seferinde mükemmel parça
- 2- İşçi sorumluluğu
- 3- Yeni müşteri tanımı
- 4- Yeni bakım çantası
- 5- Dur ve problemi sapt
- 6- Makineler her zaman hazır
- 7- Görünebilir (saydam) yönetim

1.4.14.1 Her seferinde mükemmel parça

Her seferinde mükemmel parça üretmek için Poke Yoke adı verilen adı verilen otomatik hata yakalayıcılarla, hatalı parçaların bir sonraki iş istasyonuna gitmesi engellenir.

1.4.14.2 İşçi sorumluluğu

Kaliteden sorumlu olan kişiler, kalite kontrol departmanı işçileri ve formenlerdir. İşçi sorumluluğu artırma yolunda küçük parti miktarlarının önemli bir etkisi vardır. Büyük partilerde işçiler bir miktar hatalı parçayı sorun olarak görmeyebilirler oysa küçük partilerde işçi sorumluluğu ve yardımlaşma artar.

1.4.14.3 Yeni müşteri tanımı

Her iş istasyonu aynı zamanda kontrol noktasıdır. Böylece bir operasyon, bir önceki operasyonun müşterisi durumuna gelir.

1.4.14.4 Yeni bakım çantası

Uygun yerleşim ve montaj hattı işçileri için parçaların belirgin yerleştirilmesi işleri kolaylaştırır ve daha az yorucu hale getirir.

1.4.14.5 Dur ve problemi sapta

Buna göre işgücünün belirsizlik içeren noktalardaki problemlerle baş başa bırakılarak, işçi ve formenlerde düzensizliğin, belirsizliğin kaynaklarını ortadan kaldırırlar. Bu durum, güvenlik stoğu mantığını da ortadan kaldırır. Üretim sırasında bir hata ortaya çıktığı takdirde işçiler tüm hattı durdurma yetkisine sahiptir ve hatalı parçayı yeniden işletme görevi, hatalı parçayı yapan işçiye ya da işçi grubuna verilmelidir.

1.4.14.6 Makineler her zaman hazır

Bunun için önleyici bakım ve günlük makine kontrolü yapılır. Bu sistemde uzmanların yerine çeşitli işleri yerine getirebilecek joker elemanlar tercih edilir. Bir işçinin birden fazla işi yapması, endirekt işçi ihtiyacını azaltacak ve bu azalmanın sonucu boşta kalanlar, destek işlerine kaydırılabileceklerdir. Diğer sistemlerdeki üç vardiya sistemi burada kullanılmaz. TZÜ’ de popüler iki vardiya sistemi 4–8–4–8–4 şeklindedir. Yani sekiz saatlik vardiyalar dörder saatlik bakımlarla sarılmış durumdadır. Böylece makineler üretime her zaman hazırdır.

1.4.14.7 Görünebilir (saydam) yönetim

Birtakım sesli ve ışıklı araçların kullanımı ile problemler işçilerin hemen görebileceği duruma getirilir.

Örneğin: Kawasaki motor fabrikasındaki bir uygulamada; işçi iş esnasında yardıma ihtiyaç duyarsa, sarı ışık yakarak diğerlerini yardıma çağırır. Hattı durduracak kadar ciddi bir problem varsa, kırmızı ışık yakar. Hiç sarı ışık yanmaması durumunda yönetici bu durumdan memnun olmadığı gibi, elinde atıl eleman ve donanım bulunduğunu düşünerek bir kaç sarı ışık yanana kadar hattan işçi çeker (Monden, 1998)

Kalite konusunda sorumluluk üretime verildikten sonra, kalite kontrol bölümünün ne ile meşgul olacağı konusuna gelince; Sayısal olarak ta hayli küçülmüş olan bu bölüm hata nedenleri üzerine yoğunlaştırabilir. Kalite ile ilgili gelişmeleri ve prosedürleri takip edebilir. Satın alma birimi ile yakınlaşarak, tedarikçilerin kalite konusunda bilinçlenmesine yol gösterebilir. Yine kontrol sorumluları, son ürünün kontrolü ile ilgilenirler.

TZÜ sistemi kabul örneklemesine karşıdır. Bunun sebeplerini şöyle açıklayabiliriz. Öncelikle parti kelimesi TZÜ’ deki düşük envanter mantığına ters düşer. TZÜ’ de parça parça kontrol edilir. Kabul tablosu girdi olarak “ kabul edilebilir kalite seviyelerini ” içerir. Bu değerlendirme; 100 parçada hatalı sayısı olarak ifade edilir. Oysa son yıllarda Japonlar bu

hatalı sayısını milyon içinde ele alıyorlar.

Japonlar giriş kontrolüne de karşıdrlar. Bunun yerine tedarikçinin kalite sertifikasını parçayı direkt üretime sokmak için yeterli görüyorlar.

Son olarak kaynağında kalite tekniği olarak işçiler X ve R gibi (Pareto analizi) istatistiksel kalite kontrol diyagramlarını kullanırlar.

1.4.15 Tedarikçi İlişkileri

TZÜ üretimi yüksek kalite, küçük parti boyutlu ve düzenli hammadde teslimini gerekli kılar. Bu gereksinimlerin gerçekleştirilmesi için tedarikçi ilişkilerinin iyi olması çok önemlidir. Örneğin Japonlar, tedarikçilerini üretime başlamadaki bir alt basamak olarak değerlendirirler (Zhu ve Meredith, 1995)

Talep akış üretimi asla tedarikçi ile başlamamalı ve etkin elde ediş programları asla tedarikçiyi firmaların süreçlerinin arkasına sürmemeli. Sizin üretim süreçleriniz hala programlanırken, takımlar toplanırken ve yüksek seviyede yarı mamul üretilirken tedarikçiden günlük dağıtım için ısrarcı olmak pek bir yarar sağlamaz. Parti boyutlarını azaltmak ve dağıtımı artırmak, depo işlemlerinde ve ücretlerinde artışa neden olur. Girdileri elimine etmek ve/veya kalitenin sağlanması haricindeki işlem süreçlerinin ve tedarikçi süreçlerini teftişi, mamul üretim süreçlerinde satın alınmış kusurlu malzemelerin bulunmasıyla sonuçlanacaktır. Kusurlu parça ve tekrar işleme maliyeti ortaya çıkacaktır.

Satıcı veya tedarikçi ilişkilerinin temeli bir dereceye kadar düşmanca, ücret tabanlı tutum sergiler biçimden karşılıklı yarar tabanında bir beraberlik ilişkisine dönüştürülmelidir.

1.4.15.1 Tedarikçi parti boyutu

Tedarikçinin hammadde ve parçaları küçük partiler halinde dağıtmaya yönelik isteği TZÜ uygulamalarının tatbikinde önemli rol oynar (Winston ve Heiko, 1990). TZÜ bir sonraki operasyon için gerekli materyallerin tam zamanında ve tam gerektiği kadar dağıtılmasını öngörür (Zhu ve Meredith, 1995).

1.4.15.2 Tek kaynak kullanımı

Genel olarak tedarikçi seçimi konusunda fiyata, önemli bir faktör olarak bakılır ve tek kaynağa bağlanmaktansa birden çok kaynağa eğilim gösterilir. TZÜ tedarikçi bağlılığına itimat ederken bu stratejide istenen uzun süreli ilişkilerin sürdürülmesi zordur (Winston ve Heiko, 1990). Tek kaynak kullanımıyla yüksek kalitede hammadde dağıtımı konusunda satıcı ve alıcı arasında güveni geliştirmek planlanmıştır.

1.4.15.3 Tedarik zamanı

Tedarik zamanı, tedarikçinin seçiminde üreticiyle uzun zamanlı bir ilişki kurmak için anahtar rol oynar. Bazı durumlarda, alıcılar tedarikçilere dağıtımın daha kısa sürede yapılabilmesi için fabrika alanlarında üretim bandı kurmalarına izin verebilirler (Zhu ve Meredith, 1995).

1.4.15.4 Tedarikçi kalite sertifikaları

TZÜ, kalitenin tedarikçinin kaynağından başladığını belirtir. Geleneksel imalat sistemlerinden farklı olarak, TZÜ ürünlere değer katmadığından gelen malların denetimini değersiz iş olarak görür. Tedarikçi tarafından verilen kalite sertifikaları, hammadde ve parçaların direk olarak tedarikçiden alıcının üretim hattına gönderilmesini sağlar. Taşıma ve dağıtımdaki muhtemel problemlere bağlı olarak, gelişen üretim sürecindeki etkileri azaltmak için yapılan denetim prosedürlerinin atlanmasına olanak verir (Zhu ve Meredith, 1995).

1.4.16 Tam Zamanında Üretim Takımı

Farklı konularda uzmanlaşmış kişilerin TZÜ uygulama süreci sırasında beraber çalışmalarıyla oluşan bir gruptur. Birçok çalışma, TZÜ takımının TZÜ uygulama süreci sırasında birçok TZÜ kullanıcısı tarafından kullanıldığını göstermektedir.

TZÜ takımı problemleri çözmek veya özel prosedürleri uygulamak üzerinde çalışır. Genellikle, bu problemler ve prosedürler, bölüm sınırlarını aşar. Bir proje grubunun izlemesi gereken süreç aşağıdaki gibidir (Hay, 2000).

- Hedefleri tanımlama,
- Grubun neden sorumlu olacağını ve sorumlu olamayacağını belirleme,
- Uygulama için bir hedef tarih belirleme,
- Atılması gereken adımlar için bir eylem planı belirleme,
- Beklenen problemler üzerinde alınması gereken önlemleri analiz etme,

- Atılacak adımları sıralama,
- Her adımda içerilen ya da her adımda etkilenecek insanları belirleme,
- Süregelen sistemler, prosedürler ve süreçler üzerinde etkileri belirleme,
- Değişimin nasıl ele alınacağını belirleme,
- İletişim prosedürlerini belirleme.

1.4.17 Tam Zamanında Üretimde Eğitim

Evans vd. (1990), bu uygulamanın en üstten başlayarak tüm yönetici kademeye uygulanmasını önermektedir. TZÜ uygulamaları, organizasyonel yapıda birçok değişikliğe yol açtığından insanların bu değişiklikleri birçok farklı açıdan ele almaları gerektiğini anlamaları çok önemlidir. Eğitim, TZÜ' nün teknik yönü ve TZÜ işletme çevresi üzerindeki etkinin anlaşılması üzerine yoğunlaşmalıdır. Adair-Heeley'nin (1989) belirttiği gibi: “ TZÜ uygulamaların da yapılacak en büyük hatalar personel becerisi, eğitimi ve çalışmasının göz ardı edilmesidir.”.

2. ESNEKLİK

Esneklik, farklı tipteki sistemlerin ortak bir özelliği olarak kullanılır. Genel mühendislik kavramları altında, Tam Zamanında ve maliyet etkili biçimiyle, potansiyel iç ve dış değişikliklere yanıt verebilen sistem yeteneği olarak algılanmaktadır. Böylece, sistem içindeki esneklik, sistemin bir durum karşısında değerini yükseltmek veya o sistemi güçlendirmek için belirsizliklere kolayca yanıt verebilmesi olarak tanımlanabilir. Bu noktada belirsizlik esnekliğin tanımlanmasındaki anahtar faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Belirsizlik ise bir sistemdeki riski ve fırsatı aynı anda yaratmakta bu da belirsizliğin varlığını esneklik için değerli bir hale getirmektedir.

Üretim esnekliği, giderek belirsizleşen çevreler ve çalkantılı pazar içinde, üretim organizasyon operasyonları için temel rekabet silahı olarak duyurulmuştur. Üretim esnekliğinin üretimin değişik seviyelerindeki organizasyonu hızla sağlamak, sık ve hızlı bir biçimde yeni ürün tasarımı ve rekabete dayalı tehditleri daha hızlı bir biçimde yanıtlamadaki yetenekleri tartışılmıştır (Oke, 2005).

Çeşitli mühendislik sistemleri arasında üretim sistemleri esneklik tasarım ve uygulamalarına daha fazla zemin oluşturmaktadır. Bu bağlamda, üretim esnekliği zengin bir literatüre sahiptir. Var olan literatürde esneklik tüm bakış açılarıyla incelenmiştir bu konuda Sethi ve Sethi (1990) tarafından yayımlanan bir araştırma 200'den fazla kaynağa sahiptir. Yine Beach vd.'nin (2000a) bu konu üzerinde yapmış olduğu geniş bir literatür araştırması bulunmaktadır. Üretim esnekliği literatürü yeni birçok rekabete dayalı sınırın ortaya çıkmasını sağlamıştır. Örneğin Bolwijn ve Kumpe (1990) çalışmalarında yenilikçi olmadan esnek olunabileceğini fakat bunun tersinin mümkün olmadığını belirtmişlerdir: “ Esnek olmayı göz ardı ederek yenilikçi olamazsınız.”.

Görüldüğü üzere, çok sayıdaki araştırmacı ve yazar temel olarak, bugünün hızlı değişken pazar yapısı altında, sürekli olarak değişen müşteri gereksinimlerini karşılamak için üretimin devamlı değişimini içeren araştırmalara yer vermişlerdir.

Beach vd.'nin (2000b) belirttiği gibi esnekliğin boyutlarının ve çeşitlerinin tamamı ile istikrarlı bir bakış açıyla literatürden anlaşılması zordur. Gerçektende, farklı amaçlar için esnekliği tanımlamak amacıyla sınıflandırmalardaki daha uygun bir bakış açısı gerekli hale gelebilir.

Birçok araştırma üretim sistemleri içinde esnekliği farklı bakış açıları ile incelemiş, yine farklı tanımlamalar, sınıflandırmalara, ölçüt ve gereksinimlere yer vermiştir (Roshanak, 2005)

2.1 Esnekliğin Tanımı

Literatürde üretim esnekliğinin tanımı direkt olarak firma çehresiyle bağlantılı veya diğer disiplinler arasında doğmuş olan genel esneklik tanımlarıyla bulunabilir (Toni ve Tonchia, 1998). Esneklik tanımlarının köken ve uygulamaları Çizelge 2.1’de verilmiş ve detaylı olarak anlatılmıştır.

Esneklik genel noktalarıyla incelendiğinde daha iyi anlaşılabilir:

1. Sistem ve sistemin harici çevresi arasında ara yüzünde bir karakteristik olarak.

Correo’nın (1994) çalışmasında esneklik bir filtre olarak rol oynar, sistem harici karışıklıklardan uzak tutulmuştur. Böylece esneklik belirsizlik için koruyucu bir durum içerir. Harici karışıklıklar şu şekilde kategorize edilmiştir. 1- miktar 2- sık sık tekrarlar 3- yenilikler 4- kesinlik.

Çizelge 2.1 Esneklik tanımlarının köken ve uygulamaları (Toni ve Tonchia, 1998).

		Tanımlama Uygulamaları	
		Diğer Disiplinler	Firma Çehresi
Tanımlar- ın kökeni	Diğer Disiplinler	• Sistem ve çevresi arasındaki arayüzün bir karakteristiği olarak • Homeostatik kontrol ve dinamik etkinliğin derecesi olarak • Adaptasyon ve değişiklik yeteneği olarak	• Durum ulaşılabilirlik alanı ve harekete geçiş zamanı (talep değişikliği ve belirsizlik tarafından belirlenir)
	Firma Çehresi		• Değişim için düşük maliyet (ekonomik bakış açısı) • Karışıklık olmadan değişim (organizasyonel bakış açısı) • Miktar, karma, üretim, süreç değişimi (organizasyonel bakış açısı) • Rekabete dayalı öncelik ve iş değişimi (stratejik bakış açısı)

2. Bir homeostatik kontrol derecesi ve dinamik sistem etkinliği olarak.

Homeostasiste (iç kararlılığı korumak için bir sistem eğilimi) kontrol, ölçüm ve kural mekanizmalarını içeren siberetik sistem olarak adlandırılan bir oluşum sağlamıştır, bu da dışsal değişikliklerin var olması halinde mevcut durumun korunması anlamına gelmektedir (Mariotti 1995).

Mariotti'ye (1995) göre bu 2. model çoğu kez belirtilen nedenlerden dolayı basitleştirilmiştir:

- 1- Tüm kararların yeniden incelenmesi sırasında, adaptasyonun bir periyottan fazla sürdüğü durumlarda seçilmez.
- 2- Tüm gelecek durumlar için yaklaşımları listelemek oldukça zordur.
- 3- Homeostatik denge tüketilen kaynaklar tarafından korunur, diğer bir deyişle esneklik serbest değildir ve masraf/zaman değişimlere göre farklılıklar gösterir.

Sistem karmaşıklığı kavramı 2 değişkene bağlanmıştır: belirsizlik ve zaman. Simon (1976)'ya göre belirsizlik aydınlatıcı ve öğretici olabilir, zaman ardışıklık terimleri içine karışır. (Diğer bir açıdan karar verme performansını arttıran bilgi birikimi.)

Yazarlar, sistem karmaşıklıklarının yavaş yavaş arttırılabileceğine inanmaktadırlar. Bu Homeostatik kontrol kavramı ile bilgi ve kayıp zaman adaptasyonunun yer değiştirmesi ve dinamik etkinliğin arttırılması için gereklidir.

Kontrol sistem teorisinden alınan temel bakış açısında, Leeuw ve Volberdol(1996) esnekliğe 2 boyutlu bir kavram olarak yaklaşmaktadır.

Bunlardan ilkinde, esneklik bir yönetim görevi olarak görülür ve kaygı, kontrol kapasitesinin genişliği üzerinedir. Örneğin, sistem denetim organı ve hedef sistem çevresi olarak tanımlanır, böylelikle esneklik çevreyi başarılı bir şekilde kontrol etme yeteneği anlamı kazanır.

İkincisinde ise, esneklik organizasyonun tasarım görevi olarak görülür ve kaygı, organizasyonun denetlenebilirliği üzerinedir. Örneğin çevre, bir kontrol organı ve hedef sistem olarak tanımlanır ve böylece, yüksek esneklik çevrenin düşük kontrol edilebilirliğine tekabül eder.

Esnekliğin bu 2 boyutlu kavramı bir paradoks oluşturur: organizasyon katı ve sert olmaktan kurtulmak için esnekliğini geliştiren bazı prosedürlere sahip olmak zorundadır fakat kaosun ortadan kaldırılması için bazı durumlara sıkıca bağlanmış olmayı gerekmektedir.

3. Adaptasyon/değişim yeteneği

Esneklik, adaptasyon/değişim için genel bir yetenek olarak belirtilir. Mondelbaum (1978) ve Slack (1983) çalışmalarında esnekliği bu şekilde ele almış ve geliştirmişlerdir.

Mandelbaum (1978) aşağıda belirtildiği gibi bir sınıflandırma yapmıştır:

- Durum esnekliği,
- Hareket esnekliği.

İlk olarak bahsedilen, mevcut koşullarda çalışma için esneklik yeteneği olmuştur (Sistemin sürekli istikrarlı kalması sağlanır). İkinci olarak, değişiklik anında harekete geçmek ve özellikle bir işten diğerine geçerken kısa periyot zamanları ve düşük maliyet yeteneği yer almaktadır.

Slack (1983) aşağıdaki sistemi çalışmasında göz önünde bulundurmuş ve aşağıdaki sınıflandırmayı yapmıştır:

- Aralık esnekliği (range)
- Yanıt esnekliği

İlk olarak, hemen hemen statik bir bakış açısından bahsedilmiş, genellikle uzun bir periyot, zaman ve maliyet uyumsuzluk elemanları olarak alınmıştır. İkinci olarak ise dinamik bir bakış açısıyla bir durumdan diğerine geçme gereksinimleri üzerinde durulmuş ve genellikle uzun periyotlar ve maliyetlerdeki büyük değişimler hariç tutularak göz önüne alınmıştır.

Esnekliğin bu iki farklı tipi, aralık ve yanıt, fabrika çevresinde göz önünde alınmalıdır ve esneklik için gerekli iki temel faktörle beraber kullanılmalıdır: değişim (ürün veya süreç) ve talep belirsizliği. Hacim esnekliği (uzun veya kısa zamanlı –yanıt ve aralık için söylenebilir) yüksek miktardaki belirsizlik ve düşük değişim tarafından karakterize edilen durumların sonucudur. Diğer taraftan, üretim esnekliği değişimin yüksek ve belirsizliğin düşük olduğu durumlarda sunulur.

Karma esneklik ve dağıtım esnekliği yüksek belirsizlik ve düşük değişim durumlarını ve beraberinde büyük değişiklik ve pek fazla olmayan belirsizliklerle ilgilidir.

Esnekliğin bu farklı 2 tipi (aralık ve yanıt) farklı üretim ve kontrol sistemlerine sahip farklı üretim sistemi davranışlarını da açıklar. Slack ve Correa (1992) çalışmalarında, işletme yönetiminde MRP' nin TZÜ' ye göre daha fazla aralık esnekliğine fakat daha düşük yanıt esnekliğine sahip olduğunu vurgulamışlardır. MRP ve TZÜ kullanan işletmeler arasındaki fark genellikle yanıt esnekliğinden çok yüksek hacim esnekliğidir.

Slack (1983), esneklik performanslarını değer aralığı ve ulaşabilir durum sayıları olarak incelenebilir olduğunu belirtmiştir:

- Tam bir kesinlik içinde,
- Kesin zamanlar içinde,
- Kısıtlı maliyet içinde,
- Kesin zaman ve limit içinde.

Bunları takiben, esnekliğin asıl boyutu zaman olmasına rağmen, esneklik aşağıdaki durumlar tarafından tanımlanır:

- Mümkün durumların çeşidi,
- Bir durumdan diğerine geçiş için gerekli süre,
- Durum değişimi için gerekli maliyet.

Ancak, maliyet ve zaman arasındaki karşılıklı bir ilişki olsa da, değişim sadece iki boyutuyla tanımlanabilir: durum aralığı ve değişim için gerekli zaman.

Slack'ın (1983) hipotezin Upton (1995a) tarafından ele alınmış, esneklik farklı zaman aralıkları içinde gözüken ve 3 simgeyle belirtilen farklı boyutların sonucu olarak tanımlamıştır.

- Aralık,
- Devingenlik (belirli aralıktaki hareket için değişim sapmaları ile ilgili)
- Birbirine benzerlik (kalite gibi maliyetten daha farklı performanslar).

Bu nedenle esneklik “ küçük zaman, çaba, ücret ve performans sapmalarıyla değişim veya yanıt yeteneği” olarak tanımlanır.

Tipik firma teorisi içindeki esneklik düşüncesinin birinci maddesi (bkz. Çizelge 2.1) ilk olarak Stigler tarafından 1939 yılında ortaya konmuştur (ekonomik bakış açısı). Esnekliğin değeri kısa zaman ücret eğrileri eğilimi altında incelenmiştir; maliyetlerin üretim seviyesinin fonksiyonu olduğu durumlarda son birim maliyeti eğrileri ve ortalama maliyet eğrileri esnekliği destekler. Esnekliğin bu yanı hacim esnekliği olarak bilinmektedir (Toni ve Tonchia, 1998).

Belki de, hacim esnekliğiyle ilgili en önemli çalışma Mills (1984) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada 2. derece maliyet fonksiyonları ele alınmıştır:

$$c(q) = \alpha + \beta q + q^2 / 2\delta, \quad \alpha, \beta, \delta > 0 \quad (2.1)$$

c = toplam ücret, q = üretim hacmi.

İşletme çevresinde direkt olarak kabul edilen bir başka esneklik görüşü de, çevresel değişikliklere hızlı bir şekilde cevap veren, birey esnekliği olarak ta algılanan çalışan esnekliğini içeren bir organizasyon modeli olan organizasyonel bakış açısıdır (Atkinson 1985).

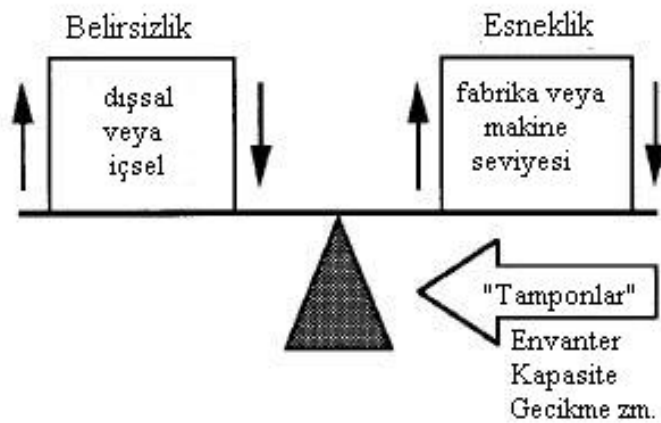
Fakat yönetim literatürlerinde üretim esnekliği (operasyonel bakış açısı) daha çok ele alınmıştır.

Zelenovich (1982), üretim esnekliği çevresel şartlarda ve süreç gereksinimlerinde değişim ve adaptasyon için üretim sistem yeteneği olarak tanımlar.

Mewman vd. (1993) esnekliği belirsizliği ortadan kaldıran temel bir araç olarak tanımlar. Esnekliğin belirsizliğe karşı tepkisi Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Esneklik;

- Her makine için (teknolojik altyapı),
- Her fabrika için (yönetimsel altyapı).

için tanımlanmıştır.



Şekil 2.1 Belirsizlik ve esneklik arasındaki denge (Mewman vd., 1993).

Denge mesnedi, üretim sistemlerindeki tampon vazifesi gören envanter, yedek kapasite, gecikme zamanı tarafından hareket ettirilebilir. Ancak, belirsizliğin artması durumunda karşı tepki olarak esnekliğinde artması mümkündür.

Ancak bu tehlikeli bir durum veya çevrim oluşturabilir; mesneden hareketiyle sistem karmaşıklığı artar, buna bağlı olarak belirsizlikte yükselir.(Örneğin, uzun gecikme zamanları tıkanıklara ve belirsizliklere neden olabilir). Ayrıca, iç belirsizlik dış belirsizlikten bağımsız değildir; buda tedarik ve tedarikçilerle bütünleşmeyi zorunlu kılar. Tedariğin belirsizliğinde (dışsal) işletme içindeki operasyon belirsizliğini de etkiler.

Çizelge 2.1’de son olarak görülen yaklaşım (stratejik bakış açısı) rekabete dayanıklı önceliklerin değişim yeteneği olarak tanımlanır (Hayes ve Pisano, 1994). Harrigan (1985) stratejik esnekliği “ müşteriler için eskisinden daha çekici bir durum oluşması durumunda pazar içindeki yeniden yer edinme, oyun planlarının değişmesi veya mevcut stratejilerin değişmesi olarak tanımlar.

2.2 Esneklik İhtiyacı Doğuran Faktörler

Literatürde esneklik ihtiyacının altında yatan sebepler çok geniş bir şekilde incelenmiştir, yine de 2 temel faktör göze çarpmaktadır (Correa 1994):

- Çevresel belirsizlik,
- Ürünlerin ve süreçlerin değişkenliği.

İlk durum içerisinde, esneklik üretim sistemleri (makine hataları) ve dış çevre (talep ve tedarik) etkisiyle beklenmedik durumlara uyum sağlama olarak algılanır. İkinci durumda ise, esneklik ürün değişkenlikleri önerisi ve farklı üretim süreçlerinin uygulanma yeteneği olarak algılanır.

Mascarenhas (1981) esnekliği, çevre tarafından oluşturulan istikrarsızlıkla baş etme yeteneği olarak tanımlar.

Buzacott (1982) küresel düzeydeki üretim sistem esnekliğini değerlendirmek için yapılan herhangi bir teşebbüsün, sistem tarafından karşılaştırılan değişim analizini takip etmesi gerektiğini belirtir: değişimler harici ve ilgili olarak tanımlanır; 1- ürünler, 2- karma 3- önerileri gösteren nicelikler ki bunlar; a- teknolojik seviye b- pazar talepleri c- şirket politikalarına bağlıdır.

Buzacott’un (1982) çalışmasına bağlı olarak, şirket içindeki değişim “sıkıntı” olarak düşünülmelidir. (Örneğin, makine veya fabrika hataları, üretim sistemlerindeki tıkanıklıklarına bağlı olarak çalışma zamanlarındaki değişkenlik, üretim için malzeme eksikliği v.b.)

Miller vd. (1992) gibi bazı yazarlar, esneklik ortaya çıkaran faktörlerin genellikle müşteriden kaynaklandığını iddia ederek müşteri-tabanlı esneklikten bahsetmişlerdir. Pazar stratejileri altındaki ürün ve üretim esnekliği etkileri Easton ve Rothschild (1987) tarafından incelenmiştir.

Birçok yazar esneklik ortaya çıkaran faktörleri maddeler halinde sıralamışlardır. Örneğin Palaniswama (1994):

- 1) Ürünler (ürün aralık genişliği, parça sayısı vb.),
- 2) Üretim süreçleri (genel amaçlı makinelerin kullanılabilirliği, ayar zamanlarının kısaltılması vb.),
- 3) Planlama ve kontrol (parti, programlama, depolama politikaları),
- 4) İnsan kaynakları (eğitim, sendika ilişkileri vb),
- 5) Tedarikçi ilişkileri (ortaklık politikaları vb.).

Her şeye rağmen, değişimi gerekli kılan faktörler belirsizlik tabanlı veya diğer değişiklikleri temel alan bir yapıda olabilir, bu yapı ise sistem içinden veya dışından kaynaklanabilir. Chen vd. (1992) çalışmalarına bağlı olarak esneklik ihtiyacını oluşturan sebepler iki grupta incelenebilir: pazarlamayla ilgili olan çevresel belirsizlik ve üretim süreçleriyle ilgili olan belirsizlikler.

Pazarlama bakış açısı ile ve üretim süreçleri bakış açısı ile Chen vd.'nin (1992) çalışmalarında esneklik ihtiyacı doğuran üçer farklı kaynak tanımlanmıştır:

- 1) Pazarla ilgili faktörler;
 - a) artan ürün çeşitliliği,
 - b) kısa ürün ömürleri ve
 - c) alıcı sayılarındaki artış (talepteki değişime yol açar).
- 2) Üretim süreçleriyle ilgili faktörler;
 - a) odaklanmış üretim,
 - b) üretim ve teknolojilerin değişimi,
 - c) beklenmedik rakipler.

Şekil 2.2’de pazar ve üretimle ilgili olan esneklik ihtiyacı doğuran faktörler belirtilmiştir. Esnekliğin farklı tiplerinde farklı faktörlerin etkinliğinin olabileceği göz ardı edilmemelidir (Kara ve Kayis, 2004).



Şekil 2.2 Esnekliği doğuran faktörler (Kara ve Kayis, 2004).

Özetle, literatür genelinde incelenen esnekliği ortaya çıkaran faktörleri aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

- 1) Talepteki dalgalanma (rasgele veya belirli bir sezona bağlı),
- 2) Ürün ve teknolojilerinin kısa ömürleri,
- 3) Ürünlerin geniş çeşit aralıkları,
- 4) Müşteri kişiselleştirmelerindeki artış,
- 5) Kısa teslim süreleri.

2.3 Esnekliğin Sınıflandırılması

Literatürde, esnekliğin geniş ve birçok kavramının çok sayıda sınıflandırılması ve sıralanması mevcuttur (Hyun ve Ahn, 1992). Sethi ve Sethi (1990) tarafından şu şekilde aksedilir: “esneklik karmaşık, çok boyutlu bir yapıdır ve kontrolü zordur” . Sınıflandırma için temel bazı değişkenler bulunmaktadır ve esnekliğin sınıflandırılması birçok açıdan mantıklı ve farklı yorumlara açıktır.

Literatürde sıkça rastlanan 4 farklı sınıflandırma mevcuttur:

- 1) Yatay veya safhalar tarafından,
- 2) Dikey veya hiyerarşik,
- 3) Zamansal,
- 4) Değişim elemanları tarafından,

Bunlara ek olarak literatürde genel esneklik sınıflandırmalarını ve birden fazla değişkene bağlı olarak yapılan esneklik sınıflandırmalarına yer verilmektedir.

2.3.1 Esnekliğin Yatay Olarak Sınıflandırılması

Yatay sınıflandırmaya bazı sınırlandırılmış analizlerde yer verilmektedir. Tekil üretim evrelerinde ve değer zinciri teşkil eden tüm evrelerde mümkün kılınmış ve ayrıca, talep yönünde- tasarım ve satın alma; üretim akışı yönünde- dağıtım ve müşteri servisleri konularını içerir. Daha basit olarak, içsel esnekliğin (üretim/süreç tasarım ve üretim esnekliği) dışsal esnekliği (satın alama ve dağıtım) ile ayrılması olarak yanıtlanabilir (Toni ve Tonchia, 1998).

Lynch ve Cross (1991) esnekliğin iki bileşenini şu şekilde ele almışlardır: içsel ve dışsal; içsel esneklik, yüksek yönetim gereksinimlerinin karşılanmasını gerekli görürken dışsal esneklik, müşteri gereksinimlerinin karşılanmasını gerektirir.

Bu nedenle, Lynch ve Cross’un (1991) oluşturduğu piramit şeklindeki yapının ortasında esneklik yer alır. Sol tarafında bir dışsal performans olarak müşteri memnuniyeti, sağ tarafında ise içsel bir performans olarak üretkenlik bulunur. Alt seviyelerde: üretim kalitesi, müşteri memnuniyetini oluşturan teslimat güvenilirliği bulunur; teslimat güvenilirliği ve düşük gecikme zamanları esnekliği geliştirir; düşük gecikme zamanları ve süreç kalitesi ve masraflar esnekliği etkilemektedir.

Kim (1991) esnekliği değer zinciri boyunca incelemiştir. Porter'in çalışmalarına benzer olarak, ücret yönetimi, esneklik yönetimi tanımlanan 9 değer üreten makro aktivite içinde yer almıştır:

- Altyapı (basitleştirilmiş prosedür ve bilgi sistemi adaptasyonu),
- İnsan kaynakları yönetimi (etkin seçim ve eğitim),
- Teknoloji gelişimi (retim/süreç bütünleşmesi),
- Satın alma (Elektronik Veri Değişimi-Elektronik Data Interchange-EDI),
- İçeri(merkezcil) lojistik (Tam Zamanında teslimatlar),
- Operasyonlar (Esnek retim Sistemleri- Flexible Manufacturing System-FMS),
- Dışarı lojistik (nakliye dokümanlarının azaltılması),
- Pazarlama ve satış (bilgisayarlı bütünleşik retim),
- Servisler (problem ve çözümlerini içeren veri tabanı).

Her aktivitedeki, zincir aktivitelerin ve faktör kombinasyonlarının bileşiminin göreceli değişimleri tarafından değer zinciri geliştirilebildiği zaman, rakipler karşısında içsel ve dışsal evre şartlarının değişiminde rekabetçi avantajlar kazanabilecek sonuçların elde edilmesiyle firma esneklik kazanır.

Kumpe ve Bolwijn (1988) satın alma esnekliği üzerine odaklanmış ve üretim esnekliğine ulaşılabilmesinin yollarından birinin tedarikçilerle bütünleşmek olduğunu ortaya koymuşlardır. Fakat Bartlett ve Ghoshal (1989) tedarikçi seçiminde, tedarikçilerin esneklik performanslarından çok ücret veya kalite kriterine önem verildiği sonucunu elde etmişlerdir.

Bazı yazarlar, esnekliği üretim akışı yönünde incelemişler ve dağıtım esnekliği gibi müşteri servisleri konularında da esnekliği ele almışlardır (Toni ve Tonchia, 1998)

2.3.2 Esnekliğin Dikey (veya hiyerarşik) Olarak Sınıflandırılması

Dikey (veya hiyerarşik) sınıflandırma, analiz edilen hedeflerin ayrıntılarının derecesi ile ilgilidir: esneklik tekil kaynaklı bir sistem (mikro seviye) veya tam bir sistem (tam esneklik veya makro seviye) olarak değerlendirilebilir.

Literatürde genellikle zamansal anlayışla yapılan esneklik sınıflandırmaları aşağıdaki gibi yapılmaktadır.

Buzacott (1982) kaynak esnekliği (makine ve insan kaynakları) ve üretim sistem esnekliği olarak bir ayrıma gitmiştir.

Esnekliğin analizi ve ölçümü için 4 seviye tanımlamıştır:

- Fabrika ve makine seviyesi,
- Üretim fonksiyonları ve çalışma bölümleri seviyesi,
- Ürün (veya ürün hattı) seviyesi,
- Firma için küresel seviye (dağıtım, satın alma, tasarım, bakım gibi diğer fonksiyonları içeren görüş).

Mair'in (1994) yapmış olduğu bir durum çalışması ele alınırsa 3 esneklik seviyesi ile karşılaşılır:

- Mikro seviye: çalışanlar, makineler ve organizasyon esnekliği tarafından karakterize edilir,
- Fabrika esneklik seviyesi,
- Anonim network esneklik seviyesi. (esnek fabrika küresel networku)

Slack (1983) esneklik hiyerarşisini 4 kategoride tanımlamıştır:

- Üretim kaynakları,
- Üretim amaçları,
- Üretim fonksiyonları,
- Tüm şirket.

Üretim kaynakları esnekliği; 1- teknoloji takibi, 2- iş gücü, 3- üretim destek servisleri ile sağlanabilir. Gupta ve Somers (1992), teknoloji ve insan kaynakları esnekliği (yapısal esneklik) ve altyapısal esneklik (prosedür ve operasyonları düzenleyen veya birleştiren uygulamalar) olarak ayırmıştır.

Üretim amaçlı esneklik ise 1- ürün esnekliği (yeni ürün hareketleri veya mevcut ürünlerin geliştirilmesi), 2- karma esneklik (aralık ve yanıt terimlerini birlikte içeren), 3- hacim esnekliği (üretim hacmi değişiklikleri kabiliyeti), 4- dağıtım esnekliği (planlanmış zamanların değişim esnekliği) ile sağlanabilir.

Üretim fonksiyonları esnekliği, dağıtım güvenilirliği ve müşteriye yönelik önermeleri tanımlar. Ayrıca üretim esnekliği firma bünyesindeki tüm esneklikleri geliştirici bir rol oynar (Toni ve Tonchia, 1998).

Sethi ve Sethi (1990) 3 seviye tanımlamışlardır:

- Parça veya temel esneklikleri (makine, malzeme işleme ve operasyonel esneklik),
- Sistem esneklikleri (süreç, rotalama, ürün, hacim ve genişleme esnekliği),
- Toplam esneklik (program esnekliği, süreç ve rotalamanın birinden sağlanan; üretim esnekliği, süreç, rotalama veya ürünlerin birinden sağlanan; pazar esnekliği, ürün, hacim ve genişlemenin birinden sağlanan).

Gupta (1993), hiyerarşi seviyeleri içinde, değişimin faaliyet alanı ve büyüklüğünü temel alan belirsizlikleri 4 farklı seviyede sınıflandırmıştır.

- Makine (makine esnekliği, farklı parçaların etkin olarak üretim yeteneğidir),
- Hücre (üretim hücrelerinin bloklu yapısı: çalışanlar, makineler veya yüklenen parçalar, hücre içi hareketler ve hücre kontrolörleri),
- Fabrika (bu seviyedeki üretim ölçümü belirsizlikle kopyalama ücretlerinin belirlenmesini içerir),
- Ortaklıklar.

2.3.3 Esnekliğin Zamansal Olarak Sınıflandırılması

Zelenouich (1982) ilk olarak tasarım yeterliliği için ilgilendirilen orta-uzun süreli esneklik kadar iyi olan kısa zaman veya adaptasyon esnekliğini dikkate almıştır.

Marchant (1983) şu şekilde sınıflandırmıştır.

- Anında meydana gelen esneklik (operasyon gereksinimlerinin yerine getirilmesi için doğrudan doğruya en uygun iş merkezi seçimi)
- Çok kısa dönem esnekliği (parça üretiminin ardışık veya karışık olarak geliştirilebilmesi yeteneği)
- Kısa dönem esnekliği
- Kıtsızdan orta döneme esneklik (üretim hacmi değiştiğinde maksimum verimlilikle iş yapabilme yeteneği)
- Orta dönem esneklik (Üretebilmekte olan karışık parçalardan ekleme veya çıkarma olanağı yapabilme)
- Ortadan uzun döneme esneklik (Üretim kapasitesinin iş merkezlerinin ekleme ve eliminasyonu ile geliştirme olanağı)
- Uzun dönem esneklik (sistemin yeni tip ürün veya elemanlara uyum gösterme olanağı)

2.3.4 Esnekliğin Değişim Baz Alınarak Sınıflandırılması

Değişim temel alınarak yapılan sınıflandırma literatürdeki çalışmalarda ortak olarak rastlanan konuların başında gelir.

Skinner (1985) esnekliği 3 boyutta incelemiştir.

- Süreç
- Ürün
- Üretim Hacmi

Buffa (1984) çalışmalarında kurulum zamanı ile ilişkili süreç esnekliği ve ürün çeşidiyle ilişkili ürün esnekliğine yer vermiştir. Macbeth (1985) hacim esnekliğinin müşteri sipariş boyutlarının değişimiyle ilgili olduğu durumda değişim ve ürün yeniliği konularının ikisiyle de ilişkili ürün esnekliğini incelemiştir.

Gerwin'in (1993) öne sürdüğü ve geliştirdiği esneklik tipleri şöyle sıralamak mümkündür.

- 1) Malzeme ile ilgili: Giriş ve ölçüm toleransları ve tolere edilen maksimum değişimin beklenmedik değişimi ile başa çıkma yeteneği.
- 2) Hacimle ilgili: Toplam talepteki ve ortalama üretim hacmi değişimi ile maksimum ürün kapasitesi arasındaki oran değişimleriyle başa çıkabilme yeteneği.
- 3) Ürünle ilgili (Geliştirme Esnekliği): Ürün spesifikasyonu ve belli bir periyoda tasarım değişikliklerinin sayısı veya var olan ürünü geliştirmek ve küresel seviyeye ulaşmak için gerekli yatırım oranları arasındaki değişimle başa çıkabilme yeteneği
- 4) Üretimle ilgili: Belli bir zamandaki ürünün tümüyle depolanmasındaki değişim zamanı içinde pazar gereksinimlerinin ve ürün aralık genişliğini karşılayabilme yeteneği. Bu karma esneklik için bir başka gösterge ise bir makine veya makine grupları tarafından belirli bir zamanda işlenen parça miktarı ile toplam işlenebilir parça veya genel faydasız makine sunumları arasındaki oran olarak belirtilebilir.
- 5) Uygulamaya geçişle ilgili: tekil üretim çevrim zamanı ile ilgili üretim zamanı değişimi yeteneğidir.
- 6) Standart çevrimle ilgili (tekrar rotalama esnekliği): Mümkün rotalama opsiyonlarının belirlenmesidir. Makine arızalarının meydana gelme ihtimallerinin göz önüne alınmasıyla

ilgilidir.

Gerwin (1993) oluşturmuş olduğu listeye bir çeşit esneklik daha eklemiştir. Bu, tedarikçi dağıtımıyla ilgili belirsizlikleri içeren sıralama esnekliğidir.

Daha sonra tüm bu çalışmaları toplayarak stratejik esneklik olarak bilinen iskelet yapıyı sunmuştur.

Literatürde bir çok alıntı yapılan ve esnek üretim sistemleri içinde de bulunan 8 farklı tip ve boyutta esneklik aşağıda sunulmuştur (Brown vd., 1984).

2.3.5 Genel Esneklik Sınıflandırmaları

2.3.5.1 Makine esnekliği

Verilen bir tip parçanın değişim kolaylığı.

- Makine bir tipten diğerine geçerken ayar zamanına ihtiyaç duyar. Alet değişimi, parça yerleşimini ve program değişimini içerir.
- Kırılan veya çalışmayan aletlerin değişimi için zaman gereklidir.
- Farklı bir parça alt kümesi üretimi için alet ayarlarının değiştirilmesi için zaman gereklidir.
- Yeni donanımın ayarlanması için zaman gereklidir.

2.3.5.2 Ürün esnekliği

Yeni tip parçaların işlenmesi için değişim yeteneği. Bir parçadan diğerine geçişte gerekli zaman tarafından belirlenebilir.

Üretim esnekliği pazarlama bakış açısından daha önemli bir yere sahiptir. Rekabete dayalı ücretlendirme ile yeni ürünlerdeki hızlı değişim pazar değişimleri etkin bir pazar oluşturur.

2.3.5.3 Süreç esnekliği

Parçaların verilen ayarlarda üretilme yeteneği. Bu esneklik parça sayıları tarafından belirlenebilir. Bazı yazarlar (Buzacot, 1982) bu esnekliği, iş esnekliği olarak tanımlamaktadırlar. (Her makine veya makine grubu için)

Burada yer alan ilk 3 esneklik boyutu için değişim konusu: makine kurulumu, karışık üretim ve parça üretimidir.

2.3.5.4 Operasyon esnekliği

Bir parça üzerindeki operasyon emirlerinin değişimi yeteneğidir. Birçok operasyonel sıralama katıdır fakat belirli operasyonlar için bu bazı kararlara bağlıdır. Kararlar fabrika konumuna uygun ve gerçek zamanlı olarak kontrol sistemleri tarafından alınır.

2.3.5.5 Rotalama esnekliği

Rotalama esnekliği, belirli bir parçanın alternatif makinelerde işleyebilme yeteneğidir. Halen üretilen ve verimliliği düşük parça sayıları tarafından belirlenir.

Rotalama esnekliğini elde etmenin 2 yolu vardır. Servis dışı makine kullanımlarını gerektirmeyen bir rotada üretilbilir veya operasyonlar diğer birimlerle yapılır. Bu esneklikte,

- Potansiyel retim rotalama kararlaştırılır ve sadece hata durumlarında alternatif yol kullanılır.
- Etkin – aynı parça hatalardan bağımsız olarak farklı rotalarda üretilir.

2.3.5.6 Hacim esnekliği

Tüm seviye değişimlerinde kazançlı bir şekilde işleme/üretim yeteneği.

2.3.5.7 Büyüme esnekliği

Kolaylıkla kapasite ve hacim ekleme yeteneği. Bu esneklik türü sistemin ulaşabildiği kapasite içindeki boyutlar tarafından belirlenir.

2.3.5.8 Üretim esnekliği

Tüm parça tiplerini üretilbilir kılar. Ayrıca tüm potansiyel parçaların retilbilmesi olarak da tanımlanır.

Browne vd. (1984) esneklik tipleri arasındaki ilişkiye de değinmişlerdir. Özellikle burada bulunan 2 temel tip esneklik üzerinde durmuşlardır: makine esnekliği (rn, süreç ve operasyonel esneklikleri belirler) ve rotalama esnekliği (hacim ve genişleme esnekliklerini belirler). Kapsamlı olarak üretim esnekliği ise bu 2 temel esneklik tarafından belirlenir.

Browne vd.'nin (1984) sınıflandırmalarına ek olarak Sethi ve Sethi (1990) 11 çeşit esneklik tanımlamıştır. Malzeme taşıma esnekliği (retim tesisi içinde uygun yerleşim ve süreç için farklı parçaların verimli bir şekilde hareketi), program esnekliği (uzun bir periyotta esas itibariyle sistemin çalıştırılma yeteneği) ve pazar esnekliği (retim sistemlerinin değişen pazar

koşullarına kolaylıkla uyum sağlayabilmesi) ve makine esnekliğinin farklı etkenleridir.

Azzone ve Bertele (1989) esnekliği basit bir bakış açısıyla ele almışlardır:

- 1) Üretim esnekliği (var olan kaynaklarla üretilebilen ürün yelpazesinin genişliği),
- 2) Ürün esnekliği (yeni bir ürün için firma kaynaklarının geliştirilme yeteneği),
- 3) Operasyonel veya teknolojik esneklik (limitli masraflarla operasyonların sürdürülebilirliği),
- 4) Karma esneklik (diğer masrafların göz ardı edilmesiyle niceleyici bir dönem içerisinde ürün çeşitlendirebilmelerinin değişimi),
- 5) Hacim esnekliği (üretim ücretlerindeki ürün hacminin değişim yeteneği),
- 6) Genişleme (büyüme) esnekliği (üretim kapasitesindeki büyüme için ücret ilişkilerinin göz önünde bulundurulması).

İlk üç maddede bulunan esneklik nitel karışıklıkların bir sonucudur. (üretim esnekliği için aralık karışıklıkları, ürün ve teknoloji esnekliği için sırasıyla küçük ve büyük karışıklıklar). Son üç maddede yer alan esneklikler ise nicel karışıkların bir sonucudur. (karma esnekliği için aralık karışıklıkları, hacim ve genişleme esnekliği için sırasıyla küçük ve büyük karışıklıklar).

Suarez vd. (1991) bir üretim sisteminde esneklik boyutlarını sağlayan temel yapı olarak 4 tip belirlemişlerdir:

- 1) Hacim esnekliği,
- 2) Karma esneklik,
- 3)Yeni ürün esnekliği,
- 4) Teslimat esnekliği.

Brandolese (1990) esneklik (üretim sistemlerinde yazılım veya yönetsel çehre) ve çok yönlülük (üretim sistemlerinde donanım ve esas çehre) arasında bir ayrım yapmıştır.

Bu bağlamda esneklik 3 boyutta ele alınabilir:

- 1) Bir ön kurulum üretim planının geliştirilme yeteneği,
- 2) Bir ürün tipi geniş aralığını sıralama yeteneği (nicelik içindeki değişim, tekil ürünler ve toplam üretim devresi),
- 3) Yeni bir ürünün planlanması (sanayileştirme yeteneği, mevcut önerilerin niceliği içindeki değişim).

Diğer taraftan çok yönlülük ise 2 temel bağımsız boyuta sahiptir (örnek olarak belirli bir fabrika daha fazla tekrar ayarlanabilir veya daha az değiştirilebilir olabilir).

- 1) Tekrar ayarlanabilirlik (yerine getirilebilir operasyon ayarlarının içinde yer alır, hızlı ve verimli çalışma ve kurulumun çeşitli operasyonları birbiriyle uyumludur),
- 2) Değiştirilebilirlik (yeni ürün üretildiği zamanki fabrika ayar zamanı problemlerini ve fabrika, plan ve yardımcı sistemlerin içindeki gerekli değişiklikleri içerir).

Tinknell ve Radcliff (1996) ise şu şekilde bir ayırım yapmaktadır.

- 1) Esneklik – verimli ve etkin olarak belirsiz değişikliklerle başa çıkabilme yeteneği,
- 2) Çok yönlülük – isteyerek değişim yeteneği veya farklı durumlarda var olan standart prosedürü izleyerek yapılan değişim (çok yönlü bir rol içindeki davranış standart bir yoldaki davranıştır. Örneğin standart bir durumda, üretilen parçaların değiştirilmesi),
- 3) Yapabilirlik – fonksiyonların fiziksel aralığı veya makine, alt sistem veya sistem operasyonları için uygulanabilirlik (eğer ideal bir kontrol sistemi ve mükemmel bir yönetim stratejisi kullanılırsa değişim için potansiyel bir yanıt sunar.)

Chen v.d. (1992) firmanın üretim ve pazarlama fonksiyonlarını etkileyen 3 tip esneklikten meydana gelen bir toplam sistem esnekliği üzerinde durmaktadırlar:

1) Üretim esnekliği – aşağıdaki tipleri içerir:

- a) makine esnekliği (sınırlı kurulum zamanı içinde farklı operasyonları yerine getirme yeteneği),
- b) süreç esnekliği (farklı süreçlerde operasyon dizilerinde ve malzemede üretim),
- c) rotalama esnekliği (alternatif rota takibi olanağı),
- d) insan gücü esnekliği,
- e) malzeme taşıma esnekliği (iç taşıyıcı sistemlerle ilgili),
- f) programlama esnekliği.

2) Pazarlama esnekliği:

- a) ürün esnekliği,
- b) hacim esnekliği,
- c) melez esneklik,
- d) genişleme esnekliği.

3) Altyapısal esneklik (organizasyonel esneklik)

Dixon vd. (1990) aşağıda yer alan esneklik sınıflandırmasını önermektedirler:

1) Kalite ile bağlantılı esneklik

- a) malzeme ile ilgili (satın alınan malzemeleri çeşitlendirme yeteneği),
- b) çıktılarla ilgili (farklı kalite gereksinimleriyle üretim yapabilme yeteneği),

2) Ürünlerle bağlantılı

- a) yeni ürün teşebbüsü,
- b) mevcutlardan birinde değişiklik yapabilmek.

3) Servislerle bağlantılı esneklik

- a) teslimatlar (sipariş içeriklerinde veya teslim tarihlerinde değişik yapabilme yeteneği)
- b) hacim (toplam üretimin niceliğini değiştirebilme yeteneği)

c) melez (limitli masraflarla verilen zaman periyodu içerisinde ürün çeşitlerinin geliştirilme yeteneği)

4) Masraflarla bağlantılı esneklik – kaynakları kullanabilme esnekliği (malzeme, insan gücü, anapara).

Esneklikle ilgili bir başka sınıflandırma ise, her üretim sistemi için 4 anahtar performansı (verimlilik, kalite, esneklik ve servis) işaret eden ve ilişkilendirilen bir yapıdır. Bu konuyla ilgili Bertezzaghi ve Turco'nun (1989) yapmış oldukları çalışma ele alınabilir. Bu çalışmaya göre:

- 1) Üretim esnekliği (mevcut zamandaki çıktı çeşitliliği ve yeni ürün için gerekli olan ücret ve zaman),
- 2) Hacim esnekliği (kısa ve orta ölçekte insan gücü esnekliğiyle ilgili, uzun ölçekte ise büyüme esnekliği olarak ta bilinen üretim kapasitesinin artırılmasıyla ilgili),
- 3) Karma esneklik,
- 4) Çabukluk (dağıtım zamanı değişimi ve/veya dahili planlama).

2.3.6 Birden Fazla Değişkene Bağlı Olarak Yapılan Esneklik Sınıflandırmaları (Karışık Sınıflandırma)

Daha önce bahsedilen esneklik sınıflandırmaları bir değişkene bağlı olarak yapılmıştı (safha, analiz seviyesi, zaman ufku veya değişim konusu). Literatürde birçok çalışmada bir değişkene bağlı sınıflandırma yer almasına karşın, birden fazla değişkene sahip yapılandırmalarda bulunmaktadır. Bunlar arasında en çok rastlanılanı zaman ve değişim objelerinin ve analiz seviyesi ve değişim objelerinin beraber kullanıldığı sınıflandırma anlayışlarıdır.

Barad ve Sipper (1998) esnekliğin 9 sınıfını belirlemişlerdir: bunlardan 8'i Browne vd. (1984) çalışmalarında yer alan sınıflardır, 9.su ise transfer esnekliği (farklı makineler kullanarak parça üretim esnekliği) olarak tanımlanır. Rotalama esnekliğinde üretim ve transfer esnekliğini içermesi bakımından hali hazırda bu grupta yer alabilmektedir. Yine yazarlar kısa-orta ölçekli esneklik ve uzun ölçekli esneklik elemanları arasında bir ayrıma gitmişlerdir:

1) Kısa-orta ölçekli esneklik:

- a) Makine esnekliği,
- b) Süreç esnekliği,
- c) Transfer esnekliği,
- d) Rotalama esnekliği,
- e) Operasyon esnekliği,
- f) Hacim esnekliği,

2) Uzun ölçekli esneklik:

- a) Ürün esnekliği,
- b) Üretim esnekliği.

Farklı analiz seviyelerinde olmayan fakat sistem esneklikleri arasındaki basit ayrımları içeren bir esneklik hiyerarşisi Benjaafar ve Ramakrishnan (1996) tarafından sunulmuştur:

1) Ürünle ilgili esneklik (üretim opsiyonlarının ürün ile ortam değişimi):

- a) Operasyon esnekliği (bir operasyonun birden fazla makinede gerçekleştirilme olanağı ile ilgilidir),
- b) Sıralama esnekliği (üretim operasyonlarının gerçekleştirilmesi için gerekli sıralamalarının değişim olanağı ile ilgili),
- c) İşleme esnekliği (alternatif operasyon veya operasyon sırası ile aynı üretim oranlarında üretim olanağı ile ilgili);

2) Süreçle ilgili esneklik (koşulların yerine getirilebilmesi ve/veya farklı fonksiyonların üzerinde durulması için yapılan değişimlerin ayarlanmasını sağlayan süreç karakteristiği ve kapasitesi)

- a) İşleyici esnekliği (makine esnekliği, demirbaş esnekliği, aletle işleme esnekliği, malzeme taşıma esnekliği ve işçi esnekliğini içerir),
- b) Karma esneklik (kısa, orta, uzun ölçekli esneklikler),
- c) Hacim esnekliği,
- d) Plan esnekliği,
- e) Eleman esnekliği.

2.4 Belirsizliklerin ve Değişimin Yönetilmesi

Daha öncelik bölümlerde üretim firmalarının esnekliğe ihtiyaç duymalarının altında yatan çeşitli nedenlere değinilmiştir. Correa'ya (1994) göre esneklik, kendine özgü çıkış belirsizlikleri ve değişimlerinin sonuçlarını karşılamak için gereklidir. Bu bölüm; değişim ve

belirsizlikleri kontrol eden esnekliğe ihtiyaç duyulması halinde hangi yaklaşımların ele alınması gerektiğini açıklamayı hedeflemektedir.

Bu bölüm daha önce açıklanan belirsizlik ve değişimlerden her birini ele alınan önermeleri açıklar. Ele alınan her belirsizlik/değişim bakış açısı ile ilişkili esneklik tipi ile ilişkilendirilmiştir (Örneğin; hacim dalgalanmaları hacim esnekliği ile).

2.4.1 Marketle İlişkili Faktörler

2.4.1.1 Talebin değişimi (rastlantısal veya sezonluk)

Pazarda ürün tedariki yeteneği bazı durumlarda çok önemli bir rekabet avantajı sağlayabilir. Hayes ve Wheelwright (1984) bu kapasitenin önemini vurgulamışlardır: üretimi hızlı bir şekilde arttırmak veya azaltmak hızlı dağıtım taleplerini karşılamayı sağlar.

2.4.1.1.1 Bağımlı ve bağımsız talep

Talep iki kategoride sınıflandırılabilir: bağımlı ve bağımsız talep. Bazı faktörlere bağlı olan talepte, üretim ve satın alma bu faktörlere bağlı olarak planlanabilir ve planlama ve kontrol talebin sonucunda oluşacaktır. Diğer bir taraftan eğer talep bağımsız ise, tamamen tahmin edilebilir olmayacak ve planlama ve kontrol gelecek taleple ilgili en iyi tahminle bağlantılı olacaktır (Slack, 1983).

2.4.1.1.2 Talep değişimi örnekleri

Upton (1995b) bir firmanın hacim esnekliğine sahip olabilmesi için gerekli yönetsel yapıyı tanımlanmış olabilmesi için gerekli yönetsel yapıyı tanımlamıştır: çıktı hacimlerindeki değişimleri karşılayan ve farklı iki zaman periyodunu düzenleyen firma ilk olarak yaz aylarında kısa süreli sezonluk işçiler kullanarak sezonluk değişimleri ele alır. Bu yaklaşım envanterle ilgili düzenleme olasılıklarını azaltır.

İkinci değişim periyodunu uzun süren para akışı kesintilerinin görüldüğü yapı endüstri çevrimini ayarlamak için çeşitli yerlerde küçük çaplı, fazla maliyet getirmeyen üretim teknolojisi kullanılmıştır. Her iki değişim içinde esnek olmanın esas amacı sadece zaman kavramının değiştiği operasyon hacimlerinin çeşitliliği üzerindeki katılım bakımından eşdeğer hale getirmektir.

2.4.1.1.3 Hacim esnekliği

Hacim esnekliği aralık sınırları içerisinde etimi aşağı veya yukarı doğru çekerek talep dalgalanmalarını karşılar (Sethi ve Sethi, 1990).

Temel ekonomiksel modelde, bir sistem eğer diğerlerine nazaran, düşük değişken ücretlere sahip olmak için, değişmeyen ücretlere sahipse hacim esnekliğine sahiptir (Gustausson, 1984). Bu model basitleştirilmiş olmasına rağmen, yüksek otomasyona sahip sistemin, diğer sistemlerden daha fazla hacim esnekliğine sahip olacağı bilgisini içermektedir.

2.4.1.1.4 alışan esnekliği

Gerwin (1993), eğer üretim hacmi düştüğünde iş gücü başka bir yerde faydalı ise insan kaynakları ile bir sistem hacim esnekliğine sahip olduğunu belirtmiştir. Birçok yeteneğe sahip işçi kullanımı fonksiyonel veya yaratıcılık esnekliği geliştirici rol oynar.

alışan esnekliği sayısal ve finansal esneklik için taleplerdeki değişimi karşılamak açısından da yararlı olur. Finansal esneklik firmanın çalışanlarının fazla mesaisini telafi etmelerine izin verir. Sayısal esneklik, işgücünü üretim gereksinimleri doğrultusunda ayarlamaya olanak sağlar.

2.4.1.1.5 Büyüme (Genişleme) esnekliği

Uzun dönem talep artışlarını karşılama yeteneği olarak tanımlanan büyüme esnekliği talep değişimini veya maksimum talep belirsizliklerinin karşılanmasıyla ilgilidir (Chen ve Everett, 1991). Küçük retim hücrelerinde (Buzacott, 1982), modüler esnek üretim hücrelerinde (Browne vd., 1984) ve altyapı destekli büyüme ve değişim planlarında (Sethi ve Sethi, 1990) büyüme esnekliğinin karşılanmasının anlamını bir adım adım yatırım olarak tanımlamaktadırlar.

Ayrıca, Chen ve Everett (1991) adanmış makine ve montaj/taşıma hattı, çok yönlü makine merkezlerinin kullanılmasının önerilmesi, bağlı olmayan malzeme taşıma sistemleri gibi odaklanmış araç gereç düşüşlerini büyüme esnekliğini sağlayan etmenler olarak tanımlamışlardır.

Benzer olarak Browne vd. (1984) bağımsız ve üretim dışı hareket planlarını, esnek malzeme taşıma sistem/rotalama esnekliğini ve modüler üretim hücresini büyüme esnekliğine ulaşmanın yolu olarak işaret etmiştir.

2.4.1.1.6 Kontrol ve belirsizliğin azaltılması

Correa (1994), taleplerdeki belirsizliğin düşürülmesi ve kontrolü kadar iyi olacak fazla teknoloji kullanımı ve işçi yeterliliğini üretim hacimleri içindeki değişimi karşılayıcı etmenler olarak belirtmektedir.

Alternatif olarak, bu fazla yetenek hızlı ve efektif bir hareket altında sistemin dışında sağlanabilir.

Sonuç olarak bu bölüm Çizelge 2.2’de özetlenerek gösterilmektedir.

Çizelge 2.2 Talep değişimi için esneklik işleyişi ve sağlanan araçlar/teknikler

Hacim esnekliği	Parti üretimi, kısa kurulum zamanları
Büyüme esnekliği	Küçük üretim üniteleri/ modüler üretim hücreleri, çok amaçlı makineler, bağımsız malzeme taşıma sistemleri, değişim için uygun altyapı/planlama, bağımsız süreç planları
Çalışan esnekliği	Çok yönlü işçi, işgücünün sayısal esneklik/değişimi, part-time çalışanlar, fazla mesai/boş zaman
Kontrol	Taşıeron firma ile çalışmak, fazla teknoloji ve çalışan kapasitesi

2.4.1.2 Kısa ürün ve teknoloji ömürleri

Hızlı değişen pazar göz önünde bulundurulduğunda, ürün tedarikçisini hızlı bir şekilde karşılamak bu pazarda rekabet için temel teşkil eder (Upton, 1995). Kısaltılan ve belirsiz ürün ömrü firma için iki zorluk oluşturur. Birincisi, firma yeni ürün üretim ve tasarım için veya var olan bir değişime gitme için kullanılabilecek tüm yapabilirliklerini her zaman tetikte tutmalıdır. İkinci olarak ta, hızlı gelişim geleneksel adanmış üretim elemanları ve adanmış yazılım anlamında sınırlı bir ömre sahip olabilir ve yeni bir ürünün kullanılamamasına yol açabilir.

2.4.1.2.1 Yeni/geliştirilmiş ürün

Chen ve Everett (1991) ürün esnekliğini yeni ürün tanıtımı ve yeni/geliştirilmiş tasarım için talep değişikliklerini karşılama yeteneği olarak tanımlar.

2.4.1.2.2 Tedarik zinciri faktörü

Yeni ürün geliştirmek için tedarikçi ve distribütörlerle çapraz fonksiyonel ortak bir çalışma yapılması gerekliliğini ortaya konmuştur (Kara ve Kayis, 2004).

2.4.1.2.3 Donanım faktörü

Sistem için talep artışını karşılamak yeni veya tekrar tasarımı yapılan parça ehliyeti, makine esnekliği ve yüksek süreç esnekliğine sahip esnek üretim sistemleri EÜS, bazı değişimleri sağlar (Chen ve Everett, 1991).

CAD, CAPP, makine esnekliği ve malzeme taşıma esnekliği sisteminin üretim esnekliğini belirleyici etmenlerdir. Ek olarak, Sethi ve Sethi (1990) grup teknolojileri, hızlı alet ve esnek demirbaş etkilenmelerine değinmektedir.

2.4.1.2.4 Yazılım faktörü

Correa (1994) farklı fonksiyonların bütünleşme/birlikteliğinin yeni ürün tanıtımı için iletişim kanalları, organizasyon kültürü gibi altyapısal yeterlilikler kadar önemli olduğunu belirtmiştir. Jaikumar (1984) üretim esnekliğini kolaylaştırmak için sistematik öğrenme süreçlerinin önemine dikkat çeker ve Gerwin (1993), çalışanların istekli ve yeni operasyon süreçleri gibi konularda devamlı öğrenmeye açık olması gerektiğini eklemiştir. Yeni ürün belirlendiğinde kolaylıkla geliştirilebilir olarak tasarımı yapılmalı ve modüler sistem yazılımlarının kullanımı yaygınlaştırılmalıdır (Ranta, 1989).

Bu bölüm Çizelge 2.3’de özetlenerek gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 Kısa ürün ve teknoloji ömürleri için esneklik işleyişi ve sağlanan araçlar/teknikler

Malzeme taşıma esnekliği	Uygun plan ve taşıma araçları, AVG, genel amaçlı araçlar, ergonomi
Üretim esnekliği	CAD/CAM, CAPP, bütünleşik/beraberlik içeren çapraz fonksiyonlu takım çalışması (tedarikçi ve distrübütörler ile), grup teknolojileri, hızlı araçlama ve değişim, esnek teçizat
Makine esnekliği	İleri düzey parça/araç yüklemeleri, geniş yapabilirlik hacmi
Süreç esnekliği	Çok amaçlılık, adaptasyon, CNC makine merkezleri
Operasyon esnekliği	Uygun parça tasarımları
Çalışan esnekliği	Çok yönlü işçi, devamlı öğrenme ve istek
Kontrol	Etkin tahmin

2.4.1.3 Arttırılmış ürün çeşitliliği

Mümkün olduğunca çok seçeneği göz önünde bulundurulması ve müşterilere fazla sayıda seçenek sunulması halinde, arttırılmış ürün çeşitliliğinin ele alınması statik olarak görülmektedir. Fakat uyarlamalar ve farklılaştırmalar için müşteri taleplerinin karşılanması açısından, Narasimhan ve Das (2000) hızlı yanıtlamaların önemini ve ürünlerdeki küçük değişiklikler için kullanılan değişim esnekliği kullanımlarının önemine dikkat çekmektedir.

Yeni/geliştirilmiş ürün ortaya çıkarmanın dinamik esnekliği gibi iyi bir geniş ürün yelpazesine sahip olmasını sağlamak amacıyla sistemin statik esnekliğinde arttırılmış ürün çeşidi bağımlı gözükür.

2.4.1.3.1 Statik bakış açısı

Eğer müşteri talepleri doğrultusunda ürün uyarlamaları için dışsal bir gereksinim varsa, en önemli esneklik elemanı ürün yelpazesidir (Upton, 1995). Geniş bir üretim hattı sağlanması durumunda ve farklı pazar segmentlerine ulaşılması durumunda karma esnekliğin önemi artmaktadır (Kara ve Kayis, 2004).

Gerwin (1993), pazar tarafından kabul edilebilecek ürün çeşidi içerisinde bir belirsizlik varsa, farklı üretim hatları üretim sistemlerinin önemli bir maddesi haline gelebileceğini vurgulamaktadır.

2.4.1.3.2 Dinamik bakış açısı

Ürün çeşitliliği ile başa çıkabilmekteki önemli bir faktörde hızlı cevap verebilmektir. Bu durum kısa ürün ömürlerinde olduğu gibi ürün çeşitliliğinin dinamik bakış açısı içinde benzer yetenekler gerektirir.

Ürün çeşitliliği dinamik bakış açısı için uyum sağlayabilmek için bir çok durumda envanter bir tampon kadar iyi çalışır ve değişkenlik önemli bir esneklik elemanı olarak karşımıza çıkar.

2.4.1.3.3 Yazılım faktörü

Yazılım faktörü, hızlı hareket edilmesi gereken durumlarda yeni bir ürün geliştirilme ihtiyacı duyulduğu zaman, özellikle ürün çeşidinin dinamik esnekliği için önemlidir. Birçok yeteneğe sahip işçi ve devamlı öğrenen ürün / yeni ürün / geliştirme esnekliğini arttıran faktörlerdendir.

2.4.1.3.4 Donanım faktörü

Dinamik bakış açısı altında, bir firma kısa ürün ömrü gibi birçok durumla karşılaşabilir. Bu durumda ürün/yeni ürün/gelişim esnekliği, CAD/CAM, CAPP, tedarik zincirinde yer alan bütünleşme/ortaklık çapraz fonksiyonlu yardımlaşma konuları, GT, hızlı araç değişimi konularından yardım alır (Sethi ve Sethi, 1990).

Gerwin (1993), özelleştirilmiş ürün karakteristiklerine değinmiştir, müşteri taleplerinin yanıtlanmasını sağlamak için dinamik yeterlilikler üzerine odaklanmak için çapraz fonksiyonel tasarım ekibi ve CNC tezgahlarını kullanımından yararlanır.

Statik bakış açısı ve karma (üretim) esnekliği çeşitlilik ve uygun makine çeşitliliğine yüksek derecede bağımlıdır (Browne vd., 1984) ve yine malzeme taşıma sistemleriyle de arasında sıkı bir bağ bulunmaktadır (Sethi ve Sethi, 1990).

2.4.1.3.5 Modüler tasarım

Modüler tasarım etkin anlamda uyarlamaları karşılamak amacıyla kullanılmalıdır (Upton, 1995).

Bu bölüm Çizelge 2.4'te özetlenerek gösterilmiştir.

Çizelge 2.4 Ürün çeşitliliğinin dinamik ve statik bakış açısı için esneklik işleyişi ve sağlanan araçlar/teknikler.

Dinamik Bakış Açısı	
Üretim esnekliği	CAD/CAM, CAPP, bütünlük/beraberlik içeren çapraz fonksiyonlu takım çalışması (tedarikçi ve distribütörler ile), hızlı araç değişimi, CNC tezgahları
Çalışan esnekliği	Çok yönlü işçi, devamlı öğrenme
Malzeme taşıma esnekliği	Uygun plan ve taşıma araçları, AVG, genel amaçlı araçlar, ergonomi
Statik Bakış Açısı	
Karma/üretim esnekliği	Toplu makine ve malzeme taşıma esnekliği
Makine esnekliği	İleri düzey parça/araç yüklemeleri, geniş yapabilirlik hacmi
Operasyon esnekliği	Uygun parça tasarımları
Çalışan esnekliği	Çalışanların katkısı
Kontrol	Dış kaynağa dönüş, tahmin, modüler tasarım, stok ve yarı mamul

2.4.1.4 Kısaltılmış dağıtım zamanları

Müşteri gecikme zamanları, üretim gecikme zamanından bir alt seviyede ise veya müşterinin miktar ve sipariş zamanını değiştirmesi durumunda, dağıtım esnekliği müşteri beklentilerini karşılama yeteneğini artırır (Chambers, 1992). Rotalama esnekliği, hızlı bir şekilde yapılması gereken siparişleri karşılama yeteneğini artırır (tekrar rotalama yaparak dar boğazdaki operasyonlar yeniden planlanabilir).

2.4.1.4.1 Dağıtım esnekliği

Correa (1994) araştırmaları sonucunda, dağıtım esnekliğinin, karma esneklik gibi benzer üretim kaynaklarından yararlı hale geldiği sonucuna varmıştır. Yani, yüksek kapasiteli ve kısa ayar zamanlı makineler, çok yönlü işçiler ve bunlarla birlikte belirli altyapı kapasitesi kullanımları ayrıca hızlı dağıtım için stoklamayı ve fazla kapasiteyi kullanıp siparişleri sıralayarak problemlerin üstünden gelebileceğini belirtmiştir.

2.4.1.4.2 Tedarik Zinciri faktörü

Tedarik zinciri süreçlerini göz önüne alarak, Viswanadham ve Raghaven (1997) siparişlerin tedarik zinciri boyunca kritik olarak yeniden planlanması yeteneği üzerinde durmuşlardır. Gecikme zamanlarındaki ufak değişiklikler firmanın esnek olabilmesi için bazı gereklilikleri yerine getirebilmesini doğurur.

Bu bölüm Çizelge 2.5 'te özetlenerek gösterilmiştir.

Çizelge 2.5 Kısaltılmış Dağıtım süreleri için esneklik işleyişi ve sağlanan araçlar/teknikler.

Dağıtım esnekliği	Tedarik zinciri içinde düşük gecikme zamanları, tüm operasyonlarda gecikme zamanlarının değişiminin az olması, hızlı değişim yeteneği
Makine esnekliği	Kısa ayar süresi, geniş yapabilirlik aralığı
İşçi esnekliği	Fonksiyonel esneklik, çok yönlü işçiler
Rotalama esnekliği	Çok amaçlı makineler, çakışan işlemler, esnek yazılım

2.4.2 Üretim süreçleriyle ilgili faktörler

2.4.2.1 Makine aksaklık süreleri

Makine aksaklık durumları makinelerdeki diğer kısıtlamalar üretim süreçlerindeki belli başlı bir değişim sebebidir. Süreç elemanları ve kaynaklarının uygunluklarını etkileyen değişikliklerle başa çıkabilmek için sıradan bir yol fazla kapasite kullanımlarıdır. Correa'nın (1994) çalışmaları güvenilmeyen makinelere sahip firmaların fazla makineye sahip olduğunu göstermektedir.

2.4.2.1.1 Rotalama esnekliği

Durmalar karşısında alternatif bir yol; diğer işleri de yapabilen makinelere sahip olmaktır. Gerwin (1993), parça akışını ayarlayarak makine aksaklıklarını telafi edebilmeyi tekrar rotalama esnekliği olarak adlandırmıştır.

Sethi ve Sethi (1990) üst üste bindirilen süreçlerle operasyon esnekliği ve esnek malzeme taşıma sistemleriyle çok amaçlı makinelerin rotalama esnekliğini geliştirdiğini belirtmişlerdir.

2.4.2.1.2 Tampon ve kontrol

Tampon oluşumları ve kontrollere dikkat ederek firmalar dar boğaz kaynakları durumdaki stoktan fazla seçeneğe sahip olurlar. Taşeron veya tedarikçi, problemlerle başa çıkmak için kullanılabilir (Correa, 1994).

Bu bölüm Çizelge 2.6 'te özetlenerek gösterilmiştir.

Çizelge 2.6 Makine aksaklık sürelerinin karşılanması için esneklik işleyişi ve sağlanan araçlar/teknikler

Rotalama esnekliği	Çok amaçlı makineler, esnek yazılım
Operasyon esnekliği	Uygun parça tasarımı, taşeron ve tedarikçi kullanımları
Tampon ve kontrol	Çalışan eğitimleri, önleyici bakım

Yukarıda esneklik kavramı ve sınıflandırılmasıyla ilgili bilgiler derlenmiş olsa da literatürde bu konu hakkında hala bazı kavram karmaşıklıkları mevcuttur. Esneklik ve üretim sistemleri esnekliği konuları iyice ayırt edilememiştir. Araştırıldığında esneklikle ilgili yaklaşık 50 farklı tanım ve sınıflandırma ortaya çıkmaktadır. Bu durumu üç neden bağlamak mümkündür (Gupta ve Somers, 1992).

İlki, ilgili terimlerin kapsadığı alanların oldukça benzer özelliklere sahip olmasıdır. İkincisi, bazı terimler diğerlerinin toplanmış halidir ve üçüncüsü ise çeşitli yazarlarca kullanılan farklı tanımsal terimler çoğunlukla aynı şeyi ifade eder. Ayrıca üretim esnekliğinin soyut olmayan doğasında bu durumu daha karmaşık bir hale sokmaktadır.

Literatürde sıkça rastlanan ve birçok sınıflandırmanın özünü oluşturacak bir çalışmada Sethi ve Sethi (1990) tarafında yapılmıştır. Bu çalışmaya göre farklı esneklik türleri aşağıda açıklanmıştır.

Tezgah esnekliği

Tezgahın bir operasyondan diğerine geçişte yüksek maliyet veya çok fazla zaman gerektirmeksizin gerçekteştirebildiği operasyonların çeşitliliği ile ilgilidir. Uzun bir hazırlığa ihtiyaç olmadan aşınan ya da zarar gören takımları yerine koyma, takımların magazin içinde değiştirilmesi ve gerekli ekipmanları monte etme yeteneğidir. Bu esneklik, sistemin verilen bir parça setini üretmek için gerekli olan değişiklikleri gerçekteştirme kolaylığı olarak ta özetlenebilir.

Malzeme taşıma esnekliği

MTS' nin parçaların yüklenmesi-boşaltılması, tezgahlar arasında taşınması ve imalat tesisinin çeşitli şartları altında depolanmasını içerecek, farklı parça türlerini tüm imalat tesisi genelinde, verimli bir şekilde hareket ettirme yeteneği olarak tanımlanır. Malzeme taşıma esnekliği tezgahların üretkenliğini arttırabilir ve ürün alma zamanını kısaltır.

Operasyon esnekliği

Bir parçanın farklı yöntemlerle üretilme yeteneğidir. Operasyon esnekliği uygulamada parça planlama kolaylığı sağlar ve özellikle de tezgah güvenilirliklerinin düşük olduğu durumlarda tezgah kullanımını arttırır.

Süreç esnekliği

Bir işi bitirmek için gerekli adımları değiştirme yeteneğidir. Bu, tezgah kombinasyonlarını kullanarak, bir kaç işin sistemde tamamlanabilmesine olanak sağlar. Süreç esnekliği, sistemin donanım ve takım bozulması gibi nedenlerden dolayı parça işlemede oluşabilecek değişimlere adapte olabilmesidir. Bu tip değişimlere sistemin tam olarak cevap vermemesi büyük miktarlarda süreç içi stok ile sonuçlanır. Bu stok, işlenecek parçaların maliyeti ya da bekleme süresi ile orantılıdır. Eğer cevap hızı yeterli ise süreçteki bekleme maliyeti azalır.

Ürün esnekliği

Üretim sistemlerinin ürün karışımındaki değişimlere adapte olabilme yeteneğidir. Başka bir deyişle, tanımlanmış bir parça yelpazesi içinde yeni bir ürünü ekonomik ve çabuk bir şekilde üretme yeteneğidir. Ürün esnekliği firmanın pazara yeni tasarlanmış ürünleri çabucak sürmesini imkan tanıyarak, firmanın pazarın ihtiyaçlarına cevap vermesini kolaylaştırır.

Rotalama esnekliği

Bir üretim sisteminde bir parçayı tüm sistem dahilinde alternatif rotalarla üretebilme yeteneğidir. Rotalama esnekliğinin amacı, beklenmedik tezgah arızaları durumunda, nispeten düşük bir hızla da olsa verilen bir parça türü grubunu üretmeye devam etmektir. Bu kavram tezgah yüklerinin geliştirilmiş dengelenmesi yoluyla parçaların verimli bir şekilde programlanmasına olanak sağlar.

Hacim esnekliği

Bir üretim sisteminin tüm çıktıları seviyelerinde karşı bir şekilde çalıştırılma yeteneği olarak tanımlanıp, fabrikanın üretimini geniş bir aralıkta ve minimum maliyetle ayarlamasına imkan sağlar.

Genişleme esnekliği

Bir üretim sisteminin ihtiyaç duyulduğunda kapasitesini arttırmak için gereken tüm çabanın gösterilme derecesidir. Başka bir deyişle, sistemin kapasite artışı ya da ürün alanındaki bir değişimi karşılama yeteneğidir. Genişleme esnekliği işlemlerin süresini kısaltır ve yeni ürünler, eklenen kapasite açısından maliyetleri azaltır.

Program esnekliği

Yeterince uzun bir süre için sistemin kendi kendine çalışma yeteneğidir. Program esnekliği, tahsis edilen zamanları azaltarak, muayeneleri iyileştirerek ve daha iyi alet ve ekipmanlar sağlayarak tüm zamanlarda azalma sağlar.

Üretim esnekliği

Üretim sisteminin ilave bir sermaye yatırımı gerektirmeksizin yeni ürünler üretme yeteneği olarak tanımlanıp, kısa bir zaman periyodu içinde ve azaltılmış bir maliyetle yeni ürünlerin sisteme girme stratejisini ifade eder. Üretim esnekliği tezgahların çeşitliliği ve çok yönlülüğu, malzeme taşıma sistemlerinin esnekliği ve fabrika bilgi ve kontrol sistemlerinin esnekliği gibi bir kaç faktöre bağılıdır.

Pazar esnekliği

Üretim sisteminin, pazar çevresinin değişimlerine adaptasyon kolaylığı olarak tanımlanır. Bu, firmanın fazla etkilenmeksizin pazar değışikliklerine cevap verebilmesini sağlar.

3. HACİM ESNEKLİĞİ

Literatürde hacim esnekliğinin önemi geniş bir şekilde tartışılmıştır. Hayes ve Whellwright (1984), endüstride hacim esnekliğinin, çabuk bir şekilde üretimi hızlandırmak veya yavaşlatmak ve talepleri karşılayan hızlı dağıtım gibi siparişleri temin etmenin gerekliliğini ortaya çıkartmaktaki önemini belirtmişlerdir. Vickery vd. (1999) firma performansı ve tedarik zinciri esnekliği arasındaki ilişkiye değinmektedirler. Yazarlar birçok esneklik türü üzerinde çalışmışlar ve hacim esnekliğinin önemine dikkat çekmişlerdir. Hacim esnekliği, finansal performans ölçümleri ile karşılıklı bir ilişki içindedir, pazar payını ve pazar payı büyüme oranıyla ilişkilidir. Bununla birlikte, bu konudaki deneysel tecrübenin azlığı birçok cevapsız soruyu ortaya çıkarmaktadır: hacim esnekliği nedir ve ne zaman gerekir, nasıl uygulanır?

3.1 Hacim Esnekliğinin Tanımlanması

Son 20 yıl içerisinde, birçok yazar üretim ve operasyon yönetiminde hacim esnekliği kavramı için tanımlamalar önermiştir. Bu tanımlamalardan literatürde kendini kanıtlamış ve birçok kez referans gösterilmiş olan bazılarına bu bölümde yer verilmiştir.

Slack (1983) hacim esnekliğini, toplam çıktı seviyelerin değiştirebilme yeteneği olarak tanımlamaktadır.

Suarez vd. (1991) hacim esnekliğini, kalite ve verimde herhangi bir zararlı etki olmaksızın üretim hacimlerini değiştirebilme yeteneği olarak tanımlar.

Hyun ve Ahn (1992) hacim esnekliğinin çevresel bir bakış açısı ile ele alır ve üretimi çabuk bir şekilde hızlandırma, talebi karşılamak ve hızlı dağıtım için sipariş yeteneği, farklı üretim hacimlerinde kazançlı bir şekilde işlem yapabilme yeteneği olarak tanımlamaktadırlar.

Gerwin (1993) hacim esnekliğini, bir üretim sürecindeki toplam üretim miktarı içindeki değişiklikleri ile avantaj sağlama olarak tanımlamaktadır.

Upton (1995) hacim esnekliğini, sistemin geçiş aksaklıkları veya yüksek performans sonuçlarına maruz kalmadan adapte olduğu değişim miktarı ve toplam çıktı seviyelerindeki dalgalanmalar olarak tanımlar.

New (1996) çalışmasında “bir fabrikanın hacim esnekliği gün/hafta/ay/yıl bazında fabrika çıktı hacminin karşılayabileceği yüksek aralıkla ve birim maliyet karakteristiklerindeki çıkış değişikliklerine etkisi ile ilgilidir” demektedir.

Amitabh ve Eric (2001) üretim esnekliğini, bir organizasyondaki sosyo-ekonomik durumların değişikliği veya en az bozulma karşılığı içindeki miktar seviyelerindeki değişiklik olarak tanımlar.

Shibsankar vd. (2004) hacim esnekliğini, pazar taleplerindeki değişiklik doğrultusunda üretim oranını ayarlama yeteneği olarak tanımlar.

Jiri vd. (2006) hacim esnekliğini kısaca üretim hacmini değiştirebilme yeteneği olarak tanımlar.

D'souza ve Willams (2000) hacim esnekliğini tanımlamak için iki eleman belirlemişlerdir: aralık ve değişkenlik. Hacim esnekliği için aralık elemanı, kar için çalışan bir fabrikadaki çıktı hacminin aralığı olarak tanımlanmaktadır. Hacim esnekliğindeki değişkenlik elemanı ise, çıktı artışı veya düşüşü için zaman gereksinimi ve çıktı hacminin yükseltilmesi veya düşürülmesi için gerekli maliyet olarak tanımlanır.

Bu açıklamalardan açıkça görülmektedir ki birçok yazar hacim esnekliğini bir firmanın üretim çıktıları ve hacimlerindeki değişiklik yeteneği olarak tanımlamaktadır. Bu teori hacim esnekliğinin sadece kapasite durumuna bağımlı olduğunu gösterir gibi gözükse de tüm tanımlamaların altında masrafların varlığı yer almaktadır.

Normalden daha fazla üretim hacmi, çalışanlar için fazla mesai veya ek makine ihtiyaçlarında artışa neden olabilir. Bu çalışmada adı geçen birçok yazar bu konuya değinmektedir. Örneğin Hyun ve Ahn (1992) hacim esnekliği içinde karlılık terimine şu şekilde yer vermişlerdir: “hacim esnekliğine sahip firma farklı üretim seviyesi gereksinimlerinde karından ödün vermeyecektir”.

Bu nedenle hacim esnekliği gibi bir kavram tanımlandığında, bir endüstri içinde, rekabetle ilgili tüm kriterler üzerinde durmak zorunlu bir hal almaktadır. Örneğin, farklı endüstri alanlarında rekabet kriteri olarak kabul edilen kalite ele alındığında, firma ürünün kalite seviyesinden ödün vermeden hacim esnekliğini uygulamalıdır. Slack (1983) çalışmasında:

“... Tüm performans ölçümleri her operasyon için eşit olmaz.”

“... Göreceli önemleri, pazar içinde durumu rekabetçi karakteristikler ve daha da önemlisi, firmanın içinde durumunu seçme yolu tarafından tanımlanır”

şeklinde belirtmektedir.

Oke (2003) yukarıda yer alan hacim esnekliği tanımlamalarına rekabet şartlarını da ekleyerek hacim esnekliğini şu şekilde tanımlamıştır:

Hacim esnekliği, çıktı seviyelerini mevcut ürüne ve zamana göre masraflarda ve diğer üretim kriterlerinde kabul edilemeyen herhangi bir etki olmaksızın değiştirebilme yeteneğine sahip bir üretim sistem kabiliyetidir.

Litratürde tanımlamalar ve sınıflandırma geliştirmeleri üzerine birçok çalışma bulunurken, temel sorun bir üretim alanında kapasitenin arttırılmasının gerekip gerekmediğidir.

Slack (1983) üretim alanları içinde esnekliğin tüm formları için gereksinimin genel ticaret dalgalanmaları sayesinde arttığını belirtmiştir. Özellikle son yıllarda gelişen pazar şartları ve müşteri taleplerini karşılamada görülen rekabet stratejileri, üretimin tam zamanında ve müşteri istekleri doğrultusunda yapılmasını gerektirmekte ve bu da esnekliğin gereksinimini bir kademe daha arttırmaktadır. Firmalar ise, esnekliği gerçekleştirme yolunda onlara yardımcı olan destekleyici altyapı oluşumları için giderek daha endişeli bir hal takınmaktadırlar (Upton, 1995). Ancak bu durumdaki firmaların bazıları esneklik gereksinimlerini doğru bir şekilde değerlendirememektedir. Örneğin, Jaikumar'ın (1984) yapmış olduğu ABD ile Japonya firmalarını karşılaştırmalı olarak değerlendiren bir esnek üretim sistemi çalışmasında, ABD'deki bazı firmaların esneklik uygulamalarında, Japonya'daki örnekleriyle karşılaştırıldığında uygulama sonucunda daha fazla esnek olmayan operasyonlarla karşılaştığını belirlemiştir. Ayrıca, bu sonuçların uygulamalardaki yöneticilerin esneklik gereksinimlerini tam olarak değerlendiremediğini ortaya çıkardığı sonucuna varmıştır. Bu bağlamda esnekliği basitçe değerlendirmenin yararlarından çok zararları olduğu ve esnekliğin kesinlikle dikkatli bir şekilde planlanması, uygulanması ve yönetilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu aşamada diğer bir sorun esnekliğin yürütücülerini belirlemektir, yürütücülerin veya uygulayıcıların belirlenmesi uygun esneklik stratejilerinin belirlenmesini kolaylaştıracaktır.

3.2 Hacim Esnekliğine Sahip Bir Firma Yaratmak

Hacim esnekliği, bir organizasyonda değişen sosyo-ekonomik koşullar altında minimum aksama ile hacim seviyelerinde ihtiyaç duyulan değişimleri çabuk bir şekilde karşılanmasını sağlar. Firma hacim esnekliğine cevap veren bir yapı oluşturmak için değişim stratejilerini belirli bir plana göre oluşturmak zorundadır. Bu yapı fazla mesai ve geçici işçiler, çapraz çalışan işçiler, tamamlayıcı ürün portföylerinin geliştirilmesi, tedarikçiler ve müşterilerle çıktı hacimleri konusunda anlaşabilecek kadar iyi tahmin ve planlama sistemlerini içerir. Bunlar

belirlenirken firma hacim esnekliği bakış açısıyla bazı seçimleri yapmalıdır. Bu seçimlerin nasıl yapılacağı farklı ihtiyaç ve yapabilirliklerin nasıl yarar sağlayacağı açık değildir. Bu aşamada bazı temel sorulara yanıt verilmesi gerekir.

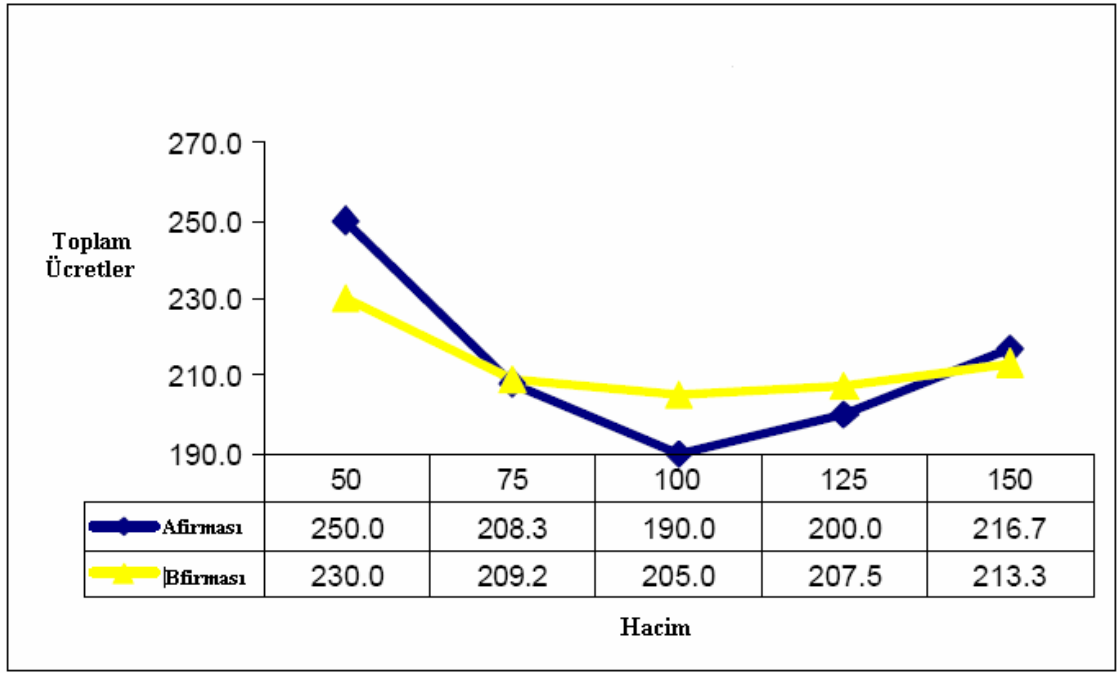
- 1) Hacim esnekliğinin stratejik değeri nedir ve neden ihtiyaç duyulur?
- 2) Firma etkin olarak planlanan tampon seviyelerinde hacim esnekliğini nasıl arttırabilir?
- 3) Hacim esnekliğinin doğasında herhangi bir özel durum söz konusu mudur?

3.3 Bir Firma Neden Hacim Esnekliğine İhtiyaç Duyar?

Esneklik, tanımlanması kolay olduğu kadar uygulanması bir o kadar zor bir kavramdır. Daha önce de tanımlandığı gibi farklı yapı ve tipteki esneklik tanımlarına literatürde rastlamak mümkündür. Birçok tanımın ortak noktası olarak farklı çıktı seviyelerindeki kazançlı bir şekilde üretim yapabilme yeteneği gözükmemektedir.

Böylece, hacim esnekliği firmanın mevcut ürün ve servislerinde etkin şekilde dalgalanma gösteren çıktı seviyeleriyle ilgili bir firma yeteneği olarak karşımıza çıkar. Suarez vd. (1991) hacim esnekliğinin farklı bir dinamiğinin bulunduğunu belirtmişlerdir. Hacim esnekliği bir firmaya, etkin olarak müşteri taleplerini cevaplamak için toplam üretim seviyelerinde alçalma ve düşmelere izin verir (Hayes ve Wheelwright, 1984). Yine, hacim esnekliği bir firmaya yüksek seviyedeki ani talep artışı durumunda stok sorununu (stoktaki mevcut ürünün talebi karşılamaması) önleyerek firmanın dağıtım güvenilirliğini sürdürmesini sağlar. Tam tersi bir durumda ise yani talebin ani düşüşü durumunda hacim esnekliğine sahip olan bir firma, aşırı envanter ve /veya üretim kapasitesi ile karşı karşıya gelmeyecektir.

Eğer firma, çıktı hacim seviyelerinin değışmesi durumunda küçük ücret dalgalanmalarına sahipse, hacim esnekliğinin temel alış-veriş gereksinimleri bakımından esnek bir hale gelmektedir (Amitabh ve Jack, 2001). Bir örnekle açıklamak gerekirse, Şekil 3.1’de yer alan B firmasının minimum ücreti (2,5/birim), A firmasından (1,9/birim) daha yüksektir fakat memnun edici ücret fonksiyonu, çıktı aralığı dışındadır. Açıkça görölmektedir ki, B firması A firmasından daha az ceza yaptırımına maruz kalmakta (en uygun çıktıdan ayrılması durumunda) ve daha fazla hacim esnekliğine sahip olmaktadır.



Şekil 3.1 Hacim değişmesi durumunda toplam ücretler (Amitabh ve Jack, 2001).

Şekil 3.1'deki hacim seviyelerinde değişimlerin farklı yanıt fonksiyonları, 2 firma tarafından kullanılan farklı üretim teknolojileri ve operasyon politikaları tarafından oluşturulmuş olabilir. Bu örnekte, B firması daha az adanmış donanım ve belki daha fazla işçi odaklı teknoloji kullanarak hacim esnekliği bakımından daha iyi bir seviyeye gelmiş olabilir.

3.4 Esnek Üretim Nasıl Gelişir?

Üretim fonksiyonlarının stratejik önemi, son yıllardaki uluslararası rekabet ortamında son dönemdeki yönelimlere odaklanarak yenilenmek ve gelişmek olarak tanımlanabilmektedir. Tam Zamanında üretim, bir çok alanda esnekliğe imkan veren bir yapı içerir. Esneklik konusu karmaşık bir yapıya sahiptir, stratejik yatırım planlarına sıkı sıkıya bağlı ve aynı zamanda operasyon seviyesindeki tekil üretim faktörüyle ilgilidir. Daha geniş bir ürün faaliyet alanı gereksinimi ve kısa ömürlü ürüne doğru yönelişler üretim stratejisi içinde esneklik için öncelikli faktörler arasında yer almaktadır (Nilsson ve Nordahl, 1995). Böylece, üretim sistemlerindeki esneklik önemli bir konu haline gelmiştir ve gelecekte de daha önemli bir noktaya gelmesi beklenmektedir.

Esnekliği analiz etmek için, esneklik konseptinin arkasında yatan fenomen ortaya çıkarılmalıdır. Esneklik konsepti farklı kişiler için farklı anlamlar ifade edebilir ve bu anlamlar literatürde birçok bakış açısı altında tartışılmıştır. Birçok yazar esnekliğin temel noktası olarak belirsizliğe odaklanmışlardır. Slack (1987) ürün, süre ve sistemin içinde yer alan

diğer aktivitetleri esnekliğin gereksinim faktörleri olarak tanımlamaktadır.

Üretim esnekliğine katkıda bulunan birçok faktör faaliyet alanı içinde sınırlandırılmıştır. Literatürde yer alan bazı önermeler şu şekildedir:

- Üretim esnekliği üzerine bir çok makale farklı esneklik tiplerinin genel sınıflandırıldığı sistemleri içerir (Browne vd., 1984, . Narasimhan ve Das, 2000). Böylece, sınıflandırmalar göz önünde bulundurulmadan esnekliğin nasıl uygulanacağı konusu önemli değildir (D'Souza ve Williams, 2000).
- Çoğu kez, literatürde birçok yazar üretim sistemleri esnekliğini geliştirmek için yukarıdan aşağıya bir bakış açısı kullanımının gerekliliğini varsayar (Slack, 1983, Skinner, 1985). Halbuki üretim sistemlerinde çoğu zaman atlanan aşağıdan yukarı bir bakış açısı, esnekliğin asıl potansiyelini kullanabilmek için önem kazanır (Nilsson ve Nordahl, 1995).
- Birçok yazar tepkisel yanıtlamalar için esneklik kullanımı üzerinde durmaktadır (Skinner, 1985, Jaikumar, 1984). Rekabetçi bir avantaj kazanmak için önceden yapılan tahminlerle bir proaktif yanıt olarak esneklik kullanımı ve buna öncülük eden pazar genellikle ihmal edilmiştir (Nilsson ve Nordahl, 1995).

Esneklik konsepti arkasında yer alan fenomeni keşfetmek için esneklik gereksinimleri sınıflandırma sistemlerinin ötesinde incelenmelidir. Firmadaki sorunlarla ilgili esneklikleri karşılamak için bir sistemleştirme, yöneticiler için yararlı olabilir.

Bu bölümlerde üretim sistemlerinde kaynak karakteristiklerinde nasıl tutarlılık elde edileceğini gösteren üretim esnekliği için bir yapı kullanılmıştır. Bu yapı birleşik karar verme bağlamında Tam Zamanında üretim felsefesi altında üretim esnekliğinin nasıl analiz edileceğini ve geliştirilebileceğini gösterir.

Üretim fonksiyonları için başlıca önemli faktör esneklik konseptidir. Porter (1985) firmalar için stratejik bir bakış açısı sunmuş ve bir değer sistemi konsepti geliştirmiştir. Değer sistemi, tedarikçiler ile firmayı ve ileriye doğru ise müşterileri birbirine bağlar. Porter (1985), tedarikçilerin tedarikçilerine ve müşterilerin müşterilerine sahip olduğunu belirtmiştir. Bu bakış açısı tüm firma üzerinde değerlendirildiğinde bir değer zinciri oluşturur. Firmanın amacı bu değer sistemi ile değer zincirini sıraya koymak ve birbirlerine bağlamaktır (Nilsson ve Nordahl, 1995).

Üretim içinde stratejik yönetimin rolünü açıklayan kavramsal bir yöntem Hill (1985) tarafından ortaya atılmıştır. Model, beş adımda, pazar stratejisi için ortaklık konularını, üretim stratejileri için nitelik kazandıran ve sipariş alınmasına yol açan kriterleri birbirine bağlar. Üretim stratejileri 2 parçadan oluşur: süreç seçimi ve altyapı. Model içindeki adımlar ardı

ardına gelmese de tekrarları içermez. Nitelendirme ve sipariş kriteri pazar beklentilerini tanımlar. Kriterlerin belirlenmesi firma tarafından pazarda kalabilmek için önem kazanır. Öncelikle kriterler belirlenmeli, daha sonra üretim sipariş adımlarına dönülmelidir ve bunlar herhangi bir başka firmadan daha iyi şekilde yapılmalıdır. Hill (1985), üretim fonksiyonlarının önemini belirlemiş ve üretim stratejilerinin ortak stratejik süreçlerin ayrılmaz bir parçası olduğunu vurgulamıştır.

Chambers (1992), Hill (1985) tarafından taslağı oluşturulan farklı tiplerdeki üretim stratejisi mertebesinde ilişkilendiren basit bir analitik yapı sunmuştur. Bu yapı farklı tipler arasında esnekliğin herhangi bir belirli değişim tarafından cazip kılınabileceği fikrine karşı çıkar. Esnekliğin sekiz çeşidi tanımlanmıştır ve üretim stratejilerinin esneklik konusuna nasıl entegre edilebileceği gösterilmiştir (Chambers, 1992).

Stratejik ve üretim stratejileri seviyesinde, bu yapılar faydalı olacaktır. Fakat çok az yazar üretim içinde bu yapıların nasıl işlevsellik kazanacağı konusuna değinmiştir. Bu aşamada Nilsson ve Nordohl (1995) tarafından sunulan ve Tam Zamanında üretim sistemlerinde uygulanabilen yapı bu konudaki esikliği gidermektedir.

Bu yapı yöneticilere, esneklik terimi içinde nasıl bir üretim stratejisi izleyecekleri gibi konularda yol gösterici olarak yararlı olmaktadır. Üretim sistemleri, üretim kaynakları ve firmanın tüm stratejisi arasında tutarlı bir biçimde desteklenmelidir. Ayrıca, pazar talebi ve müşteri gereksinimleri gibi firma çevresiyle bağlantılı konuları da dikkate almaktadır.

3.5 Yapının Kurulması

Yapının kurulması ve çehresinin oluşturulması adım adım gerçekleşmektedir. Oluşturulacak olan yapı, üretim bakış açısı içinde Tam Zamanında üretim sistemlerinde esnekliği etkin kılacak somut bir düşünce içinde yer alır. Model oluşturulmaya başlangıç noktası olarak kabul edilen girdi-değişim-çıkış (input-transformation-output, ITO) modeli ile başlanır. ITO modeli Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Bu model tedarikçilerden gelen malların değişim geçirerek müşterilere ulaştırılması prensibini tanımlar. İç ve dış faktörler arasında açık bir fark oluşmaktadır (Nilsson ve Nordahl, 1995).



Şekil 3.2 Girdi-değişim-çıktı (input-transformation-output, ITO) modeli (Nilsson ve Nordahl, 1995).

Dış esneklik tabiri, firma ve firmanın dış bağlantıları arasındaki ilişkiyi temel alan esneklik konularını tanımlamak için kullanılır. İki tip dış esneklik vardır: birincisi, firma ve müşterileri arasında tanımlanan çıktı esnekliği, diğeri ise firma ve tedarikçileri arasında tanımlanan girdi esnekliği.

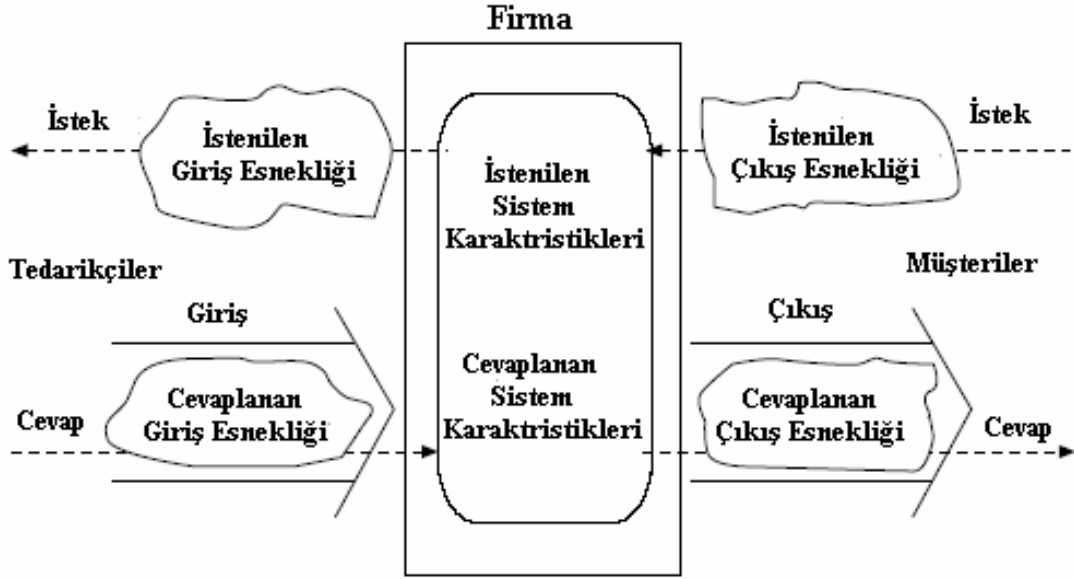
Bu bağlamda 4 farklı tip dış esneklik tanımlanabilmektedir: Ürün esnekliği, hacim esnekliği, karma esneklik, dağıtım esnekliği. Esneklik daha öncede belirtildiği gibi birçok farklı şekilde sınıflandırılabilir. Yöneticiler tarafından seçilen sınıflandırma yapısının kullanılması ve firmanın esneklik sorunlarının çözülmesinde ikincil bir önem arz eder.

Firma sınırları içinde tanımlanan esnekliğe iç esneklik adı verilir. Ancak, firmanın kontrol edilebilen iç bölümü veya tamamıyla kontrol edilemeyene dış bölümü arasında belirgin farklar oluşturmak için bazı terimler kullanılmaktadır. İki seviye tanımlanmış olup bunlar: sistem seviyesi ve kaynak seviyesidir.

Firmalar tarafından, sınırları dahilinde, kontrol edilebilen karakteristikler firma tarafından kontrol edilemeyen firma dışı sorunlardan açıkça ayırt edilmiştir. Üretim sisteminin karakteristikleri, dış esneklik ile bir uyum sergilemelidir.

Diğer bir açıdan, karakteristikler, dış esneklik taleplerini yerine getirmek için firmanın üretim yeteneğini nasıl uygun hale getirebildiği sorununun cevabını karşıladığı süreç zarfında dış esneklik, müşterilerin tedarikçilerden ne talep ettiği ve tedarikçilerin ne tedarik edebildiğidir.

ITO modelinin bilgi akışıyla eklendiği cevap esnekliği (tedarikçilerin müşteriye ihtiyaçlarını tedarik etmesi), istek esnekliği (müşterilerin tedarikçilerinden talep etmesi), dış esneklik ve üretim sistemi karakteristikleri arasındaki farkla birleştirilerek, Şekil 3.3'te görülen iskelet yapının ilk bakış açısı elde edilmiştir.



Şekil 3.3 Yapı içindeki bilgi akışı (Nilsson ve Nordahl, 1995).

Firmadaki talep bilgileri pazar ve firma talep yönünde meydana gelir. Eğer sunulan üretim süreçleri izin verirse, talebin cevabı üretim yönünde gerçekleşir. Eğer cevap verebilmek mümkün değilse, firma üretim süreçlerini mutlaka yeniden yapılandırmalıdır. Benzer bir şekilde, firma ve tedarikçileri arasındaki ilişki karşılıklı adaptasyonlara öncülük eder ve sabit bir bilgi akışını beraberinde getirir.

Bunun ne sık sık uygulanabilmesi, ne de istekleri tamamıyla karşılaması mümkündür. Eğer pazar hızlı değişimler sergiliyorsa niteliklerindeki ve talep alım kriterlerindeki değişiklikler firmayı pazar dışında zorlayabilir. Firma çevresi sabit bir akış içerisinde.

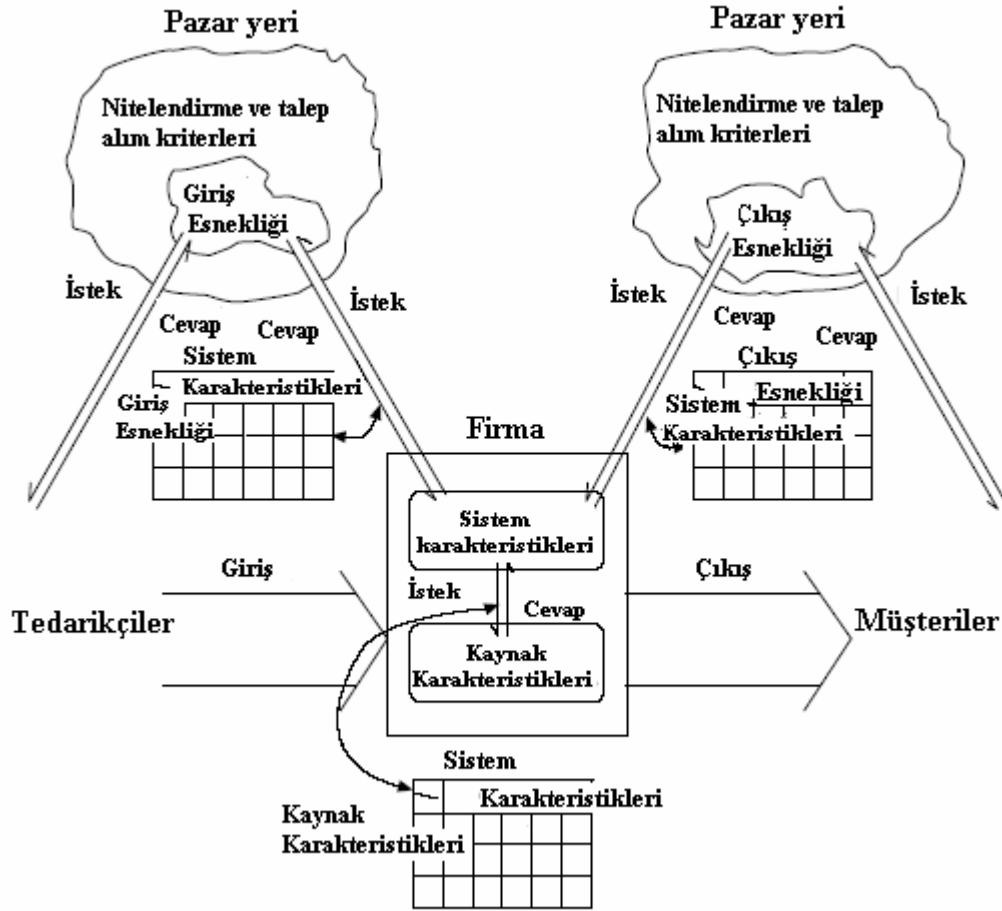
Bu nedenle proaktif bir bakış açısı yararlı olabilir. Firma önceden yapılabilen tahminler sayesinde rekabetçi avantajlar kazanabilir ve böylece talep yaratılır.

3.6 Yapının Oluşturulması

Dış seviye ve iki iç seviyenin birleştirilmesiyle, iskelet yapı 3 farklı seviyede meydana gelir:

- 1) Stratejik, girdi ve çıktı esneklikleri firma ve tedarikçileri/müşterileri arasında kendine yer bulur.
- 2) Üretim sistemi, üretim sistemi karakteristikleri taktiksel seviyede tanımlanır.
- 3) Üretim kaynakları, kaynak karakteristikleri operasyonel seviyede tanımlanır.

Bir seviyeden diğere dönüşüm bir değışim matrisi yolu ile yapılabilmektedir. Üç değışim matrisi Şekil 3.4'te tanımlanmıştır. Matrisler, farklı seviyelerdeki esneklik uyumlarının oluşturulması için kullanılır. Fakat her halükarda matematiksel değışildirler. Yine de, firma operasyonlarında stratejinin belirlenmesinde rol oynarlar. Aşağıdan yukarı veya yukarıdan aşağı bakış açıları'nın kullanımına bağlı olarak matrisler istek veya cevap verme üzerine yoğunlaşabilir. Matris fonksiyonları, yine, Şekil 3.4'te görülebilmektedir.



Şekil 3.4 İskelet yapı (Nilsson ve Nordahl, 1995).

Farklı seviyelerdeki esneklik örnekleri ve ilişkileri Tam Zamanında üretim sistemi çerçevesinde şu şekilde örneklendirilebilir:

Kısa kurulum zamanları ve çok fonksiyonlu işçiler (kaynak karakteristikleri), küçük partiler (sistem karakteristiği) halindeki üretimi olanaklı hale getirir. Bu da üretimde geniş ürün çeşitlerinin (çıkış esnekliği) elverişli duruma gelmesini sağlar.

3.7 Yapının Kullanılması

Gerçekte, firmalar üretim kaynakları kullanımını gelecekteki olabirlikler çerçevesindeki tahminleri doğrultusunda yaparak, etkin hale getirmelidirler. Bu nedenle, yukarıdan-aşağı veya aşağıdan-yukarı görüş açılarında iskelet yapı üretim sistemlerindeki asıl yapabilirliklerin kullanımında uyumludur.

Bir firma, analizlere başladığında herhangi bir başlangıç noktası seçilebilir. Zincir halkaları tamamıyla birbirine bağlıdır. Bu nedenle analiz tekrarlanan bir yapı haline gelir. Tüm parçalar analiz edildiğinde, ikinci adımda kolaylık sağlamak için tekrar işletilen süreç önceki adımlardaki değişiklikleri gerektirmektedir. Mevcut esneklik durumunun belirlendiği durumlarda, faydalı bir bakış açısında eksiklik metodolojisi olabilir. Gerekli duyulan esneklik durumu belirlenir ve sonuçta var olan eksiklikler tanımlanarak azaltılmaları için gereken eylemler gerçekleştirilir (Nilsson ve Nordahl, 1995).

Müşteri kaynaklı esneklik talebi esneklik kavramı için önemli bir faktördür. Bu nedenle pazarın, analizin başlangıç noktası olarak alınması uygun olacaktır. İlk olarak, çıkış esnekliği ve sistem karakteristikleri arasındaki karşılıklı dayanışma ortaya çıkarılmıştır (Nilsson ve Nordahl, 1995). Bir sonraki adımda, sistem karakteristikleri ve kaynak karakteristikleri arasındaki karşılıklı dayanışmanın analiz edildiği noktalardaki değişim süreci incelenmiştir.

Sonuç olarak, sistem karakteristikleri ve çıkış esneklikleri arasındaki karşılıklı işbirliği gözden geçirilmiştir.

3.7.1 Çıktı karakteristiklerinden sistem karakteristiklerine dönüşüm

Bir firma için en önemli şey, piyasa eğilimlerini yakından takip etmek ve üretim stratejilerini değişen piyasa tercihlerine göre ayarlamaktır. Daha da önemlisi, firmanın, piyasa eğilimlerini belirlemek için çabalayabilmesi ve piyasayı yönetebilmesidir. Piyasa dinamikleri, nitelendirme ve talep kazanım kriterlerine yansır. Bir firmanın tüm bu değişimleri gerçekleştirebilmesi için esnek olması gerekmektedir.

Pazarın nitelikleri ve sipariş alım kriterleri belirlenir ve firmanın gelecekteki farz edilen gereksinimlerini karşılayan esnekliklere dönüştürülür (Nilsson ve Nordahl, 1995). Böylece çıkış esnekliklerine ihtiyaç duyulmasının doğal durumu ve seviyeleri tanımlanır.

Firmanın dönüşüm sürecinin sistem seviyesinde seçilen esneklikleri, sistem karakteristiklerine dönüştürülür. Bu sürecin taslağı, çıktı esneklikleri ve sistem karakteristikleri arasındaki ilişkiyi analiz eden matris, Çizelge 3.1'te gösterilmiştir. Matrislerde verilen esneklik ve

karakteristikler iskelet yapının daha iyi bir şekilde anlaşılması için Nilsson ve Nordahl (1995) tarafından tanımlanan esneklik ve karakteristik tiplerine yer verilmiştir. Bu esneklik ve karakteristik tipleri her firma için farklılıklar gösterebilmektedir. Şekildeki (^a) seçilen çıkış esneklikleri ve tanımlamalarının firma içinde birbirine bağımlı olduğunu, (^b) ise her kare içindeki sonucun bağdaştırıcı bir özelliği (örnek olarak, istenilen dağıtım esnekliğine sahip olunması daha hızlı bir üretim yanıtının oluşmasını sağlar.) bulunduğunu belirtir.

Çizelge 3.1 Çıkış esneklikleri ve sistem karakteristikleri arasındaki ilişkiyi analiz eden matris (Nilsson ve Nordahl, 1995).

Sistem Karakteristikleri	Çıkış esneklikleri ^a	Ürün Esnekliği	Karma Esneklik	Hacim Esnekliği	Dağıtım Esnekliği	Sonuçlar
Kapasite						
Parti Büyüklükleri				b		
Üretim Gecikme Zamanları						
Sonuçlar						

İskelet yapı bir yukarıdan aşağıya bakış açısında kullanıldığı zaman, bir pazar talep fonksiyonu olarak üretim sistemini tanımlayan süreçleri desteklemek için bir matris kullanılır. Matriste bulunan etiketler önceden tanımlı değildir ve her firma için farklılık gösterir. Bu bir firmada, esneklikleri ve kritik öneme sahip sistem karakteristiklerinin belirlenmesinin ilk adımıdır. Bu süreç, kendi içinde, firma bünyesinde yöneticilerle üretim esnekliğinin kavramlaştırılmasını bir sıraya koyacaktır.

Bundan sonra, çıktı esnekliklerini sistem karakteristiklerine çevrim süreci başlar. Bu, her bir kritik sistem karakteristiğinin yerini alacak esneklik seviyesine karar veren ve her esneklik içinde işlevselliği koruyan bir bakış açısıdır.

Bunun yanında, ek sistem karakteristiklerinde tanımlanabilir. Ama bu çalışmada sadece bazıları listelenmiştir. Her kare bağımsız olarak analiz edildiğinde çıktı esnekliklerinin üretim sistemindeki mevcut sistem karakteristiklerine toplam etkisini belirlemek için oluşturulan matris yatay olarak analiz edilebilir. Esneklikler, sistem karakteristiklerin farklı talepleri karşılayabilir. Bu talepler, her bir sistem karakteristiğinde fikir birliğine ulaşmak için düzeltiler. Bu düzenleme, istenilen bazı esneklik tipi seviyelerinde diğer esnekliklerin sonuçlarını etkisiz hale getirmek için, esneklik seviyelerinin etkisi altında kalmadığında başarılıdır (Nilsson ve Nordahl, 1995).

Değişiklikler süreçleri tekrar işletmek için bu durumu gerekli kılar. Gerçekten, herhangi bir karede yer alan değişiklik direkt olarak aynı sıradaki karelere, aynı kolondakilere olduğu gibi, tesir eder. Bu nedenle, tekil bir değişiklik dolaylı yoldan da olsa tüm değişikliklere tesir edecektir. Bu tekrarlamalar tatmin edici bir sonuca ulaşılan kadar devam eder.

3.7.2 Sistem karakteristiklerinden kaynak karakteristiklerine dönüşüm

Çoğu zaman sistem karakteristiklerini bilmek tek başına yetersizdir. Her bir ve bütün üretim kaynakları (makineler, çalışanlar ve alt yapı) istenilen sistem karakteristikleri tarafından her kaynak gereksiniminin karşılanması için dikkatle gözden geçirilir. Bu, üretim sistemindeki sistem karakteristiklerinin kaynak karakteristiklerine dönüştürülmesi ile sağlanır. Bu matris, Çizelge 3.2’de gösterilmiştir. Şekilde kullanılan (^a), her kare içindeki sonucun bağdaştırıcı bir özelliği (örnek olarak, istenilen parti büyüklüğünün elde edilmesi daha hızlı ayarları beraberinde getirir) bulunduğunu gösterir.

Çizelge 3.2 Sistem karakteristikleri ve üretim sistemi kaynak karakteristikleri arasındaki ilişkiyi analiz eden matris (Nilsson ve Nordahl, 1995).

Sistem Karakteristikleri		Kapasite	Parti Büyüklükleri	Üretim Gecikme Zamanları	Sonuçlar
Kaynak Karakteristikleri					
Makineler	Birden fazla ürün yeteneği				
	Ayar zamanları				
Çalışanlar	Çalışan yeteneği				
Altyapı	MPC sistemi		a		
Sonuçlar					

Toplam üretim sistemi, sistem parçaları içinde analiz edilir. Takip eden adımlarda, tekil üretim kaynağı performanslarının önemi vurgulanarak bu seviyedeki üretim elemanları, altyapı ve çalışanlar için eğitim programlarının yatırımla ilgili kararları belirlenmeden önce tekil üretim kaynak karakteristikleri belirlenir.

Tanımlanan matrisin amacı, sistem karakteristiklerini kaynak karakteristiklerine dönüştürmektir. Bu süreç başlamadan önce firma bazında kaynak karakteristikleri belirlenir. Sistem karakteristikleri ise bir önceki matriste zaten belirlenmiş durumdadır.

Matris kaynak karakteristiklerini tanımlamaya çalışır. İstenilen kaynak karakteristikleri ile asıl üretim sistemi ve belirlenen eksiklerin karşılaştırılması yapılabilir. Ancak, bu bütün eksiklikleri tamamen kapatmaz.

3.7.3 Sistem karakteristiklerinden çıktı esnekliğine dönüşüm

Eğer süreç belirlenen siparişleri yerine getirmeyi amaçlıyorsa, son adım olarak, firma tedarikçileriyle ilişkilendirilen çıktı esnekliği, sistem karakteristiklerini desteklemek için yeterlidir. Böylece, destek tüm firma stratejisi üzerinde olur. Bu dönüşüm yine kullanılacak bir matris tarafından diğer iki matrisle benzer bir yöntemle yapılır (Nilsson ve Nordahl, 1995).

Sonuç olarak, tekrarlanan işlemler sonlandığında esnekliğin şu an ki durumu ile olması gereken durum arasında büyük bir farkın olduğu gözlemlenebilir. Gözlemler ışığında şirketler rekabet açısından neyin gerekli olduğunu faydalı bir şekilde öğrenebilirler. Esneklikteki bu fark doğru bir şekilde tamamlandığında uygulama planına gerekli açıdan karar verilebilir. Bu planın uygulaması ile esneklik durumları arasındaki fark azaltılabilir ve istenen esneklik durumuna ulaşılabilir. Böylelikle girdi ile çıktı arasındaki zincir şirket içerisindeki ürün üretimi ile uyum içerisinde yönetilecek, şirket yapısındaki her bir birim şirket stratejisi ışığında sorunsuzca birbirleri ile çalışabileceklerdir.

Bu iskelet yapı, üretim esnekliğini analiz etmek ve geliştirmek açısından bir rehber olarak görülebilir. Uygulamada matrisler arasında seçilen doğru çalışmalarla birçok kez uygun esneklik yöntemi ile üretim sistemlerinde fark edilebilir bir iyileşme elde edildiği görülebilir. Sistem üzerine yapılan çalışmalarla yetkili kişiler arasındaki esnekliği de kavramsallaştırdığı söylenebilir. Bu şekilde en uygun çözümün bulunma olasılığı da arttırılmış olur.

Şirketlerin içlerinde bulunduğu şartlar sürekli bir değişim içerisinde. Bu değişim ile şirketlerin pazar payı aynı oranda değişmektedir. Bu nedenle rakip firmalar pazar paylarını arttırmak ya da yeni bir pazarda yer alabilmek için yoğun bir yarış içerisinde. Neden ne olursa olsun harici etkenlerde müşteri portföyünde azalma ya da çoğalmalara neden olabilir. Bu ürün tedarikçisinin müşteri ile ilişkisinde de gözlemlenebilir bu örnek harici etmenlerden sadece bir tanesidir. Böyle durumlarda da sisteme doğru bir şekilde müdahale edilmelidir. Bu çalışma harici etmenlerden kaynaklanan işlem sorunlarını çözümünde de şirketlere yardımcı olacaktır.

Üretiminin aşamalarındaki esneklik, esnekliğin ihtiyaçları ve esnekliğin üretime olan cevabı olarak birbirine bağlıdır. Bu birbirine bağımlılık dönüşüm matrisi olarak da görülebilir. Bir aşamadan bir diğerine geçişte esnekliğin dönüşen çehresi dönüşüm matrisi olarak anlaşılabilir. Bu dönüşüm matrisi yukarıdan aşağıya ya da aşağıdan yukarıya doğru işleyen şirket mekanizmasına bağlıdır. Bu matris sistemin hangisinin istek ya da yanıt olduğuna odaklanması gerekmektedir. Esnekliğin tanımlanması ve şirket karakteristiği oluşturma

işlemleri şirket yetkilileri arasında uygun sınıflandırmayı bütün yöneticilerin mutlulukla kabul edip onaylayacakları şeklinde görülebilir.

4. KANBAN

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, manuel ve düşük yatırım maliyetine sahip olan sistemlerdir. Yöntemin ilk uygulayıcısı Toyota firmasıdır. Kanban Japon dilinde kart anlamına gelir.

Kanban sistemi, TZÜ ortamında malzeme hareketlerinin kontrolü ve bununla beraber üretim etkinliklerini amaçlayan üretim kontrol (çizelgeleme) yaklaşımıdır. Üretim kontrol sistemleri, çeken sistemler (pull systems) ve iten sistemler (push systems) olmak üzere 2 grupta incelenmektedir. Klasik sistemler iten sistemlerdir; 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 (push) sistemlerde stok bulundurarak değişikliklere adapte olunur ve bu sistemlerde yüksek ara stok bulundurmak kaçınılmazdır (Acar, 1997).

Çeken (pull) sistemler ise sonraki süreçlerin önceki süreçlerden sadece tükettikleri miktarda ve zamanda parça talep ettikleri ve çektikleri sistemlerdir. Bu sistemde üretim çizelgesi sadece son üretim sürecine gönderilir. Hangi ürünün, ne zaman ve ne miktarda üretileceğinin sadece son süreç tarafından bilinmesi bu sürecin önceki süreçlerden 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 süreçler arasında oluşacak ara stokları ve stok düzeylerinde gözlenen dalgalanmaların minimize edilmesini sağlayacaktır.

Diğer taraftan, çeken sistemlerde, merkezi planlama sistemlerindeki, tüm aşamalara üretim çizelgesi gönderilmesi uygulaması yerine çizelgelerin sadece son üretim çizelgesi gönderilmesi ve son aşamadan geriye doğru çizelge gereklerinin kanbanlar aracılığıyla yerine getirilmesi, pazar koşullarındaki değişimlerin anında ve kolaylıkla üretim sistemine yansıtılmasını yani esnekliği sağlayacaktır.

İten sistemlerde ise aşamalar arasında yer alan ara stoklar talep değişimlerine uyumu sağlamak için kullanılır, ancak çeken sistemlere oranlara ek stok taşıma maliyetlerinin ortaya çıkmasını sağlar. Başka bir deyişle, çeken sistemlerde, talep değişimlerine uyum kanbanlarla sağlanırken, iten sistemlerde, bu uyumu ara stoklar sağlamaktadır. Fakat bu iten sistemler için ek maliyetleri ve esnek olmayan bir yapıyı doğurmaktadır.

Çeken sistemler olarak tanımlanan Tam Zamanında üretim sistemlerinde kullanılan üretim kontrol aracı ise kanban sistemidir. Bu ortamda, son üretim aşaması dışındaki süreçlere üretim çizelgesi gönderilmemekte, son aşama dışındaki diğer üretim aşamalarına çizelge bilgileri kanban aracılığıyla iletilmektedir.

Bu sistemde hangi parçaların ne miktarda üretileceği “Kanban” adı verilen kartlar üzerinde belirtilir.

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

4.1 Temel Kanban Çeşitleri

Kanban sisteminin tam olarak anlaşılması için sistemde kullanılan kart tiplerinin ve sistemin temel ilkelerinin incelenmesi gerekmektedir.

Uygulamada; genellikle yukarıda da bahsedilen iki tip kanban kullanılır (Acar, 1997)

Çekme Kanbanı (Taşıma Kartı-Withdrawal Kanban): Malzeme isteklerini süreçler arasında iletir. Bir sonraki istasyonun bir önceki istasyondan çekmek istediği parça cinsi ve miktarını belirleyen ve parça/malzeme çekmek amacıyla kullanılan karttır. Örnek bir çekme kanbanı Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

Üretim-Sipariş Kanbanı (Üretim Emir Kartı- Production- Ordering Kanban): Proses içi kanban olup belirli bir süreç içinde üretim kontrolünü sağlar. Bir önceki istasyonun üretmesi gereken parça cinsi ve miktarını belirleyen üretim-sipariş kanbanı sadece üretim kanbanı olarak ta tanımlanmaktadır (Monden, 1998). Bir üretim-sipariş kanbanı örneği Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

Stok Raf No: 5e215 Parça Arka No: A.2.15			Önceki Operasyon					
Parça No : 356 70 S 07								
Parça Adı : Tahrik Pimi								
Araba Tipi : Sx50 BC								
<table><tr><td>Kutu Kapasitesi</td><td>Kutu Tipi</td><td>Sayı</td></tr><tr><td>20</td><td>B</td><td>4/8</td></tr></table>				Kutu Kapasitesi	Kutu Tipi	Sayı	20	B
Kutu Kapasitesi	Kutu Tipi	Sayı						
20	B	4/8						

Dövme B-2
Sonraki Operasyon
Talaşlı İmalat M-6

Şekil 4.1 Çekme kanbanı (Withdrawal Kanban) (Monden,1998)

Şekil 4.1’de verilen çekme kanbanı ile; söz konusu parça için bir önceki operasyonun dövme işlemi olduğu ve talaşlı imalat M-6’da bulunan taşıyıcının, tahrik pimini alabilmek için B-2 no’lu Dövme istasyonuna gitmesi gerektiği belirtilmektedir. Ayrıca söz konusu parça için bir sonraki operasyon talaşlı imalatıdır.

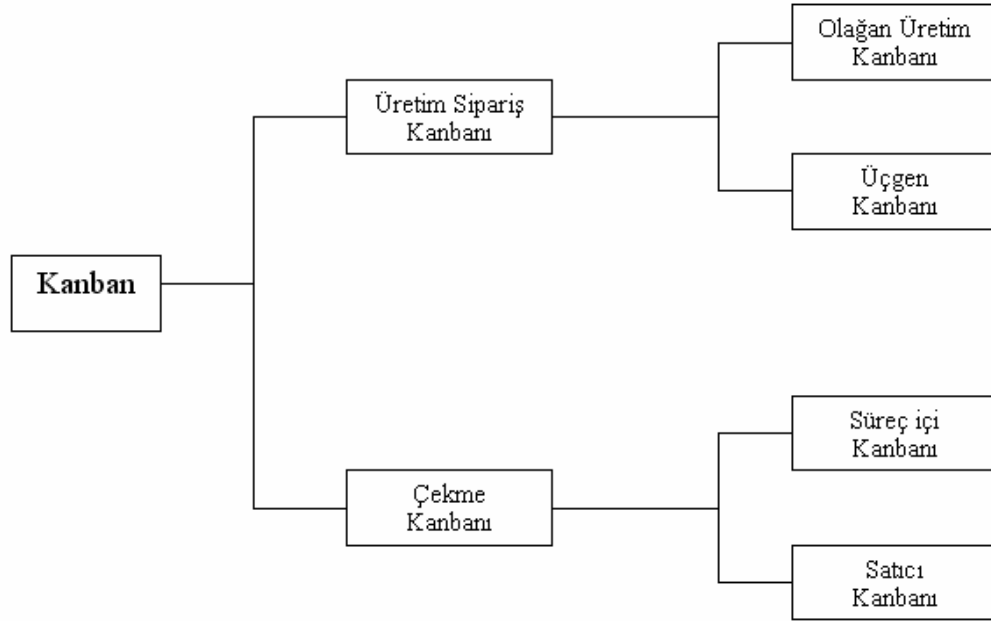
Stok Raf No: F26-18 Parça Arka No: A-5-34	Operasyon
Parça No : 56790-321	Talaş
Parça Adı : Krank Mili	İmalat
Araba Tipi : Sx50bc -150	SB-8

Şekil 4.2 Üretim sipariş kanbanı (Production- ordering kanban) (Monden,1998)

Şekil 4.2’de verilen Üretim Sipariş Kanbanı; SB–8 No’lu Talaşlı imalat operasyonunun Sx50BC–150 kodlu araba tipi için krank Mili üretileceğini göstermektedir. Ayrıca üretilen krank milinin F26–18 No’lu stok rafına yerleştirileceği belirtilmektedir.

Bunların dışında üretimde kullanılan temel kanban tipleri aşağıdaki Şekil 4.3’te verilmiştir.

Satıcı Kanbanı, satıcılardan parça çekmek için kullanılan bu kanban satıcıya gerekli parçaların gönderilmesi için talimat vermek amacıyla kullanılır (Monden, 1998). Satıcı kanbanı örneği Şekil 4.4’te gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Üretimde kullanılan kanban tipleri (Acar, 1997).

<u>Teslim Saatleri:</u> 8:00 24:00 11:00 4:00 15:00 21:00	<u>Teslim Edileceği Stok Rafı</u> 3S 8 - 3 - (213)	<u>Teslim Alan Tesisin Adı:</u> Toyota Tsutsumi Fab												
<u>Satıcının Adı:</u> Sumitomo Denko	<u>ÇubukKod</u>													
<u>Satıcının Deposu:</u> 4	<u>Parça No:</u> 82154-14011-00	<u>Teslim Alınacağı Yer:</u> 36												
<u>Teslimat Çevrimi:</u> 1-6-2	<table> <tr> <td><u>Parça Arka No:</u></td><td><u>Parça Adı:</u></td><td><u>Kutu Tipi:</u></td></tr> <tr> <td>389</td><td>Arka Kapı Teli</td><td>S</td></tr> <tr> <td></td><td><u>Kullanılacağı Araba Tipi:</u> BJ-1</td><td><u>Kapasite:</u></td></tr> <tr> <td></td><td></td><td>10</td></tr> </table>	<u>Parça Arka No:</u>	<u>Parça Adı:</u>	<u>Kutu Tipi:</u>	389	Arka Kapı Teli	S		<u>Kullanılacağı Araba Tipi:</u> BJ-1	<u>Kapasite:</u>			10	
<u>Parça Arka No:</u>	<u>Parça Adı:</u>	<u>Kutu Tipi:</u>												
389	Arka Kapı Teli	S												
	<u>Kullanılacağı Araba Tipi:</u> BJ-1	<u>Kapasite:</u>												
		10												

Şekil 4.4 Satıcı kanbanı (Supplier kanban) (Monden, 1998).

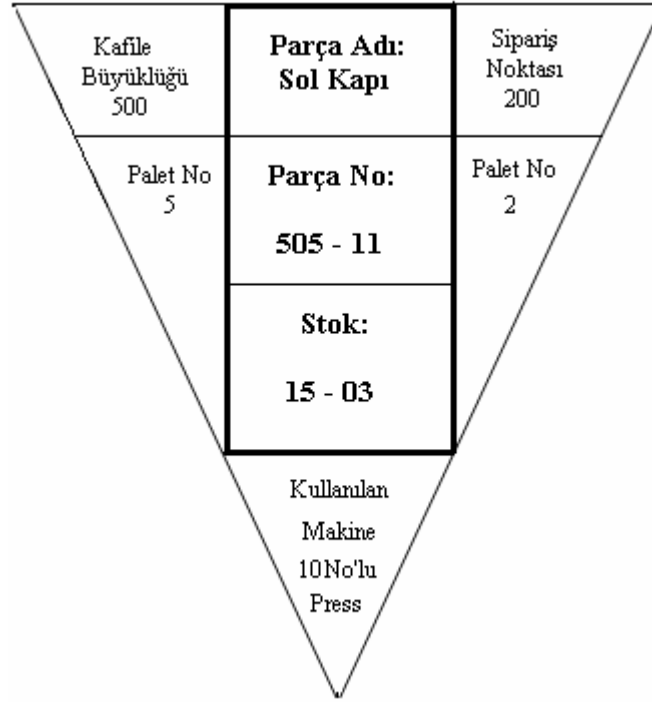
Şekil 4.4'te verilen satıcı kanbanı Sumitomo Denko'dan Toyota Tsutsumi Fabrikasına malzeme teslimatında kullanılmaktadır. “36” fabrikada teslimat yapılacak olan istasyonu belirler. Söz konusu parça (arka kapı teli) 36 No'lu istasyonda teslim alınıp 3S (8 -3 -213) no'lu stok rafına yerleştirilecektir. Toyota sisteminde ufak kafilelerle üretim yapıldığı için günlük teslimat gerektirmektedir. Bu nedenle teslimat saatleri ayrıca kanban üzerinde belirtilmiştir.

Toyota'da özel stok alanlarının bulunmaması nedeniyle teslimatın yapılacağı yerin kanban üzerinde ayrıca belirtilmesi gereklidir. Teslimat çevrimi “1-6-2”; söz konusu parçanın 6 kere teslimat yapılacağını ve teslimatların satıcı kanbanının satıcıya ulaşmasından iki teslim zamanı sonra yapılması gerektiğini belirlemektedir. Örneğin, kanban satıcıya saat 8:00'de ulaştı ise teslimat saat 15:00'da yapılmalıdır.

Kafile üretimi yapılan yerlerde ise “sinyal kabani” kullanılmaktadır. Sinyal kanbanı, genellikle kafiladaki kutulardan birine iliştilmiş olarak kullanılır ve bulunduğu yer itibariyle sipariş verme noktasını belirler (Monden, 1998). Üretim sırasında sipariş kanbanının iliştilmiş olduğu kutuya gelindiğinde, söz konusu kafile için üretim emrinin çıkarılması gerekir.

Sinyal kanbanının iki tipi bulunmaktadır ve şekil 4.5 de gösterilmektedir. Birincisi, şekil 4.5.a' da verilen üçgen kanbandır. Bu kart, delme presinden 10 no'lu operasyonu başlatmak amacıyla kullanılır. Stoktaki kutu sayısı ikiye düştüğünde (bir kutuda 100 adet sol kapı bulunmaktadır) 500 adet (5 kutu) sol kapı üretimi için delme presine üretim emri verilecektir.

Diğer bir sinyal kanbanı olan Malzeme İstek Kabanı şekil 4.5.b' de gösterilmektedir. Bu kart, üretim süreçlerine malzemenin ne zaman, nereden ve ne miktarda temin edileceğini belirtir. Bu örnekte, 10 no'lu presin, montaj hattına iki kutu sol kapı götürüldüğünde, 25 nolu stok alanına giderek 500 adet çelik levha çekmesi gerektiği belirtilmektedir. Söz konusu malzeme (çelik levha) için sipariş noktası 3 kutu (300 adet) sol kapı olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.5.a Üçgen kanban örneği.(Triangle Kanban)

Önceki İşlem	Stok 25 $\Rightarrow$ 10 No'lu Pres		Sonraki İşlem
Arka No.	MA 36	Malzeme Adı	Çelik Levha
Malzeme Ebatları	40X3'X5'	Konteynır Kapasitesi	100
Kafile Büyüklüğü	500	No	50

Şekil 4.5.b Malzeme istek kanbanı örneği (Material Requisition Kanban)

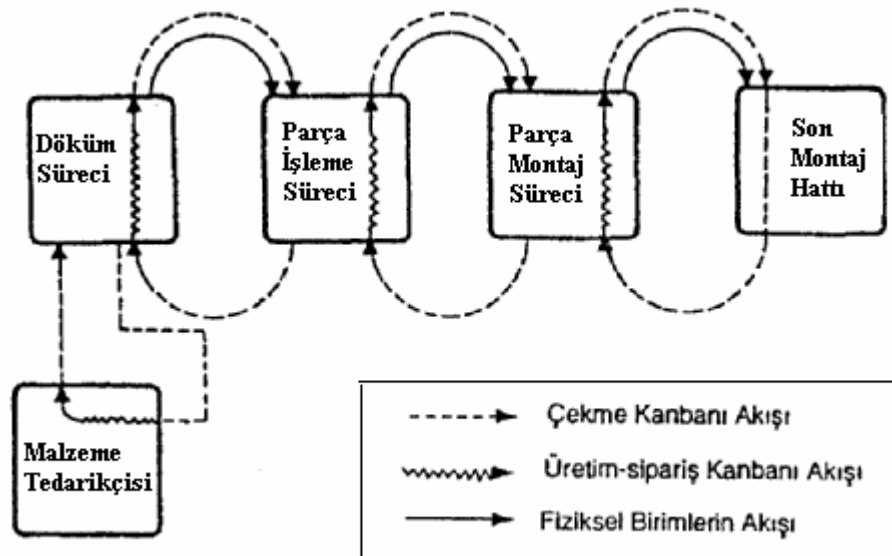
Şekil 4.5 Sinyal kanbanları (Monden, 1998).

4.2 Kanbanların Kullanımı

Kanban sisteminin işleyiş mekanizması, çekme ve üretim sipariş kanbanlarının süreç içinde nasıl kullanıldığının incelenmesi sonucunda açıklık kazanacaktır. Bir sonraki süreçten başlamak üzere, kanban kullanımındaki başlıca aşamalar aşağıda özetlenmiştir (Acar, 1997).

1. Sonraki üretim sürecinin taşıyıcısı, yeterli sayıda çekme kanbanı ve forklift ya da taşıyıcıya yerleştirilmiş boş paletlerle bir önceki sürecin stok noktasına gider. Bu işler; ya daha önceden belirlenmiş zaman aralıklarında, ya da kutuda (kabul kutusu) belirli sayıda çekme kanbanı biriktiğinde tekrarlanır.
2. Sonraki sürece ait taşıyıcı, stok noktasından parçaları çektiğinde, paletlerdeki parçalara yapıştırılmış olan üretim-sipariş kanbanlarını çıkararak (her palete tek bir kanban yapıştırılır) kanban kabul kutusuna bakılır. Ayrıca boş paletler de bu istasyonda önceden belirlenmiş yere bırakılır.
3. Çıkarılan her üretim-sipariş kanbanının yerine bir çekme kanbanı yapıştırılır. Bu iki tip kanbanın değiştirilmesinde çekme kanbanı ve üretim-sipariş kanbanı üzerindeki bilgilerin tutarlık açısından kontrol edilmesi gereklidir.
4. Sonraki üretim sürecinde çalışma başladığında çekme kanbanı, çekme kanbanı kutusundan bırakılmalıdır.
5. Önceki üretim sürecinde üretim-sipariş kanbanları, kanban kabul kutusunda ya belirli bir zaman aralığında ya da belirli sayıda üretim yapıldıktan sonra toplanır ve bu kartlar üretim sipariş kanbanı kutusuna bırakılır. Bu işlemde, stok noktasında kartların çıkarılış sırası aynen korunur ve sırayla kartlar kutuya yerleştirilir.
6. Üretim-sipariş kanbanlarının kutudaki sırasına göre parça üretimi gerçekleştirilir.
7. Tüm süreç boyunca, fiziksel birimlerin kanbanla birlikte hareketi gereklidir.
8. Önceki süreçte fiziksel üretim tamamlandığında, parçalar ve üretim-sipariş kanbanı stok noktasına yerleştirilir. Böylece sonraki üretim sürecinin taşıyıcısı herhangi bir zamanda gelip parçaları alabilecektir.

Birbirini takip eden süreçlerin arasında bu şekilde bir kanban zincirinin sürekli var olması gerekmektedir. Bu bağlamda kanban zincir ve fiziksel birimlerin durumları Şekil 4.6' da örneklenerek özetlenmiştir.

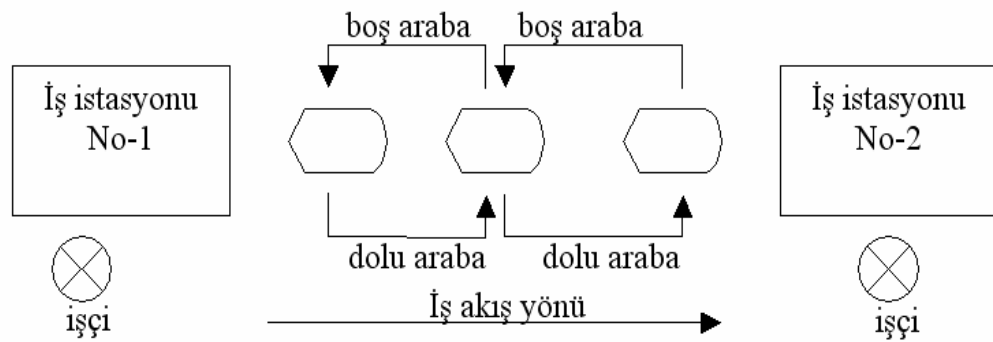


Şekil 4.6 Kanban zinciri ve fiziksel birimlerin hareketleri.

Bu üretim zincir içerisinde, bir sonraki işlemin yapıldığı istasyonda araba boşaldığı zaman işçi, çekme kanbanı ve boş araba ile beraber dolu arabanın bulunduğu yere gider. Aynı işçi dolu arabaya iliştirilmiş olan üretim –sipariş kanbanını ayırarak boş arabaya takar ve taşıma kartını iliştiirdiği dolu araba ile 2 No’lu 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–sipariş kanbanını, üretim emri kanbanı kutusuna bırakılır.

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.

1 Nolu iş istasyonundaki işçi fiziksel üretimi tamamladığında parçalar ve üretim–sipariş kanbanını stok noktasına yerleştirilir. Böylece 2 Nolu istasyonundaki işçi herhangi bir zamanda kendisi için gerekli olan parçaları gereken miktarda alacaktır. İşte bu gibi süreçler sonunda yukarıda da bahsedilen birbirini izleyen bu süreçlerin oluşturduğu kanban zinciri elde edilir (Hay, 2000). Bu zincirin iki istasyon arasındaki parçası Şekil 4.7’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Montaj hattında bulunan iki iş istasyonu arasındaki zincir (Hay, 2000).

Araba hacimleri günlük ihtiyacın %10-15'i arasında değişir. Bu nedenle yukarıda açıklanan işlemler iki iş istasyonu arasında günde 6–10 kere tekrarlanır. Ancak, kanban yönteminin çok istasyonlu bir imalat sürecinde uygulanması durumunda ortaya çıkacak en önemli problem çeşitli parçaları işleyen iş istasyonları arasında çok hassas bir kapasite dengesinin bulunması gereklidir. Bazen bir istasyonun yüksek kapasitesi nedeni ile birden fazla istasyon için değişik parçalar üretmesi söz konusudur.

4.3 Kanban Kuralları

Kanbanların Tam Zamanında Üretim amacıyla kullanılabilmesi için aşağıda belirtilen kurallara uyması gerekir (Monden, 1998).

Kural 1: Sonraki üretim süreci, önceki süreçten gerekli parçaları, gerekli miktarlarda ve gereken zamanlarda çekmelidir.

Çok basit görünmekle birlikte, Kural 1 aslında üretim sisteminin tümüyle değiştirilmesi anlamına gelir. Bu kuralın uygulanabilmesi için, üst yönetimin, daha önceki üretim, taşıma ve teslimat akış yönünü değiştirmeye karar vermesi gereklidir ve bu oldukça kritik bir karardır.

Bu kuralın uygulanabilmesi için aşağıdaki kuralların da birlikte uygulanması gereklidir:

- Kanban olmadan herhangi bir parçanın çekilmesine izin vermemelidir.
- Kanbanların sayısından fazla miktarda parça çekilmesine izin verilmemelidir.
- Fiziksel üretime daima bir kanban yapıştırılmış olmalıdır.

Bu noktada, kanban sisteminin uygulanabilmesi için, üretim sisteminde yerine getirilmesi gereken bazı ön koşulların incelenmesi gereklidir.

Özellikle günlük üretim miktarlarının dengelenmesi, başka bir anlatımla, üretim miktarlarının günden güne değişmemesi kural 1'in uygulanabilmesinde en önemli koşuldur. Diğer taraftan, sadece Kural 1'in uygulanması, tam zamanında üretim gerçekleştirilmesi için yeterli olmayacaktır, çünkü kanban yalnızca her süreçte günlük üretimi belirleyen bir yükleme aracıdır.

Aslında kanban sistemi üretim planlamanın en son aşaması olan üretim kontrol ya da çizelgeleme aşamasında kullanılmak üzere geliştirilmiş bir sistemdir.

Bu nedenle, kanban uygulamasına geçmeden önce, işletmede ana üretim planlama sisteminin büyük bir titizlikle kurulmuş olması gereklidir. Bu şekilde, gerek işletme içindeki üretim birimleri, gerekse satıcılar, planlama ufku boyunca, dönemler bazında gerçekleştirilecek üretim miktarları hakkında bilgi sahibi olabileceklerdir.

Kural 2: Önceki üretim süreci, sonraki süreç tarafından çekilen miktar kadar üretim yapmak zorundadır.

1 ve 2 no'lu kanban kuralları yerine getirildiğinde, tüm üretim süreçleri bir konteynır hattı gibi birleşmiş olacaktır. Süreçler arasında üretim zamanlarının dengelenmesi ise bu iki kurala uyularak sağlanacaktır. Üretim süreçlerinden herhangi birinde bir problem olması durumunda tüm hattın durması söz konusu olabilecek ancak süreçler arası denge yeniden sağlanacaktır.

Tam Zamanında üretim sistemi, bu tür ideal bir konveyör hatlı yapıyı benimsemektedir ve kanban bu hat üzerinde süreçlerin birleştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Sonuç olarak, süreçler arasında bulunan envanterlerde önemli bir azalma olacaktır.

Bu kuralın uygulanması için de aşağıdaki kuralların birlikte uygulanması gereklidir:

- Kanbanların sayısından daha fazla üretim yapılmasına izin verilmemelidir.
- Önceki süreçte farklı parçaların üretimi söz konusuysa bunların üretimi kanbanların geliş sırasına uygun olarak yapılmalıdır.

Kural 3: Hatalı parçalar hiçbir zaman bir sonraki üretim sistemine geçirilmemelidir.

Kural 3'ün uygulanmaması halinde kanban sistemi işbirliğini kaybedecektir. Üretim hattı üzerinde, herhangi bir istasyonda hatalı parça çıkması durumunda ara stokların minimuma indiği bu ortamda üretim akışı duracak ve hatalı parça bir önceki istasyona geri gönderilecektir.

Tam Zamanında üretim ortamında, üretimin kesintiye uğraması hat üzerinde çalışanlar tarafından derhal fark edilecek ve hatalı üretimin bu denli göze batması hataların tekrarının önlenmesinde önemli bir rol oynayacaktır.

Bilindiği gibi, Tam Zamanında üretim yaklaşımında “sıfır hata” hedefine yaklaşabilmek amacıyla “otonomasyon” kavramından yararlanılmaktadır. Otonom hata kontrolü olarak tanımlanmış olan otonomasyon (Jidoka), hataların tekrarını engellemek ilkesini savunmaktadır.

“Hatalı” kavramı, Tam Zamanında üretim sisteminde, hatalı üretim operasyonlarını da

içerecek şekilde genişletilmiştir. Hatalı operasyon; standardizasyona tam olarak ulaşmamış ve birtakım yetersizliklerin (izlenen yol, işlemler ve zaman açılarından) söz konusu olduğu işlem olarak tanımlanmıştır.

Hatalı operasyonlar aynı zamanda hatalı parça üretimine de neden olacağından, üretim operasyonlarının standardizasyonu, kanban sisteminin önemli ön koşullarından birisi olarak görülmektedir.

Kural 4: Kanban sayısı en aza indirilmeli ve bu sayı talepteki değişmelere adapte olmak için kullanılmalıdır.

Toplam kanban sayısı, sistem içindeki süreç içi envanter düzeyini belirlediğine göre Tam Zamanında üretim ortamında amaç bu sayıyı mümkün olan en alt düzeye indirmektir. Hatta bu 4. Kural gerçekleştirildiği zaman süreç içi stoklar da sıfırlanacaktır. Fakat bu sadece bir hedeftir ve uygulamada sadece bu hedefe yaklaşmak söz konusu olabilmektedir.

Bir süreçte katile büyüklüğünün ve dolayısıyla çevrim zamanının azaltılabilmesi için tezgah hazırlama işlemlerinin kısaltılması gerekmektedir. Bu bağlamda, üretim süreçlerinde sürekli iyileştirme yapma çabalarının sürdürülmesi kural 4'ün uygulanmasına yardımcı olacak ve kural 4'ün gerçekleştirildiği noktada süreç içi envanter sıfırlanacaktır. Ancak bu da idealize edilmiş bir hedeftir ve uygulamada sadece bu hedefe yaklaşmak söz konusu olacaktır.

Kanban uygulamalarında, günlük ortalama talepte bir artış olduğunda çevrim zamanlarının kısaltılması gereklidir. Bu ise, hat üzerinde işgücü tahsisinde bazı düzenlemeler yapılması gerektirecektir. Ancak, eğer üretim hattı bu tür düzenlemeler yapılmasını gerektirecektir. Ancak, eğer üretim hattı bu tür düzenlemeleri yapabilecek esnekliğe sahip değilse, kanban sayısının sabit tutulduğu bu ortamda artan talep koşullarında ya üretim tamamıyla duracak ya da fazla mesai yapılacaktır.

Kanban sisteminde, üretim hatlarının, talepte olabilecek %10–12 dolayındaki dalgalanmaları, toplam kanban sayısını değiştirmeden karşılayabilecek esneklikte yapılanmaları gerekmektedir. Esneklik ise yine süreçte iyileştirmeler sağlanacaktır.

Bu tür bir esnekliğin sağlanamadığı ortamlarda ise toplam kanban sayısını ya da güvenlik stoğu düzeyini arttırarak talep artışlarına uyum sağlamak mümkündür.

Talebin azalması durumunda ise, standart operasyonlar çevrim zamanının arttırılması gerekecektir. Ancak, bu durumda ortaya çıkacak boş zamanın önlenmesi için, üretim hattındaki işçi sayısının da azaltılması söz konusu olacaktır.

Kural 5: *Kanban, talepteki ufak dalgalanmalar karşısında üretim hızını ayarlamak amacıyla kullanılmalıdır.*

Talep dalgalanmaları karşısında üretim hızının kanbanla ayarı bu sistemin en önemli özelliklerinden birisidir. Kanban sisteminin bu özelliği, kanban dışı bir üretim kontrol tekniği kullanılan sistemlerde gözlenen problemlerin incelenmesiyle daha iyi anlaşılacaktır. Bu tür sistemlerde, üretim çizelgelerinin merkezi olarak belirlenmesi nedeniyle, ani talep değişimleri karşısında tüm üretim birimlerine ayrı ayrı gönderilen çizelgelerin değiştirilebilmesi için en az yedi, on günlük bir süre gerekecektir.

Diğer taraftan, kanban sisteminin kullanıldığı ortamlarda üretim çizelgeleri sadece son üretim aşamasına gönderilir ve diğer tüm istasyonlar, ne üreteceklerini üretim sipariş kanbanının konteynırdan ayrılması ile öğrenirler. Bu durumda, üretim miktarındaki değişikliklerin son istasyondan geriye doğru yansıtılması mümkün olabilmektedir. Değişikliklerin anında önceki süreçlere aktarılmasında kullanılan araç ise kanbandır.

Ancak, kanbanla üretim hızının düzenlenmesi, talebin belli büyüklükteki değişimleri için geçerlidir. Toyota sistemine göre, talepte %10 dolaylarında bir değişim olduğunda, toplam kanban sayısını değiştirmeden kanban transfer hızını değiştirerek üretim hızını ayarlamak mümkün olabilmektedir.

Talepte daha mevsimsel dalgalanmalar olması halinde ise, üretim hatlarının yeniden düzenlenmesi gerekecektir. Bu durumda, her üretim aşaması için çevrim zamanları ve işçi sayılarının yeniden hesaplanması gereklidir. Aksi halde, her kanban için toplam sayının azaltılması ve çoğaltılması şarttır.

Ancak, talebin yıl boyunca gösterdiği dalgalanmalar karşısında, üst yönetimin kesin ve kalıcı bir stratejiyi baştan belirlemesi ve diğer düzenlemelerin bu strateji doğrultusunda ele alınması çok önemlidir. Bu noktada üst yönetimin değerlendirebileceği iki seçenek söz konusudur.

1. Yıllık toplam satış hacminin dönemler itibarıyla dengelenmesi; üretim hızının yıl içinde sabit tutulması.
2. Yıl içinde talep değişimlerinden etkilenebilecek tüm üretim hatlarının yeniden düzenlenebilmesine olanak verecek esnek bir planın hazırlanması; üretim hızının dönemler bazında değiştirilmesi.

Klasik üretim planlama probleminde de söz konusu olan bu seçeneklerin Kanban sisteminin uygulandığı ortamlarda da, baştan belirlenmesi ve sistemin diğer elemanlarının bu seçim doğrultusunda geliştirilmesi gereklidir.

4.4 Çekme Sistemlerinde Toplam Kanban Sayısının (TKS) Belirlenmesi

Kanban sistemi, imalat süreçlerinin bir önceki süreçten parça aldığı ve önceki sürecin alınan parçalar kadar üretim yaptığı bir çekme sistemidir. Bir anlamda, sonraki süreç önceki sürece gerekli parçaları doğru miktarda ve doğru zamanda ısmarlamaktadır. Bu durumda, kanban sistemini bir envanter kontrol sistemi olarak incelemek gerekmektedir.

Bilindiği gibi envanter kontrol sistemleri iki temel sınıfta toplanmaktadır (Acar, 1997):

- Sabit sipariş miktarı (kafile büyüklüğü) sistemi,
- Sabit çevrim zamanı sistemi.

Sabit sipariş miktarı sistemlerinde, sipariş miktarları (kafile büyüklükleri) sabit olup, daha önceden belirlenmiştir. Envanter düzeyi, yeniden sipariş noktasının (ön süre boyunca tahmini kullanım miktarı) altına düştüğünde, sabit miktar kadar sipariş verilir. Bu sistemde, sipariş miktarı sabit olup, sipariş tarihleri değişkendir. Sabit çevrim zamanı sisteminde ise, sipariş tarihleri sabit sipariş miktarları değişkendir. Sabit zaman aralıklarında siparişlerin verildiği bu sistemde sipariş miktarlarının belirlenebilmesi için son siparişten sonraki kullanım miktarı ile ön süre boyunca beklenen tahmini kullanım miktarının değerlendirilmesi gereklidir. Kanban sisteminde, sonraki süreçte stoklanacak parça sayısının belirlenmesi ile zaman boyutunda her çekme noktasında önceki sürece gönderilecek toplam kanban sayısının hesaplanmasında bu iki temel envanter modelinden yararlanılır.

Toyota'da kullanılan iki değişik çekme sistemi burada tanımlanan iki farklı envanter sistemine karşılık gelirler (Acar, 1997):

- Sabit kafile büyüklüğüne sahip değişken çevrim zamanlı çekme sistemi,
- Sabit çevrim zamanlı değişken kafile büyüklüğüne sahip çekme sistemi.

4.4.1 Sabit katile büyüklüğüne sahip değişken çevrim zamanlı çekme sistemi

Toyota'da işletme içinde genelde sabit katile büyüklüğüne sahip sistem kullanılırken, satıcılarla ilişkilerde sabit çevrim zamanlı çekme sistemi kullanılmaktadır. İşletme içinde imalat süreçleri bazında ön sürelerin ve süreçler arası uzaklıkların kısa olması ve imalat süreçlerinin yeterli düzeyde geliştirilmiş olması sabit katile büyüklüğüne sahip çekme sisteminin kullanılabilmesini kolaylaştırmaktadır.

Ancak, satıcılar için durum daha farklıdır. Yan sanayi işletmelerinde ön sürelerin uzunluğu, fiziksel olarak ana sanayiye uzaklık gibi etmenler sabit çevrim zamanlı çekme sisteminin kullanımını zorunla kılmaktadır.

4.4.2 Sabit Katile Büyüklüğüne Sahip Çekme Sisteminde Kanban Sayısının Hesaplanması

Toyota da sabit katile büyüklüğüne sahip sistemin uygulanmasında üç farklı yaklaşım tanımlamak mümkündür.

- i) Katile büyüklüğünün fazla olduğu ve tezgah hazırlık işlemlerinin yeterince iyileştirilemediği dolayısıyla hazırlık zamanlarının yüksek olduğu ortamlar için:

Toplam Kanban Sayısı:

$$\frac{(\text{ekonomik_katile_büyüklüğü}) + [(\text{ortalama_günlük_talep}) \times (\text{emniyet_katsayısı})]}{\text{Konteynır_Kapasitesi}} \quad (4.1)$$

- ii) Tezgah hazırlık işlemlerinin yeterince kısaltıldığı ve süreçler arası uzaklığın kısa olduğu ortamlarda;

Toplam Kanban Sayısı:

$$\frac{(\text{ortalama_günlük_talep}) \times (\text{önsüre}) \times (1 + \text{emniyet_katsayısı})}{\text{Konteynır_Kapasitesi}} \quad (4.2)$$

Burada

Ön Süre = İşlem Zamanı = Bekleme Zamanı+ Taşıma Zamanı + Kanban Toplama Zamanı olarak tanımlanır.

- iii) Tam zamanında üretim için ideal ortam, her sürecin tek bir parçayı üretilip bir sonraki istasyona birer birer aktardığı ve donanım ya da süreçler arasında 1 parçalık güvenlik stoğunun bulundurulduğu ortamdır. Bu durum ise tam anlamıyla eşzamanlı imalatın gerçekleşmesiyle mümkündür.

Bu ortamda

Emniyet Katsayısı = 0

Bekleme Zamanı = 0

Kanban Toplama Zamanı = 0

Konteynır Kapasitesi = 1 olacaktır.

Bu durumda ardışık iki süreç kanban sistemi yerine bir konveyör hattı ile birleşmiş olacak ve kanban kullanımına gerek kalmayacaktır. Çok sayıda sürecin bu şekilde birleştirilmesi durumunda ise, tek bir kanbanın bu süreçler tarafından ortaklaşa kullanılması söz konusu olacaktır.

4.4.3 Sabit Çevrim Zamanlı Çekme Sisteminde Kanban Sayısının Hesaplanması

Sabit çevrim zamanlı çekme sisteminde toplam kanban sayısının hesaplanması aşağıda verilmiştir:

Toplam Kanban Sayısı:

$$TKS = \frac{(ortalama _ günlük _ talep)(a + b + c)}{Konteynır _ Kapasitesi} \quad (4.3)$$

a: Üretim (sipariş) çevrim zamanı (Kanban Çevrim Zamanı)

b: Ön Süre = (İşlem + Bekleme + Taşıma + Kanban Toplama) zamanları

c: Emniyet Stoğu (Zaman Birimi Cinsinden)

Bu formülün uygulanmasında, aşağıda belirtilen tanımların göz önünde bulundurulması gereklidir.

- **Üretim Çevrim Zamanı:** Üretim hattına bir iş emrinin gönderilmesi ile bir sonraki iş emrinin gönderilmesi arasında geçen (gün) süredir. Bu süre aynı zamanda kanban çevrimi olarak da tanımlanır.
- **İşlem Zamanı:** İş emrinin gönderilmesi ile üretimin tamamlanması arasında geçen (gün) süredir. Bu süre, üretim hattında işlenmekte olan ya da tutulan süreç içi envanterin kanban sayısına karşılık gelmektedir.
- **Kanban Toplama Zamanı:** Sonraki istasyonda çıkarılarak kutuya bırakılan kanbanların, kutudan alınmasıyla, önceki istasyonda üretim içinde iş emrinin verilmesi arasında geçen (gün) süredir. Bu süre; 1- çekme kanbanı kutusu 2- kanban kabul kutusu ve 3- üretim-sipariş kanbanı kutularındaki toplam kanban sayısına karşılık gelmektedir.
- **Emniyet Stoğu Süresi:** Bu süre atölyede bulundurulmuş emniyet stoğu düzeyine karşılık gelir. Emniyet stoğu genellikle makine arızaları ya da hatalı ürünlere karşı bir önlem alabilmek amacıyla bulundurulur.

Emniyet stoğu düzeyinin belirlenebilmesi için, sorun yaratan her faktörün ortaya çıkma olasılığının tek tek tahmin edilmesi gereklidir.

Emniyet stoğu süresi ise, belirlenen emniyet stoğu düzeyinin üretimi için gerekli olan süresidir.

Bu ortamda katile büyüklüğünün hesaplanması aşağıda verilmiştir. Katile Büyüklüğü = (Üretim Kanban Sayısı) x (Konteynır Kapasitesi)

Burada;

Üretim Kanban Sayısı: Son kart toplama zamanından sonra normal kart toplama zamanına kadar geçen süre içinde çıkarılan üretim kanbanı sayısıdır.

4.4.4 Toyota’da kullanılan kanban formülasyonu

Tam Zamanında üretimi ilk olarak uygulayan Toyota Motor Company’de kanban sayılarının belirlenmesi için kullanılan formül Toyota Formülü olarak adlandırılır (Kumar ve Panneerselvam). Bu formüle göre:

$$K \geq \frac{DL(1 + \alpha)}{C} \quad (4.4)$$

Burada;

K: kanban sayısı,

D: birim zamandaki talep,

L: sipariş temin süresi,

α : emniyet faktörü,

C: konteynır kapasitesidir.

Literatürde sipariş temin süresi bekleme zamanlarını, işlem zamanlarını, nakliye zamanını ve kanban toplama zamanını içermektedir. Güvenlik stoğu tedarik ve talepte meydana gelen değişikliklere karşı tampon vazifesi görür. Henry vd. çalışmalarında burada kullanılan C ve α değişkenleri için bazı kıstaslar belirlemişlerdir. Örneğin C'nin değeri maksimum talebin %10 kadar olmalıdır ve α ise yönetim tarafında talebin %10'una çıkarılma kararındaki tedbir değişkenidir. K değişkeni stoğu aktarılan kanban sayılarını gösterir. Eğer K değişkeninin değeri büyürse, parça stoğu da büyüyecektir. Sonuç olarak, işlenemeyen bir stok meydana gelir. Benzer olarak K' nın değerinin düşmesi halinde stok miktarında da bir düşür olur ve bu bazı eksiklikleri doğurur. Bu nedenle, Tam Zamanında üretim sistem uygulamalarında en uygun kanban sayılarını elde etmek için yukarıdaki parametreler arasında en uygun değer seçilmelidir.

4.5 Kanban Sisteminin Uygulanması

Talebin çektiği sistemler olarak tanımlanan tam zamanında üretim sistemleri kanban sistemini bir üretim kontrol aracı olarak kullanırlar ve bu ortamda üretim süreçlerine tüm bilgiler kanbanlar aracılığıyla aktarılır (Acar, 1997).

Ancak, kanban sistemi, bir dizi kartla süreçler arası bilgi akışını sağlayan bir sistem olarak yorumlanırsa, birçok işletme mevcut koşullarda bir kanban sistemine sahip olduğunu iddia edecektir. Bugün pek çok işletmede, süreçler arasında bilgi alışverişi ile buna bağlı olarak malzeme alışverişini sağlamak amacıyla malzeme ile birlikte hareket eden bir kart sistemi zaten vardır. Ancak, bu uygulamaları kanban sistemi olarak nitelemek olanaksızdır. Çünkü bu sistemler iten kontrol sistemleri çerçevesinde kullanılmaktadırlar.

Oysa kanban sisteminin ayırt edici özelliği, çekme sistemi ortamında kullanılıyor olmasıdır (Monden, 1998). Bu durumda, kanban sisteminin tam zamanında üretim sisteminden bağımsız olarak pek bir anlam ifade etmediği ve ancak çeken sistemler için bir kontrol aracı olduğu söylenebilir.

TZÜ uygulamalarında, kanban sistemine geçiş aşamalı olarak gerçekleştirilmesi gereken bir projedir. Öncelikle üretim hattı üzerinde bazı süreçlerde ve “ortaklığı çok – kritikliği az” olan parçalar bazında kanban uygulanmalarının başlatılması gerekmektedir. Ancak kanban uygulanmasına geçmeden evvel bazı çalışmalar yaparak alt yapının hazırlanması başarı için ön koşuldur. Bu bağlamda yürütülmesi gerekli çalışmalar aşağıda özetlenmiştir(Acar, 1997):

- Yan sanayi ile karşılıklı güven ve işbirliğine dayanan ilişkiler çerçevesinde satın alma 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 ögesine 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.

Kanban sisteminin uygulanabilmesi için aşağıda belirtilen kurallar uygulanır (Monden, 1998);

- Her konteynırın bir kanbanı olmalıdır
- Kanban bir çekme sistemidir. Daima kullanıcı iş merkezi kendisinden önceki merkezden parçalar temin eder. Ters yönde bir malzeme hareketi söz konusu olamaz.
- Kanban kartı olmaksızın parça temin etmek mümkün değildir.
- Tüm konteynırlar standart miktarlarda parça içerirler ve her parça için standart konteynırlar kullanılır.
- Üretim kanbanları ile belirtilenin dışında üretim yapılamaz.

TZÜ’ de üretim planlaması kanban aracılığıyla yapılır. Ancak üretim planını sadece son istasyon bilir. Bu son istasyona o gün, hangi sırayla, hangi mamulün üretileceği aktarılır. Kanban sisteminin uygulanabilmesi için özellikle üretim planının değişmeyen bir yapıda olması gerekir. Bu üretim planı yıllık, aylık, haftalık ve günlük olabilir. Hazırlanan üretim planı düzgün üretimi sağlayabilecek niteliktedir. Planda değişen pazar koşullarına göre yapılan revizyonların ufak olması gereklidir. Sistem iş yükü durumundaki $\pm$ %10’luk dalgalanmaları göz ardı edebilir. Kanban yukarıdaki şartlarda hazırlanan üretim planını uygularken üretim istasyonlarındaki üretim hızlarını da dengeleyerek gereksiz beklemleri yok eder.

4.6 Geleneksel Kanban Sistemi (GKS)

Herhangi bir “i” ve “i+1” için geleneksel kanban sistemi şu şekilde çalışır; “i+1” makinesi çalışmaya hazır hale geldiğinde, “i+1” istasyonunun üretim kanban kutusunun kanban üretimi için uygun olup olmadığı kontrol edilir. Bu istasyonun üretim kanbanı, ait olduğu makinede parçaların konteynırlarını işleme sokmak için onaylanmalıdır. Eğer üretim kanbanı uygun ise, “i+1” istasyonunun girdi tamponuna alınır. Çekme kanbanı konteynırdan alınır ve “i+1” istasyonunun çekme kanban kutusuna yerleştirilir ve üretim kanbanı konteynıra iliştilir. Bu noktadan sonra, konteynır “i+1” makinesine de işlenir (Gupta vd., 1999).

Çekme kanbanı “i+1” istasyonunun çekme kanbanı kutusundan alınır ve parçaların bulunduğu konteynırın bulunduğu i istasyonun çıktı tamponuna alınır. Konteynıra iliştilen üretim kanbanı çıkartılır ve “i” istasyonunun üretim kanban kutusuna alınır. Daha sonra konteynır “i+1” istasyonunun girdi tamponuna yollanır.

Tamamlanmış ürünler için talep geldiğinde N istasyonunun çıktı tamponundan (tamamlanmış ürünler tamponundan) temin edilir. Konteynırdaki parçalar talebi karşılamak amacıyla kullanılır ve konteynıra iliştilen üretim kanbanı konteynırdan alınır ve N istasyonunun üretim kanban kutusuna yerleştirilir. Burada tanımlanan süreç 1. istasyona ulaşınca kadar devam eder.

Geleneksel kanban sistemindeki kanban sayısı sabittir, sistemin durumuna göre ne artar ne de azalır. Ancak zaman zaman ara istasyonların tıkanıp ya da sistemde açıklık görüldüğü zamanlar olabilir. Bir istasyonun tıkanması bütün üretim kanbanlarının çıktı tamponundaki dolu konteynıra iliştilildiğinde görülebilir. Benzer şekilde, bir istasyonda açıklık görülmesi istasyonda makine boş dururken üretim kanbanı kutusunda en az bir üretim kanbanının konteynır için bekletilmesi durumunda görülür. İstasyonun tıkanması veya eksiklik yaşaması

birçok nedenden dolayı görülebilir. Örneğin, süreç zamanlarının rasgele tutumu/ilerlemesi istasyonların tıkanması ya da eksiklik yaşaması durumlarına neden olabilir. Benzer şekilde, malzeme taşıma sistemi çökerse aynı sorunlar doğabilir. Tıkanma ve eksiklik görülmesi durumları, istasyonlarda sınırlı kanban olmasına göre kötüye gidebilir. Bu, üretilen iş ya da talep karşılama süresi gibi performansın önem kazandığı durumlar üzerinde negatif bir etki yaratacak ve üretim akışında bir gerilemeye neden olacaktır. Bu sorunu engellemenin bir yolu her istasyondaki kanbanı düzenli olarak arttırmaktır, böylelikle sistemdeki üretilen işte artar. Ancak bunun sistemdeki süre ve süreç içindeki iş üzerinde kötü bir etkisi vardır. Tam Zamanında üretimin temel felsefesi sistemdeki süreyi ve envanteri azaltmak olduğu için bu yönetim geçerliliği yoktur (Gupta vd., 1999).

4.7 Esnek Kanban Sistemi (EKS)

Geleneksel kanban sisteminde karşılaşılan engeller esnek kanban sistemi (EKS) ile giderilebilmektedir. Buradaki ana fikir kanban sayısını dengeli bir şekilde ayarlayarak üretim akışını arttırmaktır. EKS her istasyon için minimum sayıda temel kanbanların yer almasını sağlar. Fazla kanban ancak sistem performanslarını arttırmak için gerekli olursa eklenir; ya da gerek kalmadığı veya varlığı sistem performanslarında azalmaya neden olarsa çıkarılır. Yani, fazladan kanban ancak sağlayacağı yarar (örneğin; tıkanmanın azaltılması, üretilen işin arttırılması) maliyeti (örneğin; süreç içindeki işlerin ya da işletim maliyetlerinin arttırılması) üzerinde ise istenir.

Eşik nokta altına indiğinde kanban eklenir ve eşik nokta yakalanınca kanban bırakılır. Esas nokta, temel kanbanları ilave kanbanları, eşik düzeyi bırakma ve yakalama zamanlarını, kanban ekleme ve bırakma metotlarını (örneğin; yerel ya da küresel) ve zamanlarını belirlemektir. Bu nedenle parametleri çeşitli işletim senaryoları üzerinde kurulan esnek kanban sisteminin kavramsal bir felsefe olduğu gerçektir. Bu kavramın uzun zaman ve çalışmaların sonunda istenilen seviyeye ulaşacağı aşikardır (Gupta vd., 1999).

5. HACİM ESNEKLİĞİNİ GELİŞTİRMEK İÇİN ESNEK KANBAN KULLANIMI İÇEREN MODEL UYGULAMASI

5.1 Bir Tam Zamanında Üretim Sisteminde Hacim Esnekliği ve Üretim Kontrol Karakteristikleri Arasındaki İlişki

Tam Zamanında üretim görüşünün Japonya’da ileri atıldığı 1970li yıllardan bu yana tüm dünya üzerindeki birçok üretici firma Tam Zamanında üretim üzerinde birçok çalışma yaparak uygulamada daha başarılı sonuçlar almaya çalışmıştır.

Bu çalışma 1978 yılında 18 müteşebbis tarafından İstanbul’da endüstriyel olarak kireç üretimi için kurulan Entegre A.Ş’de yapılmıştır. Entegre A.Ş’nin ürün yelpazesi; Cephe Uygulamalarından, Teknik Harçlardan, Kireç-Agrega ürün gruplarından oluşmaktadır.

Bu aşamada, pazar içindeki esneklik gereksinimlerini Tam Zamanında üretim sistemi içindeki tekil bir üretim seviyesindeki üretim kontrol karakteristikleriyle bağdaştırmak için Bölüm 3’te temel unsurları açıklanmaya çalışılan Nilsson’ın İskelet yapısı kullanılmıştır. (bkz. Şekil 3.4). Bu yapının adımlarını özetlemek gerekirse:

Adım 1- çıkış esnekliği içindeki açıkların tanımlanması,

Adım 2- çıkış esnekliğinin sistem esnekliği ile bağlandırılması,

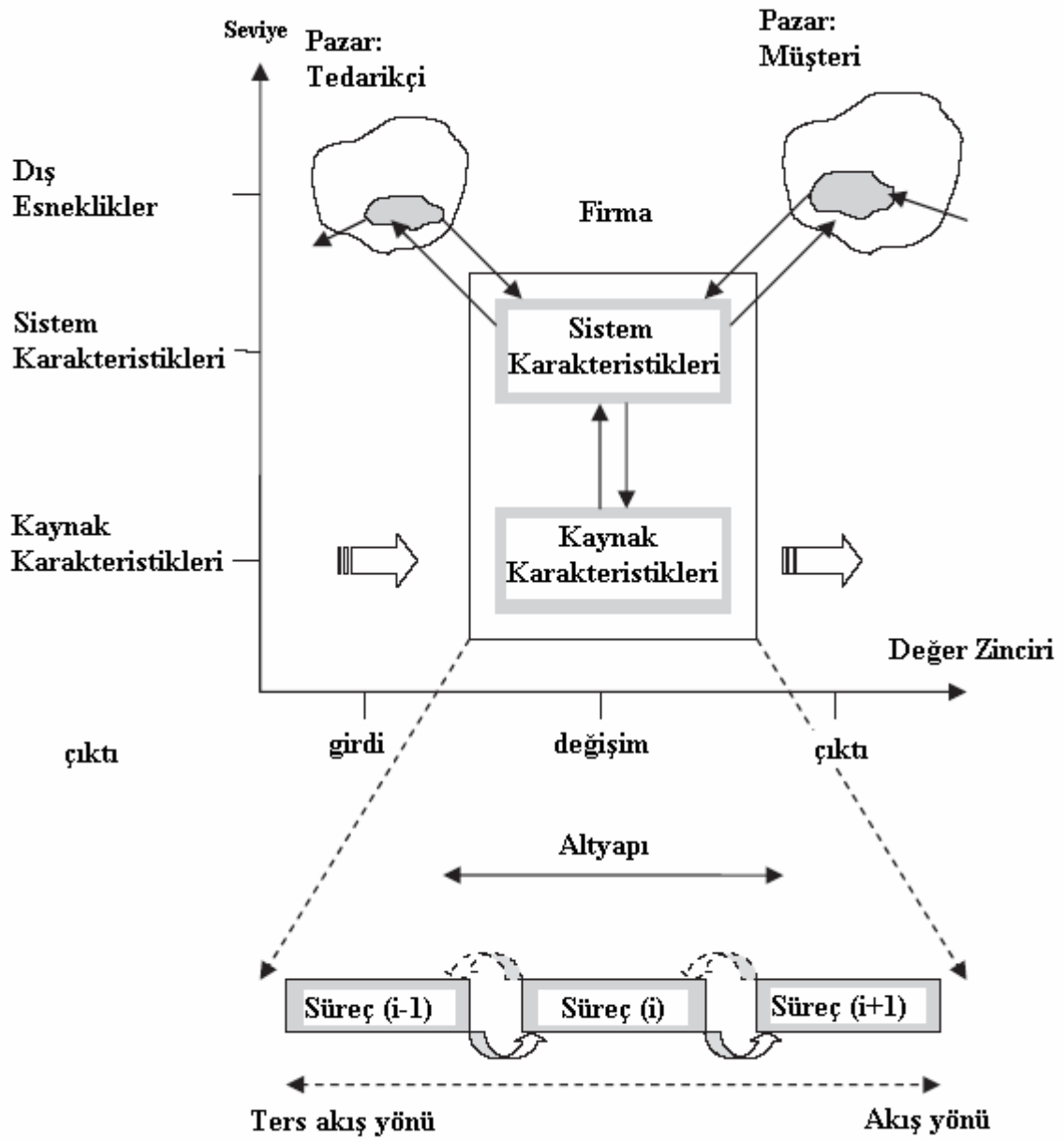
Adım 3- sistem karakteristiklerinin kaynak karakteristiklerine bağlandırılması,

Adım 4- sistem karakteristiklerinin giriş esnekliklerine bağlandırılması.

Çıktı esnekliği içindeki açıkların veya eksikliklerin tanımlanması ilk adım olarak, çıktı esnekliğinin sistem esnekliği ile bağlandırılması ise ikinci adım olarak tanımlanmıştır (Moattar vd., 2006). Hacim esnekliğini hesaba katarak bu adımın sonuçları Çizelge 5.1’de verilmiştir. Ancak, bir Tam Zamanında üretim sistemi ele alındığında sistem kaynaklı etkin destekler bu özelleştirilmiş geliştirmeler için intizar etmektedir. Örnek olarak; geliştirmelerin dikkate alındığı üretim akışı, üretim kontrol, gecikme zamanları, parti büyüklükleri.

Çizelge 5.1 Çıktı esneklikleri ve sistem karakteristikleri arasındaki ilişki.

Sistem Karakteristikleri	Çıktı Esneklikleri	Ürün Esnekliği	Karma Esneklik	Hacim Esnekliği	...
Kapasite	...	...	...	?	...
Parti Büyüklükleri	...	...	...	Parti büyüklüklerinin düşürülmesi	...
Üretim Gecikme Zamanları	...	...	...	Gecikme zamanlarının düşürülmesi	...
Üretim Akış	...	...	...	Plan ve iş akışlarının düzenlenmesi	...
Üretim Kontrol	...	...	...	Kontrol sistemlerinin düzenlenmesi	...
...	...	...	...	...	...



Şekil 5.1 Önerilen yapının zincirin bir parçası olarak düşünülmesi (Moattar vd., 2006).

Tam Zamanında üretim sistemi bir süreç zincirinden oluşur, her süreç taleplere akış yönünde cevap verir. Bu yönden, Şekil 3.4'te de görüldüğü gibi, Nilsson'ın ortaya attığı yapı bu zincir prosesler doğrultusunda geliştirilebilir. Önerilen yapının zincirin bir parçası olduğu ve genişletilebilir olduğu Şekil 5.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2'de ise tekil bir üretim süreci için sistem karakteristikleri ve kaynak karakteristikleri arasındaki ilişki ve geliştirme yolları açıklanmaya çalışılmıştır.

Çizelge 5.2 Hacin esnekliği ve kaynak karakteristikleri arasındaki ilişki

Hacin Esnekliği	Üretim Akışının Geliştirilmesi	Üretim Kontrolünün Geliştirilmesi	Gecikme Zamanlarının Düşürülmesi	Parti Büyüklüklerinin Azaltılması	...
Süreç: Kapasite	---	---	?	?	...
= : Plan	Planların geliştirilmesi	?	?	?	...
= : Kurulum zamanları	Kurulum zamanlarının azaltılması	?	Kurulum zamanlarının azaltılması	Kurulum zamanlarının azaltılması	...
= : Operatör yetenekleri	?	---	?	Daha fazla eğitim	...
Üretim Kontrol	Kontrol sisteminin geliştirilmesi	Kanban esnekliğinin geliştirilmesi	Gecikme zamanlarının düşürülmesi	Tasıyıcı kapasitelerinin azaltılması	...
Geliştirme çalışmaları (Kaizen)	Üretim akışının geliştirilmesi	Süreç esnekliğinin geliştirilmesi	Gecikme zamanlarının düşürülmesi	Parti büyüklüklerinin azaltılması	...
? : İlave değerlendirmelere ihtiyaç duyulmaktadır					

--- : konuyla ilgili birincil önem taşınmaktadır.

... : bu çalışmanın konusu içine girmemektedir.

5.2 Önerilen Modelin Tanımı

Bu çalışmada bir Tam Zamanında üretim tabanlı bir “T” safha üretim sistemi ele alınmıştır. Her bölüm, Çizelge 5.2’de gösterildiği gibi, bir çıktı tamponu, bir üretim süreci ve bir hammadde giriş tamponundan meydana gelmiştir. Fakat safhaların işbirliğine bir kanban kullanım metodu ile ulaşılmıştır.

İki çeşit kanban göz önünde bulundurulmuştur: üretim kanbanı ve çekme kanbanı. Üretim kanbanı her üretim sürecinden sonraki envanter noktasındaki tampon stokla ilişkilendirilmiştir. Bu kanban, ürün veya parça çekme yönündeki safhalar tarafından çekildiğinde kaldırılır ve daha sonra üretim siparişi ve üretim süreçlerinde hammadde veya parça hareketi için kullanılır. Bir parça, üretim için kullanıldığında, parçaya (veya taşıyıcıya) bağlı bulunan çekme kanbanı çıkartılır ve envanter noktasına parça çekilmesi için kullanılır.

Burada son ürün için siparişleri ve yine herhangi bir safhadan bir sabit zaman aralığı disiplinini takip etmek için gerekli talepler göz önüne alınmıştır. Yine, son safhadan bitirilmiş ürün dağılımı ve üretimin herhangi bir safhasından hammadde çekilmesi, her üretim periyodu başlamadan hemen önce tamamlanmış olduğu da göz önünde bulundurulmuştur.

Burada amaç, toplam döküm giderleri minimize edilirken, hacim esnekliği için yetenekli bir kanban kontrol sistemi oluşturmaktır. Farz edilen bu dış talepler geri dönüş siparişleri için hemen memnun edici bir durum oluşturmazabilir. Burada envanter taşıma ücretleri ve birikmiş iş ücretlerinin oluşturduğu toplam envanter ücretleri ele alınmıştır. Fakat bu yöntem kurulum ve ayar ücretlerini içermemektedir. Odaklanılan nokta toplam envanter giderlerinin düşürülmesi üzerinedir (Moattar vd., 2006).

Birbirinden bağımsız olarak her periyotta her bir üretim safhası için kanban sayılarını belirleyen ve toplam envanter ücretlerini minimize eden bir lineer programlama modeli (model 2 olarak adlandırılmıştır) kullanılmıştır.

Esnek kanban tayin eden bu metod bir sonraki bölümde açıklanacaktır. Bu modelin açıklanmasından önce, önerilen metodun etkinliğinin değerlendirilmesi için bir karşılaştırmalı yapı oluşturabilecek geleneksel sabit kanban metodu aynı üretim sistemi için modellenmiştir. Bu kanban metodu model 1 olarak sunulmaktadır.

5.2.1 Metot 1. Sabit kanban tayini için bir lineer programlama modeli

Ele alınan model bir önceki bölümde tanımlanmıştır. Her safha için kanban sayılarının hesaplanması, toplam envanter ücretlerinin minimize edilebilmesi için tamsayılı lineer programlama metodu kullanılmıştır.

Bu metotta, farklı planlama ufukları değişirken, her safhada kanban sayıları her planlama ufku için sabit kalmaktadır. Metodun sadeleştirilmesi ve daha kolay anlaşılması açısından herhangi bir safhada her bir ürün için taşıyıcı kapasitesi bu kalem için envanter miktarı olarak belirlenmiştir. Çizelge 5.3'te bu metotta kullanılan parametreler ve değişkenler tanımlanmıştır (Moattar vd., 2006).

Çizelge 5.3 Metot 1'de kullanılan parametre ve değişkenler (Moattar vd., 2006).

Parametreler	Tanımlamalar
I	Üretim safhaları
T	Üretim periyotlarını oluşturan planlama ufku
CH_i	"i" safhasındaki her üretim periyodu başına envanter seviyesi için sabit tutulan ücret
CS_i	Her envanter seviyesi başına düşen eksik (açık) ücret
B_i	Her periyot için "i" safhasındaki hazır üretim kapasitesi
a_i	"i" safhasındaki bir envanter seviyesinin oluşturulabilmesi için gerekli kapasite
r_i	(i+1) safhasındaki envanter miktarı tarafından talep edilen "i" seviyesindeki envanter miktarı
$U_{i,0}$	"i" safhasındaki başlangıç envanteri
D_t	Son ürün için (I safhasındaki) "t" periyodundaki talep
Değişkenler	Tanımlamalar
$X_{i,t}$	"t" periyodunda "i" safhası için üretim miktarı
K_i	"i" safhasındaki kanban sayısı
$U_{i,t}$	"t" periyodu sonunda "i" safhasında taşıyıcıya eklenen kanaban sayısı
$U_{i,t}^+$	"t" periyodu sonunda "i" safhasındaki pozitif envanter
$U_{i,t}^-$	"t" periyodu sonunda "i" safhasındaki negatif envanter
$RL_{i,t}$	"t" periyodu "i" safhasında gerekli ürün miktarı
J2-J6	0 ve 1 değişkenlerinin ayarlanması
M	Büyük bir numara

Optimizasyon kriterli tabanda önerilen nesnel fonksiyon şu şekilde oluşmaktadır (Moattar vd., 2006):

$$\min Z = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I CH_i U_{i,t}^+ + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I CS_i U_{i,t}^- \quad (5.1)$$

her periyot için her istasyondaki envanter tüketimi:

$$RI_{i,t} = r_i X_{i+1,t} \quad t = 1, \dots, T, \quad i = 1, \dots, I-1 \quad (5.2)$$

$$RI_{I,t} = D_t \quad t = 1, \dots, T \quad (5.3)$$

Envanter dengeleme ilişkileri;

$$U_{i,1} = U_{i,0} + X_{i,1} - RI_{i,1}, \quad i = 1, \dots, I \quad (5.4)$$

$$U_{i,t} = U_{i,t-1} + X_{i,t} - RI_{i,t}, \quad t = 2, \dots, T, \quad i = 1, \dots, I \quad (5.5)$$

Başlangıçtaki envanter ile kanban sayıları arasındaki ilişki;

$$K_i \geq U_{i,0}, \quad i = 1, \dots, I \quad (5.6)$$

Her periyodun her safhasındaki kanban sayıları ve üretim sayısı arasındaki ilişli;

$$X_{i,t} \leq K_i, \quad t = 1, \dots, T, \quad i = 1, \dots, I \quad (5.7)$$

$$X_{i,t} \leq K_i - U_{i,0}, \quad i = 1, \dots, I \quad (5.8)$$

$$X_{i,t} \leq K_i - U_{i,t-1}, \quad t = 2, \dots, T, \quad i = 1, \dots, I \quad (5.9)$$

Her istasyondaki üretim miktarı ve bir önceki safhada periyot sonundaki envanter arasındaki ilişki;

$$r_{i-1} X_{i,1} \leq U_{i-1,0}, \quad i = 2, \dots, I \quad (5.10)$$

$$r_{i-1} X_{i,t} \geq U_{i-1,t-1}, \quad t = 2, \dots, T, \quad i = 2, \dots, I \quad (5.11)$$

İstasyonun toplam kapasitesi ve üretim sayısı arasındaki ilişki;

$$a_i X_{i,t} \leq B \quad t = 1, \dots, T, \quad i = 1, \dots, I \quad (5.12)$$

her periyot için her safhasındaki üretim sayısı ve kanban sayısı arasındaki ilişki;

$$X_{i,1} - K_i + U_{i,0} \geq M (J2_i - 1), \quad i = 1, \dots, I \quad (5.13)$$

$$X_{i,t} - K_i + U_{i,t-1} \geq M (J3_{i,t} - 1), \quad t = 2, \dots, T, \quad i = 1, \dots, I \quad (5.14)$$

Bir önceki safhada periyot sonundaki envanter ve her istasyondaki üretim sayısı arasındaki ilişki;

$$r_{i-1} X_{i,1} - U_{i-1,0} \geq M (J4_i - 1), \quad i = 2, \dots, I \quad (5.15)$$

$$r_{i-1} X_{i,1} - U_{i-1,t-1} \geq M (J5_{i,t} - 1), \quad t = 2, \dots, T, \quad i = 2, \dots, I \quad (5.16)$$

Toplam istasyon kapasitesi ve üretim sayısı arasındaki ilişki;

$$a_i X_{i,t} - B_i \geq M (J6_{i,t} - 1), \quad t = 1, \dots, T, \quad i = 1, \dots, I \quad (5.17)$$

“0” ve “1” değişkenleri arasındaki ilişki,

$$J2_i + J4_i + J6_{i,1} = 1, \quad i = 2, \dots, I \quad (5.18)$$

$$J3_{i,t} + J5_{i,t} + J6_{i,t} = 1, \quad t = 2, \dots, T, \quad i = 2, \dots, I \quad (5.19)$$

$$J2_1 + J6_{1,1} = 1 \quad (5.20)$$

$$J3_{1,t} + J6_{1,t} = 1, \quad t = 2, \dots, T \quad (5.21)$$

Envanterdeki pozitif ve negatif durumlar;

$$U_{i,t} = U_{i,t}^+ - U_{i,t}^-, \quad t = 1, \dots, T, \quad i = 1, \dots, I \quad (5.22)$$

Değişken sınırları;

$$X_{i,t}, U_{i,t}^+, U_{i,t}^- \geq 0, \quad U_{i,t} : \text{Sınırsız}, \quad t = 1, \dots, T, \quad i = 1, \dots, I - 1,$$

$$K_i : \text{Tamsayı}, \quad i = 1, \dots, I - 1,$$

$$J2_i, J3_{i,t}, J4_i, J5_{i,t}, J6_{i,t} : 0 \text{ veya } 1, \quad t = 1, \dots, T, \quad i = 1, \dots, I.$$

1 ve 2 arasındaki ilişki her bir periyot için, her bir safhadaki ürün tüketimini hesaplamak için kullanılır. Envanter durumları 4 ve 5 ilişkilerinden hesaplanırken, 6–9 arası ilişkiler kanban sayılarının belirlenmesindeki kısıtlamaları içerir.

Ayrıca;

Her bir periyot için, her bir aşamadaki üretim miktarı: $\min \{A, B, C\}$,

A: Her bir periyot başlangıcında belirlenmiş olan kanban sayısı,

B: her bir periyot başlangıcında mevcut bulunan eşdeğer hammadde miktarı,

C: her bir periyotta mevcut olan üretim kapasitesi.

5.2.2 Metot 2. Esnek Kanban Tayini İçin Bir Lineer Programlama Modeli

Bu metotta, her safhadaki kanban sayıları, herhangi bir planlama ufunda üretim periyotları arasında değişiklik göstermektedir. Her safha için kanban sayılarını belirleyen bir lineer programlama metodu planlama ufku için toplam envanter maliyetlerini minimize etmek için kullanılmıştır. Bu metotta birinci metotta tanımlanan parametre ve değişkenlere ek olarak Çizelge 5.4’te verilen bazı parametre ve değişkenler kullanılmıştır (Moattar vd., 2006).

Çizelge 5.4 Metot 2’de kullanılan diğer parametre ve değişkenler (Moattar vd., 2006).

Parametreler	Tanımlamalar
$K_{i,0}$	Baştaki kanban sayısı
α	$K_{i,0}$ ’ye göre kanban sayılarındaki değişim oranı
CK	Herbir istasyondaki artan veya azalan bir kanbanla beraber masraf ortaklığı
Değişkenler	Tanımlamalar
$K_{i,t}$	“t” periyodu “i” safhasına atanan kanban sayısı
$K_{i,t}^+$	“i” safhasındaki “t-1”. periyottan “t”. periyoda artan kanban sayısı
$K_{i,t}^-$	“i” safhasındaki “t-1”. periyottan “t”. periyoda azalan kanban sayısı

Çizelge 5.4 Metod 2’de kullanılan diğer parametre ve değişkenler (Moattar vd., 2006).

Nesnel fonksiyon ise şu şekilde oluşmaktadır (Moattar vd., 2006):

$$\min Z = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I CH_i U_{i,t}^+ + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I CS_i U_{i,t}^- + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I CK(K_{i,t}^+ + K_{i,t}^-) \quad (5.23)$$

Metot 1’de verilen ilişkilere ek olarak bu metotta aşağıda verilen ek ilişkilere ihtiyaç duyulmaktadır:

$$K_{i,t} = K_{i,t-1} + K_{i,t}^+ + K_{i,t}^-, \quad t = 2, \dots, T, \quad i = 1, \dots, I, \quad (5.24)$$

$$K_{i,1} = K_{i,0} + K_{i,1}^+ + K_{i,1}^-, \quad i = 1, \dots, I, \quad (5.25)$$

$$K_{i,t} \leq K_{i,0} + \alpha K_{i,0} \quad t = 1, \dots, T, \quad i = 1, \dots, I, \quad (5.26)$$

$$K_{i,t} \geq K_{i,0} + \alpha K_{i,0} \quad t = 1, \dots, T, \quad i = 1, \dots, I, \quad (5.27)$$

İlave edilen değişken limitleri ise:

$$K_{i,t}^+, K_{i,t}^- \geq 0, \quad t = 1, \dots, T, \quad i = 1, \dots, I-1,$$

$$K_{i,t} : \text{Tam sayı}, \quad i = 1, \dots, I-1,$$

Bu metotta $K_{i,t}^+$ ve $K_{i,t}^-$ her bir safhada ardı ardına gelen iki periyot arasında artan ve azalan kanban sayılarını belirtir. Maliyet faktörü (CK) kanban sayılarındaki değişim (bu durum kaynak tahsisi içindeki ayar ve değişimlere neden olur) için kullanılmıştır. Kanban sayılarındaki değişime pratik uygulamalarda genellikle sınırlandırmalar getirilir. Bu durum, Metod içinde “ α ” faktörünün kullanımıyla açıklanılmaya çalışılmıştır. Bu faktör, aynı zamanda, işçi bölümündeki operasyonlardaki esneklik seviyesini belirler.

Uygulaması yapılmak üzere 5 safhalı bir üretim sistemi göz önünde bulundurulmuş ve gerekli girdi parametreleri Çizelge 5.5’te tanımlanmıştır. Bazı sabit parametrelerin seçimlerinde literatürde sıkça rastlanılan ve bu tarz uygulamalarda önerilen değerler alınmıştır.

Çizelge 5.5 Uygulama aşamasında kullanılan parametre değerleri.

$I =$	5
$T =$	6
$CH_i =$	3,5 / 2,25 / 5,25 / 5,55 / 6
$CS_i =$	3 / 3 / 3 / 3 / 5
$CK_i =$	1
$B_i =$	720 / 720 / 720 / 720 / 720
$a_i =$	13 / 15 / 27 / 33 / 35
$r_i =$	0,5 / 2 / 1 / 1 / 1
$K_{i,0} =$	30 / 30 / 64 / 48 / 25 / 30
$\alpha_i =$	0,2
$U_{i,0} =$	24 / 48 / 30 / 21 / 24
$D_t =$	15 / 24 / 20 / 20 / 16 / 16

Yukarıda metot 2 olarak geçen esnek kanban tayini için bir lineer programlama modelinin kullanılmasıyla elde edilen değerler Çizelge 5.6’da gösterilmiştir. Burada görüldüğü üzere her aşamadaki kanban sayıları her üretim periyodu için farklı değerler taşıyabilir. Örnek olarak 1. aşama ele alınırsa, talebin 15 olduğu ve toplam çevrim zamanının 3,9 olarak belirtildiği periyotta Formül (4.3)’e göre kanban sayısı hesaplanmıştır. Benzer şekilde diğer periyotlardaki kanban sayılarının sırasıyla şu şekilde bir dağılım yaptığı görülmektedir: 30, 32, 32, 25, 24, 24. Yine tabloda, her aşama için farklı periyotlarda oluşan üretim, tüketim ve son envanter sayılarına dair bilgiler verilmiştir.

Çizelge 5.6’ da görülen $X_{1,1}$ denklem (5.9)’ un 1. safha ve 1. periyot için uyarlanarak hesaplanmasıyla aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$X_{1,1} \leq K_1 - U_{1,0}$$

$$X_{1,1} \leq 30 - 24$$

$$X_{1,1} \leq 6$$

olarak hesaplanarak diğer safha ve periyotlar için benzer yol uygulanmıştır.

Çizelge 5.6 Metod 2 kullanımıyla elde edilen uygulama sonuçları.

	Periyot 1	Periyot 2	Periyot 3	Periyot 4	Periyot 5	Periyot 6
Safha I $K_0 = 30$ $U_0 = 24$	$K_{1,1} = 30$ $X_{1,1} = 6$ $RI_{1,1} = 7$ $U_{1,1} = 23$	$K_{1,2} = 32$ $X_{1,2} = 9$ $RI_{1,2} = 20$ $U_{1,2} = 12$	$K_{1,3} = 32$ $X_{1,3} = 10$ $RI_{1,3} = 5$ $U_{1,3} = 17$	$K_{1,4} = 25$ $X_{1,4} = 8$ $RI_{1,4} = 8$ $U_{1,4} = 17$	$K_{1,5} = 24$ $X_{1,5} = 7$ $RI_{1,5} = 15$ $U_{1,5} = 9$	$K_{1,6} = 24$ $X_{1,6} = 13$ $RI_{1,6} = 22$ $U_{1,6} = 4$
Safha II $K_0 = 64$ $U_0 = 48$	$K_{2,1} = 62$ $X_{2,1} = 14$ $RI_{2,1} = 36$ $U_{2,1} = 26$	$K_{2,2} = 62$ $X_{2,2} = 40$ $RI_{2,2} = 10$ $U_{2,2} = 56$	$K_{2,3} = 62$ $X_{2,3} = 6$ $RI_{2,3} = 16$ $U_{2,3} = 46$	$K_{2,4} = 62$ $X_{2,4} = 16$ $RI_{2,4} = 30$ $U_{2,4} = 32$	$K_{2,5} = 62$ $X_{2,5} = 30$ $RI_{2,5} = 44$ $U_{2,5} = 18$	$K_{2,6} = 62$ $X_{2,6} = 44$ $RI_{2,6} = 40$ $U_{2,6} = 22$
Safha III $K_0 = 48$ $U_0 = 30$	$K_{3,1} = 48$ $X_{3,1} = 18$ $RI_{3,1} = 5$ $U_{3,1} = 43$	$K_{3,2} = 48$ $X_{3,2} = 5$ $RI_{3,2} = 4$ $U_{3,2} = 40$	$K_{3,3} = 48$ $X_{3,3} = 8$ $RI_{3,3} = 15$ $U_{3,3} = 33$	$K_{3,4} = 48$ $X_{3,4} = 15$ $RI_{3,4} = 22$ $U_{3,4} = 26$	$K_{3,5} = 48$ $X_{3,5} = 22$ $RI_{3,5} = 24$ $U_{3,5} = 28$	$K_{3,6} = 48$ $X_{3,6} = 20$ $RI_{3,6} = 20$ $U_{3,6} = 28$
Safha IV $K_0 = 25$ $U_0 = 21$	$K_{4,1} = 26$ $X_{4,1} = 5$ $RI_{4,1} = 4$ $U_{4,1} = 28$	$K_{4,2} = 26$ $X_{4,2} = 8$ $RI_{4,2} = 15$ $U_{4,2} = 11$	$K_{4,3} = 26$ $X_{4,3} = 15$ $RI_{4,3} = 24$ $U_{4,3} = 2$	$K_{4,4} = 24$ $X_{4,4} = 22$ $RI_{4,4} = 28$ $U_{4,4} = 2$	$K_{4,5} = 24$ $X_{4,5} = 24$ $RI_{4,5} = 20$ $U_{4,5} = 4$	$K_{4,6} = 24$ $X_{4,6} = 20$ $RI_{4,6} = 28$ $U_{4,6} = 4$
Safha V $K_0 = 30$ $U_0 = 20$	$K_{5,1} = 28$ $X_{5,1} = 8$ $RI_{5,1} = 15$ $U_{5,1} = 13$	$K_{5,2} = 28$ $X_{5,2} = 15$ $RI_{5,2} = 24$ $U_{5,2} = 4$	$K_{5,3} = 28$ $X_{5,3} = 24$ $RI_{5,3} = 20$ $U_{5,3} = 0$	$K_{5,4} = 28$ $X_{5,4} = 28$ $RI_{5,4} = 20$ $U_{5,4} = 0$	$K_{5,5} = 28$ $X_{5,5} = 20$ $RI_{5,5} = 28$ $U_{5,5} = 0$	$K_{5,6} = 28$ $X_{5,6} = 28$ $RI_{5,6} = 28$ $U_{5,6} = 0$
	$D = 15$	$D = 24$	$D = 20$	$D = 28$	$D = 28$	$D = 28$

Çizelge 5.6’ da görülen $RI_{1,1}$ denklem (5.2)’ un 1. safha ve 1. periyot için uyarlanarak hesaplanmasıyla aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$RI_{1,1} = r_1 X_{2,1}$$

$$RI_{1,1} = 0,5 \times 14$$

$$RI_{1,1} = 7$$

olarak hesaplanarak diğer safha ve periyotlar için benzer yol uygulanmıştır.

Çizelge 5.6’ da görülen $U_{1,1}$ denklem (5.5)’ un 1. safha ve 1. periyot için uyarlanarak hesaplanmasıyla aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$U_{1,1} = U_{1,0} + X_{1,1} - RI_{1,1}$$

$$U_{1,1} = 24 + 6 - 7$$

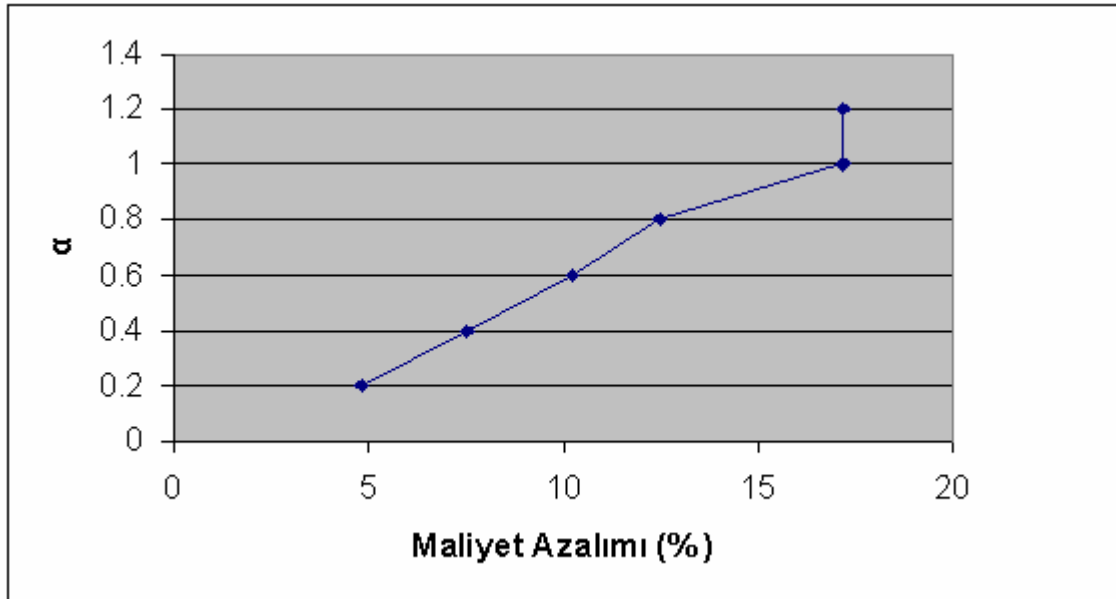
$$U_{1,1} = 23$$

olarak hesaplanarak diğer safha ve periyotlar için benzer yol uygulanmıştır. Yine mevcut maliyet hesabı denklem 5.1 ve denklem 5.23 kullanılarak hesaplanmıştır. Ortaya çıkan iki maliyet çizelge 5.7’ de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 5.7 Ortaya çıkan maliyetlerin karşılaştırılması.

Ortalama Toplam Maliyet (Metot 1)	Ortalama Toplam Maliyet (Metod 2)	Ortalama Maliyet Düşüşü (%)
2383,45	2267,7	4,85

Burada kanban sayısı değişiminin toplam envanter maliyeti üzerindeki etkisi üzerinde durulmuştur. “ α ” ile tanımlanan, Kanban sayısında kabul edilebilir değişim miktarını talep değişimini karşılamak için üretim aşamasının esnekliği temel alınarak tanımlanan karar faktörü olarak ele alınmalıdır. Bu faktör, diğer bir açıdan, üst üretim aşamasında ihtiyaç duyulan esneklik seviyesini temsil eder. Yani “ α ” değerindeki artış üst sürecin üretim seviyelendirme derecesini düşürür. Bu nedenle, pratikte, bu faktör üzerine bazı kısıtlamalar konması beklenir. Bu faktörün öne sürülen metot temel alınarak üzerindeki etkisini anlamak için bazı tahmini değerler oluşturulmuştur. Üzerinde durulan örnekte sadece $\alpha = 0,2$ olarak ele alınmıştır. Fakat aynı örnek için farklı değerler (0,4; 0,6; 0,8; 1,00; 1,2) kullanılmasıyla oluşan maliyet azalmaları Şekil 5.3’ te gösterilmiştir.



Şekil 5.2 Farklı α değerleri için maliyet azalım miktarları.

Şekil 5.2’ de görüldüğü üzere “ α ” değerindeki bu artış daha iyi bir maliyet azalımına ve tabi ki daha iyi bir esnekliğe neden olmaktadır. Bu yüzden Tam Zamanında Üretim’ de belirtildiği gibi, daha fazla esneklik sağlayacak operasyon kapasitelerinin artırımını sağlamak için sürekli bir performans gerekmektedir. “ α ” 1’ den 1,2’ ye çıkarıldığında daha fazla maliyet azalımı görülmez. Bu da üretim ile talep arasındaki aşırı dengesizlik artışından kaynaklanır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Japonya’ da 1970’ li yılların başındaki petrol kriziyle ortaya çıkmaya başlayan Tam Zamanında Üretim rekabetçi ve sonuca odaklı yapısı sayesinde kısa bir sürede tüm dünyanın dikkatini çekmiştir. Tam Zamanında Üretim sisteminin temel düşüncesi mamullerin satılmak üzere tam zamanında üretilmesi, yarı mamullerin tam zamanında montajının yapılması, parçaları tam zamanında yarı mamule dönüştürülmesi ve malzemelerin tam zamanında işlenmesidir. Bu düşünceye ulaşırken de malzemelerin süreç içinde tam ve verimli kullanımını sağlamayı, "her ihtimale karşı" anlayışı ile stok bulunduran alternatiflerin tersine, tam zamanında küçük miktarlarda üretimi gerçekleştirmeyi, daha esnek bir üretim organizasyonunu geliştirerek bu organizasyon müşterilerinin gerçek taleplerini karşılayabilmeyi, sonuçta sistem içerisindeki bütün israfları ortadan kaldıracabilmeyi ve bunlara ulaşabilmek için sürekli gelişimi hedefler.

Gün geçtikçe artan teknoloji müşteri isteklerinde çeşitliliğe neden olmakta ve bu yaklaşım da Tam Zamanında üretim gibi esnekliği temel alan üretim sistemlerinin önemini arttırmaktadır. Değişen dünyada değişimi yakalamak ve en üst düzeyde müşteri memnuniyeti sağlamak, en kısa sürede ve tam zamanında oluşan dünya fiyatlarında ve istenilen kalitede daha iyi hizmet sunarak verilmesi halinde mümkün olmaktadır.

Esneklik, tanımlanması kolay olduğu kadar uygulanması bir o kadar zor bir kavramdır. Daha önce de tanımlandığı gibi farklı yapı ve tipteki esneklik tanımlarına literatürde rastlamak mümkündür. Birçok tanımın ortak noktası olarak farklı çıktı seviyelerindeki kazançlı bir şekilde üretim yapabilme yeteneği gözükmektedir.

Esneklik türlerinin başında gelen hacim esnekliği, bir firmanın iş alanındaki alt ve üst idareleriyle birlikte çok az miktardaki kaynaklarını en verimli şekilde kullanabilmesini sağlayan önemli, fakat çok da iyi anlaşılamamış bir kavramdır. Hacim esnekliği bir firmaya yüksek seviyedeki ani talep artışı durumunda stok sorununu (stoktaki mevcut ürünün talebi karşılamaması) önleyerek firmanın dağıtım güvenilirliğini sürdürmesini sağlar. Tam tersi bir durumda ise yani talebin ani düşüşü durumunda hacim esnekliğine sahip olan bir firma, aşırı envanter ve /veya üretim kapasitesi ile karşı karşıya gelmeyecektir.

Bu bağlamda bir firmanın hacim esnekliğine ulaşmasının adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Hacim esnekliği stratejisini benimsemek için firmanın rekabetçi çevresi içerisinde anahtar faktörlerin belirlenmesi.
2. Süreç tabanlı ölçülerin geçmiş ve şu anki hacim esnekliği performanslarını değerlendirmek için kullanılması.
3. Hacim esnekliğinin önündeki engelleri ve eksikleri belirlemek.
4. Firmada hacim esnekliği sağlayabilecek kaynakların belirlenmesi.
5. Firmanın kaynak sınırlamaları, stratejik amaç ve objeleriyle tutarlı bir hacim esnekliği stratejisini seçilmeli.

Stratejik üretim esnekliği, son zamanlarda pazarda rekabetçi potansiyel olarak algılanmaktadır. Siparişlerin gerçek talep değişimlerine göre değişmesi doğrultusunda; hacim esnekliği, üretim esnekliğinin önemli bir boyutu haline gelmektedir. Bu çalışmada son ürün seviyesindeki hacim esnekliği ile süreç seviyesinde gerekli olan, ilgili niteliklerin arasında bağ ortaya konulmaya çalışılmıştır. Tam Zamanında Üretim ortamı esas alan bu çalışma, Kanban metot esnekliğinin artırılmasının gerekli olduğunu gözler önüne sermeye çalışmaktadır. Bu gereksinim yapılan literatür araştırmasıyla da desteklenmiştir. Esnek Kanban' ın tanımlanması için, üretim kontrolü ile ilgili Kanban metodunun kullanıldığı bir model tanımlanmış ve metot 2 olarak adlandırılan metottan yararlanılmıştır. Öne sürülen metot, esnek bir biçimde, toplam envanter masraflarını en aza indiren planlama ufkunun her bir periyodundaki herhangi bir üretim safhası için Kanban sayısını belirlemektedir. Toplam envanter masraf, herhangi bir süreçteki Kanban sayısının değişiminden ileri gelen masrafların yanı sıra envanter sahip olma ve biriktirme masraflarını da kapsamaktadır. Metot 2 olarak bahsedilen metodun etkinliği geleneksel, sabit, Kanban (metot 1 olarak tanımlanmıştır) metodu ile karşılaştırmalı olarak verilerek incelenmiştir. Bu karşılaştırma, öne sürülen metodun, geleneksel metoda karşı talebin değiştiği durumlarda bir üstünlüğünün olduğunu göstermiştir. Verilen örnekte maliyelerde % 4,85' lik bir azalma olması beklenmektedir.

Talepte daha fazla değişim görüldükçe, öne sürülen metot kullanımıyla masraf bakımından daha fazla bir avantaj getirmesi beklenilmektedir. Bu metotta, üretimin her bir aşamasındaki, Kanban sayısının değişmesi işe pratik açıdan kısıtlamaları yansıtan “Kanban değişimi derecesi faktörü” olan “ α ” da dahil edilmektedir. Bu faktör için sıfır değeri, süreç içinde hacme esnekliğinin olmadığını gösterir ki bu da sabit Kanban durumunu yansıtır. Bu

değerdeki artış süreçteki esnekliğin artacağını gösterdiği gibi Kanban metodunun belirli bir süreci kontrol edeceğini de gösterir.

Bunlara ek olarak, zaman çerçevesi üzerine özel olarak durulmalı ve yöneticiler, uygulama, yürürlüğe koyma ve hacim esnekliğini geliştirme konularında rekabetçi avantajların sağlanması ve korunması için çalışanlara gerekli eğitimlerinin yanı sıra gerekli güveni de vermelidirler.

Esnek Kanban kullanımıyla hacim esnekliği alanında büyük bir fayda sağlamanın mümkün olduğu bu tezle gösterilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmanın, ilerideki çalışmalar için Esnek Kanbanın uygulanabilirliğinin artırılması ve daha farklı amaçlara hizmet edecek şekilde yeniden düzenlenmesi gibi konuları içeren çalışmalara öncülük edeceği kanaatindeyim.

KAYNAKLAR

- A. De Toni; S. Tonchia, (1998), "Manufacturing Flexibility: a literature review", *International Journal of Production Research*, , vol. 36, no. 6, 1587-1617.
- Adair-Heeley, C.B. and Garwood, R.D., (1989), "Helping teams be the best they can be: the message in the milk bottle", *Production and Inventory Management Review and APICS News*, Vol. 9 No. 7, July, pp. 22-5.
- Adegoke Oke, (2003), "Drivers of volume flexibility requirements in manufacturing plants", *International Journal of Operations & Production Management* Vol. 23 No. 12, pp. 1497-1513.
- Adegoke Oke, (2005), "A framework for analyzing manufacturing flexibility", *International Journal of Operations & Production Management* Vol. 25 No. 10, pp. 973-996.
- Ali Fuat Güneri, Hayri Baraçlı, (1998), "Tam zamanında üretim sistemleri", *Sigma Dergisi*.
- Amitabh S. Raturi, Eric P. Jack, (2001), "Creating a Volume Flexible Firm, Department of Quantitative Analysis and Operations Management", ML # 130, university of Cincinnati, Cincinnati, OH 45221-0130.
- Atkinson, J., (1985), "Flexibility: planning for an uncertain future", *Manpower Policy and Practice*, 1, Summer. 1985.
- Azzone, G., and Bertelei, U., (1991), "Techniques for measuring the economic effectiveness of automation and manufacturing systems. In *Control and Dynamic Systems*", C. T. Leondes (ed.), San Diego, CA: Academic Press.
- Barad, M., Sipper, D., (1988), "Flexibility in manufacturing systems: Definitions and Petri net modeling", *International Journal of Production Research* 26 (2), 237-248.
- Bartezzaghi, E., and Turco, F., (1989), "The impact of just-in-time on production system performance: an analytical framework", *International Journal of Operations and Production Management*, 9 (8), 40± 62.
- Bartlett, C. A., and Ghoshal, S., (1989), "Managing Across Borders", Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Beach, R., Muhlemann, A., Price, D., Paterson, A. and Sharp, J. (2000a), "A review of manufacturing flexibility", *European Journal of Operational Research*, Vol. 122 No. 1, pp. 41-57.
- Beach, R., Muhlemann, A., Price, D., Paterson, A. and Sharp, J. (2000b), "Manufacturing operations and strategic flexibility: survey and cases", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 20 No. 1, pp. 7-30.
- Benjaafar, S., (1994), "Models for performance evaluation of flexibility in manufacturing systems", *International Journal of Production Research*, 32 (6), 1383- 1402.
- Bolwijn, P.T. and Kumpe, T. (1990), "Manufacturing in the 1990s – productivity, flexibility and innovation", *Long Range Planning*, Vol. 23 No. 4.
- Brandolese, A., (1990), "Flessibilità e versatilità nei sistemi produttivi", *Economia & Management*, 16 (5), 47- 55.

- Brown K.A. and Mitchell,T.R, (1991), “A Comparison of Just in Time and Batch Manufacturing: The Role of Performance Obstacles”, *Academy of Management Journal*, Vol. 34 No. 4 December, pp.906-17.
- Browne, J.,Dubois,D., Rathmill,K., Sethi, S. P., and Stecke,K. E., (1984), “Classification of flexible manufacturing systems”, *The FMS Magazine*, 2 (2), 114- 117.
- Buffa, E. S., (1984), “Meeting the Competitive Challenge: Manufacturing Strategy of US Companies”, Homewood, IL: Irwin.
- Buzacott, J. A., (1982), “The fundamental principles of flexibility in manufacturing systems”, *Proceedings of the 1st International Congress on Flexible Manufacturing Systems*, Brighton, England. pp. 13-22.
- Carl-Henric Nilsson and Hakan Nordahl, (1995), “Making manufacturing flexibility operational – part 1: a framework, *Integrated Manufacturing Systems*”, Vol. 6 No. 1, pp. 5-11 © MCB University Press Limited, 0957-6061.
- Chambers, S. (1992), “Flexibility in the context of manufacturing strategy”, in Voss, C.A. (Ed.), *Manufacturing Strategy: Process and Content*, Chapman & Hall, London, pp. 283-95.
- Chase R., B. and Aquilana, N., J., (1992), “Production and operations management”, Irwin, Homewood, IL.
- Chen, F.F. and Everett, A.E. Jr (1991), “The impact of flexible manufacturing systems on productivity and quality”, *IEEE Transactions in Engineering Management*, Vol. 38 No. 1, pp. 33-45.
- Chen, I. J., Calantone, R. J., and Chung, C. H., (1992), “The marketing-manufacturing interface and manufacturing flexibility”, *Omega*, 20 (4), 431- 443.
- Correa, H. L., (1994), “Linking Flexibility, Uncertainty and Variability in Manufacturing Systems”, London: Avebury.
- D’Souza, D.E. and Williams, F.P. (2000), “Toward a taxonomy of manufacturing flexibility dimensions”, *Journal of Operations Management*, Vol. 18 No. 5, pp. 577-93.
- Dixon, J. R., Nani, A. J., Jr, and Vollmann, T. E., (1990), “The New Performance Challenge (Measuring Operations for World-Class Competition)” Homewood, IL: Irwin.
- Easton, G., and Rothschild, R., (1987), “The influence of product and production flexibility on market strategy. In *The Management of Strategic Change*”, A. M. Pettigrew (ed.), Oxford, UK: Blackwell.
- Economics, Innsbruck, 3, 479-489.
- Edward J. Hay, (2000), “Tam zamanında yönetim; yeni üretim temellerinin uygulanması”, *Türkmen Kitabevi*.
- Evans, J.R., Anderson, D.R., Sweeney, D.J. and Williams, T.A., (1990), “Applied Production and Operations Management”, 3rd ed., West Publishing Company, St Paul, MN.
- Gerwin, D., (1993), “Manufacturing Flexibility: a strategic perspective.”, *Management Science*, 39 (4), 395- 410.
- Gupta, D., (1993), “On measurement and valuation of manufacturing flexibility”, *International Journal of Production Research*, 31 (12), 2947- 2958.

- Gupta, Y. P., and Somers, T. M., (1992), "The measurement of manufacturing flexibility", *European Journal of Operational Research*, 60, 166- 182.
- Gustavsson, S. (1984), "Flexibility and productivity in complex production processes", *International Journal of Production Research*, Vol. 22 No. 5, pp. 801-8.
- Harrigan, K. R., (1985), "Strategic Flexibility: A Management Guide for Changing Times", Lexington Books, Lexington, MA.
- Hayes, R. H., Wheelwright, S. C., and Clark, K. B., (1988), "Dynamic Manufacturing Creating the Learning Organization", The Free Press, New York.
- Hayes, R.H. and Wheelwright, S.C. (1984), "Restoring our Competitive Edge: Competing through Manufacturing", Wiley, New York, NY, Chapter 26, p. 40.
- Hill, T., (1985), "Manufacturing Strategy", Macmillan, London.
- Hyun, J. H., and Ahn, B. H., (1992), "A unifying framework for manufacturing flexibility", *Manufacturing Review*, 5 (4), 251- 260.
- Jaikumar, R. (1984), *Flexible Manufacturing Systems: A Managerial Perspective*, Harvard Business School, Boston, MA.
- Jiri Chod, Nils Rudi, and Jan A. Van Mieghem, (2006), "Mix, Time, and Volume Flexibility: Valuation and Corporate Diversification, Center for Operations and Supply Chain Management", Working Paper Series.
- Kim, C., U (1991), "Issues of manufacturing flexibility. *Integrated Manufacturing Systems*", 2 (2), 4- 13.
- Kumar C., S., Panneerselvam P., (2005), " Literature review of JIT-Kanban System", *Int. J. Adv. Manf. Technol.*, DOI 10.1007/s00170-005-0340-2
- Kumpe, T., and Bolwijn, P. T., (1988), "Manufacturing: the new case for vertical integration", *Harvard Business Review*, March/April.
- Leeuw, A. D., and Volberda, H. W., (1996), "On the concept of Flexibility: a dual control perspective", *Omega*, 24 (2), 121-139.
- Lynch, R. L., and Cross, K. F., (1991), "Measure Up! (Yardsticks for Continuous Improvement)", Cambridge, MA: Blackwell.
- Macbeth, D. K., (1985), "The flexible manufacturing mission: some implications for management", *International Journal of Operations and Production Management*, 5 (1), 26-31.
- Mair, A., (1994), "Honda's global flexi-factory network", *International Journal of Operations and Production Management*, 14 (3), 6-23.
- Mandelbaum, M., (1978), "Flexibility in Decision Making: An Exploration and Unification", PhD thesis, Dept. of Industrial Engineering, University of Toronto, Canada.
- Mariotti, S., (1995), "Flessibilità : lezioni e limiti della 'lean production'", *Economia & Management*, 21 (2), 30-43.
- Mascarenhas, B., (1981), "Planning for Flexibility", *Long Range Planning*, 14 (5), 78- 82.
- Merchant, M. E., (1983), "Current status of and potential for automation in the metal working manufacturing industry", *Annals of the CIRP*, 24 (2), 573- 574.

- Miller, J. G., De Meyer, A., and Nakane, J., (1992), "Benchmarking Global Manufacturing", IL: Irwin/APICS, Homewood.
- Mills, D.E., (1984), "Demand Fluctuations and endogenous firm flexibility", *Journal of Industrial Economics*, 33, 55- 71.
- Narasimhan, R. and Das, A. (2000), "An empirical examination of sourcing's role in developing manufacturing flexibilities", *International Production Research*, Vol. 38 No. 4, pp. 875-93.
- Nesime Acar, (1997), "Tam zamanında üretim", *Milli Prodiktive Merkezi yayınları* no: 542.
- New, C.C. (1996), "The building blocks of manufacturing excellence", *GEC Journal of Research*, Vol. 13 No. 2, pp. 67-75.
- Newman, W. R., Hanna, M., and Maffei, M. J., (1993), "Dealing with the uncertainties of manufacturing: Flexibility, buffers and integration", *International Journal of Operations and Production Management*, 13 (1), 19-34.
- Nilchiani Roshanak, (2005), "Measuring the value of space system flexibility: a comprehensive six-element framework", PhD Thesis , Massachusetts Intstitute of Technology.
- Palaniswami, S., (1994), "Measuring and managing flexibility: a strategic weapon for manufacturing firms", *Proceedings of the 8th International Working Seminar on Production*
- Porter, M.E., (1985), "Competitive Advantage – Creating and Sustaining Superior Performance", The Free Press, New York, NY.
- Ranta, J. (1989), *The Impact of Electronics and Information Technology on the Future Trends and Applications of CIM Technologies: Trends and Impacts of Computer-Integrated Manufacturing*, Luxembourg.
- S.M. Moattar Husseini, C. O'Brien, S.T. Hosseini, (2006), " A method to enhance volume flexibility in JIT production control", *Int. J. Production Economics* 104 653–665.
- Sami Kara ve Berman Kayis, (2004), "Manufacturing flexibility and variability: an overview", *Journal of Manufacturing Technology Management* Volume 15 · Number 6 · pp. 466-478.
- Sethi, A.K. and Sethi, P.S. (1990), "Flexibility in manufacturing: a survey", *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, No. 2, pp. 289-328.
- Shibsankar Sana and K. S. Chaudhuri, (2004), "On a volume flexible production policy for a deteriorating item with time-dependent demand and shortages, *Advanced Modeling and Optimization*", Volume 6, Number 1.
- Simon, H. A., (1976), "From substantive to procedural rationality. In *Method and Appraisal in Economics*", S. J. Lattis (ed.), Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Skinner,W., (1985), "Manufacturing: The Formidable Competitive Weapon", New York: Wiley.
- Slack, N., (1983), "Flexibility as a manufacturing objective", *International Journal of Operations and Production Management*, 3 (3), 4-13.
- Slack, N., and Correa, H., (1992), "The Flexibility of push and pull", *International Journal of*

Operations and Production Management, 12 (4), 82- 92.

Suarez , F. F., Cusumano, M. A., and Fine, C. H., (1991), "Flexibility and performance: a literature critique and strategic framework", Working paper #50± 91, Cambridge, MA: Sloan School of Management, MIT.

Surendra M. Gupta, Yousef A.Y. Al-Turki, Ronald F. Perry, (1999), "Flexible kanban system", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 19 No. 10, pp. 1065-1093.

Taiichi Ohno, (1996), "Toyota ruhu: "Toyota üretim sisteminin doğuşu ve evrimi(Lo spirito Toyota)", Scala Yayıncılık.

Tincknell, D. J., and Radcliffe, D. F., (1996), "A generic model of manufacturing flexibility based on system control hierarchies", International Journal of Production Research, 34 (1), 19- 32.

Upton, D. M., (1995b), "What really makes factories Flexible?", Harvard Business Review, July/n August.

Vickery, S., Calantone, R. and Droge, C. (1999), "Supply chain flexibility: an empirical study", The Journal of Supply Chain Management, pp. 16-24.

Winston, R. Jr and Heiko, L., (1990), "Just-in-time and small business evolution", Entrepreneurship: Theory and Practice, Vol. 14 ,No. 4, , pp. 51-64.

Yasuhiro Monden (1998), "Toyota Production System, An Integrated Approach to Just-In-Time", Third edition, Norcross, GA: Engineering & Management Press.

Zelenovich, D. M., (1982), "Flexibility: a condition for effective production systems", International Journal of Production Research, 20 (3), 319- 337.

Zhiwei Zhu and Paul H. Meredith, (1995), "Defining critical elements in JIT implementation: a survey", Industrial Management and Data Systems, Vol. 95 No. 8, pp. 21-28.