

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

MONTAJ SÜREÇLERİNDE YALIN ÜRETİM VERİLERİ ANALİZİ

Mustafa KOCAKOÇ

Danışman
Prof. Dr. Ali ŞEN

2008

Doktora tezi olarak sunduğum “**MONTAJ SÜREÇLERİNDE YALIN ÜRETİM VERİLERİ ANALİZİ**” adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

..../..../.....

Mustafa KOKAKOÇ

DOKTORA TEZ SINAV TUTANAĞI

Öğrencinin

Adı ve Soyadı : Mustafa KOCAKOÇ
Anabilim Dalı : Ekonometri
Programı : Ekonometri
Tez Konusu : MONTAJ SÜREÇLERİNDE YALIN ÜRETİM
VERİLERİ ANALİZİ
Sınav Tarihi ve Saati :

Yukarıda kimlik bilgileri belirtilen öğrenci Sosyal Bilimler Enstitüsü'nün tarih ve Sayılı toplantısında oluşturulan jürimiz tarafından Lisansüstü Yönetmeliğinin 30.maddesi gereğince doktora tez sınavına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini dakikalık süre içinde savunmasından sonra jüri üyelerince gerek tez konusu gerekse tezin dayanağı olan Anabilim dallarından sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin,

BAŞARILI OLDUĞUNA	O	OY BİRLİĞİ	O
DÜZELTİLMESİNE	O*	OY ÇOKLUĞU	O
REDDİNE	O**		

ile karar verilmiştir.

Jüri teşkil edilmediği için sınav yapılamamıştır. O***
Öğrenci sınava gelmemiştir. O**

- * Bu halde adaya 6 ay süre verilir.
** Bu halde adayın kaydı silinir.
*** Bu halde sınav için yeni bir tarih belirlenir.

Tez, burs, ödül veya teşvik programlarına (Tüba, Fulbright vb.) aday olabilir.	Evet O
Tez, mevcut hali ile basılabilir.	O
Tez, gözden geçirildikten sonra basılabilir.	O
Tezin, basımı gerekliliği yoktur.	O

JÜRİ ÜYELERİ			İMZA
.....	☐ Başarılı	☐ Düzeltme	☐ Red
.....	☐ Başarılı	☐ Düzeltme	☐ Red
.....	☐ Başarılı	☐ Düzeltme	☐ Red
.....	☐ Başarılı	☐ Düzeltme	☐ Red
.....	☐ Başarılı	☐ Düzeltme	☐ Red

ÖZET

Doktora Tezi

MONTAJ SÜREÇLERİNDE YALIN ÜRETİM VERİLERİ ANALİZİ

Mustafa KOCAKOÇ

Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Ekonometri Anabilim Dalı
Doktora Programı

Günümüzün küresel pazar ortamında firmaların yerlerini koruyabilmek, ayakta durabilmek, büyümeyi ve gelişmeyi sağlamak için verimliliklerini arttırmaları gerekmektedir. Verimlilik artışını sağlamak için israfı önlemek ve kıt olan kaynakları verimli kullanmak zorundadırlar. Bu verimlilik artışı ve tasarrufu sağlamanın en hızlı sonuç verecek yolu ise üretim/imalat süreçlerinin yönetiminde ve kontrolünde radikal bir değişiklik yaratabilecek olan yalın düşünce ve yalın üretimdir. Yalın üretim, müşterilere istediklerini zamanında, en düşük fiyatla ve en yüksek kaliteyle sağlamaya odaklanarak bu değişikliği gerçekleştirir. Yalın üretim, minimum kayıp ve maksimum esneklik ile üretim yapan süreçler tasarlanmasına yardım eder.

Elektronik endüstrisi ülkemizin en hızlı gelişen ve kar marjı en yüksek olan endüstrilerinden biridir. Elektronik endüstrisinde ürünlerin ortalama pazar ömrü gün geçtikçe kısalmaktadır ve yakın rekabet firmaları çok hızlı bir şekilde tasarım, üretim ve pazarlama yapmaya zorlamaktadır. Bu durumda gerçek üretim ortamı, çok zorlayıcı amaçlara sahiptir. Aynı makine aynı ürünün birbirinden çok az farklı varyasyonlarını veya farklı ürün tipleri üretmek için kullanıldığı için maliyet açısından etkinlik ve yüksek doğruluğun (kalitenin) yanı sıra esneklik de anahtar bir faktördür.

Montaj üretimi pek çok ürün için kullanılmasına karşılık, elektronik ürün montajında ürünün karmaşıklığına göre monte edilen parça sayısı milyonlarca olabilmektedir. Bu nedenle elektronik ürünlerin montajı, diğer montaj ürünlerinden daha karmaşık ve problemlidir. Bu çalışmada özellikle elektronik montaj sektöründe yalınlaşma ve montaj için tasarım, başarılı bir örnek uygulama ile birlikte detaylı bir şekilde açıklanmaktadır Elektronik endüstrisinde montaj için tasarım ile ilgili bir ilk olacak bu çalışma aynı zamanda bir işletmede hem süreç, hem ürün hem de prosedürler üzerinde yalınlaşma sağlanması dolayısıyla da kapsamlı bir uygulama içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yalın Üretim, Montaj Sistemleri, Montaj için Tasarım, Elektronik Sektörü

ABSTRACT
Doctoral Thesis
ANALYSIS OF LEAN PRODUCTION DATA IN ASSEMBLY PROCESSES
Mustafa KOCAKOÇ

Dokuz Eylül University
Institute of Social Sciences
Department of Econometrics
Doctorate Program

In today's global environment, companies should improve their efficiency in order to maintain their positions in the market and assure their growth and progress. They have to use their sources efficiently and avoid waste to assure the efficiency increase. One way of providing this increase is Lean Production, which creates a radical change in both the management and production of the company. Lean production focuses on providing the most cost-effective and high-quality products on customers' demand. It also helps the design of processes by minimum waste and maximum flexibility.

Electronic industry is one of the most rapidly growing industries in Turkey and has a high profit margin above the mean. The average product lifespan has shortened radically, and close competition forces companies to design, manufacture and market the products on a tight schedule. The actual production is subject to very ambitious goals. In addition to cost-efficiency and high-precision, flexibility is a key factor, since the same machinery is used to manufacture slightly differing variants of the same product as well as a range of different product types.

Although many products are manufactured by assembly production, there may be millions of parts in electronics assembly. This makes electronics assembly more complex and sophisticated. This study explains lean production in electronics industry with a successful case study and is a pioneer in design-for-assembly applications with a whole approach containing the lean design of processes, products and procedures.

Key Words: Lean Production, Assembly Sytems, Design for Assembly, Electronics Sector

MONTAJ SÜREÇLERİNDE YALIN ÜRETİM VERİLERİ ANALİZİ

YEMİN METNİ	II
TUTANAK	III
ÖZET	IV
ABSTRACT	V
İÇİNDEKİLER	VI
ŞEKİL LİSTESİ	IX
TABLO LİSTESİ	XI
GİRİŞ VE AMAÇ	1

BİRİNCİ BÖLÜM YALIN ÜRETİM

1.1	Yalın Üretimin Tarihçesi ve Yalın Üretim Yazını	11
1.2	Yalın Üretimin Prensipleri ve Temel Kavramları.....	14
1.3	Yalın Üretimin Temelleri ve Prensipleri.....	17

İKİNCİ BÖLÜM YALIN ÜRETİM ARAÇ VE TEKNİKLERİ

2.1	5S / 6S	22
2.1.1	1.S: Sınıflandırma (Ayıklama)	22
2.1.2	2.S: Düzenleme (Yerleştirme)	23
2.1.3	3.S: Temizlik	23
2.1.4	4.S: Standartlaştırma	24
2.1.5	5.S: Disiplin.....	24
2.1.6	5S'in Uygulanmasıyla Elde Edilecek Olumlu Sonuçlar	24
2.2	Tek-Parça Akışı.....	26
2.3	Makineler ve Atölyeler Arası Senkronizasyon	27
2.4	Hücreyel İmalat	28
2.5	Değer Akış Haritalama	32
2.6	Görsel Yönetim/Görsel Fabrika	37

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ELEKTRONİK ÜRÜNLERDE MONTAJ

3.1	Elektronik Montaj Üretiminde İsrar	40
3.2	Montaj İçin Tasarım	42
3.3	Montaj İçin Tasarım Metotları	44
3.4	Baskılı Devre Kartları (PCB)	47
3.5	Baskılı Devre Kartlarında (PCB) Montaj için Tasarım	50
3.6	Montaj İşlemlerinde Yeniden İşleme	50
3.7	Montaj Hattı Kavramı	52
3.8	Montaj Hattı Dengeleme	53

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

4.1	Şirketin Genel Tanıtımı	54
4.1.1	Firmanın Vizyon ve Misyonu	54
4.2	Televizyon Ürünü ve Üretim Süreci	55
4.3	Yalın Üretime Olan İhtiyaç	57
4.3.1	TV Sektörü Piyasasındaki Değişiklikler	58
4.3.2	Halen Firmada Devam Eden Büyük Çaplı Uygulamalar	59
4.4	Stratejik Plan	59
4.5	Pilot Uygulama Bölgesi ve Pilot Ürün	60
4.6	Değer Akış Haritaları	63
4.7	Günlük Sipariş Durumu ve Takt Zamanı Analizi	66
4.8	Yeni Tasarıma Geçişte Kullanılan Yalın Üretim Uygulamaları	67
4.8.1	Montaj için Tasarımla Ürün Yalınlaştırma	67
4.8.2	Teknolojik Araştırma ve Bileşen Standartlaştırma	68
4.8.3	Hat Tipi Üretim Tercihinin Yapılması ve Hat Dengeleme	69
4.8.4	Yeni Teknolojili Test Sistemlerine Geçiş	70

4.8.5	Ürüne Değer Katmayan Operasyonların Elimine Edilmesi	71
4.8.6	Görsel Fabrika Uygulamalarına Başlanması	75
4.8.7	PCB ve Bileşen Firmalarıyla Yapılan Tedarik Anlaşmaları	76
4.8.8	5S Uygulamaları	76
4.9	Sonuç ve Karşılaştırma	79
SONUÇ VE ÖNERİLER.....		81
KAYNAKLAR		83

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3-1: Esnek Robot Montajı	46
Şekil 3-2: Yatay ve Dikey Bileşen Örnekleri	49
Şekil 3-3: Yatay Bileşenlerin Makine ile Çakılması	49
Şekil 3-4: SMD Bileşen Örnekleri	49
Şekil 4-1: Televizyon Üretim Süreci	56
Şekil 4-2: Televizyon Türleri	57
Şekil 4-3: Pilot Uygulama Bölgesinin Tüm Üretim Süreci İçindeki Yeri	61
Şekil 4-4: Pilot Ürün Örnekleri	61
Şekil 4-5: Şase A ve dijital yayınları alabilmek için kullanılan dijital kart	62
Şekil 4-6: Şase B	62
Şekil 4-7: Mevcut Durum Haritası	64
Şekil 4-8: Gelecek Durum Haritası	65
Şekil 4-9: FPD TV Aylık Üretim Miktarları Gelişimi	66
Şekil 4-10: Yığın üretiminden tek parça akışa geçiş	70
Şekil 4-11: Otomatik Optik Kontrolün Süreçteki Yeri	70
Şekil 4-12: Otomatik Fonksiyonel Testin Süreçteki Yeri	71
Şekil 4-13: Röntgen Operasyonunun Süreçteki Yeri	72
Şekil 4-14: Yazılım Yükleme İşleminin Süreçteki Yeri	72
Şekil 4-15: Etiketleme İşçiliğindeki Değişim	73
Şekil 4-16: Silikon İşçiliğinin Süreçteki Yeri	73
Şekil 4-17: İptal Edilen Silikonlamalar	74
Şekil 4-18: Eski ve Yeni Kasalar	75
Şekil 4-19: Dijital Bilgilendirme Panoları	75
Şekil 4-19: Dijital Bilgilendirme Panoları	75
Şekil 4-20: Eski ve Yeni Bant Yerleşimi	76
Şekil 4-21: Alan Çizgileri	77

Şekil 4-22: Kablolama Düzenlemesi	77
Şekil 4-23: Yer Kaplamalarının Değişimi	78
Şekil 4-24: Uyarı ve Eğitim Panoları	78
Şekil 4-25: Yalınlaşma Uygulamasının Özeti	80

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1-1: Yıllar İtibariyle Üretim Sisteminin Özellikleri	6
Tablo 1-2 : Yalın Üretim ve Geleneksel Seri Üretimin Genel Örgütsel Farklılıklar	9
Tablo 1-3: Yalın Üretim ve Geleneksel Seri Üretimin Üretim Yöntemleri Açısından Karşılaştırılması	10
Tablo 2-1: 5S'in Özeti	25
Tablo 4-1: Türkiye'de üretilen TV dağılımı	58
Tablo 4-2: Eski ve Yeni Durumun Karşılaştırılması	79

GİRİŞ VE AMAÇ

Günümüzün küresel pazar ortamında başarılı olmak için üretim/imalat süreçlerinin yönetiminde ve kontrolünde radikal bir değişiklik gerekmektedir. Yalın üretim, müşterilere istediklerini zamanında, en düşük fiyatla ve en yüksek kaliteyle sağlamaya odaklanarak bu değişikliği gerçekleştirir. Yalın üretim, minimum kayıp ve maksimum esneklik ile üretim yapan süreçler tasarlanmasına yardım eder.

Yalın Üretim, mükemmele ulaşmak için herkesin katıldığı, sürekli araştırmalar yoluyla problemlerin çözülmesi esasına dayalı bir sistemdir. En az kaynakla, en kısa zamanda, en ucuz ve hatasız üretimi, müşteri taleplerine birebir yanıt verecek şekilde ve tüm üretim faktörlerini en esnek şekilde kullanıp, potansiyellerinin tümünden yararlanılarak gerçekleştirilen bir üretim biçimidir.

Son yıllarda Türkiye'nin özellikle imalattaki avantajı gün geçtikçe Çin ve Hindistan gibi daha ucuz işgücü ve daha fazla karın olduğu bölgelere kaymaktadır. Satışları arttırmak, maliyetleri düşürmek ve yeni ürünler piyasaya sürmekle ilgili çabalar imalat yönetimini daha da karmaşıklaştırmaktadır. Küresel rekabette yerimizi koruyabilmek, ayakta durabilmek, büyümeyi ve gelişmeyi sağlamak için kuruluşların verimliliklerini arttırmaları gerekmektedir. Verimlilik artışını sağlamak için israfı önlemek ve kıt olan kaynakları verimli kullanmak gerekir. Tasarruf edilen kaynaklar, daha fazla değer yaratmak, mevcut pazarlarda daha geniş ekonomik olanaklar bulmak ve yeni pazarlara doğru yürümek için gereklidir. Bu verimlilik artışı ve tasarrufu sağlamanın en hızlı sonuç verecek yolu ise yalın düşünce ve yalın üretimdir.

Bu çalışmada yalın düşünce ve yalın üretimden kısaca söz edildikten sonra, özellikle elektronik montaj sektöründe yalınlaşma ve montaj için tasarım, başarılı bir örnek uygulama ile birlikte detaylı bir şekilde açıklanmaktadır.

Amaç

Son yıllarda gelişmiş ülkelerde ve Türkiye'de imalat endüstrisinde kar elde etmek giderek zorlaşmaktadır. Türkiye'nin özellikle imalattaki avantajı gün geçtikçe Çin ve Hindistan gibi daha ucuz işgücü ve daha fazla karın olduğu bölgelere

kaymaktadır. Satışları arttırmak, maliyetleri düşürmek ve yeni ürünler piyasaya sürmekle ilgili çabalar imalat yönetimini daha da karmaşıklştırmaktadır.

Modern bir imalat tesisi çok az ya da hiç israfla, planlanan kapasitesinde yüksek esneklikte geniş bir ürün yelpazesi üretebiliyor olmalıdır. Modern bir tesisin ihtiyaçlarını karşılamak için son yıllarda Toyota Üretim Sistemi (Toyota Production System –TPS), yalın üretim, esnek imalat sistemleri, kısıtlar teorisi, senkronize akışlı imalat gibi pek çok teknik geliştirilmiştir. Aynı zamanda günümüzün fabrikası için geliştirilen pek çok farklı araç ve teknik te vardır: Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP), Toplam Kalite Yönetimi, İmalat Kaynak Planlaması (MRPII), Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) vb.

Son yıllarda büyüme oranları ortalamanın üstünde olan elektronik endüstrisi (yarı iletken imalatı, Flat TV üretimi ya da baskılı devre kartı (Printed Circuit Board-PCB) montajı gibi) en dinamik küresel endüstrilerden biridir. Teknoloji kullanımındaki inanılmaz karmaşıklık ve büyük parasal yatırımlar nedeniyle yüksek derecede karmaşık planlama ve kontrol stratejilerine ihtiyaç vardır. Tüm bu durumlar, yeni yönetim, araç ve süreçlerin kullanımını gerektirir (Chien ve Günther, 2008).

Cimento ve Knister'in 1994'teki makalelerinde belirttikleri gibi, uzun yıllar boyunca elektronik endüstrisi üretkenlik yerine yeni ürün geliştirme üzerine odaklanmıştır. Fakat elektronik endüstrisindeki artan rekabet nedeniyle üretkenlikteki artış ekonomik büyüme ile yakın ilişkili hale gelmiştir. 1994'ten bu yana da rekabet giderek daha da zorlu bir hale gelmiş ve bu endüstride yeni yeni ismini duyurmaya başlayan Türk şirketlerini zorlamaya başlamıştır.

Bunlara ek olarak, malzeme ve bileşenleri dünyanın farklı yerlerinden tedarik eden firmaların sayısı da gün geçtikçe artmaktadır. Tedarikçiler artık yakında değildirler. Küreselleşen dünyada doğru malzemenin doğru zamanda müşterilere teslim edilmesi daha da zorlaşmaktadır. Yalın üretim felsefesinin benimsenmesi, ülkemizin Çin ve Hindistan gibi ülkelere kaptırdığı pazar payını geri almasını sağlayacak bir yol olabilir.

İçinde bulunduğumuz yüksek teknoloji çağında modern elektronik aletlerinin imalatı için gereken malzeme ve süreç çeşitliliği o kadar fazladır ki, teknik uzmanlar bile son elektronik montaj ürününü oluşturan parçaların hepsinin ne işe yaradığını

bilememektedirler. Bu karmaşıklık montajı yapan kişiler için daha da büyük sorun yaratır (Harper, 2002: IX).

Çoğu elektronik ürün bir kartın üzerine yerleştirilmiş elektronik bileşenlerden oluşan baskılı devre kartları (Printed Circuit Board- PCB) içerirler. Kartların üzerinde pek çok parça bulunur ve genellikle bu parçalar hem otomasyon hem de el ile montaj yapılarak karta takılır.

Sert uluslar arası rekabet ve hızlı teknolojik değişim elektronik endüstrisinin en bilinen özellikleridir. Diğer yandan, PCB montaj sistemleri genellikle büyük parti hacimleri için tasarlanmıştır. Ayrıca bitmiş ürünlerin farklılaştırılması gereksinimi de PCB montaj sistemlerini ürün karmaşı, hacim ve esneklik yönünden zorlamaktadır (Perona ve Pozzetti, 1991). Dahası farklı PCB'ler arasındaki üretim hacmi değişiklikleri de çoğunlukla sorun yaratmaktadır. Bu nedenle PCB montajındaki en önemli konu farklı PCB'leri hızlı model değiştirme ile küçük hacimlerde kusursuz olarak üretebilmektir.

Elektronik endüstrisinde PCB'lerin montajı genellikle üretim sürecinin en kritik aşamasını oluşturur. PCB'ler genellikle bir dizi otomasyonlu akış tipi hatta montaj yapırlar. Akış hattının her aşaması birden çok birbirine benzer ve tanımlı bir ürün ailesine adanmış makinelerden oluşabilir (Croc vd., 2000). PCB üretiminin çizelgelenmesi görüldüğünden daha zordur. Bunun sebebi sürecin doğasında bulunan değişkenliktir (McKay, Safayeni, Buzacott, 1995).

Smith vd. (1996:66), bir elektronik montaj firmasının maliyetlerini düşürebilmesi için daha az kusurlu ürün üretmesi, muayene ve teste olan gereksinimini azaltması, yeniden testi ortadan kaldırması, hurdalar azaltması ve ürünün uygunluğu hakkında karar verme sürecini hızlandırması gerektiğini belirtmişlerdir. Bunların hepsi, yalınlaşma sayesinde başarılabılır.

PCB montaj sistemlerinde pazarın gereksinim duyduğu hız ve esneklikte üretim yapabilmek için kısa dönemli planlamaya çok iş düşmektedir. Yazındaki çalışmaların çoğunluğu kısa dönemli planlamada çizelgeleme (Johnsson ve Smed, 2001; Ashayeri ve Selen, 2007; Ho, Ji ve Wu, 2007) ve sıralama ile ilgilidir. Aslında planlamanın kolayca yapılabilmesinin en önemli şartlarından birisi, ürün standartlaştırması ve süreç iyileştirmeler ile akış süresinin ve model dönüşümlerinin kısaltılmasıdır, bu da yalın üretim ile mümkündür.

Bu çalışmada amaç, PCB montaj sürecinde yalın tekniklerin ve yalın montaj için tasarımın kullanılması ile daha etkin ve üretken bir sürecin yaratılmasıdır. Otomotiv endüstrisi için yaratılmış olan yalın üretim araç ve tekniklerinin diğer sektörlere uyarlanması gerekmektedir (Herron ve Hicks, 2008). Yabancı yazına bakıldığında yalın üretim ve montaj için tasarım ile ilgili bazı çalışmalar olmasına karşılık, parça sayısı ve çeşitliliğinin çok fazla olduğu elektronik endüstrisinde bu konuda yayınlanmış çalışma olmadığı görülmektedir. Türkçe yazında ise montajda yalın üretim ile ilgili uygulama bazında bazı çalışmalar olmakla birlikte montaj için tasarım ile ilgili kapsamlı yayınlanmış bir çalışma bulunmamaktadır. Türkçe tezler incelendiğinde, çoğunluğunun otomotiv ve tekstil sektöründe, yalın üretim araçlarının uygulanması ile ilgili oldukları görülebilir. Elektronik endüstrisinde montaj için tasarım ile ilgili bir ilk olacak bu çalışma aynı zamanda bir işletmede hem süreç, hem ürün hem de prosedürler üzerinde yalınlaşma sağlanması dolayısıyla da çok kapsamlı bir uygulama olarak yazına katkıda bulunacaktır. Özetle tezin yazına katkıları;

- * Uygulama süreç-ürün-prosedürleri kapsadığı için orijinal ve kapsamlıdır.
- * Türkçe yayınlarda kapsamlı bir montaj için tasarım çalışması yoktur.
- * PCB üretiminde genelde yapılmamış bir uygulamadır.

Çalışmanın birinci bölümünde yalın üretim, tarihçesi, geleneksel üretimden farkları ve dünya üzerindeki gelişimi anlatılmaktadır. İkinci bölümde yalın üretim teknik ve araçlarından çalışmada kullanılanlar detaylı biçimde açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde montaj üretimi ve özellikle elektronik sektöründe montaj üretimi ve yalınlaşma hakkında bilgi verilmektedir. Son bölümde ise bir elektronik firmasında montaj üretiminde yalınlaşma çalışmaları ayrıntılı bir biçimde ele alınmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

YALIN ÜRETİM

Toyota Motor Corporation yalın üretim uygulamasının ilk ve en başarılı uygulayıcısı olarak bilinir (Bremner & Dawson, 2003; Drickhamer, 2004; Takeuchi, Osono ve Shimizu, 2008; Womack, Jones ve Roos, 1990). 50 yıldır Toyota, Toyota Üretim Sistemi (TPS) adı altında yalın uygulamalarını sürekli geliştirmiştir. TPS'in performansı Toyota'nın DaimlerChrysler, Ford, ve General Motors'u pazarda geride bırakmasını sağlamıştır. BusinessWeek'in bir kapak yazısında "Hiçbir araba şirketinin bu kadar çok alanda Toyota kadar güçlü olmadığı ve %8'lik kar marjının Detroit'in üç büyüğünü geride bıraktığı" söylenmiştir (Bremner ve Dawson, 2003). Toyota'nın finansal ve piyasa başarısı yalın üretim uygulamalarının bir sonucudur.

Toyota Üretim Sistemi'nin temelini oluşturan "entegre fabrika" tanımıdır. Entegre fabrika teknik boyutlarıyla 6 sıfırdan oluşan bir üretim modelidir. Entegre fabrika ile sıfır stok (sıfır mal fazlası, sıfır depo), sıfır hata, sıfır çelişki, üretimde sıfır ölü zaman, müşteri için sıfır bekleme süresi ve en nihayetinde de "sıfır kağıt" başka bir deyişle, sıfır bürokrasi ve sıfır gereksiz iletişim hedeflenmektedir.

Ohno'nun fikirleri tüm dünyadaki pek çok şirkette Yalın Üretim, Yalın Girişim (Lean Enterprise), Tam Zamanında Üretim (Just in Time – JIT) veya Dünya Çapında Üretim (World Class Manufacturing) isimleriyle uygulanmaktadır. Son yıllarda temeli süreç analizine, etkinlik-verimliliğe, istatistiksel proses kontrole ve sorun çözme tekniklerine dayanan farklı metodolojiler geliştirilmiştir. Toplam kalite yönetimi, değişim mühendisliği, değişim yönetimi, altı sigma, süreç yönetimi ve yalın altı sigma gibi başlıklar bu metodolojilerden birkaçıdır. Yalın üretim bu metodolojilerle uyumlu şekilde çalışabilmektedir.

Womack (2007), yalın üretim ile TPS arasındaki en önemli farkın, TPS'te öncelikle bir yönetim sistemi oturtulmaya başlanması, yalın üretimde ise ilk yapının araçları kullanmak olduğunu söylemiş ve yalın üretimin bir "araçlar çağı" başlattığını belirtmiştir.

Eskiden “Japon malı” terimi ucuz ve kötü kaliteli mal anlamına gelirdi. Fakat günümüzde yüksek fiyat, iyi kalite ve güvenilirlik ile birlikte anılmaktadır. Japonya İkinci dünya savaşından sonra düştüğü kötü ekonomik durumdan yalın üretim ve benzeri faaliyetler sayesinde kurtulmuştur. Japonlar’ın iş tarzı felsefesi Batı’dakinden tamamen farklıdır. Batı’da kar elde etmenin yolu, üretim maliyetlerine karı ekleyip satış fiyatını oluşturmaktan geçer. Buna zıt olarak Japon yaklaşımında satış fiyatını müşterinin belirlediği kabul edilir. Ürün ne kadar kaliteli ise müşterinin ödemek isteyeceği fiyat da artar. Ürünün maliyeti ile müşterinin belirlediği fiyat arasında kalan miktar da karıdır. Bu nedenle karı arttırmak için hem kaliteli üretim yapmak hem de değer akışının her noktasında israfları ortadan kaldırarak ürünün maliyetini düşürmek gerekmektedir. Değer akışı, bir tedarik zincirinde belirli bir ürün veya değeri tasarlamak, ısmarlamak ve gerçekleştirmek için gereken faaliyetler olarak tanımlanabilir (Hines ve Taylor, 2000).

Tablo 1-1: Yıllar İtibariyle Üretim Sisteminin Özellikleri

Üretim	Zanaatlar Dönemi(1900+)	Saf Fordizm (1920’li yıllar)	Fordizm Sonrası (1960’lı yıllar)	Yalın Üretim (1980+)
İş Standardizasyonu	Düşük	Yüksek, yöneticiler tarafından	Yüksek, yöneticiler tarafından	Yüksek, ekipler tarafından
Kontrol alanı	Geniş	Dar	Dar	Orta
Stoklar	Büyük	Orta	Büyük	Küçük
Üretim yapısındaki gereksiz unsurlar	Büyük	Büyük	Büyük	Küçük
Onarım alanları	Küçük	Küçük	Büyük	Çok küçük
Ekip çalışması	Orta	Düşük	Düşük	Yüksek

Kaynak: Krafcik, 1988, sf.44

“Yalın üretim” terimi yazında pek çok kez tartışılmıştır. “Yalın üretim” terim olarak ilk defa Massachusetts Institute of Technology (MIT) bünyesinde kurulmuş olan International Motor Vehicles Program (IMVP)’daki Womack, Jones, Roos ve Krafcik gibi araştırmacılar tarafından kullanılmaya başlanmış olmasına rağmen, temelleri Toyota Üretim Sistemi’ne dayanmaktadır. Adı ne olursa olsun, temel kuralları ve faydaları herkes tarafından kabul görmektedir.

Womack ve arkadaşlarının tanımladığı şekliyle “Yalın” terimi, geleneksel bir seri üretim sistemi ile aynı çıktıları yaratmak için tüm girdilerin daha az kullanıldığı, bu sırada da son müşteri için farklı çeşitlilikler sağlayabilen bir sistem şeklinde ifade edilebilir (Panizzolo, 1998).

Yalın üretim, üretime yük getiren tüm israflardan arınmayı hedef alan bir yaklaşımdır. Yalın Üretimde emek-zanaat yoğun üretim ile seri üretimin üstünlükleri bir araya getirilmiştir. Yalın üretimin ana stratejisi hızı artırıp, akış süresini azaltarak kalite, maliyet, teslimat performansını aynı anda iyileştirmektir. Yalın üretim müşteri ihtiyaçları doğrultusunda malzeme veya bilgiyi dönüştüren veya şekillendiren ve katma değer yaratan faaliyet ile zaman ve kaynak kullanan, ancak ürün üstüne müşteri ihtiyaçları doğrultusunda değer ilave etmeyen ve katma değer yaratmayan faaliyeti ayırt etmeye yarar.

Yalın üretim “endüstriyel üretim sistemlerini yapılandırmak, işletmek, kontrol etmek, yönetmek ve sürekli geliştirmek için kullanılan kapsamlı bir felsefedir” (Detty ve Yingling, 2000-99). Yönetim, felsefe ve teknolojiyi entegre bir biçimde birleştiren bir üçgen gibidir (Convis, 2001). Womack, Jones ve Ross (1990), yalın üretimi “yalın” yapanın, seri üretimle karşılaştırıldığında çaba, alan, yatırım, mühendislik saati ve zaman olarak seri üretimin en fazla yarısı kadar harcaması olduğunu ifade etmektedir. Yalın üretim en yenilikçi, en etkin ve en verimli organizasyona doğru sonsuz bir yolculuktur. Yalının gücü ve sihri işyerinin heryerindeki gizli gelişim fırsatlarının sürekli olarak ortaya çıkarılmasında yatar. “Shingo Prize for Manufacturing Excellence” ödülünün yaratıcılarından biri olan ve yalın üretimle ilgili pek çok çalışması bulunan Norman Bodek, bir röportajında (Strategos, Inc., <http://www.strategosinc.com/nbodek.htm>) “Her zaman ortadan kaldırılacak israflar olacaktır. Israf, mobilyanızın üstünde toplanan tozlar gibidir” demiştir.

Yalın Üretim; israfı sürekli ortadan kaldırmaya dayalı, mükemmelliğe ulaşmaya yönelik ve faaliyetlerin ihtiyaç duyulduğu ya da talep edildiği anda gerçekleştirilmesi temeline dayanan bir sistemdir. Yalın Üretim, tedarikçi-üretici-müşteri zincirini kapsayan temel tekniklerden oluşan ve üretim faaliyetlerinin ‘yalın’ olmasını hedefleyen bir üretim ve yönetim biçimidir.

Yalın üretimle ilgili tüm çalışmalara bakıldığında, hemen herkesin yalın üretimin sanayi örgütlenmesine yeni bir soluk getirdiği, hatta dünyanın en iyi uygulaması olarak kabul edilmesi gerektiği konusunda hemfikir olduklarını görmek mümkündür. Ne var ki yalın üretim en iyi uygulama olarak kabul edilirken, birçok kez dar anlamıyla üretim olayına kazandırdığı teknikler ön plana çıkarılmakta, sistem sadece bir teknikler bütünüymiş gibi sunulmaktadır. Hiç kuşkusuz, yalın üretimi yalın üretim yapan en önemli etkenlerden biri üretim olayına kazandırdığı özgün yeniliklerdir. Ancak, ünlü Japon uzmanlar Shingo ve Molden'in de vurguladığı gibi yalın üretimin gözardı edilemeyecek bir başka boyutu daha vardır ki, sistemin temel dayanağı aslında bu boyutunda gizlidir. O da, yalın üretimin, içinde yer alan her kesimi, aktörü, ya da tarafı aynı anda memnun etmesi, kitle üretiminin tersine, "herkesin kazanması" nı (win-win) sağlayabilecek güçlü bir potansiyele sahip olmasıdır (Serdaroğlu Okur, 1997:11) .

Groover (2007:770) yalın üretimi "daha az kaynakla daha çok iş yapılan ve müşterilere beklediklerinin de ötesine geçen ürünler vermek" olarak tanımlamaktadır.

Kitle üretimi yapanlar, pahalı, tek amaçlı makineleri kullanmaya eğilimli yeteneksiz ya da vasat derecede yetenekli işçiler tarafından yapılacak ürünleri tasarlamak üzere dar işlevsel alanlarda uzmanlaşmış profesyonellere ihtiyaç duyarlar. Bu durum yüksek hacimde standart ürünlerin üretilmesine neden olur. Çünkü, makine maliyetleri çok yüksektir ve bu nedenle de karışıklıklara, üretimin kesintiye uğramasına tolerans yoktur. Kitle üretimi yapan firmalar karışıklıkları engellemek için sisteme sürekli olarak ekstra malzeme, ekstra işçi ve kaynak eklemek zorunda kalırlar. Sonuçta müşteri standart ürünlere düşük maliyetle sahip olabilir ancak, kendi ihtiyaçları diğer müşterilerden farklı olarak talep ettiği ürün bileşenleri için çok yüksek bedeller ödemek zorundadır. Pazar çok büyük olduğunda standart ürünleri düşük maliyetle üretmek mümkün ve kazançlıdır, fakat bu özelliğe sahip olmayan pazarlarda kitle üretimi uygulamak uygun olmayacaktır (Kapila ve Mead, 2002:175)

Kitle üretimi doğrultusunda Frederic W. Taylor tarafından geliştirilen ve fonksiyon temelinde bölümlerden oluşan geleneksel örgüt yapısı da, arz ve talebin düzenli olması şartlarına göredir. İstikrar ve büyüme ortamında başarılı olacak

şekilde, kitle üretimine göre yapılmış işletmelerin, birkaç düzenleme ile değişim hızını yakalamaya çalışmaları olumsuz sonuçlar doğurabilir. Bu olumsuz sonuçlar, esnek olamama, tepkisizlik, müşteriye odaklanamama, sonuçtan çok faaliyetlere önem verme, bürokratik felç, yenilik eksikliği ve genel giderlerin yüksek olması şeklinde gündeme gelebilir (Hammer ve Champy, 1991:21,27).

Yalın üretim ve geleneksel seri üretimin çeşitli alanlardaki farklar Tablo 1-2 ve Tablo 1-3 ile özetlenebilir (Ünnü, 2003):

Tablo 1-2 : Yalın Üretim ve Geleneksel Seri Üretimin Genel Örgütsel Farklılıklar Açısından Karşılaştırılması

	Geleneksel Seri Üretim	Yalın Üretim
İşletme Stratejisi	Üretim odaklıdır, ölçek ekonomisi mantığı altındaki durağan ürün tasarımı ve özel olmayan teknoloji kullanımı söz konusudur.	Müşteri odaklıdır, müşteri isteklerini ve ihtiyaçlarını tanımlayıp rekabet avantajı ele geçirmeyi hedeflemektedir
Müşteri Tatmini	Mühendislerin istediğini, istatistiksel olarak kabul edilebilen kalite seviyesinde, yüksek miktarlarda üretir. Kullanılmayan stok düşük fiyatla elden çıkartılır.	Müşterinin istediklerini, sıfır hatayla, istediği zamanda ve miktarda üretmektedir.
Liderlik	Yöneticilik emirleriyle liderlik	Vizyon ve alt kademe katılımı ile liderlik
Organizasyon	Hiyerarşik yapı, tekrarlı işleri destekleyen ve firelerin ortaya çıkarılmasını, operatör hatalarını, ekipman sorunlarını ve örgütsel hataları tespit için gerekli olan son derece önemli bilgilerin akışının zorlaştığı bir yapı.	Yatay yapı, yaratıcılığı destekleyen ve firelerin ortaya çıkarılmasını, operatör hatalarını, ekipman sorunlarını ve örgütsel hataları tespit için gerekli olan son derece önemli bilgilerin akışının kolaylaştığı bir yapı.
Dış ilişkiler	Fiyat Odaklı	Uzun dönem ilişkilere odaklı
Bilgi Yönetimi (MIS)	Bilgi-Zayıf. Hazırlanmış olan özet raporlara göre yönetim.	Bilgi-Zengin. Tüm çalışanlar tarafından ayakta tutulan görsel kontrol sistemlerine göre yönetim.
Kültür	Sadakat ve boyun eğme kültürü, yabancılaşma ve işgücü çatışması altkültürü	İnsan kaynaklarının uzun dönemde geliştirilmesine odaklanmış katılımcı ve uyumlu şirket kültürü.
Üretim	Büyük ölçekli makinalar, fonksiyonel yerleşim, uzun üretim süreleri, vasıfsız işçi, inanılmaz	Amaca uygun ölçekli makinalar, hücre tipi yerleşim, vasıflı işçi, tek parça akış, sıfır stok

	miktarlarda stok	
Operasyonel Yeterlilik	İş gücünün büyük bir bölümünü üstlenen aptal aletler, siparişlerin takibi, ve problem çözme vasfından uzak	Standart işleri üstlenen akıllı makineler, problem tespitinde yetenekli
Bakım	Bakım sorumluları tarafından yapılan bakımlar	Üretim, bakım ve mühendislik yardımıyla ekipman yönetimi
Mühendislik	“İzole Edilmiş Dahi” modeli, müşterilerden gelen çok az bilgi ve üretim gerçeklerinden çok uzak	“Takım Bazlı” model, müşterilerden gelen çok miktardaki bilgi ile üretim ve üretim sürecinin eşzamanlı tasarımı

Tablo 1-3: Yalın Üretim ve Geleneksel Seri Üretimin Üretim Yöntemleri Açısından Karşılaştırılması

	Geleneksel Seri Üretim	Yalın Üretim
Üretim planları	Talep Tahmin Odaklı – Ürün işletmeden dışarı itiliyor.	Müşteri Odaklı – ürün işletmeden dışarı çekiliyor.
Üretim	Bitmiş ürün stoklarına üretim	Müşteri siparişlerini karşılamak üzere üretim (anında sevkiyat)
Üretim çevrim zamanı	Haftalar/aylar	Saatler/günler
Üretim parti büyüklükleri	Büyük, ürün operasyonlar arasında büyük partiler halinde dolaşır	Küçük, ürün operasyonlar arasında tek parça halinde akar
Tesis ve ekipman yerleşimi	Fonksiyon gruplarına göre	Ürün akışına göre, ürün aileleri için hücre veya hat kullanımı
Kalitenin kontrol	Parti içinden örnek alınarak	Üretimin yapıldığı noktada %100
İşçilerin görevlendirilmesi	Genel olarak her makine için bir adam	Genel olarak bir adam birkaç makine
İşçilerin yetkileri	Düşük – İşlemlerin nasıl yürütüldüğüne dair kısıtlı bilgi	Yüksek – iyileştirmeleri fırsatlarını tespit etme ve uygulama sorumluluğu
Stok seviyeleri	Yüksek- Büyük bitmiş ürün ambarları ve proses için stoklar	Düşük – Operasyonlar arasında küçük miktarlar, sık nakliye
Stok çevrimi	Düşük – 6-9 çevrim/yıl veya daha az	Yüksek – 20+ çevrim/yıl
Üretim planlarını değiştirmedeki esneklik	Düşük – Ayarlaması ve baş etmesi zor	Yüksek - Ayarlaması ve baş etmesi kolay
Üretim maliyetleri	Yükselen ve kontrolü zor	Durağan/düşen ve kontrol altında

Yalın üretimin en çekici tarafı, TPS'ten farklı olarak bir araçlar bütünü olarak uygulanmak zorunda olmayışıdır. Firmalar büyüklük, insan kaynağı ve bütçelerine göre yalın üretim araçlarından ihtiyaçları olanları kullanabilirler. Shah ve Ward (2003) yalın araçların bir kısmının birlikte kullanılmasıyla bile performans üzerinde önemli iyileşmeler görüldüğünü belirtmişlerdir. Yalın üretimin uygulanması şirketin çoğu üretim ve yönetim süreçlerinin yeniden yapılandırılmasını gerektirir. Yalınlaşma tüm problemlere çözüm olmasa da yalın stratejiyi benimseyen firmalardan çok iyi sonuçlar alınmıştır: israflarda %50 azalma, kalite ve muayenelerde %92 iyileşme, işçilik ve envanterde %50 azalma ve üretim kapasitesinde %50 artış (Ndahi, 2006).

1.1 Yalın Üretimin Tarihçesi ve Yalın Üretim Yazını

İkinci Dünya savaşından sonra Japon üreticiler büyük bir malzeme, para ve insan kaynağı eksikliği yaşamışlardır. O tarihlerde yığın üretim bir sistem olarak ulaşabileceği en son seviyeye ulaşmış ve her yerde kullanılabilir hale gelmiştir. Toyota Motor Company'nin başkanı Toyoda, Amerikan araba üreticilerinin yığın üretim ile Japonlar'a oranla on kat daha fazla üretim yaptığını görmüştür. Japonlar uygulamaya başlasalar da bu sistemin kendilerine bir rekabet avantajı sağlamayacağını fark etmişlerdir (Nagel ve Dove, 1991:4). Bu koşullar Toyota Üretim Sistemi'nin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

"Toyota Üretim Sistemi" olarak adlandırılan üretim ve yönetim sisteminin temelleri, ilk kez 1950'lerde Toyoda ailesinin bireylerinden mühendis Eiji Toyoda, Toyoda Kiichiro ve beraber çalıştığı Taiichi Ohno'nun öncülüğünde, Japon Toyota firmasında atılmıştır. 45 yıllık iş yaşamının tamamını Toyoda ailesinin hizmetinde geçiren ve Toyota Üretim Sistemi'ne temel oluşturan üretim felsefesinin fikir babası Taiichi Ohno, yöneticileri ile birlikte yaptığı Amerika gezisi ile yalın üretim tekniklerinin temellerini ortaya koymuştur. Amaçları Amerika'daki firmalar ile rekabet edebilecek üretim yapabilmektir. Ancak gördükleri sistem; Henry Ford tarafından geliştirilen ve 1880-1940 yıllarında altın çağını yaşayan ve günümüzde de halen kullanılan seri üretimdir. Fakat ancak arzın ve talebin düzenli olduğu dönemlerde uygun olabilen bu sistem, Taiichi Ohno tarafından benimsenmemiştir. Taiichi Ohno ve takım arkadaşları, daha sonra Toyota Üretim Sistemi olarak adlandırılacak verimlilik, etkinlik ve kaliteyi iyileştirme-geliştirme çalışmalarına başlarlar.

İşletmelerin hayatında kısa olarak kabul edilecek bir süre içinde önemli sonuçlar elde etmeye başladılar.

Ayrıca bir kalite danışmanı olan Shigeo Shingo ve istatistiksel süreç kontrolün babası olan Deming de TPS'in gelişimine katkıda bulunmuşlardır (Becker, 2001).

Yalın teknikleri anlamamanın en iyi yolu TPS'in detaylarını anlamaktır. Toyota Henry Ford'un hareketli montaj bandıyla ortaya attığı prensipleri izleyerek başlamıştır. Ford, sürekli malzeme akışı, süreçlerin standartlaştırılması ve israfın önlenmesinin öneminden bahsetmektedir. Toyota'da işlemlerin fazla envanter olmadan yerine getirileceği ve üretimin seviyelendirilebilmesi için tedarikçilerle ortaklığa gidilmesi gerektiğini kararlaştırmışlardır. Ohno'nun liderliğinde TZÜ geliştirilerek fazla üretimi kontrol altında tutacak eşsiz bir malzeme ve bilgi akış sistemi yani TPS haline getirilmiştir. TPS'in model olacak bir üretim sistemi olarak yaygın bir şekilde tanınması 1990'da "Dünyayı Değiştiren Makine" adlı kitabın yayınlanması ile başlamıştır. Yenilikçi teknik ve düşünce kalıplarıyla TPS, seri üretimden sonra imalatın gelişimindeki yeni adım olarak düşünülmektedir.

Batı şirketleri, Japonların TPS sayesinde otomotiv sektöründe elde ettikleri rekabet avantajının belirgin hale gelmesine kadar TPS ile ilgilenmemişlerdir. 1977-1983 arasında TPS ile ilgili akademik çalışmalar olmasına karşılık, 1980'lerin başındaki petrol krizi yüzünden Japonlar'ın rekabette daha iyi durumda olduklarını fark eden Batılı şirketler TPS'e ilgi duymaya başlamışlardır (Holweg, 2007). Böylece ABD'de MIT bünyesindeki International Motor Vehicles Program'da çalışan araştırmacılar, TPS'in felsefesini ve ABD'ye nasıl uyarlanabileceğini araştırmaya başladılar. Böylece Womack, Jones, Roos ve Krafcik gibi araştırmacılar "Yalın Üretim" terimini ortaya atmış ve TPS'in Batı versiyonunu oluşturmuşlardır.

Yalın üretimin dünyada yaygınlaşması Dünyayı Değiştiren Makine (Womack, Jones ve Roos, 1990) adlı kitap sayesinde olmuştur. Bu kitap yalın üretimin ortaya çıkışını ve ABD'de yalın hareketin başlangıcı sırasında imalat ortamının kültürünü açıklamaktadır ve MIT bünyesinde kurulmuş olan International Motor Vehicles Program (IMVP)'da 1980-1990 yılları arasında gerçekleştirilen araştırmaların bir özetini vermektedir. Okuyucuların yalın üretimin arkasındaki itici gücü anlamasını sağlamakla birlikte yalın üretimin nasıl uygulanması gerektiğini anlatmaz. Yalın

Düşünce (Womack ve Jones, 1996) adlı kitap, bu eksikliği tamamlamak üzere yayınlanmıştır. Kitap yalın üretimin kutsal kitabı olarak kabul edilir ve yalın uygulamaları için detaylı bir yol haritası da sağlar.

Masaaki'nin 1986'da yazdığı Kaizen adlı kitap ta yalın üretim uygulamalarını tamamlayıcı bilgiler vermektedir. Japonlar bu metodu süreçlerinde etkili değişiklikler yapmak için kullanmaktadırlar. Yalın uygulayıcıları Kaizen'i üretim alanında değişiklikler yapmak için kullanabilirler.

Productivity Press'in Shopfloor serisi kitapları, yalın üretim araçları ile ilgili en dataylı uygulama bilgilerini vermektedirler. Örneğin Kanban uygulamaları için "Kanban for the Shopfloor" (Productivity Press Development Team, 2002) kitabından faydalanılabilir. Çekme sisteminin temel bir aracı olan kanban'ın faydaları ve kullanımı bu kitapta detaylı bir şekilde anlatılmaktadır. Üretim alanında çalışanların üretimde çekme kavramını kolayca anlayabilmeleri için gerekli bilgiler "Pull Production for the Shopfloor" (Productivity Press Development Team, 2002) adlı kitapta bulunabilir. Bu kitap çekme sistemini ve değişkenliğin çekme sistemi üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde anlatmaktadır.

Liker'in (2004) Türkçeye de çevrilmiş olan "The Toyota Way" adlı kitabı yalın üretimin 14 prensibini detaylı şekilde incelemektedir. Womack ve Jones 2005 yılında Yalın Çözümler (Lean Solutions) adlı bir kitap daha çıkarmış ve yalın tüketim ve yalın tedarik kavramlarını farklı sektörlerden vakalarla anlatmışlardır.

Merkezi İstanbul'da bulunan Yalın Enstitü'nün çevirisini de çıkarmış olduğu "Görmeyi Öğrenmek" (Rother ve Shook, 1999), "Sürekli Akış Yaratmak" (Rother ve Harris, 2001) ve "Bütünü Görmek" (Jones ve Womack, 2002) adlı kitaplardan oluşan seri de yalın üretimin adım adım uygulaması hakkında bilgi vermektedir.

Yalın üretim ile ilgili kitapların sayısı gün geçtikçe artmakla birlikte uygulamalarla ilgili makale sayısında çok fazla artış olmamaktadır. Makaleler genellikle yalın üretim çizelgeleme, hücresel imalat sistemlerinin kurulması gibi optimizasyona yönelik konularla ilgilidir. Bunun nedeninin konuların daha çok akademisyenlerin değil de uygulamacıların ilgisini çekmesi olduğu düşünülebilir.

1.2 Yalın Üretimin Prensipleri ve Temel Kavramları

Yalın üretim, israf, yani Muda kavramı ile başlar. Muda Japonca'da israf veya müşterinin para ödemek istemeyeceği tüm faaliyetler anlamına gelir. Katma değer yaratmayan işlemlerdir. Yalınlık; malın veya hizmetin üretimi için gerekli olmayan, değer katmayan işlemlerin, gereksiz malzeme hareketlerinin, gereksiz işgücü hareketlerinin, gereksiz stokların, hataların ve uzun hazırlık sürelerinin ortadan kaldırılmasıdır.

Muda üç insan hareketinin birincisidir. Diğerleri gerçek iş (actual work) ve yardımcı iş (auxiliary work) tir. Gerçek iş; ürüne değer katan tüm hareketleri ifade eder. Yardımcı iş ise gerçek işi destekleyen hareketlerdir. Genellikle gerçek işten önce veya sonra yer alırlar. Örneğin kutudan bir parçayı işlemek üzere almak veya parçayı makineye bağlamak gibi. Yalın üretimde amaç öncelikle muda yani israfı ortadan kaldırmak, sonra da yardımcı işlerle ilgilenmektir.

Taiichi Ohno "Toyota Üretim Sistemi" (1988) adlı kitabında israfla ilgili felsefeyi açıklamış ve TPS uygulamanın ilk adımının israftan kurtulmak olduğunu söylemiştir. Genellikle yapılan işlerin %95'i israftan, %5'i ise değer katan faaliyetlerden oluşur. TPS'te, "Muda" olarak adlandırılan 7 israf tipi tanımlamıştır:

1. Fazla üretim (gerekenden fazla üretmek)
2. Gecikme (Malzemelerin, makinelerin gecikmesi)
3. Taşıma (malzemelerin gereksiz taşınması)
4. Fazla işleme (gereksiz işlem adımları)
5. Stok (gereksiz stoklar)
6. Hareket (insanların gereksiz hareketleri)
7. Düzeltme (kusurlu parçaların üretilmesi)

Daha sonra bu israflara farklı bakış açıları geliştirilmiştir. Özellikle endüstri işletmelerinde karşılaşılabilecek israflar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Dennis, 2007:21; Shingo ve Robinson, 1990:15; Womack, Jones ve Roos, 1990; Shingo, 1989; Mid-America Manufacturing Technology Center):

- Malzeme: Tüm hammaddeler son ürüne dönüştürülmelidir, fazlalık hammadde ve hurdalar israftır.

- Stok: Gereksiz stok tutmak israftır. Malzemeler boшта beklememeli, sürekli müşteriye doğru akmalıdır.
- Fazla üretim: Gerekenden fazla üretmek israftır. Müşterinin istediğı kadar üretilmelidir.
- İnsanlar: İnsanların gereksiz hareketleri/ gidip gelmeleri israftır, azaltılmalıdır.
- Karmaşıklık: Problemleri önce karmaşık olmayan yollardan çözmek gerekir, karmaşık çözümler daha fazla israf yaratır ve insanlar için yönetmesi daha zordur.
- Enerji: Ekipman ve insanların en verimli olabileceğı şekilde kullanılması gerekir. Verimsiz işlemler ve gereğinden fazla güç kullanımından kaçınılmalıdır.
- Alan: daha iyi bir yerleşim sağlamak için ekipman, insan ve iş istasyonlarının organizasyonu yapılmalıdır.
- Kusurlar: Kusurlu üretilen ürünler zaman, işgücü, alan ve malzeme israfına neden olurlar ve engellenmelidirler.
- Taşıma: ürüne değer katmayan tüm bilgi ve malzeme taşıma işlemleri israftır.
- Zaman: Uzun ayar süreleri, gecikmeler, beklenmeyen arızalar israf yaratır.
- Gereksiz hareketler: Gereksiz eğilme, bükülme ve kaybolan malzemeleri arama israftır.

İsraf kaynaklarının hepsi birbiri ile ilişkilidir ve birinin ortadan kaldırılması diğerlerinin de azaltılmasını sağlayabilir. Hepsinin içinde belki de en önemli israf kaynağı stoklardır. Ara stoklar (work-in-process- WIP) ve bitmiş ürün stokları ürüne hiçbir değer katmazlar, ayrıca yer kaplarlar ve maliyet yaratırlar. Stok seviyesi düşürüldüğünde gizli kalmış diğer problemler (darboğazlar, makine arızaları, stok dalgalanmaları, tedarik problemleri, vb.) ortaya çıkar. Stok miktarını azaltmanın pek çok yolu vardır, en sık kullanılanı parti hacminin küçültülmesidir. Parti hacminin küçültülmesi çoğunlukla ayar zamanlarında kısaltmaya gidilmesi gereksinimini de beraberinde getirir (Karlsson ve Ahlstrom, 1996). Yalın üretimde bu gereksinim, Shingo tarafından ortaya atılan hızlı kalıp değiştirerek ayar zamanının azaltılması (SMED- Single Minute Exchange of Dies) tekniğı ile karşılanmaktadır. Stokları azaltmanın diğer bir yolu da arızaların ve duruşların azaltılmasıdır ve bunun için de

Toplam Üretken Bakım (Total Productive Maintenance- TPM) ve Toplam Önleyici Bakım (Total Preventive Maintenance) kullanılmaktadır.

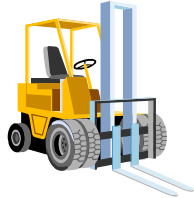
Diğer önemli bir israf kalemi de taşımalardır. Malzemelerin ve bilginin bir yerden bir yere gitmesi için müşteri para ödemeye istekli değildir. Taşımaların en aza indirilmesi için yalın üretim geleneksel departman tipi üretimden çok hücreli imalata geçişi önermektedir. Böylece makineler birbirine yaklaşacak, akış sağlanacak ve taşımalar azalacaktır. Hücreli imalatın diğer bir faydası da ara stok tutulmasını engellemesidir.

Kusurlu parçalar ve yeniden işlemler de önemli bir israf grubu oluştururlar ve hemen hemen tüm işletmelerde sıkça görülürler. Kalite araçlarının kullanımı veya TPM kusurlu parçaları ve yeniden işlemleri önlemeye yardımcı olabilir.

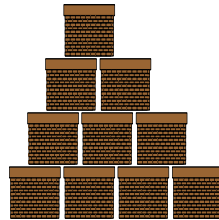
Yalın üretimde Muda'nın yanında iki Japonca kavram daha yer alır: Mura ve Muri. Mura üretim planlarındaki dalgalanmalar nedeniyle oluşan iş dalgalanmalarını/ düzensizliklerini ifade eder. Yalın sistem bu düzensizlikleri "heijunka" yani üretim seviyeleme/ yük dengeleme ile ortadan kaldırmaya çalışır. Muri ise "yapması zor" anlamına gelir ve üretimdeki değişkenlikler, kötü iş tasarımı, kötü ergonomi, kötü parça uyumu, uygun olmayan araçlar, açık olmayan spesifikasyonlar, vb. nedeniyle oluşabilir. Muda'nın yanında Mura ve Muri'nin de giderilmesi için pek çok teknik kullanılmaktadır. Muda, Muri ve Mura arasındaki ilişki Şekil 1-1 ile açıklanabilir.

Şekil 1-1: Muda, Muri ve Mura Arasındaki İlişki

Problem: 12000 kg lık yükü, kapasitesi 3000 kg olan bir forklift ile taşımanın en iyi yolu nedir?	Muda (İsraf): 1000 kg lık 12 taşıma Mura (Dengesizlik): 2000 kg lık 3 taşıma 3000 kg lık 2 taşıma Muri: (Yapması zor): 3000 kg lık 4 taşıma İdeal olan: 3000 kg lık 4 taşıma
---	--



Kapasite: 3000 kg



Günümüzün rekabetçi ortamında israfın ortadan kaldırılması hayati önem taşımaktadır. Firmalar mümkün olan en kısa zamanda, yüksek kaliteli ve ucuz ürünleri müşterilerine ulaştırmak zorundadırlar. Yalın üretimin araç ve teknikleri bu zorlu yolda işletmelere yardımcı olmaktadır.

1.3 Yalın Üretimin Temelleri ve Prensipleri

Yalın düşünce değer ile başlar. Murman, Allen ve Cutcher-Gershenfeld (2002), Emiliani (1998) ve Womack ve Jones (1996) gibi pek çok araştırmacı, yalın düşüncenin iki temel kavramının israfın ortadan kaldırılması ve değer yaratmak olduğunu belirtmişler ve yalın üretimin çerçevesini beş temel prensip ile özetlemişlerdir:

1. Müşterinin gözünde değer belirlenmesi
2. Değer akışının belirlenmesi ve israfın ortadan kaldırılması
3. Müşterinin çekmesi ile değer akmasını sağlamak
4. Çalışanların yetkilendirilmesi ve katılımının sağlanması
5. Mükemmelliğe erişmek için sürekli iyileştirme yapılması

Bu prensiplerin detaylı açıklaması aşağıdaki gibi yapılabilir:

Prensip1 - Müşterinin gözünde değer belirlenmesi: Değer, gerekeni, gereken zamanda minimum maliyet, alan, işgücü ve malzeme kullanarak üretmektir. Herhangi bir süreçteki bir adım eğer müşterinin fark edebileceği bir değer yaratıyor ve ilk seferinde doğru şekilde yapılıyorsa değer katıyor demektir. Çalışanların değer katma yeteneğini arttırmak için etkili bir ürün veya hizmet sistemi sağlanmalıdır. Müşterinin gözünde değeri tanımlarken “takt süresi” göz önüne alınır. Takt, müşteri talebinin sesidir. Takt süresi kullanılabilir iş süresinin müşteri talebine bölünmesi ile bulunur (Dennis,2007:53).

Prensip2 - Değer akışının belirlenmesi ve israfın ortadan kaldırılması: Değer akışı bir ürün yada hizmeti meydana getirmek için gereken tüm faaliyetlerin kümesidir. Değer zinciri yönetim, mühendislik, üretim ve satış sonrası hizmet gibi süreçteki tüm adımları içermelidir. İlk yapılan değer akışı

belirlemede değer katmayan faaliyetler de belirlenir, daha sonra israf ortadan kaldırılmaya çalışılır.

Prensip3 - Müşterinin çekmesi ile değerin akmasını sağlamak: Müşterinin çekmesi ile akışı sağlayabilmek için ürün veya hizmete odaklanılmalıdır. Geleneksel fonksiyonel yapı göz ardı edilerek ürünün akışını sağlayacak bir yapı kurulmalıdır.

Prensip4 - Çalışanların yetkilendirilmesi ve katılımının sağlanması: Çalışanlar yerleşimin yapılmasında ve görsel fabrikanın oluşturulmasında katılımda bulunmalıdırlar. İş süreçleri mümkün olan en iyi şekilde standartlaştırılmalı, yalınlaştırılmalı, kısıtlayıcı görev tanımları ortadan kaldırılmalı ve çalışanlar yeni süreçler geliştirebilmeleri için eğitilmelidir (Levinson, Kone, Rerick, 2002:28).

Prensip5 - Mükemmelliğe erişmek için sürekli iyileştirme yapılması: Bu prensibin en önemli özelliği yönetimin ve çalışanların düşünce yapısının değişmesi gerekmesidir. Sürekli devam eden bir mükemmellik arayışına inanmaları gerekmektedir. Bu düşünce yapısına ulaşamayan şirketlerde yalın üretim yavaş ve zorlu bir şekilde uygulanır.

En çok satanlar listesinde bir numara olmuş bir kitap olan “The Toyota Way” kitabının yazarı Liker (2004), yalın üretimi anlayabilmek için Toyota tarzını anlamak gerektiğini belirtmiş ve Toyota tarzının 14 ilkesini özetlemiştir:

1. Yönetim kararlarını, kısa vadeli finansal hedefler pahasına bile olsa, uzun vadeli bir felsefeye dayandırın.
2. Problemleri su yüzüne çıkarmak için kesintisiz bir süreç akışı yaratın.
3. Fazla üretimden kurtulmak için “çekme” sistemleri kullanın.
4. İş yükünü düzleştirin (heijunka). (Kaplumbağa gibi çalışın, tavşan gibi değil).
5. Kaliteyi en baştan sağlamak için, problemleri çözmek üzere durdurma kültürünü geliştirin.
6. Görevleri standartlaştırmak sürekli iyileştirmenin ve çalışanların yetkilendirilmesinin temelidir.
7. Görsel kontrolü hiç bir problemin saklı kalmayacağı şekilde kullanın.

8. Sadece insanlarınıza ve sürece hizmet eden, özenle test edilmiş teknolojiyi uygulayın.
9. İşi iyi anlayan, felsefeyi yaşayan ve başkalarına öğreten liderler yetiştirin.
10. Şirketinizin felsefesini izleyen istisnai insanlar ve ekipler yetiştirin.
11. Onları zorlayarak ve iyileşmelerine yardımcı olarak geniş partner ve tedarikçi şebekenize saygı gösterin.
12. Durumu iyice anlamak için gidip kendi gözünüzle görün (genchi genbutsu).
13. Kararlarınızı acele etmeden, bütün seçenekleri iyice değerlendirerek, mutabakatla alın ve aldığınız kararı hızla uygulayın.
14. Yansıtma (hansei) ve sürekli iyileştirme (kaizen) yoluyla öğrenen bir örgüt haline gelin.

Bu genel bilgilerin ışığında yalın üretim araç ve tekniklerinden bazıları izleyen bölümde açıklanmaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM

YALIN ÜRETİM ARAÇ VE TEKNİKLERİ

Firmalar israfın ana kaynaklarını belirledikten sonra sürekli iyileştirme, tam zamanında üretim, üretim düzgünleştirme ve diğer araç ve teknikler israfın ortadan kaldırılması için yol gösterecektir. Yalın üretim iş süreçlerindeki zaman ve kaynak israflarını ortadan kaldırarak performansı sürekli geliştirmeyi amaçlayan bir stratejidir. Yalın Üretim, 21. yüzyılın üretim anlayışıdır. Kitle üretiminde görülen “ne kadar fazla işçi, o kadar fazla üretim” anlayışına savaş açmış ve kaliteli, ihtiyaç kadar üretimin, uygulanması o kadar da zor olmayan Yalın Üretim Teknikleri sayesinde yapılabilmesini amaçlamaktadır. Bu nedenle yalın üretimin içinde aşağıda belirtilenler gibi pek çok araç, teknik ve kavram yer almaktadır:

- Kültürel değişim
- İşyeri organizasyonu
- 5S / 6S
- Standart iş
- Değer akış haritalama
- Kaizen
- Takım çalışması
- Akış süresi
- Dengeli iş akışı
- Görsel yönetim
- Toplam önleyici bakım
- DOE (Deney tasarımı)
- Jidoka
- Tam Zamanında Üretim
- Hücresel imalat
- Tek parça akışı
- Poka-Yoke (hatasızlaştırma)
- Ayar zamanlarının azaltılması (SMED)
- Çekme sistemi – Kanban
- Üretim düzgünleştirme (smoothing)
- Stok azaltma
- Toplam üretken bakım
- Toplam kalite yönetimi

Yalın üretimin temel felsefesi her şeyde “sıfır” dır. Sıfır stok bulundurmak için **çekme sistemi- Kanbanlar** kullanılabilir. Sıfır hatayla çalışmak için **Poka – Yoke** (Unutkanlık, dikkatsizlik yüzünden oluşabilecek hataların önlenmesidir. Burada amaç; uyarı panoları, sayaçlar, şablonlar, sensörler kullanılırken insandan kaynaklanan hataların minimize edilmesidir.), **İş Standartlaşması** (burada işler

birimlere ayrılıp işçinin göreceği panolara çizimler halinde asılır. Böylece işlerde bir prosedür yapıp işlerin hızlı emniyetli ve kaliteli yapılması sağlanıyordu), **5 S Kuralı** ve **DOE –Deney Tasarımı** (kalite, ürün ile birlikte tasarlanır. Önceki ürünün tasarımında ortaya çıkan problemlerden ders çıkararak **sürekli iyileştirmeyle (KAİZEN)** sonraki aşamadaki problemleri önleyecek tasarımlar yapmak) ortaya çıkmıştır. Burada asıl hedef işi ilk seferde doğru yapmaktır.

Zaman israfının önlenmesi için tek parça akışı uygulanmaktadır. Bu makinelerin üretim aşamalarına göre yerleştirilmesini ifade eder. Bu uyumu sağlamak için farklı yerleşim tipleri önerilmektedir. Bunlardan en yaygın kullanılanı **U Tipi Yerleşim Planı** (Gereksiz işgücü hareketlerini engellemek için makinelerin U şeklinde yerleştirilmesi) dir. Böylece kolay ulaşım, çalışanın birkaç makineden sorumlu olması onu iş monotonluğundan kurtarır, işçilikten tasarruf sağlar. Bu U tipi yerleşim planının getirmiş olduğu sorumluluk **Jidoka – Otonomasyonla** (Üretim hattında hata olması halinde durdurma yetkisinin sorumluya verilmesi) pekiştirilmiştir.

Müşterinin bekleme sürelerini sınırlamak için **JIT – Tam Zamanlı Üretim** (Müşterinin talep ettiği ürünü talep ettiği anda üretilip talep ettiği zamanda teslim etmek) esas alınmaktadır. Bunu yaparken de **SMED – Hızlı Kalıp Değiştirme** (Makinelerde bir modelden diğerine geçerkenki ayar sürelerinin kısaltılması) ve **TMP – Toplam Üretken Bakımdan** (Makine ve ekipmanların bozulmaması ve ömrünü uzatmak için yapılan çalışmalar) yararlanılır.

Tekniklerin hepsinin detaylı kullanımlarıyla ilgili kitap ve kaynaklar bulunabilmektedir. İzleyen bölümde sadece bu çalışmada kullanılmış olan araç ve teknikler kısaca tanıtılacaktır.

2.1 5S / 6S

5S, işyerinin temizlenmesi, düzenlenmesi ve bu halinin korunması sürecidir. Hirano ve Talbot (1995:3), 5S'i işletmenin obezitesini yok edecek ve zayıf (yalın-lean) olmasına yardımcı olacak bir araç olarak tanımlamışlardır.

5-S Japonca "S" harfi ile başlayan beş kelimeyi ifade etmektedir. Bunlar:

Japonca	İngilizce	Türkçe
Seiri	Sort	Sınıflandır
Seiton	Set in Order / Straighten	Sırala / Düzenle
Seiso	Shine / Sweep	Sil / Temizle
Seiketsu	Standardize	Standartlaştır
Shitsuke	Sustain / Self-discipline	Sahiplen / Sistemi Korumak

Farklı şirketler 5S'i farklı şekillerde kullanırlar. Örneğin ABD'deki Toyota fabrikası, 4S olarak kullanılmakta ve en sonuncu S'i yani sistemi korumayı ayrı bir sistem olarak ele almaktadırlar. Bazı şirketler de altıncı S olarak Güvenlik (Safety) kavramını eklemiş ve 6S olarak ta kullanılmaya başlanmıştır (Productivity Press, 2005:21). 5S'in özeti Tablo 2-1de görülebilir.

2.1.1 1.S: Sınıflandırma (Ayıklama)

Gerekli, gereksiz malzemeleri ayıklayarak tasnif etmek, sınıflandırmaktır. İşletmedeki her malzemenin doğru yerinde bulundurulması amacıyla yapılan düzenlemeye sınıflandırma denir. Bulunduğu yere, kullanım sıklığına, kullanıcıya uygunluğuna göre malzemeler tasnif edilmelidir. Neyi saklamalı, neyi atmalı, işe nereden başlamalıyız? Gereksiz malzemelerden kurtularak işe başlamalıyız. Ancak, demirbaşa kayıtlı malzemelerin terkin işlemlerinde dikkatli olunmalıdır. Diğer

malzemeler ise usulüne uygun olarak atılacak, satılacak, hurdaya gönderilerek değerlendirilecektir.

2.1.2 2.S: Düzenleme (Yerleştirme)

Genel düzen ve tertiptir. “Her şeye bir yer ve her şey yerli yerinde” olarak tanımlanabilir. Malzeme kutuları için bir yer belirlenmişse, malzeme kesinlikle orada olmalı ve asla kaldırılmamalı. Yangın söndürücülerin yeri, herkes tarafından bilinmeli ve gerektiğinde en kısa sürede söndürücülere ulaşılmalıdır. Rahat çalışma ortamının vazgeçilmez bir unsuru olarak görülen DÜZEN sisteminde, her şey elinizin altında ve bildiğiniz yerdedir. Düzenleme, gerekli olan şeyi ararken ve geri koyarken zaman israfını önlemektir.

2.1.3 3.S: Temizlik

Amaç, tertemiz bir çalışma ve yaşama alanı yaratmaktır. Çünkü; toz, kir ve artıklar, dağınıklığın, disiplinsizliğin, verimsizliğin, hatalı üretimin ve iş kazalarının kaynağıdır. Her insan günlük yaşantısını geçirdiği, çalışma ve yaşama alanlarını kendi sağlığı açısından temiz tutma alışkanlığını kazanmak zorundadır. Hiç kimse kirlettiği yeri bir başkası temizlesin diye beklememelidir. Her zaman temiz çevrede yaşamak medeni bir insan olmanın ilk şartıdır.

Temizlik yapacak personel eğitilerek, kendilerine hijyenik kurallar, insan sağlığı, toplu beslenme ve toplu yaşamın gerçekleştiği okul ve iş yeri gibi yerlerde gerçek anlamda temizlik yapılmadığı takdirde bulaşıcı hastalıkların nasıl yayılarak sağlığımızı tehdit edeceği, bunun da iş gücü kaybına sebep olacağı öğretilmelidir.

Zaman zaman tüm personelin katılacağı 3 dakikalık bir 5 S temizliği yapılarak hem çevrenin hem de çalışma alanımızın temizliği sağlanmış olur. Temizlik ve düzen sayesinde kazaya neden olabilecek malzeme, alet ve takımlar ortada bulunmayacak, yerlerde yağ, su, toz gibi şeyler bulunmayacak, buna bağlı olarak da iş kazalarında azalmalar sağlanacaktır.

2.1.4 4.S: Standartlaştırma

Amaç; iyi bir çevre düzeni ve iş yeri ortamı yaratmak ve bunu sürdürmektir. Yapılmış olan düzenlemeyi ve temizliği devamlı hâle getirebilmek için her şey belirli kural ve şartlara bağlanarak tekdüze hâle getirilmelidir.

Renklerde, şekillerde, giyimde, temizlik hissi verecek her şeyde standartlaşma olmalıdır. Kimin nereyi, nasıl ve ne zaman temizleyeceği, düzenli tutacağı önceden belirlenmeli ve bu alanlara konulacak şekil ve çizelgelerle sık sık kontrol edilmelidir. Her şey, her detay önemlidir. İş yerinin her noktası kontrol edilerek, her şeyin doğruluk ve düzeninden emin olunmalıdır.

2.1.5 5.S: Disiplin

Amaç; kurallara uymak ve takip etmektir. Sadece sınıflandırma, düzenleme, temizlik ve standartlaştırmayı yapmak işletmede verimliliği sağlamak için yeterli değildir. Bunların devamlı ve kalıcı olabilmeleri disiplin gerektirir.

İşletme disiplinini sağlamak amacıyla konulmuş basit kuralların takibini bir alışkanlık haline getirmek suretiyle, her an denetiminin sağlanmasıdır. Yani kuralların günlük birer alışkanlık haline getirilmesidir.

2.1.6 5S'in Uygulanmasıyla Elde Edilecek Olumlu Sonuçlar

- Kaza ve yaralanmalar ortadan kalkar.
- Temiz ve düzenli bir iş yerinde daha keyifli çalışılır.
- Zaman kayıpları ortadan kalkar.
- Sorunlar daha erken teşhis edilir, hata oranı azalır.
- Makine arızaları azalır, makine performansı artar.
- Bütün alanların verimli kullanımı sağlanır.
- Olağan dışı durumlar bir bakışta fark edilir.
- Çalışan için işyerini benimseme ve iftihar etme nedeni olur.
- Beraber çalışanlar arasında birlik duygusu gelişir.
- Herkesin birlikte uygulayabileceği bir sistemdir.
- Toplam üretkenlik artar.

- İş güvenliği sağlanır.
- Verimlilik ve kalite artar.

Tablo 2-1: 5S'in Özeti

İŞLEM	ANLAMI	AMAÇLARI	BELİRLEYİCİ ETKİNLİKLER
1-S SINIFLANDIRMA (SEİRİ) öncelikle belirleme, ayrıştırma.	• Gerekli, gereksiz ayrımı yapma. • Gereksinin duymadığınız şeyden kurtulma.	• Ölçütler saptamak ve gereksizleri ortadan kaldırmak için bu ölçütlere bağlı kalmak. • Öncelikleri ve kullanım sıklığını belirlemek. • Kirlilik nedenleri ile uğraşabilmek. • Kaizen ve standartlaştırmayı bu temeller üzerine oturtmak.	• Gereksinin duymadığınız şeyleri atın. • Sızıntı ve kirlenme nedenlerini araştırın. • Değerlendirin ve her türlü kaydı tutun. • Yerleri ve çevreyi temizleyin. • Kirliliği ortadan kaldırın. • Depoyu düzenleyin.
2-S DÜZENLEME (SEİTON)	• Her zaman, gereksinin duyduğunuz şey gereksinin duyduğunuz kadar kısa zaman da ulaşabilme fırsatı sağlayan bir yerleşim planı oluşturun.	• Düzgün görünümlü bir iş yeri. • Verimli plânlama ve yerleşim. • Malzeme arayarak kaybedilen zamanı kazanarak verimliliği artırma. • 5N+1K' yı temel alan depolama .	• Her şeyin belirlenmiş yeri vardır. • Otuz saniyede yerine koyma ve alma. • Dosyalama standartları. • Bölge ve yerleşim işaretleri. • Kapakları ve kilitleri yok etme. • İlk giren ilk çıkar. • Uyarı levhaları kolaylıkla anlaşılmalı.
3-S TEMİZLİK (SEİSO) • Her zaman teftişe hazır gibi temiz olmalı.	• Daha temiz bir çalışma ortamı için çöpü, pisliği ve yabancı maddeleri yok etme. • Temiz bir çevre.	• Gereksinimlerinize uygun bir temizlik düzeyi sıfır kirliliği gerçekleştirme. • Daha verimli temizlik.	• Bireysel sorumlulukların tanımlanması. • Temizleme ve denetimi kolaylaştır. • Temizlik denetimi yap ve sorunları düzelt. • Hiç kimsenin dikkat etmediği yerleri bile temizle. • Boyama işlemlerini tamamla.
4-S STANDARTLAŞTIRMA (SEİKETSU) Görsel yönetim ve 5S standartlaştırması.	• İyi bir çevre düzeni yaratma ve kişisel açıdan malzemeleri düzenli, yerleşmiş ve temiz tutma.	• 5 S desteklemek için yönetim standartları • Olumsuzlukları ortaya çıkaracak görsel yönetim . • Renkle kodlama.	• Çalışıyor, bakımda, arızalı, faal işaretleri . • Tehlikeli bölge işaretleri. • Isı etkileri . • Yön işaretleri. • Voltaj etiketleri. • Açık kapalı yön etiketleri . • Yangın söndürme cihaz ve levha işaretleri. • Kaza önleme uyarı işaretleri. • Gürültü ve vibrasyonu önle. • 5 S takvimi hazırla . • Park, bahçe düzenleme..
5-S DİSİPLİN (SHITSUKE) Alışkanlık oluşturma ve disiplinli bir iş yeri.	• Bir eğitim sorunu olarak işlerin yapılması gerektiği biçimde gerçekleştirilmesi .	• Uygun alışkanlıklar oluşturma tam katılım ve kuralları izleyen atölye çalışmaları . • Günlük alışkanlık olarak iletişim ve geri bildirim. • Bireysel sorumluluk. • Uygun alışkanlıkları işe koşma.	• Hep birlikte temizlik . • Deneme/ uygulama zamanı. • Sabah toplantıları . • Ortak kullanıma açık yerlerin yönetimi. • Olağanüstü durumlarla ilgili tatbikat. • Bireysel sorumluluk. • Telefon ve iletişim uygulaması. • 5 S el kitapları. • Görmek inanmaktır. • Çelik burunlu ayakkabıları giy. • Bir dakika 5S'si

2.2 Tek-Parça Akışı

Yalın üretim yaklaşımına göre, bir fabrika/atölyenin işleyişinde olabilecek en büyük israf ya da zaman kayıplarından biri de, çalışan insanların bir yerden bir yere gitme, makinaların çalışmasını kontrol etme, ya da makina başında, makinanın devrinin bitmesini bekleme gibi ürüne hiçbir değer katmayan pasif eylemlerinin getirdiği zaman kayıplarıdır.

Taiichi Ohno 1950'lerde pasif eylemlerin önlenmesiyle çalışanlardan çok daha yüksek verim elde edilebileceğini fark etmiş ve daha pekçok konuda olduğu gibi, bu amaca yönelik de etkin bir yaklaşım olan tek parça akışını geliştirmiştir. Taiichi Ohno sisteminin temel mantığı, makinaların doğru çalışmasının sağlanması, makinaya parçayı yerleştirme, işlenmiş parçayı alma gibi eylemleri mekanikleştirerek ve otomatikleştirerek, kazanılan zamanı her işçinin birden fazla makineyi çalıştırması şeklinde değerlendirmektir. Böylece bir yandan aynı işi çok daha az sayıda işçiyle gerçekleştirmek mümkün olmakta, diğer yandan da talep yükselmesi ve düşmesi durumlarında sadece işçi sayısı ile oynanarak üretim verimini talepteki esnekliğe adapte etme olanağı elde edilmektedir.

Herhangi bir günde hattan çıkacak ürünlerin tüm parçalarının da ilke olarak o gün içinde üretilmesi, tüm üretim birimlerinin kanban ve üretimde düzenlilik ilkesine göre mümkün olan en küçük adetlerde çalışılabilmeleri, tahmin edileceği gibi bazı ön koşullara bağlıdır. Her şeyden önce, üretkenliğin çok yüksek, üretim zamanlarının çok kısa olması, üretim akışı içinde gerek işçilerin, gerek de bitmiş ve işlenmekte olan parçaların beklemeye hiçbir vakit kaybetmemeleri gerekir. İşlenmekte olan parçaların beklemesi demek, bir parçanın bir işlenme aşamasından diğerine hemen geçmemesi demektir, stoklu çalışmada işler zorunlu olarak bu şekilde yürümektedir. Yalın üretimin bu zaman harcamasına bulduğu çözümlerden biri de, herhangi bir atölye içinde bir parçanın son halini alması için gereken tüm makinelerin, parçaların işlenme akışına dayanarak birbiri ardı sıra yerleştirilmeleri ve parçanın bir önceki süreç için gereken makineden bir sonraki süreçte kullanılacak makineye hiç beklemeden geçmesi şeklindedir. Makinelerin bu şekilde yerleştirilmelerine “süreç-bazlı yerleşim” ya da “süreç-bazlı hat”, ve parçaların süreçler arasında beklemeden teker teker aktarılmasına da “tek-parça akışı” denilmektedir.

Tek parça akışı aşağıdaki nedenlerden dolayı her zaman mümkün olmayabilir (Dennis, 2007:78):

- Çevrim zamanı uyumsuzlukları: Bazı süreçler (örneğin baskı) çok hızlı çevrim zamanlarına sahiptir ve birden çok ürün ailesine adanmış olabilirler. Plastik enjeksiyon, ısıtma işlem ve boyama gibi bazı süreçler ise çok uzun çevrim sürelerine sahiptirler ve bazen yığın halinde işleme ürün sokmak (örneğin fırınlara) gerekmektedir. Bu gibi durumlarda tek parça akışı gerçekçi değildir.
- Uzaklık: Bazı süreçler (örneğin tedarikçide gerçekleşenler) çok uzakta olabilir, bu durumda tek parça akışı gerçekçi olmaz.
- Sürecin kararsızlığı veya uzun akış süresi: bazı süreçler diğer süreçlerle bir hücre veya hat içerisinde birlikte çalışmak için çok güvenilmez olabilirler. Yada bir hücre veya hattın parçası olmak için çok uzun çevrim süreleri olabilir.

Uzun dönemde çok büyük ve karmaşık yığın üretim yapan makineleri küçük hacimli ve hızlı makinelerle değiştirmek tek parça akışını sağlamak için bir yol olabilir.

2.3 Makineler ve Atölyeler Arası Senkronizasyon

Tek-parça akışının gerçekleştiği süreç bazlı hat, stoğun sıfırlanması ya da mümkün olduğunca küçük miktarda tutulması için geliştirilmiş en etkin sistemlerden biridir. Ancak süreç bazlı hatların gerçekten etkin olabilmeleri için, aynı hattı oluşturan makinelerin çalışma tempoları ya da kapasitelerinin, yani bir işlemi tamamlamaları için gereken sürelerin de denkleştirilmesi gerekir. Örneğin, hattaki bir önceki makinenin parçayı işleme süresi 3 dakika, sonrakinin ise 6 dakika ise, bir sonrakinin tek bir parçayı işleme süresinde, bir önceki 2 parça birden işleyecek, ve eğer makineler durmadan çalışırlarsa, sonraki makinenin yanında öncekinden gelen parçalar giderek artan miktarlarda birikmeye başlayacaklardır. Bu durumda beklemesiz üretim olan tek parça akışı gerçekleşemeyecektir.

Yalın üretimde bu sorun, hattaki makineleri birbirine senkronize ederek, yani tüm makinelerin aynı süre içinde aynı miktarda parça işlemleri sağlanarak çözülmüştür. Kapasitesi yüksek olan, yani herhangi bir parçayı işleme süresi diğerlerinden kısa olan makinelere, belli bir miktar (az bir miktar) parçayı işledikten sonra kendi kendini otomatik olarak durduran limit anahtarları (limit switches) yerleştirilebilir. Yüksek kapasiteli makinelerin, düşük kapasiteli makinelere bu şekilde senkronize edilmelerine (ya da makine kapasitelerinin birbirlerine yaklaştırılmasına) ise, yalın üretimde “Toplam İş Denetimi” denilmektedir.

Toplam iş denetiminde, ara stoklar önceden belirlenen seviyeye geldiğinde üretim durdurulur (Shingo, 1989:103), yani bazı makineler tam kapasiteyle çalışmamaktadırlar. Ancak, parçaların hat ya da makine yanı stokta beklememelerinden elde edilecek kazanç, aslında makinelerin tam kapasite çalışmalarından elde edilecek kazançtan daha büyüktür. Yalın üretimde parçaların beklemesi, yani stoklu çalışma, olabilecek en büyük israftır ve sistem neredeyse tümüyle bu israfın önlenmesi üzerine kuruludur. Çoğu firmada, yalın üretimde gördüğümüz yaklaşımın tam tersi bir anlayış ve düzenleme uygulandığı için toplam iş denetimi tekniği ilk başta yadırganabilir. Gerçekten de çoğu kez, makineler arası yığılmaları önlemek için, belli bir hatta kapasitesi yüksek bir makine varsa, bu makineden bir sonraki prosesi gerçekleştiren makinelerin sayısını artırma yoluna gidilmektedir. Oysa, yalın üretimde hakim olan anlayışa göre eğer kapasitesi düşük makinelerin verimi, o gün içinde gerçekleştirilmesi gereken ürün miktarının tutturulmasına yetiyorsa, gereksiz ürün üretmektense, yüksek kapasiteli makineleri toplam iş denetimi tekniğiyle düşük kapasiteli makinelere adapte etmek daha doğrudur. Shingo ve Bodek (1988:353), toplam iş denetimi uygulamaya başlayan bir işletmede 3 ayda %20 verimlilik artışı oluştuğunu belirtmiştir.

2.4 Hücresel İmalat

Üretim hücresi, işletmedeki küçük bir organizasyonel bölümdür. Hücresel imalat, ürünler gibi işlem aileleri için gereken insan ve ekipmanların birbirine yakın bir şekilde yerleştirildiği ve sürekli performans gelişimlerini mümkün kılan bir oluşumdur (Hyier ve Wemmerlöv, 2002:4). En çok rastlanan hücre türü U şeklinde olanıdır. Hücresel imalatla en az insan (bütün işi sanki bir kişi yapacakmış gibi), en

az hareket ve ara stoklara yer bırakmayan bir fiziki yerleşim amacıyla düzenleme yapılır. Bir hücre tek bir bileşen, bir alt bileşen veya tüm bir ürün imal edebilir.

Hücrelerde tek parça akışı doğal bir biçimde gerçekleşir (Smith, 1977:7.19). Ürünün akışı izlenerek, birleştirilerek hücre haline getirilebilecek süreçler saptanır. Çevrim zamanı yakın süreçler gruplanabilir. Gruplanan süreçler arasındaki stoklar kalkar. Tek parça akışı sağlanır.

Montaj sistemlerinde tek parça akışı montaj hatları ile, senkronizasyon ise hat dengeleme ile sağlanır. Montaj hatları büyük bir üretim hücresi olarak görülebilir. Bu konular Bölüm 3'te daha detaylı bir biçimde anlatılmaktadır.

Hücre tasarımlarında teknik ve insani olarak iki tür problemle karşılaşılabilir (Hyer ve Wemmerlöv, 2002:524-252): Riskleri yönetmede başarısızlık ve gerçekçi olmayan zaman tahminleri. Teknik olarak çevrim süresi, model değiştirme süresi gibi toplanmış verilerin güvenilirlik problemi olabilir. Gerçeğe dayalı veriler değilse hücre çalışmaz. Planlanan zaman ve miktarlarda üretim yapılamaz. Ayrıca çalışanlar her türlü planlamaya rağmen ara stok tutmaya alışmışlardır, stok tutmaya devam ederler. Çalışanlarla ilgili sorunlar da çıkabilir: Yeni çalışma sistemine alışamama (Hücre sisteminin fiziksel koşulları ağırdır. Çalışanlar hep ayaktadır, hiç bekleme ya da duraklama olmadığı için mola yoktur. Daha gergin ve zorlayıcı bir ortamdır), sendikanın karşı çıkması, vb.

Bu olumsuzlukları yanında çalışanlar esnek işgücüne sahip yani daha çok beceriye sahip hale gelirler. Kişisel özellikleri daha fazla, daha vasıflı çalışanlar haline geldikleri için firmanın onlardan vazgeçmesi gittikçe daha zorlaşır. O anda yaptıkları işte problem olduğu anda başka işi de yapabilecek beceride olurlar. Bu da iş güvencesi demektir.

Hücre sistemine geçildiği ilk aşamada bazı elemanlara ihtiyaç yokmuş gibi görünebilir. Sisteme tepki duyulmaması ve ileride çalışanlardan beklenecek sürekli iyileştirmeleri baltalamamaları için eleman çıkarmamak, onları yalın promosyon bölümünde görevlendirmek, yada başka yerlerde görevlendirmek uygulanabilir. Yapılan tasarrufla yeni ürünlere kayılabileceği yada satışlar artabileceği düşünülerek

bu elemanlar bu alanlarda değeriendirilebilir. Sadece değışime tamamen karşı olanlar ve işlerin akışını engelleyenlerin işten çıkarılması yoluna gidilebilir.

Yalın üretim sistemi oturdukça çalışanların kendileri yetki kullanacakları, işlerini iyileştirecekleri için motivasyonları çok artacak ve baştaki olumsuzluklar da ortadan kalkacaktır.

Yalınlığı engelleyen yedi muda açısından geleneksel fonksiyonel yapıdaki süreç köyleri (SK) ve hücrese imalat (Hİ) karşılaştırılırsa:

1. Fazla üretim

- SK: Süreç köylerinde düşünce, kitle üretiminin daha avantajlı olduğudur. Bu nedenle parti büyüklükleri çok fazladır, sonuçta da daha talep edilmeden üretilen ürünler vardır. Ayrıca makinelerin boş durmasının üretkenliği azalttığı düşüncesiyle stoğa üretim yapılır.
- Hİ: Eğer hücreler yalın üretimde kullanılıyorlarsa, fazla üretim yapılmaz, çünkü talep geldiğinde üretim yapılır. Zaten her bir imalat hücresinde tezgahlar arasında stok biriktirilmez, parça bir tezgahdan diğerine hızlıca geçer.

2. Envanter

- SK: Büyük parti üretimi, SK'de envanteri arttıran en önemli etkidir. Belki aylarca sonra gerekebilecek parçaların toplu üretimi nedeniyle envanter artar. Ayrıca bir sonraki makinenin önünde güven stoğu oluşturma düşüncesi de envanter dağlarına yol açar.
- Hİ: Sürekli akış olduğundan tezgahlar arasında ara stoklar bulunmaz.

3. Taşıma

- SK: Çoğu zaman tezgahlar arasında ve tezgahlarla depo arasında pek çok taşıma yapılır. Çünkü tezgahlar işlevlerine göre gruplanmışlardır ve bir sonraki işlem için tüm parçalar bir sonraki tezgah grubuna götürülmelidir. Ayrıca ara stoklar için yer kalmadığında parçalar önce depoda bekleyip, sonra bir sonraki tezgah grubuna götürülebilir. Ayrıca envanterin fazla olması nedeniyle depolar da büyük ve karmaşıktır. Bu da taşımanın daha zaman alıcı ve uzun mesafeli olmasına neden olur.

- Hİ: Taşımalar minimum seviyededir, çünkü bir parçanın işleneceği tüm tezgahlar yan yana sıralanmıştır. Genelde hammaddeler depodan gelir, işlenir ve bitmiş ürün olarak depoya geri döner. Stoklar az olduğu için depolar da daha küçük ve düzenli olabilmektedir. Böylece taşıma sadece depo ile hücre arasında yapılır ve daha kısadır.

4. Süreç

- SK: Aslında ürüne katma değeri olmayan veya çok az olan ama çok vakit alan pek çok aşama vardır. Çoğu taşıma ve depolamalar, malzemelerin yerleştirilmesi, bazı işlemlerin farklı tezgah gruplarında tekrar yapılması (aparatlara takılıp sökülme gibi) gibi işlemler katma değeri olmayan işlemlerdir. Örneğin bir parça üzerinde torna ile 2mm çapında bir delik açılmakta, 3-4 adım sonra ise bir dikey freze ile bu delik biraz genişletilerek pah yapılmakta ise, bu iki işlem aslında birlikte yapılması gereken işlemlerdir.
- Hİ: Gereksiz aşamalar minimumdur, çünkü parça üzerinde yapılan tüm işlemler aynı hücrede gerçekleştiğinden, sürecin denetimi ve ayıklanması daha kolaydır. Gereksiz taşıma ve depolamalar da yoktur.

5. Bekleme zamanı/boşa geçen zaman

- SK: Operatör/tezgah/malzeme bekleme süreleri olabilir. Büyük partiler nedeniyle, bir önceki tezgahtan gelecek olan parçaların tamamlanması beklenmektedir. Tezgahlar hazırlık süreleri boyunca beklemektedirler. Malzemeler ise depolar ve ara stoklarda beklemektedirler. Makine ve operatör bekleme sürelerini ortadan kaldırmak için ise stoğa üretim yapılarak envanter artırılır.
- Hİ: Hazırlık süreleri minimumdur. Küçük parti hacimleri nedeniyle genellikle bekleme olmaz. Eğer yeterli talep yaratılabiliyorsa boş bekleme yapılmaz, ama eğer yeterli talep yoksa, ve çekme ile üretim yapılıyorsa boş bekleme süreleri olacaktır.

6. Operatörün hareketi

- SK: Operatörler parçaları, çizelgeleri, çizimleri aramak, gidip gelmek gibi bazı değer yaratmayan hareketler yaparlar.
- Hİ: Tüm tezgahlar birbirine yakın ve her şey düzenlidir. Bu nedenle operatör hareketi optimum hale getirilmiştir. Üstelik operatörler, süreç köylerinde olduğundan daha fazla tezgaha aynı anda bakarlar.

7. Kötü kalite

- SK: Genellikle önce üretim yapılır daha sonra kontrol edilir. Kötü kalitenin en önemli sebebi, operatörün resmin tamamını göremeyip sadece kendi işine dikkat etmesidir.
- Hİ: Üretirken kalite yaklaşımı daha hakimdir. Yeniden işleme hemen hemen yoktur. Operatörler daha bilinçlidir, kalite kusurlarını daha kolay fark edip düzeltebilirler.

Tüm bunlar göz önüne alındığında, hücresel imalatın avantajları:

1. Daha kısa bir çevrim süresi
2. Daha iyi kalite - problemin daha hızlı bulunması ve daha az yeniden işleme ve kayıp
3. Daha az taşıma
4. Koordinasyon artışı
5. Envanterde azalma
6. Departmanlar arası çatışmaların ortadan kalkması
7. Çizelgelemenin basitleşmesi
8. Daha az alan gerekmesi
9. Teslimat süresinin azalması
10. Esnek imalat
11. İş tatmini

olarak özetlenebilir.

Kinni (1996)'nin belirttiğine göre, hücresel imalata geçen firmalarda müşterilerin şikayetleri ortalama %65 azalmış, üretim akış süresi ortalama %59 azalmış, zamanında teslimat ortalama %95 artmıştır.

2.5 Değer Akış Haritalama

Değer akışı bir ürünü, her ürün için gerekli olan ana akış yollarından geçirmeyi sağlayan tüm faaliyetlerdir. Değer akış haritalama ürün değer akış yolunda ilerlerken malzemenin ve bilginin akışını görmek ve anlamak için bir araçtır. Değer akış haritalama ile ifade edilmek istenen basitçe şudur: "Bir ürünün üretim rotasını müşteriden tedarikçiye takip edin ve dikkatlice malzeme ve bilgi akışındaki

her prosesi çizin. Daha sonra anahtar birkaç soru sorup değerin nasıl akmasını gerektiği gösteren bir “gelecek durum” çizin. Bunu tekrar tekrar yapmak değeri görmenin ve israf kaynağını bulmanın en basit ve bilinen en kolay yoludur.”

Değer akış bakış açısı büyük resimle çalışmaktır, sadece prosesler değil; bütünü geliştirmektir, sadece parçaları optimize etmek değildir. Eğer gerçek anlamıyla bütüne bakmak gerekirse moleküllerden başlayıp müşteriye kadar olan yolda ürünün değer akışını bir çok firma ve tesiste izlemek gerekecektir. Ancak tüm akışı haritalamak başlangıç için çok fazla olacaktır.

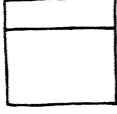
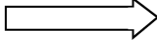
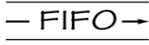
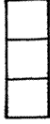
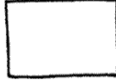
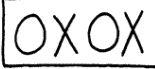
Öncelikle fabrikadaki “bölümden-bölüme” üretim akışı, fabrikanın müşterilerine sevkiyatı ve tedarik edilen parçaların sevkiyatı dahil olacak şekilde incelenmelidir. Böylelikle gelecek durumla ilgili bir vizyon tasarlanabilir ve doğru şekilde uygulamaya başlanabilir.

Hines ve Rich (1997) ve Jones, Hines ve Rich (1997) makalelerinde, değer akış haritasıyla birlikte kullanılabilecek ve değer katan ve katmayan faaliyetlerin belirlenmesinde yardımcı olacak yedi farklı araç (Süreç faaliyet haritalama, tedarik zinciri cevap matrisi, ürün çeşitlilik tüneli, kalite filtreleme haritası, talep büyütme (amplification) haritası, karar noktası analizi ve fiziksel yapı haritalama) önermişlerdir fakat bu araçlar değer akış haritalama kadar popüler olmamıştır. Daha sonraları farklı araç önerileri devam etmiştir. Bu çalışmanın ana konusunun dışında olduğu için tüm araçlar burada verilmeyecektir. Bu araçlar hakkında detaylı bir yazın taramasına Seth ve Gupta (2005)’ten ulaşılabilir.

Değer akış haritası sadece yalınlık sağlamak için kullanılmamaktadır. MacManus ve Millard (2002), değer akış haritaları yardımıyla karmaşık süreçlerin iki boyutlu ortamda anlaşılır hale gelmesinden dolayı yeni ürün geliştirme süresinde kısalma sağladığını belirtmişlerdir. Emiliani ve Stec (2004) ise değer akış haritalarının liderliği geliştirmek ve daha etkin yönetim sağlamak için kullanılabileceğini söylemişler, aynı zamanda hizmet endüstrisindeki farklı kullanımlarını da örneklendirmişlerdir.

Değer akış haritalarında kullanılabilecek semboller Şekil 2-1’de görülebilir. Bu sembollerin yanı sıra firmalar kendi sembollerini de oluşturup kullanabilirler.

Şekil 2-1: Değer akış haritalarında kullanılabilecek semboller

			
Üretim prosesi	Dış kaynaklar	Bilgi Kutusu	Stok
			
Sevkiyat nakliye	İtme Hareketi	Çekme Hareketi	Süpermarket
			
FIFO prensibine göre malzeme çekişi	Emniyet Stoğu	Operatör	Süpermarket Çekme
			
Elektronik bilgi akışı	Manuel Bilgi Akışı	Bilgi	Kaizen iyileştirmeleri
			
Üretim Kanbanı	Çekme Kanbanı	Sinyal Kanbanı	Yığın Halinde Kanban
			
Kanban Kutusu	Sıralı Çekme Topu	Yük Seviyelendirme	"Git-gör" üretim çizelgeleme

Gelecek duruma ait değer akışını haritalarken ilk hesaplanan, takt zamanıdır. Takt zamanı müşteri isteklerini karşılamak için, satış seviyesine bağlı olarak bir parça veya ürünün hangi sıklıkta üretilmesi gerektiğinin göstergesidir.

$$\text{Takt Zamanı} = \frac{\text{Vardiyada kullanılabilen iş zamanı}}{\text{Vardiya başına düşen müşteri talebi}}$$

Takt zamanı müşteri tarafından belirlenmektedir ve üretici tarafından değiştirilemez. Dolayısıyla takt zamanına uyabilmek için aşağıdakilerin başaırılması gereklidir :

- Problemlere takt zamanı içinde cevap verebilmek
- Plansız duruşların nedenlerini ortadan kaldırmak.
- Model değiştirme sürelerini ortadan kaldırmak

Bunun için de Toplam Üretken Bakım, SMED ve Planlı Bakım gibi bazı faaliyetlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Takt zamanı, çevrim zamanı, işlem zamanı ve akış süresi (lead time) kavramlarının geleneksel üretim modeli ve yalın üretim modelindeki farklılıklarını göstermek üzere aşağıdaki örnek kullanılacaktır.

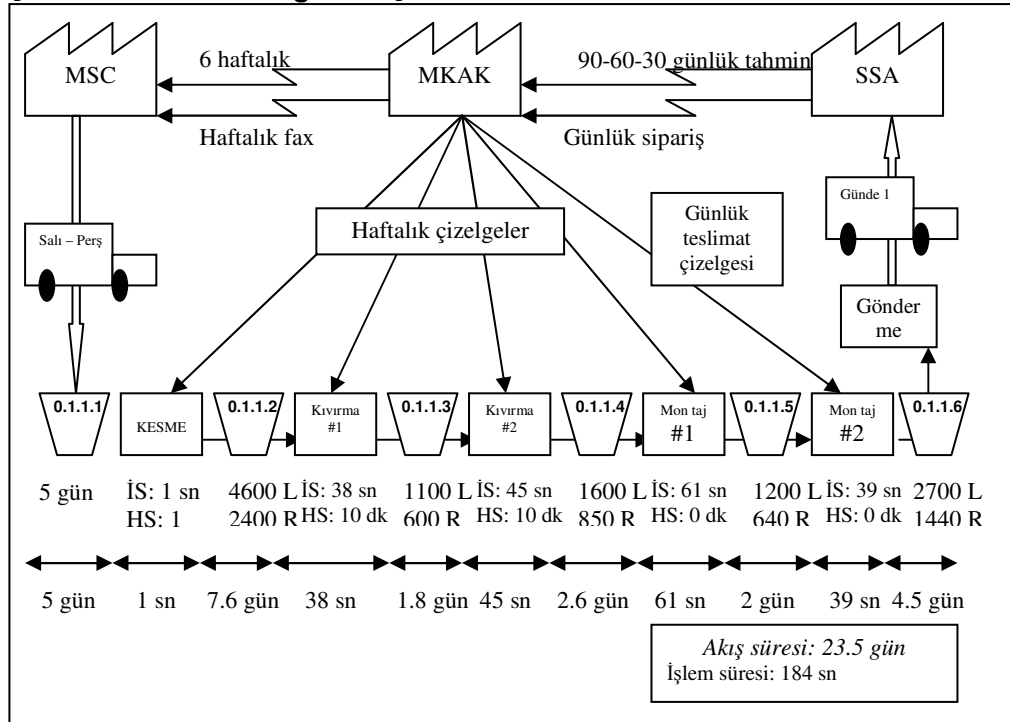
MKAK şirketi, L ve R tipi olmak üzere iki çeşit alüminyum kutu üreten bir firmadır. Sipariş üzerine üretim yapmaktadır ve siparişleri genellikle düzenlidir. Şekil 2-2'de MKAK'e ait mevcut değer akış şeması görölmektedir. Siparişler SSA şirketinden günlük olarak gelmekte ve her gün teslimat yapılmaktadır. Gelecek siparişler için 90/60/30 günlük öngörömler yapılmakta ve bu öngörömlere göre büyük parti üretimi yapılarak günlük siparişler depolardan karşılanmaktadır. Çizelgeleme bir MRP sistemiyle yapılmakta ve her tezgaha günlük iş emirleri, depoya da günlük sevkiyat emirleri gönderilmektedir. Gereken malzemeler, haftalık olarak MSC çelik şirketinden sipariş edilmekte, MSC siparişleri her hafta Salı ve Perşembe günleri 500'er metrelik levhalar halinde göndermektedir. Levhalar kesme işlemine kadar depoda ortalama 5 gün geçirmektedirler. Daha sonra 200'er tonluk partiler halinde kesime alınmaktadırlar. Daha sonraki kıvrıma ve montaj operasyonlarının süreleri, her tezgahın önündeki ortalama envanter miktarı ve ortalama stokta bekleme süreleri de Şekil 2-2'de görölmektedir. Firmanın envanter

seviyesi oldukça yüksektir. Mevcut duruma göre akış süresi 23.5 gün ve işlem süresi 184 saniyedir.

Fabrikada bir yalın üretim uygulamasına başlanmıştır. İlk olarak Şekil 2-2'deki değer akış şeması çizilerek mevcut durum incelenmiş, ve düzeltilerek Şekil 2-3'teki duruma geçilmesi hedeflenmiştir.

Tedarikçiden siparişleri günlük olarak göndermesi istenmiştir. Kesme tezgahında SMED uygulanarak 1 saat olan hazırlık süresi 10 dakikanın altına indirilmiştir. Böylelikle esneklik sağlanmıştır. Tezgahlar üzerinde ufak değişiklikler yapılarak hücresel imalata geçilmiş, kıvrırma ve montaj tezgahlarından oluşan üretim hücresi oluşturulmuştur. Toplam kıvrırma ve montaj süresi 165 sn'ye indirilmiştir. Üretim hücresinde takt zamanına göre üretim yapılmaya başlanmıştır. Ayrıca son mamul deposu, L ve R mallarının ayrı ayrı depolandığı daha küçük bir depo halinde düzenlenmiştir. Günlük siparişler 20'lik partiler halinde depoya bildirilmiş, depoda yoksa imalat hücresine iş emri gönderilmiştir. Böylece bir çekme sistemi oluşturularak istenmediği takdirde üretim yapılmaması sağlanmıştır.

Şekil 2-2: Mevcut Değer Akışı



Görsel yönetimi bir maçın skor levhası gibi düşünebiliriz. Skor levhasında maçın durumu, kimlerin gol attığı, ne kadar süre geçtiği gibi bilgiler yer alır. Görsel yönetim de skor levhası gibi fabrikanın durumu hakkında gerçek zamanlı bilgi verir:

- Amacımız nedir?
- Temel ölçütlerimiz nelerdir?
- Fabrika bu ölçütlere göre ne durumda?
- Hedefimize ulaşmamızı engelleyen nedir?
- En önemlisi de “bireysel çabam başarıya ne gibi katkıda bulunuyor?”

Görsel yönetim amaç ve hedeflerin doğru ve kesin biçimde anlaşılmasını sağlar. Çalışanların faaliyetlerini ve kararlarını şirketin stratejik yönüyle aynı doğrultuda olmasına yardım eder. Aynı zamanda fabrikanın performansını gösterir ve patron, müdür, işçi veya ziyaretçi olsun herkese yansız bilgi verir.

Görsel yönetim genellikle basit fakat etkili görsel bilgi desteklerinden oluşur: tabelalar, işaretler, çizelgeler, süreçleri gösteren resimler, renk kodlamaları, skor levhaları, vb. Daha gelişmiş sistemler olarak ise gerçek zamanlı bilgileri gösteren bilgisayar kontrollü tabelalar, gelişmiş istatistiksel kontrol metotları ve fabrikanın o anda ne durumda olduğunu gösteren bilgi ağları bulunabilir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ELEKTRONİK ÜRÜNLERDE MONTAJ

Elektronik ürünler, günlük hayatımızda her yerde (evde, işte, markette, hastanede, vb.) bulunmalarından dolayı oldukça büyük bir ürün grubunu oluştururlar. Sıkı uluslararası rekabet ve hızlı teknolojik değişim, elektronik endüstrisinin en bilinen özellikleridir (Crocì, Perona, Pozzetti, 2000). Elektronik endüstrisindeki değişimlere ayak uydurmak isteyen firmalar, müşterilere özel ürünler üretmek ve bunu en kaliteli ve en hızlı şekilde yapmak zorundadırlar.

Elektronik ürünlerin genel üretim şekli montajdır. Montaj üretimi pek çok ürün için kullanılmasına karşılık, elektronik ürün montajında ürünün karmaşıklığına göre monte edilen parça sayısı milyonlarca olabilmektedir. Bu nedenle elektronik ürünlerin montajı, diğer montaj ürünlerinden daha karmaşık ve problemlidir.

Modern tüketim ürünleri gittikçe artan sayıda elektronik parça içermektedir ve bu nedenle de üreticinin rekabetçiliğini sağlamak için daha az maliyetle montaj yapılmalıdır. Aynı zamanda ürünlerin ortalama pazar ömrü de ciddi derecede kısalmaktadır ve yakın rekabet firmaları çok hızlı bir şekilde tasarım, üretim ve pazarlama yapmaya zorlanmaktadır. Bu durumda gerçek üretim ortamı, çok zorlayıcı amaçlara sahiptir. Aynı makine aynı ürünün birbirinden çok az farklı varyasyonlarını veya farklı ürün tipleri üretmek için kullanıldığı için maliyet açısından etkinlik ve yüksek doğruluğun (kalitenin) yanı sıra esneklik te anahtar bir faktördür. Bu yüksek-karma, düşük-hacim (high-mix, low-volume) üretim ortamına modern elektronik imalatında, özellikle de baskılı devre kartı (PCB) montajında sıkça rastlanır (Smed, vd., 2000).

Montaj üretimi, imalat işlemlerinden veya makine ile işlemeden farklıdır. Montaj işleminde farklı parçalar bir ürünü meydana getirmek için birleştirilir. Çoğunlukla montaj işlemi içinde montajdan sonraki test işlemi de içerir.

Yalın üretimin ana çıkış noktası otomobil üretimidir ve otomobillerin de son üretim aşamasında montaj işlemi vardır. Fakat elektronik ürün montajında genellikle daha fazla sayıda bileşen bulunur ve bileşenler daha küçüktür.

Elektronik ürünlerinin çoğunda tüketicinin asıl para ödediği, ürünün doğru montajının yapıldığının garantisidir. Örneğin bilgisayar parçaları satan bir toptancıya gidip tüm parçaları alarak evde montajını yapmak ve mağazalarda satılardan daha ucuza bir bilgisayar sahibi olmak mümkünken, tüketicilerin çoğu bu yöntemi tercih etmezler. Çünkü fazladan ödeyecekleri paranın üründe meydana gelecek hatalara karşı güvenceleri olacağını düşünürler. Bu garantiyi verebilmek için de, montaj işletmelerinde bitmiş ürünün üstünde muayene ve testler uygulanır, sorun varsa yeniden işleme/rötuş yapılır.

Yalın üretim yazını muayene, test ve yeniden işlemeyi israf olarak görüp ortadan kaldırılmasını önermesine rağmen, Toyota'da bile arabaların üç farklı noktada muayene edildiği bilinmektedir. Elektronik montajında ise parça sayısındaki çokluk ve parçaların boyutunun küçük olması nedeniyle test işlemi genelde kaçınılmazdır ve bazen o kadar gelişmiş ekipmanlara ihtiyaç duyulur ki test ekipmanları montajın kendisinden bile pahalıdır (Baudin, 2002).

Montaj performansını etkileyen en önemli faktörler parça temini ve montaj tasarımıdır. Parça sayısının çok olduğu durumda tedarikçilerden teminde ve işletme içinde montajcılara doğru parçaların zamanında ulaştırılmasında problemler çıkmaktadır. Montaj tasarımı ise alt montaj yapısı, montaj adımlarının sıralanması, montaj istasyonları arasında adımların bölünmesi, montaj istasyonlarının tasarımı ve montaj işinin kalitesinin kontrol yollarını içerir. Yalın üretim, bu iki faktörün de geliştirilmesi için montaj işletmelerine fayda sağlayabilecek araçlara sahiptir.

3.1 Elektronik Montaj Üretiminde İsfraf

Elektronik ürünlerin parça sayısı, küçüklüğü ve çeşitliliği gibi ayrım yaratan özelliklerinden dolayı, elektronik montajında israf da diğer imalat türlerindeki farklıdır. Baudin (2002:11), diğer imalat türlerindeki israfa karşılık montaj işlemlerindeki israfı gözden geçirmiştir:

1. Fazla üretim: Bir operatör çıktı kısmında üç günlük altmontaj olmasına rağmen hala boş kalmamak için montaja devam ediyorsa, bu fazla üretimdir.

Bu durum o işlem için fazla kapasite ayrıldığını gösterir ve bir planlama sorununa işaret eder.

2. Bekleme: parça veya altmontajların eksikliği bekleme için bir neden olmasına karşılık, başka nedenler de olabilir. Yönetimin işyükünü dengeleyememesi sonucu bazı montajcılar çok hızlı çalışmak zorunda kalırlarken bazıları onların işini bitirmesini bekleyebilirler. Makineler kullanıldığında, operatörlerin makinenin işini bitirmesini beklemesi durumu ortaya çıkabilir. Bu da operatörün yapacağı işin iyi planlanamamasından dolayı olabilir.
3. Taşıma: İşlemler arasında parçaların hareketi taşıma işi oluşturur ve taşımanın mesafesi önemli değildir, işi böldüğü için israf oluşturur. Montaj istasyonları ne kadar birbirinden uzaksa o kadar zaman ve işgücü kaybı olacaktır.
4. Süreç: Süreç israfı belirlemesi en zor olan israftır çünkü sürecin çok detaylı bilinmesini gerektirir. Örneğin iki parçanın yapıştırılması için her iki parçaya da yapışkan sürülüyorsa, bunun gerekli ya da gereksiz olduğunu anlayabilmek için işin doğasını çok iyi bilmek gerekir. Bazen de montajcılar sırf etrafa meşgul görünebilmek için sürece gereksiz adımlar eklerler.
5. Fazla envanter: Eğer belirli bir parça yığınının neden orada durduğunu kimse açıklayamıyorsa büyük ihtimalle fazla envanterdir. Bazen de sırf bir yada iki parça eksik olduğu için %99'u bitmiş bir parti kenarda bekletilir. Bu politika genelde güvenilir tedarik zinciri olan firmaların işi önceden yapıp kendilerini meşgul tutmak için kullandıkları bir yöntemdir. Bu politika pek çok yönden doğru değildir. Sadece ara stokları arttırmakla kalmaz, eksik parçalar geldiğinde artık montaj değil tamir işlemi yapıldığı için daha çok zaman alır ve hata riski artar.
6. Hareket: montaj işlemlerinde hareket israfı en kolay gözlenen israf türüdür. En sık karşılaşılan şekli çoklu alıştır (multiple-handling). Operatörler, parçaları ellerine aldıktan sonra hemen monte etmek yerine önce iş istasyonlarının üstüne koyar, sonra tekrar alıp monte ederler. Aparatlar

kullanılmadığında ürünün kendisini alıp koymak bile bir zaman kaybı oluşturabilir. Hareket israfı parçaları uzaktaki bir rafa veya kutuya koymak şeklinde de oluşabilir.

7. Kusurlu üretim: Montajda en sık karşılaşılan üretim hatası yanlış parça almak veya parçaları yanlış etiketlemektir. Özellikle aynı montaj bandında birden çok ürün yapılıyorsa bunu önlemek oldukça zor olmaktadır.

Montaj israfları kolaylıkla ortadan kaldırılabilecek şekilde değildir. Sürecin içine sinmiş oldukları için montaj adımlarının çok detaylı analizini gerektirir.

3.2 Montaj İçin Tasarım

Yalın ürün geliştirme, müşterilerle işbirliği, seri özelleştirme için tasarım, imalat için tasarım, kalite ve güvenilirlik için tasarım, geliştirme aşamasında tedarikçilerle işbirliği ve pazara sunma süresinde hızlanmayı içerir. Yalın üretim süreçlerin pazarda çok önemli olan teknolojiye ve yenilikçiliğe odaklanmasını sağlar. Toyota'da yeni ürün geliştirmenin yalın bir şekilde yapılabilmesi için Yalın Ürün Geliştirme kavramı ortaya atılmış ve bir yalın ürün geliştirme sistemi kurulmuştur (Liker ve Morgan, 2006). Bu çalışmada mevcut ürün üzerinde yalın değişiklikler yapıldığından dolayı yalın ürün geliştirme sisteminden detaylı bir şekilde bahsedilmeyecek, onun bir alt konusu olan montaj için tasarım konusuna ağırlık verilecektir.

Munroe (2008), yalından haberi olmayan tasarımcıların gereksiz süreç adımı ve maliyet ekleyebileceğini belirtmiştir. Yalın üretimde müşteri bireysel olarak üretime dahil edilir. Müşteri isteklerinin daha hızlı ve ucuz olarak yerine getirilebilmesi ve akışın sağlanabilmesi için ürün tasarımında değişikliğe gidilebilir. Aynı zamanda tedarikçiler ve montajcılarla daha yakın çalışmak için modüler tasarım teknikleri kullanmalıdırlar. Modülerlik, müşterilere etkin ve bireysel bir şekilde hizmet vermeyi sağlar (Gilmore ve Pine, 2000:XV).

Firmalar mühendislik işyükünü azaltmak ve her özelleştirilmiş ürünün olması gerektiği gibi çalıştığını garanti etmek için bilgisayar yazılımları kullanabilirler. Bu

ürün tasarımlarının sonuçları müşteriye isteğine göre özelleştirilmiş bir ürün gönderilmesini sağlar, bu da müşteri memnuniyetini ve karı artırır.

İmalat için tasarım, ürünün tasarımında imalat süreçlerinin kullanımını maksimize eden sistematik bir süreç olarak tanımlanabilir. Kısaca ürünün tasarım aşamasında, üretim aşamalarının da dikkate alınması olarak tanımlanabilir. Geleneksel tasarım/üretim sürecinde tasarımcılar kendilerine verilen görevin sadece; ürünün performansı, güvenilirliği ve estetik görünüm kazandırılmasından ibaret olduğunu ve tasarlanan ürünü üretmenin de üretim mühendislerinin görevleri olduğunu düşünmektedirler. Fakat akışı sağlayabilmek için ürünün üretim şeklinin de değiştirilmesi gerekebilir. İmalat için tasarım, imalatı daha kolay ürünler tasarlamaktır. Montaj için tasarım ise onun bir alt kümesidir ve ürünün montajını kolaylaştıracak şekilde tasarlanmasıdır (Boothroyd, Dewhurst ve Knight, 2002:1). Bu çalışmada daha kolay üretilebilirlik ve akışın sağlanabilmesi için ürünün montaj tasarımında değişiklik yapılmıştır. Bu nedenle montaj için tasarım biraz daha detaylı olarak ele alınacaktır.

Montaj için tasarım yaklaşımının amacı kaliteyi korurken üretilmesi daha kolay ve ucuz ürünler tasarlamaktır. Bu amacı gerçekleştirebilmek için tasarımcıların bazı hususları göz önünde tutmaları gerekir:

- Parça sayısını azaltmak
- Bağlayıcıları azaltmak
- Parçaları standartlaştırmak
- Tek yönlü montaj kullanmak
- Doğru montaj toleransları kullanmak

Bu prensipler bir tasarımcının ele alması gereken genel kuralları ifade etmektedir. Bu gibi kurallar kullanmak tasarım sürecinde yaratıcılığı yok ediyor gibi görünse de bunlar sadece yol göstericidir, insan yaratıcılığının ve deneyiminin bir ikamesi yoktur.

1970'lerin sonlarına doğru tasarım etaplarında montaj kısıtlarını irdelleyen montaj için tasarım (Design for Assembly-DFA) konusunda bir seri çalışmalar yapılmıştır. DFA mantığının kullanılmasıyla belirlenen montaj süresi final

maliyetini indirgemeyi sağlayabilen tasarım değişikliklerini öngörmek için kılavuz olarak kullanılmaya başlanmıştır (Büyüközkan, 2005). Montaj için tasarımın amaçları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Rampersad, 1996):

- Belli montaj operasyonlarını eleyerek ya da basitleştirerek montaj maliyetlerini azaltmak
- Tasarımı oluşturacak parça sayısını indirmek için yönlendirici olmak
- Montaj otomasyonunu sağlamak ya da robotik montaj teknikleri içinde uygun olanları değerlendirmek için tasarım kuramları geliştirmek
- Montaj rahatlığını, basit idare ve taşımayı sağlamak
- Tertibat ve parça, tasarım farklılığı, montaj hareketleri, montaj yönergelerinin sayısını indirmek
- Otomatik hat dengeleme sağlamak
- Görülebilir tıkanmayı, eş zamanlı tertibat operasyonlarını, montaj hataları olasılıklarını engellemek
- Modüler elemanların birleşmesiyle farklı ürün üretimini düzenlemek

3.3 Montaj İçin Tasarım Metotları

Montaj için tasarım metotları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Manner,a; Manner,b; Boothroyd, Dewhurst ve Knight, 2002):

1. Basitliği amaçlamak: Daha hızlı ve güvenilir montaj için parça sayısı, parça çeşitliliği ve montaj alanlarının sayısını azaltmak, montaj sırasını ve bileşenlerin takılmasını basitleştirmek.

2. Standartlaştırmak: Malzeme kullanımını ve bileşenleri standartlaştırarak düşük hacimlerde bile seri üretimin avantajlarını mümkün kılmak.

3. Ürün tasarımını rasyonel hale getirmek: Ölçek ekonomisini arttırmak ve ekipman maliyetlerini düşürmek için ürün aileleri içinde malzeme, bileşen ve alt montajları standartlaştırmak. Montaj sırasının sonlarına doğru çeşitliliğe izin verebilmek için modülerliği geliştirmek.

4. Mümkün olan en geniş toleransları kullanmak: Kritik olmayan bileşenlerin toleransını azaltarak işlemler ve işlem sürelerinin toleransını azaltmak.

5. Üretim sürecine uyan malzemeler seşmek: rn güvenilirliğini sağlamak amacıyla üretim sürecine en uygun malzeme seşiminde bulunmak.

6. Katma değer yaratmayan işlemleri azaltmak: Maliyeti ve akış süresini arttıran malzeme hareketleri, fazla işlemler ve muayeneleri ortadan kaldırmak.

7. Süreç için tasarım: Süreçlerdeki gereksiz kısıtlamalardan kaçınarak süreç planlamada imalat esnekliğine izin vermek.

8. Hata nleyici tasarımlar (poka-yoke): Bileşenler sadece tek bir yönde monte edilecek şekilde tasarlanmalıdır. Bileşeni yanlış yere yanlış şekilde takmayı önleyecek çıkıntılar ve asimetrik delikler gibi hata önleyici mekanizmalardan faydalanılabilir. Elektronik rnler kendi kendini test edecek şekilde tasarlanabilir.

9. Parçaların şekli, yönü ve beslemesinin tasarlanması: Özellikle otomatik montajda parçaların beslenmesi sırasında dönmesi takılma gibi sorunları önleyecek bir tasarım yapılmalıdır. Parçalar kolayca tutulabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Ağır parçalar işçileri yorar, keskin ve sivri uçlu parçalar tehlike oluşturur ve işi yavaşlatır. Bileşenler satın alınırken rulolar, magazinler şeklinde olanlar tercih edilmelidir. Çok ince veya düz parçaların alınması zordur, bu nedenle mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır.

10. Hareket yönü ve eksen tasarımı: montaj kolaylığı için farklı yönlere hareket eden veya farklı yönlerden monte edilen parçalardan kaçınılmalıdır. Ürünün tasarımı montajın en büyük ve dengeli parçadan başlanmasına izin vermelidir. Montaj diğer parçaların dikey ekseninde yerçekiminin de yardımını alarak takılmasıyla devam etmelidir. Bu montaj parçasının yönünü değişmesini ve yeniden bağlama, konumlandırma gereksinimini ortadan kaldırır.

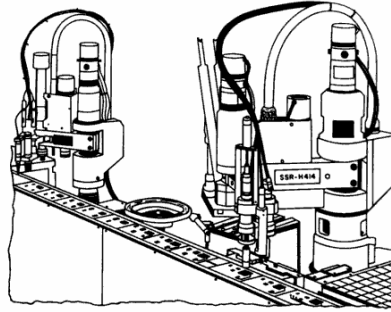
11. Etkin bağlama ve sıkılaştırma için tasarım: Dönerek sıkışan bağlayıcılar zaman alıcıdır ve otomatikleştirilmeleri zordur. Farklı çözümler denenmeli, yapıştırarak bağlama yöntemleri dşnlmelidir.

12. Otomatik montaj için tasarım: Her zaman otomatik montaj elle montajdan daha kararlı ve kusursuzdur. Mümkün olan tüm parçaların montajını otomatikleştirmek için gereken her şey yapılmalıdır. Esnek robot montajı (Şekil 3-1) ve yüksek hızlı otomatik montaj seçeneklerinden biri tercih edilebilir.

13. Montaj için baskılı devre kartlarının (PCB) tasarımı: PCB'ler söz konusu olduğunda bileşen çeşitliliğinin azaltılması, bileşen paketlemesinin standartlaştırılması, otomatik takılan veya değiştirilebilen bileşenler kullanmak, lehim gölgesini azaltmak için genel bir bileşen yönü belirlemek, süreç yeteneğine uygun bir bileşen ve iz genişliği belirlemek, lehim bileşimlerinin iyi olmasını sağlayacak kadar boşluk bırakmak, standart devre kartları ve panel büyüklükleri kullanmak gibi bazı yollar düşünülebilir.

14. Takım çalışması: Eş zamanlı mühendislik tercih edilmelidir. Disiplinler arası çok fonksiyonlu bir proje takımı kurularak ürün tasarımında söz sahibi olması sağlanmalıdır. Başarı, üst yönetimin inanması, çalışanların eğitimi ve gelişimi ve bir sürekli gelişim programının uygulanmasına bağlıdır.

Şekil 3-1: Esnek Robot Montajı



Bralla (1999:1.64), montaj için tasarımın temel prensiplerini aşağıdaki gibi belirtmiştir:

1. Parçaları birleştirmek:
 - a. Eklentiler, yaylar ve diğer fonksiyonları temel parçalarla bütünleştirin.

- b. Parçaları birbirine bağlarken bağlayıcı elemanlar yerine klipsli tutturucuları tercih edin.
2. Kesin azaltmalar yapmak, mesela bağlayıcıların sayısını azaltmak
3. Montajın tamamen yeniden tasarımını yapmak
4. Farklı bir teknoloji kullanmak, mesela çakmak yerine yapıştırma gibi.

Parçaları ortadan kaldırırken üç soru yaklaşımından faydalanılabilir:

- Parça yanındaki parçalarla birlikte hareket ediyor mu?
- Bitişindeki parçalar farklı bir malzemeden mi yapılmış?
- Eğer parçalar birleştirilirse diğer parçaların montajı veya satış sonrası servisinde zorluk olur mu?

Eğer bu soruların üçüne de “Hayır” cevabı verilebiliyorsa, fonksiyonu montaj içindeki diğer bir parçanın içine eklenerek parça elimine edilebilir.

3.4 Baskılı Devre Kartları (PCB)

Bilgisayar, telefon, televizyon gibi pek çok elektrik/elektronik aletin üretiminde baskılı devre kartları (Printed Circuit Board – PCB) ler kullanılır. PCB'ler üzerine elektronik bileşenler monte edilerek ürün oluşturulur. PCB, elektrik iletici yollara sahip yalıtkan çok katmanlı bir karttır. Yalıtkan kısmı seramik, fiberglas veya plastikten yapılabilir. Üzerindeki iletken yollar, elektronik bileşenlerin birbiri ile bağlantısını sağlar.

PCB'ler pek çok farklı tip ve şekilde üretilirler. Kart tipinin seçimi gerçekleştireceği fonksiyona, maliyetine, kullanılabilir alana, bileşen mevcudiyetine ve çalışma koşullarına bağlıdır. PCB çeşitleri katman sayısına, taraf sayısına, kart malzemesine, alet tipine ve maliyetine göre değişiklik gösterirler.

PCB'ler üretildikten sonra üstlerine elektronik bileşenler takılarak (dizgi işlemi) istenen fonksiyonu yerine getiren bir elektronik kart halini alırlar. Dizgi

(insertion) terimi, delikten geçen (through-hole) bir elektronik bileşenin karttaki doğru deliklerden geçirilerek veya yüzeye yapıştırılan bir bileşenin kart üzerindeki doğru pozisyona yerleştirilmesi sürecini tanımlar. Üç farklı dizgi metodu vardır:

1. Otomatik dizgi makineleri,
2. Elle (manual) dizgi işçileri ve yarı otomatik dizgi,
3. Robotlar

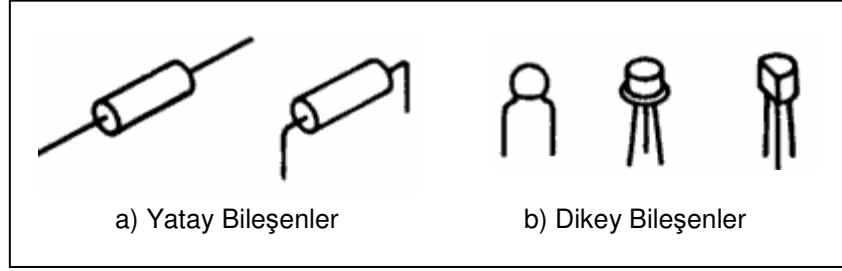
PCB'lerin montajı öncelikle elektronik bileşenlerin dizgisinin yapılması, daha sonra da lehim veya yapıştırıcı ile bileşenlerin kart üzerine sabitlenmesi işlemlerinden oluşur. Lehimleme (soldering) iki metal yüzeyin (bileşenin bağlantı ucu ve PCB'nin bağlantı pad'i) aralarına eritilmiş lehim koyularak metalik bağlarla birleştirilmesidir (Judd ve Brindley, 1999:IX). Lehimleme işlemi PCB'lerin lehim havuzlarından geçirilmesi ile yapılabileceği gibi el ile de yapılabilir.

Delikten geçen bileşenler şekline göre yatay (axial) ve dikey (radial) olarak iki gruba ayrılabilir (Şekil 3-2a ve Şekil 3-2b). Yatay ve dikey bileşenlerin otomatik dizgisi bileşenin bacalarının hazırlanması, dizilmesi ve bacaların kesilip kıvrılması şeklinde gerçekleşir (Şekil 3-3). Elle dizgide ve yarı otomatik dizgide tüm işlemler sırasıyla elle yapılır. Yani bacaların hazırlanması, sonra da kesilip kıvrılması dizgi işleminin toplam süresine eklenir.

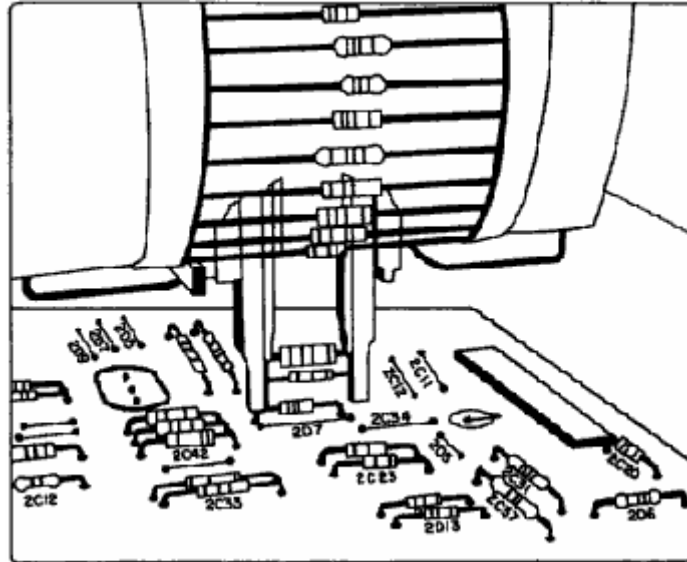
SMD (Surface-Mounted Device) ise yüzeye yapıştırılan bir elektronik bileşendir. Çoğunlukla bacaları yoktur, devre kartı üzerine yapıştırılarak sabitlenir. Genellikle otomatik makineler yardımı ile dizildiği için rulolar halinde satın alınır (Şekil 3-4). Yatay ve dikey bileşenlerin dizgisi ve lehimlenmesi çok problem yarattığından dolayı son dönemlerde çoğunluğu SMD bileşenlerden oluşan tasarımlar tercih edilmektedir. Bu da bir hata önleme davranışı olarak düşünülebilir.

Dizgisi biten kartlar teste tabi tutulur. Bir bileşen kart üzerine iyi oturmıyorsa, yanlış konumlanmışsa veya hiç takılmamışsa, kart doğru çalışmayacak ve tamir gereksinimi oluşacaktır. Bu tamir işlemine rötuş (touch-up) denir.

Şekil 3-2: Yatay ve Dikey Bileşen Örnekleri



Şekil 3-3: Yatay Bileşenlerin Makine ile Çakılması



Şekil 3-4: SMD Bileşen Örnekleri



PCB üretiminin özelliklerinden dolayı klasik montaj işlemlerinden bazı farkları vardır (McKay, Safayeni, Buzacott, 1995):

- Ürünler, teknolojiler ve süreçler hızlı biçimde değişim geçirirler.
- Çoğu parasal olarak değerli, zor bulunan ve küçük bileşen içerirler.
- Gittikçe küçülen ürünlerin üretim süreçleri de gittikçe daha karmaşık ve problemli hale gelir.

Bu nedenle PBC montajında yüksek kalite ve düşük maliyet sağlamak gün geçtikçe zorlaşmaktadır.

3.5 Baskılı Devre Kartlarında (PCB) Montaj için Tasarım

PCB'lerde montaj için tasarım çok önemlidir. Eğer doğru bir şekilde gerçekleştirilebilirse ürün çevrimini kısaltır, geliştirme maliyetlerini azaltır ve prototipten üretime geçişte sorunların azalmasını sağlar (Nexlogic).

PCB'lerde tasarım diğer mekanik aletlerdekinden biraz daha farklıdır. Bilgisayar destekli tasarım teknikleri mekanik aletlerinkinden daha gelişmiştir. Bir PCB'nin tasarım sıralaması aşağıdaki gibidir(Boothroyd, Dewhurst ve Knight, 2002):

1. Spesifikasyon ve performans özelliklerini karşılayacak bir fonksiyonel devre şeması diyagramı geliştirilir.
2. Devre yerleşim tasarımı yapılır. Bu iş devrenin sanatsal olarak tasarlanması gibidir. Bileşenlerin yerleşimi, iletkenlerin rotaları ve bileşen seçimi yapılır.

Yerleşim tasarımı bileşen alanı, taraf sayısı (tek-çift taraflı) sayısı, kart sayısı, hacim, gerçek yerleşim tasarımı gibi pek çok birbiri ile ilişkili hususu içerir. Bu işler için bilgisayar desteği sağlayan bazı programlar bulunmaktadır.

3.6 Montaj İşlemlerinde Yeniden İşleme

İmalat endüstrilerinde bazı hatalar yapılması kaçınılmaz gibidir. Örneğin teknolojinin çok ilerlemesine karşılık henüz karmaşık veya büyük bir parçanın

boyanması işleminde 1/7 oranında hatalı boyama yapılması engellenememiştir (Baudin, 2002:257). Bu gibi durumlarda sürecin varyasyonunun azaltılmaya çalışılması veya ilk seferde doğru yapılmak için uğraşılması genelde sonuç vermemektedir, sürecin doğası gereği hata olasılığı bulunmaktadır.

Özellikle kritik elektronik parçaların pek çok testinin yapılması gerekmektedir. En azından çevresel koşullara uygun çalışıp çalışmadıklarının belirlenebilmesi için bazı çevresel güvenilirlik testlerinin yapılması bazen yasal bazen de müşteri isteğiyle gerekli olmaktadır.

PCB montajında yeniden işleme o kadar yaygındır ki, yeniden işleme aletleri, lehim sökme araçları ve yeniden işleme tezgahları satışı ayrı bir sektör halindedir.

Bazen de yeniden işleme imalatçı tarafından bilinçli olarak meydana getirilir. Montaj sürecinde eksik parça varsa, o parça hariç diğerlerinin montajı yapıldıktan sonra ürün eksik parçanın tedarik edilmesine kadar kenarda bekletilir, eksik parça geldiğinde ise çoğunlukla normal üretim hatlarında değil, yeniden işleme tezgahlarında ürün tamamlanır. Özellikle elektronik bileşenlerinin dış ülkelerden geldiği durumlarda, tedarik problemleri sıklıkla oluştuğundan dolayı, elektronik sektöründe bu tip yeniden işlemler oldukça yaygındır. Bu tip bilinçli yeniden işlemler pek çok probleme yol açabilir (Baudin, 2002:258):

- Ürünü bitmemiş halde bekletmek, ürünün müşterinin eline daha erken geçmesini sağlamaz. Tüm parçalar montaj yapılmadan ürün müşteriye gönderilemez ve montaj süresi siparişin akış süresinin sadece çok küçük bir kısmını oluşturur. Eksik parça tamamlandıktan sonra montaja başlansa da sadece çok az bir süre sonra tüm sipariş tamamlanmış olacaktır.
- Belirli bir ürüne takılmış olarak parçaları ara ürün olarak bekletmek, gelen başka bir siparişte o parçaların kullanılmasını engeller ve başka tedarik sorunlarına yol açabilir. Gerektiğinde takılmış parçaların sökülerek diğer bir siparişte kullanılması daha da fazla zaman ve işgücü harcanmasına sebep olur.

- Eksik parçalar nihayet geldiğinde, montajın bitirilmesi işlemi montaj hattının kontrollü ortamında değil, tamir modunda farklı bir ortamda yapılır. Bu da kalite problemlerine yol açabilir.

Bu nedenlerden dolayı tek parça akışı uygulamak ve ara mamul tutmamak bir işletme politikası olarak benimsenmelidir.

3.7 Montaj Hattı Kavramı

Montaj hattı, bitmiş ürünün daha hızlı bir şekilde oluşturulabilmesi için parçaların sıralı bir şekilde monte edildiği bir üretim sürecidir. Montaj hattı kavramı ilk olarak kitle üretimi için Ford tarafından ortaya atılmıştır. Ford, ünlü T modelini üretebilmek için işleri çok küçük parçalara bölerek tüm operasyonların ardı ardına gerçekleştirildiği uzun bir hat oluşturmuştur. Böylece parça başına maliyeti diğer rakiplerinin erişemeyeceği kadar düşürmüştür (US Office of Technology Assessment, 1994:53). Bu hatlarda yetenekli teknisyenler yerine eğitimsiz işçiler kullanılıyordu. İşçilerde aranan yeterlilikler azalmış ve ücretler de buna bağlı olarak düşmüştür (US Office of Technology Assessment, 1987:18). Fakat tek tip ürün üretilerek elde edilen bu maliyet düşüşü, bir süre sonra dezavantaj olmaya başlamıştır. Çünkü ürün çeşitliliği ihtiyacının doğması ile tek tip üretim yapan bu montaj hatları hantal ve yetersiz kalmaya başlamıştır.

Yalın üretimde kullanılan montaj hattı kavramı, Ford'un montaj hatlarından farklıdır. Yalın üretimdeki montaj hatlarında yetenekli işçiler çalışır ve aynı anda birden fazla çeşit üretilir. Esnekliği oldukça fazladır. Otomasyon kullanılabilir. Tek parça üretimi yapıldığı için ara stok meydana gelmez ve kesintisiz akış sağlanır. Malzemenin taşınması genellikle konveyör denen hareketli bantlar yardımıyla gerçekleşir.

Elektronik sektöründe üretim, montaj tezgahlarında bir operatörün tüm montajı tek başına yapacağı şekilde veya alt montajların bir iş istasyonundan diğerine geçirilmesi şeklinde veya hareketli bir montaj hattında birden fazla operatörün ardıl işlemler halinde montajı yapmaları şeklinde tasarlanabilir. Montaj parçasının karmaşıklığı arttıkça bir ürünün tek kişi tarafından monte edilmesi imkansız hale gelmektedir. Bu nedenle karmaşık elektronik ürünlerde yalınlığın

sağlanması ve ara stokların ortadan kaldırılması için montaj bantlarının kullanımı gereklidir. Montaj hatlarında en önemli problemlerden birisi “hat dengeleme” sorunudur (Johnsson ve Smed, 2001; Aase, Olson, Schniederjans, 2004).

3.8 Montaj Hattı Dengeleme

Hat dengeleme, operasyonların iş istasyonlarına/operatörlere dağıtım problemidir. Elektronik montajında her bir operatör/makina birden fazla bileşen monte ettiğinden dolayı hat dengelemenin düzgün yapılması akışın sağlanması için çok önemlidir.

Operasyonlar iş istasyonlarında işlenmek üzere gruplandırıldığında, tüm grupların süreleri birbirine eşit ise bu durumda hat mükemmel dengelenmiş olacak ve düzgün bir iş akışı gerçekleşecektir. Ancak bu istisna bir durumdur; çünkü genelde her işlemin dolayısıyla grubun toplam süresi birbirinden farklıdır. Ayrıca bu gruplandırma sırasında bazı öncelik kısıtlamaları oluşacaktır öyle ki her bir işlemten diğer bir işleme geçilebilmesi ancak ondan önce yapılması gerekenler yapıldıktan sonra mümkün olabilecektir. Bu durumda bazı gruplarda boş süre kalacak, bazı grupların ise çalışma süreleri yeterli gelmeyecektir. Boş süre işletmeler için kayıp zamandır ve çalışanların motivasyonunu bozduğu için minimum seviyede olmalıdır. Ancak sıfır boş süre ile hat dengeleme yapmak hemen hemen imkansızdır.

Hat dengelemeyle ulaşılması gereken amaçlar aşağıdaki gibidir:

- Düzenli malzeme akışı
- İnsan gücü ve makine kapasitesinin maksimum düzeyde kullanılması
- Minimum işlem süreleri
- Minimum boş zaman
- İş istasyonlarını en aza indirmek
- Boş zamanları iş istasyonlarına paylaştırmak
- Üretim maliyetini düşürmek.

Montaj hattının dengelenmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır: Küçük montaj hattı problemlerinde basit mühendislik teknikleri, orta ölçekli problemlerde sezgisel yaklaşımlar, büyük ölçekli problemlerde ise bilgisayar destekli yöntemler kullanılabilir (Shim ve Siegel, 1999:218).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

Bu çalışmada TV sektörü liderlerinden biri olan X şirketinin Elektronik Şase (chassis) Üretim Fabrikası'nda ürün, süreç ve prosedürler üzerinde yapılan yalın üretim uygulamaları ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bölüm 3.4'te Baskılı Devre Kartları (PCB) başlığı altında ayrıntılı olarak anlatıldığı gibi, çok çeşitli ve küçük boyutlu parçaların hem el ile hem de otomatik makinalarla montaj işleminin yapıldığı fabrikada özellikle ürün üzerinde yapılmış olan yalınlaştırmalar bu sektör için bir ilk oluşturmaktadır. Uygulamada sadece ihtiyaç duyulan yalın üretim teknikleri kullanılmış ve bu çalışmada detaylandırılmıştır.

4.1 Şirketin Genel Tanıtımı

Manisa Organize Sanayi Bölgesi'nde iki ayrı yerleşimde kurulu X Şirketi dünya TV pazarında "Doğrudan Görüntü Veren TV'ler" sınıfında CRT, LCD ve Plasma TV ürünlerini üretmektedir. Yıllık 12 milyon adetlik üretim kapasitesiyle Avrupa'da en büyük, dünyada tek çatı altında üretim yapan şirketler arasında üçüncü sıradadır. 2006 verilerine göre, bu sınıfta dünya pazarında %5, Avrupa pazarında %26'lık pazar payına sahiptir. Toplam üretiminin %95'i ihracat, kalan %5'i iç piyasada dağıtılmaktadır. 1999,2000 ve 2002 yıllarında Türkiye ihracat şampiyonu olan firma 2004 yılında toplam Türkiye ihracatının %2,3'ünü gerçekleştirmiş ve aynı yıl cirosu toplam Türkiye GSMH'nın binde 5,4'üne ulaşmıştır.

4.1.1 Firmanın Vizyon ve Misyonu

Firmanın vizyon ve misyon ifadesi, internet sitesinde belirtildiği şekliyle aşağıda verilmektedir:

Yüksek kaliteli tüketici ürünlerinin üretilmesine odaklanarak çekirdek iş faaliyetlerinde hem gelirler hem de karlılığa ilişkin sürekli ve kontrol altında gelişme elde etmeyi amaçlar.

Avrupa, firmanın ana hedef pazarı olarak kalacaktır ve şirket yeni trendlere cevap vermek ve halihazırda var olan portföyüne yeni ürünler eklemek için pazara yakın olmayı amaçlamaktadır.

Pazarındaki üstün konumunu muhafaza etmek amacıyla, araştırma ve geliştirmeye daha fazla yatırım yapmayı hedeflemektedir.

Şirket bütün ürün portföyünde "A" markaları hissesini genişletmeyi amaçlamaktadır.

Coğrafi genişlemenin gelecek yıllardaki gelişme için ana motor olması planlanmaktadır; öncelikle Rusya ve eski Bağımsız Devletler Topluluğu ülkeleri, daha sonra (daha çok Hindistan) Merkez Asya esas odak bölgeleri olacaktır.

Şirket, ODM (Original Development Manufacturer) ve ilgili hizmetlere daha fazla önem vermeyi amaçlamaktadır.

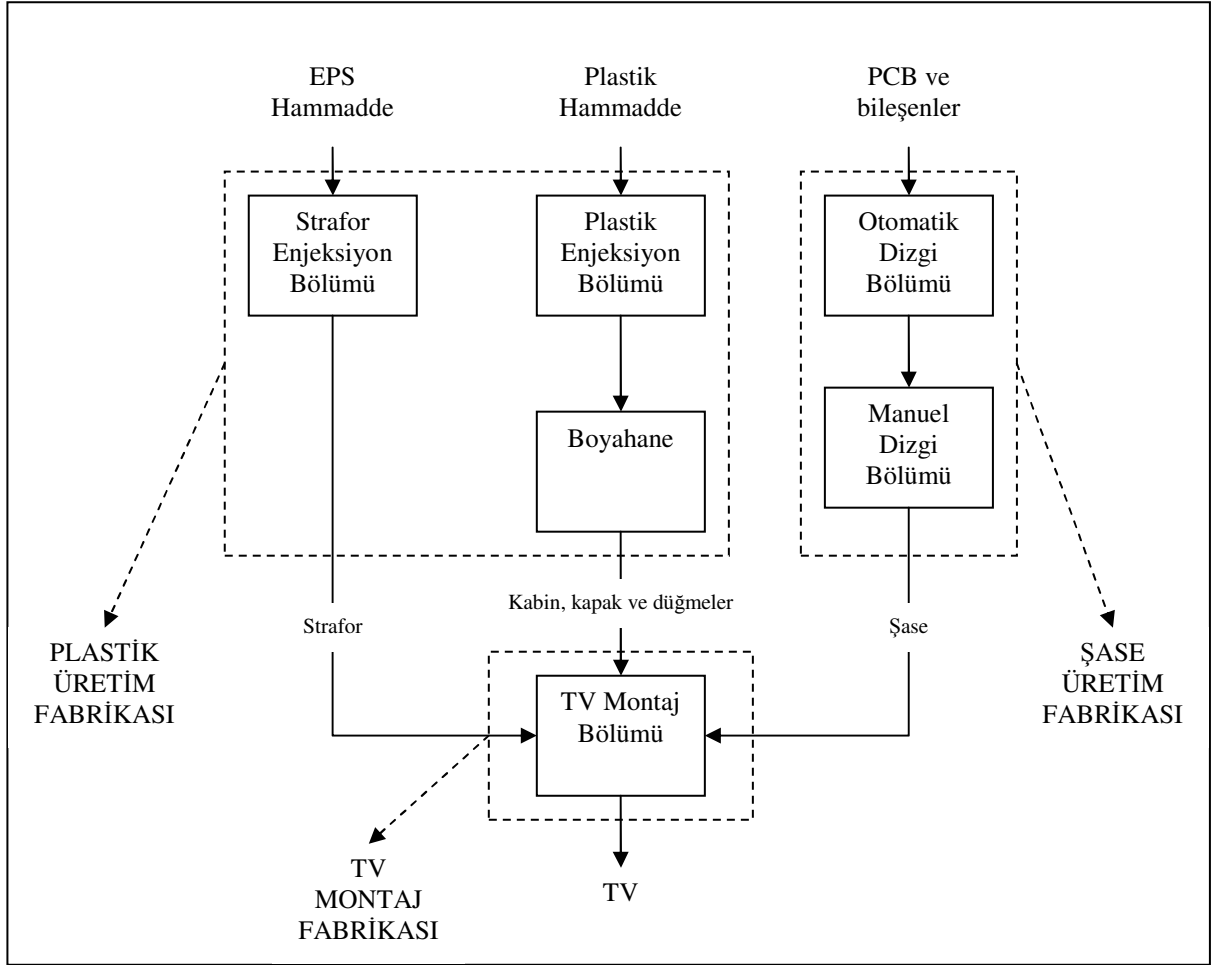
İç Pazar şirketin bütün iş faaliyetlerinde çok önemli bir rol oynamaya devam edecektir.

Şirket tarafından önemli gelişim alanları olarak tanımlanmış olan bölgeler tüketici elektronik ürünleri ve beyaz eşyalardır. Şirket, hem yurt içinde hem de ihracatta gelişme için kapsam sunmasını beklemektedir.

4.2 Televizyon Ürünü ve Üretim Süreci

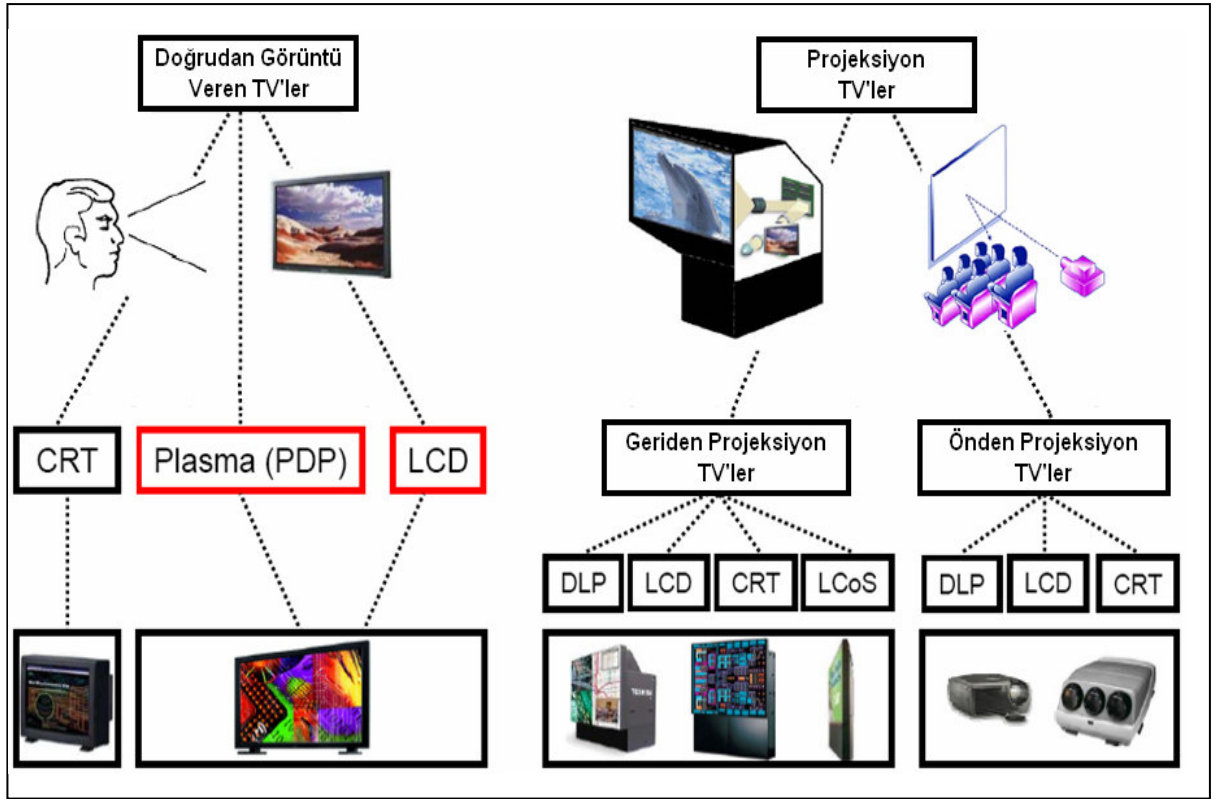
Firmanın ürünü olan “televizyon” un alt parçaları farklı bölümlerden gelerek montaj işlemi gerçekleştirilmektedir (. Kabin, kapak, düğmeler ve strafor, plastik üretim fabrikasında, şase ise şase üretim fabrikasında üretilip TV montaj fabrikasına gönderilmekte, burada montajı tamamlanan ürün müşteriye gönderilmek üzere konteynerlere yüklenmektedir. Bu çalışmada sadece şase üretim fabrikasında pilot bir ürün üzerinde yapılan çalışmalar anlatılmaktadır.

Şekil 4-1: Televizyon Üretim Süreci



Firmada Şekil 4-2’de görüldüğü gibi çok farklı tür ve modelde ürün üretilmektedir. Ayrıca her bir modelin de müşterinin istediği özelliklere göre farklılaştırılması yapılmaktadır. Şu anda en çok üretilen televizyon türü plazma ve LCD televizyonlardır. Diğer türlerin üretimi çok azalmış ve bazılarının Pazar ömrü bitmeye yaklaşmıştır. Bu çalışmada en çok üretimi yapılan bir LCD televizyon modeli üzerinde odaklanılmıştır.

Şekil 4-2: Televizyon Türleri



4.3 Yalın Üretime Olan İhtiyaç

Türkiye'deki TV üreticileri 1990'ların başından itibaren arttırdıkları kapasite ve satışlarla Avrupa pazarından daha fazla pay almaya başlamışlardır ve 2006 yılında Avrupa pazarına satılan toplam TV miktarının %33'ü Türkiye'de üretilmiştir. 2006 yılından sonra CRT teknolojisinden FPD (LCD ve PDP) teknolojisine hızlı geçişle birlikte Türk üreticiler pazar paylarını Avrupa Birliği'ne yeni giren Doğu Bloğu ülkelerine yeni fabrikalar kuran Uzak Doğu'lu şirketlere kaptırmaya başladılar. Türkiye'de 2006 yılında 16,8 milyon adet TV üretilirken 2007 yılında toplam TV üretimi 12,8 milyon adet gerçekleşmiştir.

Tablo 4-1: Türkiye’de üretilen TV dağılımı

	2007	2006
İç Pazar (Türkiye içi satış)	2.214.269	2.833.585
Dış Pazar (İhracat)	10.609.463	13.925.459
TOPLAM	12.823.732	16.759.044

4.3.1 TV Sektörü Piyasasındaki Değişiklikler

TV sektörü piyasasında son yıllarda yaşanmakta olan ve aşağıda belirtilen değişiklikler, daha esnek ve hızlı akış süresine sahip bir üretim sistemine olan gereksinimi arttırmaktadır:

1. Piyasada CRT TV ürünler hızla azalırken, Flat TV (LCD ve Plasma TV) ürünler hızla artmaktadır.
2. Flat TV ürünlerinin yapısından kaynaklanan ürün değişiminin hızlanması, ürün yaşam süresinin kısalması ve yeni teknoloji ürünlerin devreye girmesi sonucunda Arge-Üretim-Müşteri arasındaki süreç kısa periyotlarla tekrarlanmaktadır.
3. Yeni rekabet ortamında sipariş miktarları azalmakta ve ürün çeşitliliği artmaktadır.
4. Uzakdoğulu firmaların Avrupa Birliği’ne yeni giren Doğu Avrupa ülkelerinde kendi fabrikalarını açmaları sonucunda Avrupa pazarında Türkiye’deki TV üreticilerinin pazar payları hızla azalmaktadır.
5. Flat TV ürünlerini oluşturan önemli bileşenlerin uzak doğudan tedarik edilmesi ve sürekli azalma trendinde olan malzeme maliyetlerinden dolayı “akış süresi”nin sürekli azaltılması gerekmektedir.
6. Ürün boyutlarının büyümesinden dolayı montaj hattı üretim sistemi yetersiz kalmaktadır.

7. Kâr marjları giderek daralmakta ve piyasada kalabilmek zorlaşmaktadır.

Bu nedenlerden dolayı, firmada farklı bölümlerde büyük çaplı değişikliklere gidilmiş ve rekabetçi gücün korunması için yeni uygulamalar başlatılmıştır.

4.3.2 Halen Firmada Devam Eden Büyük Çaplı Uygulamalar

Firmanın farklı bölümlerinde başlamış olan uygulamalar aşağıdakilerle sınırlı olmamakla birlikte, hem üretim hem de yönetim alanlarına yayılmıştır:

- Büyük boyutlu TV montajı için hücresel imalat uygulamaları
- Karlılığı arttırmak için ürün standartlaştırma ve çeşitlilik (customization) analizleri
- Değer analizi ve verimlilik artırma faaliyetleri
- Kalite geliştirme çalışmaları
- Ürün-Miktar (Product-Quantity) analizlerine göre üretim bölümlerinin yeniden düzenlenmesi ve layout değişiklikleri
- Ürün ve süreç yalınlaşma uygulamaları

Bu çalışmada yapılan stratejik plan doğrultusunda başlatılan yalınlaşma faaliyetleri anlatılmaktadır.

4.4 Stratejik Plan

Şirket değişen ve sürekli zorlaşan rekabet koşullarında ayakta kalabilmek için yeni stratejik planlar uygulamak zorunda kalmıştır. Pazar payını koruması ve arttırması için;

- Üretim maliyetlerinin radikal bir şekilde sürekli azaltılması
- Fabrika içi ve müşterideki ürün kalite seviyesinin yükseltilmesi
- Müşteri ve pazar koşullarına esneklik
- Farklı sipariş miktarlarına kısa sürede cevap verebilme

amaçlarına ulaşmak için yalın üretim tekniklerini ürün-süreç-prosedürlerde uygulamaya başlamıştır.

Bu stratejik planın gerçekleştirilmesi için gerekli kişilere yetki ve sorumluluklar verilmiştir. Ocak 2006'da yeni ürünlerin stratejik planlanması ile ilgili bir beyin fırtınası toplantısı yapılarak, maliyetlerin düşürülmesi ve akış süresinin kısılması için acilen eyleme geçilmesi gerektiği kararı alınmıştır.

Toplantı sonucunda minimum maliyet, minimum akış süresi ve maksimum kalitede ürünler üretmek için fabrikadaki üretim sisteminin ARGE'de yeni tasarlanan ürünlerle birlikte değiştirilmesi hedeflenmiştir.

Ocak 2006'da yapılan strateji belirleme toplantısında hedeflerin gerçekleştirilmesi için bir ekip oluşturulmuştur.

- Üretim Gn. Md. Yrd
- Arge Gn. Md. Yrd
- Arge Soft-Ware&Hard Ware Ekipleri
- Şase Üretim Sorumlusu
- Şase Üretim Teknolojileri ve Bakım Sorumlusu
- Üretim Mühendisliği Sorumlusu
- Şase Test Sistemleri Sorumlusu

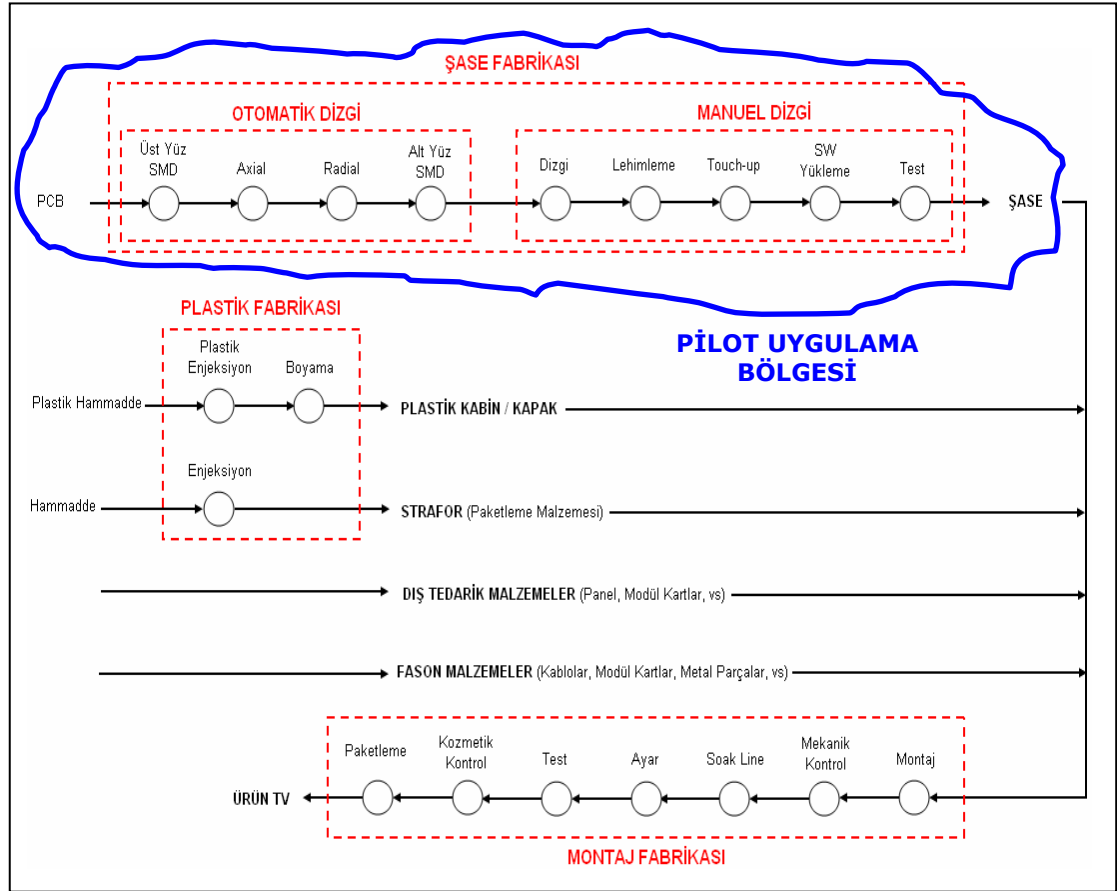
8 ay sonra üretime alınacak bir proje için bir araya getirilmiştir.

4.5 Pilot Uygulama Bölgesi ve Pilot Ürün

Pilot üretim bölgesi olarak şase üretim süreci alınmıştır. Pilot ürün olarak firmanın ürün ailesi içinde 26"-47" LCD TV'lerde kullanılacak henüz tasarım aşamasında olan "Şase B" alınmıştır. "Şase B", "Şase A" nın yerine geçecektir ve mevcut durumda Şase A da aynı ürün grubunda (26"-47" LCD TV) kullanılmaktadır. Pilot uygulama bölgesinin tüm üretim süreci içindeki yeri Şekil 4-3'te, pilot ürün örnekleri Şekil 4-4'te görülmektedir.

Firmada Bölüm 3'te Baskılı Devre Kartları (PCB) başlığı altında anlatıldığından biraz daha farklı olarak, baskılı devre kartının üzerine bileşenler dizilmeden önceki boş haline PCB, Otomatik Dizgi ve Manuel Dizgi aşamalarından sonraki hali ise “Şase” olarak adlandırılmaktadır. Bundan sonra ürün adı olarak “şase” kelimesi kullanılacaktır.

Şekil 4-3: Pilot Uygulama Bölgesinin Tüm Üretim Süreci İçindeki Yeri

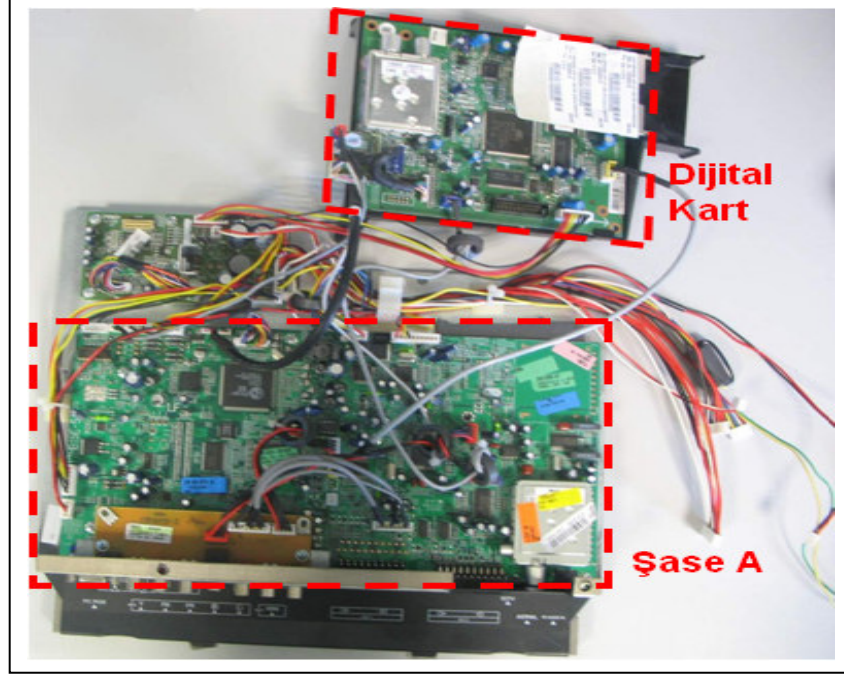


Şekil 4-4: Pilot Ürün Örnekleri



Pilot ürün olarak seçilen Şase A ile onun yerine geçecek Şase B arasındaki temel farklılıklardan biri; mevcut durumdaki bir dijital özellikli 26"-47" LCD TV'de Şase A ile birlikte 1 adet dijital kart (Şekil 4-5) kullanılmaktadır. Şase B'ye geçişle birlikte yeni durumda dijital kart olmamakla birlikte bu özellik Şase B'nin içinde bulunmaktadır.

Şekil 4-5: Şase A ve dijital yayınları alabilmek için kullanılan dijital kart



Şekil 4-6: Şase B



4.6 Değer Akış Haritaları

Pilot ürün için mevcut değer akış haritası oluşturulduğunda (Şekil 4-7) toplam akış süresinin 35.08 gün ve bu süre içindeki toplam işlem süresinin 204.5 saniye olduğu görülmüştür. Yani akış süresinin çok büyük bir kısmı değer katmayan faaliyetler ile geçmektedir ve bu faaliyetlerin çoğunluğu ara stokta bekleme şeklinde gerçekleşmektedir. PCB ve bileşenlerin satın alındığı tedarikçiler yurt dışında olduklarından dolayı, hammadde stoğu oldukça yüksektir. Ayrıca rötuş ve duruşlar yüzünden boş kalmayı engellemek için ara stoklar da oldukça yüksek tutulmaktadır.

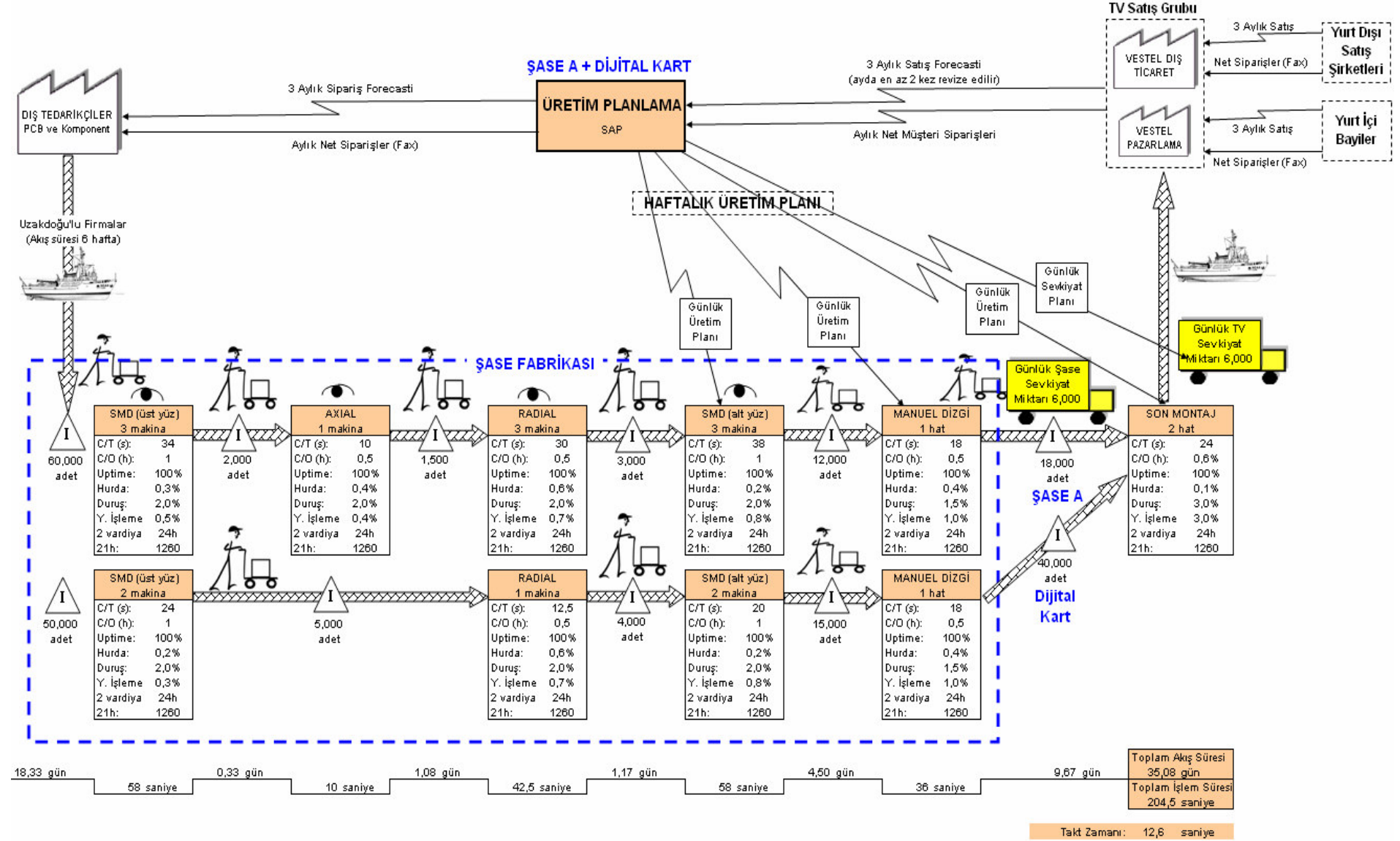
En az 5 istasyonda işlemten sonra ürün meydana gelmektedir. Her istasyonun arasında ciddi miktarda ara stok görülmektedir. Bu istasyonlar yerleşim olarak ta birbirlerinin yanında değildirler. Taşıma problemleri de görülmektedir.

Müşteri siparişleri göz önüne alındığında ürüne ait takt süresi 12.6 saniyedir, yani her 12.6 saniyede bir şase üretiliyor olmalıdır. Toplam işlem süresi düşünüldüğünde birden fazla hatta üretim yapılması gerektiği görülmektedir.

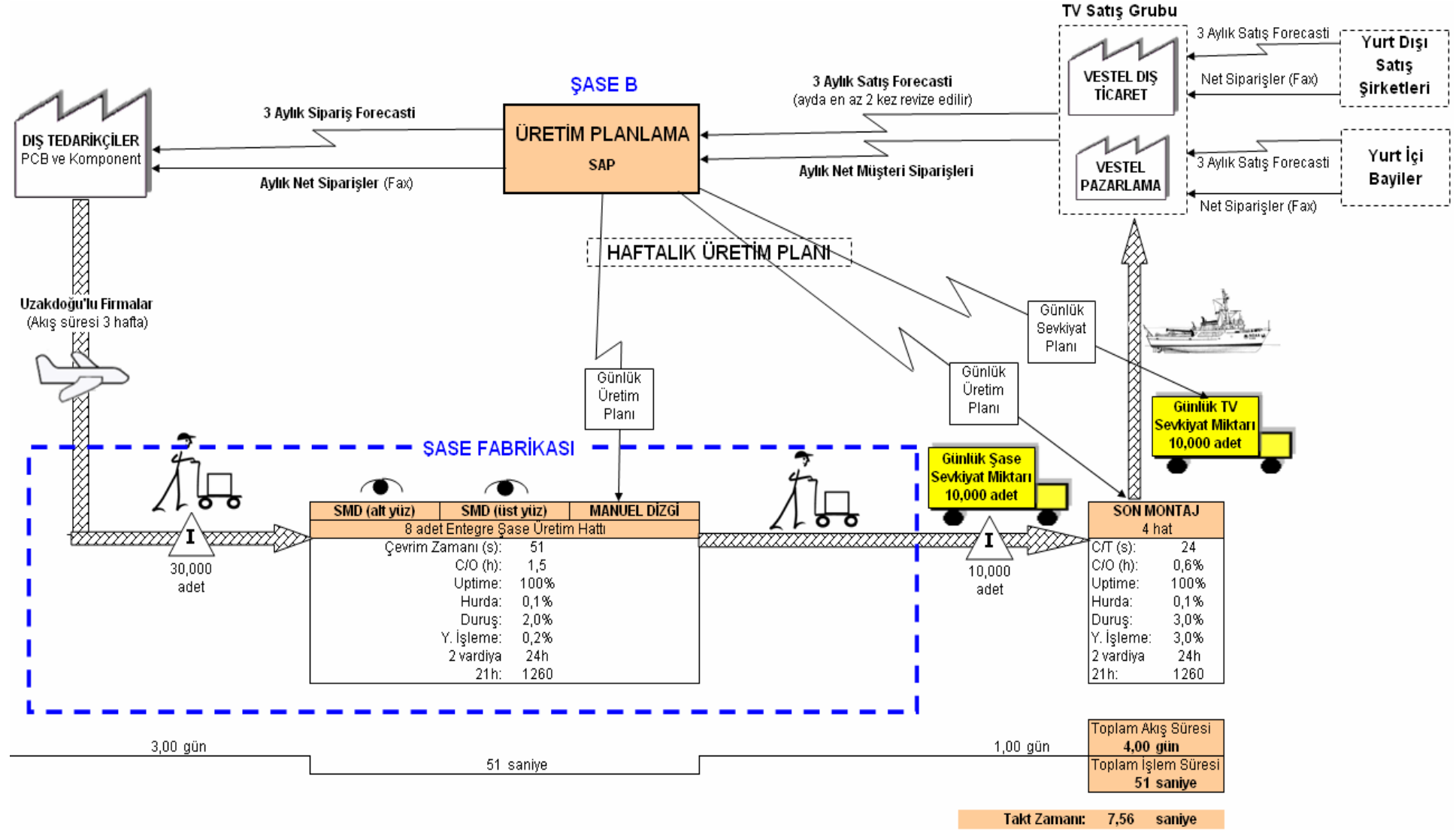
Tek parça akışının ve montaj hattının oluşturulabilmesi için, yeni durumda yatay ve dikey bileşen kullanımını tamamen ortadan kaldıracak ve sadece SMD ve manuel dizgiden oluşacak yeni bir ürün tasarımı öngörülmüştür. Yeni tasarım için gelecek durum haritası çizildiğinde, SMD ve manuel dizgi bir hat halinde birleştirilerek entegre şase üretim hattı oluşturulmuştur. Ayrıca yeni tasarımda ŞaseA'daki dijital kart bulunmadığından, alt montaj olayı da gereksiz hale gelmiş ve tek bir montaj hattı yeterli olmuştur Böylece ara stokların ve bazı işlemlerin elimine edilmesi ile toplam akış süresinin 4 güne, toplam işlem süresinin ise 51 saniyeye indirilmesi tasarlanmıştır. Akış süresini kısaltmak için ayrıca hammadde tedarikçisinin gemi yerine uçak ile yapılması planlanmıştır. Böylece 6 hafta olan tedarik süresi 3 haftaya düşürülebilmekte ve hammadde stokları azaltılabilmektedir.

Yeni tasarımla taşıma işlemleri de ortadan kaldırılmış, bant kurulması ile istasyonlar arası tek parça akış sağlanmıştır. 8 adet benzer entegre şase üretim hattı kurularak müşteri siparişlerinin karşılanması planlanmıştır.

Şekil 4-7: Mevcut Durum Haritası



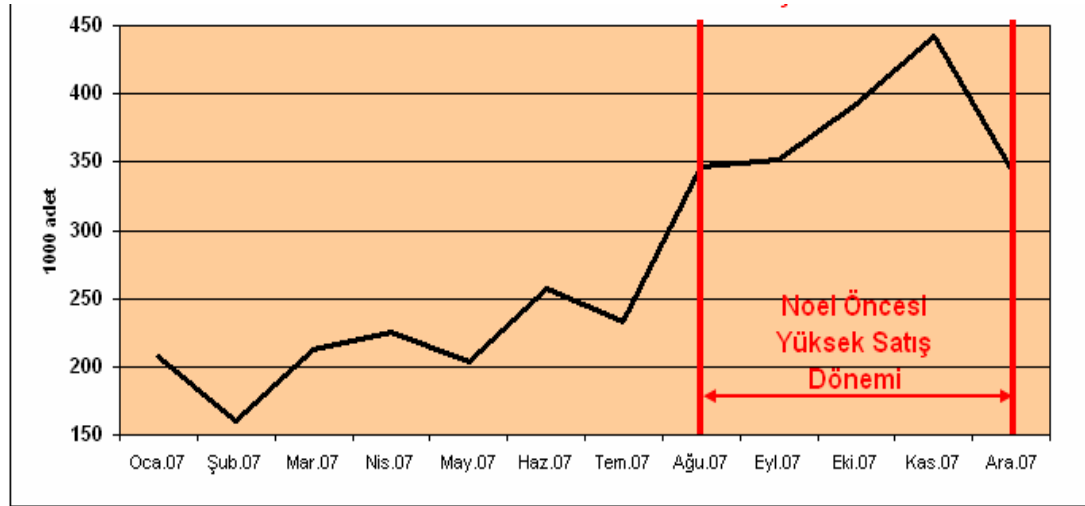
Şekil 4-8: Gelecek Durum Haritası



4.7 Günlük Sipariş Durumu ve Takt Zamanı Analizi

Firmanın FPD TV satışları giderek artmaktadır. Ayrıca Avrupa talebinde her yıl Ağustos-Aralık arası Noel öncesi yüksek satış dönemi olduğu için satışları mevsimsel olarak arttırmaktadır. Hem üretim miktarının sürekli artışı hem de mevsimsel değişimlerden dolayı firma üretim kapasitesini maksimum ayı karşılayacak kapasiteye sahip olup üretim miktarının düşük olduğu aylarda fazla mesaiyi kısararak dengelemektedir.

Şekil 4-9: FPD TV Aylık Üretim Miktarları Gelişimi



O dönemki talep miktarları göz önüne alınarak takt zamanı analizi ile kaç saniyede bir ürün üretilmesi gerektiği hesaplanmıştır:

$$\text{Takt Zamanı} = \frac{\text{Günde/Vardiyada Kullanılabilir İş Zamanı}}{\text{Günde/Vardiyada Müşterinin Talep Miktarı}}$$

Günde/Vardiyada Kullanılabilir İş Zamanı: $2 \times 10,5 \text{ saat} = 21 \text{ saat} = 75,600 \text{ saniye}$

Firmanın çoğunluğu günde 2 vardiya, her vardiyada 8 saat normal mesai + 4 saat fazla mesai çalışma düzenine göre çalışmaktadır. Bu düzende her çalışan 12 saatlik fabrikada bulunma süresi içinde yemek ve diğer molalar hariç 10,5 saati aktif üretim süresi olarak kullanmaktadır.

Eski Durum: Günlük 26"-47" LCD TV sevkiyat miktarı 6,000 adettir. Takt zamanı 12.6 saniye olarak hesaplanmaktadır. Bunu sağlamak için birden fazla montaj grubu oluşturulmaktaydı fakat duruşlar, iletişimsizlikler ve tek parça akışın olmamasından dolayı takt zamanını yakalamakta zorlanılmaktaydı.

$$\text{Takt Zamanı} = \frac{75,600 \text{ saniye}}{6,000 \text{ adet sevkiyat}} = 12,6 \text{ saniye}$$

Yeni Durum: Günlük 26"-47" LCD TV sevkiyat miktarı 10,000 adettir. Mevsimsel ve ürüne ait dalgalanmalardan dolayı talep miktarı artmıştır. Bu talebi karşılamak için her birinin toplam işlem süresi 51 saniye olan 8 adet entegre montaj bandı oluşturulmuştur ve takt süresine kesin uyum sağlanmıştır. Talebin artması durumunda yeni montaj hatları oluşturularak kapasite artırımına gidilebilir.

$$\text{Takt Zamanı} = \frac{75,600 \text{ saniye}}{10,000 \text{ adet sevkiyat}} = 7,56 \text{ saniye}$$

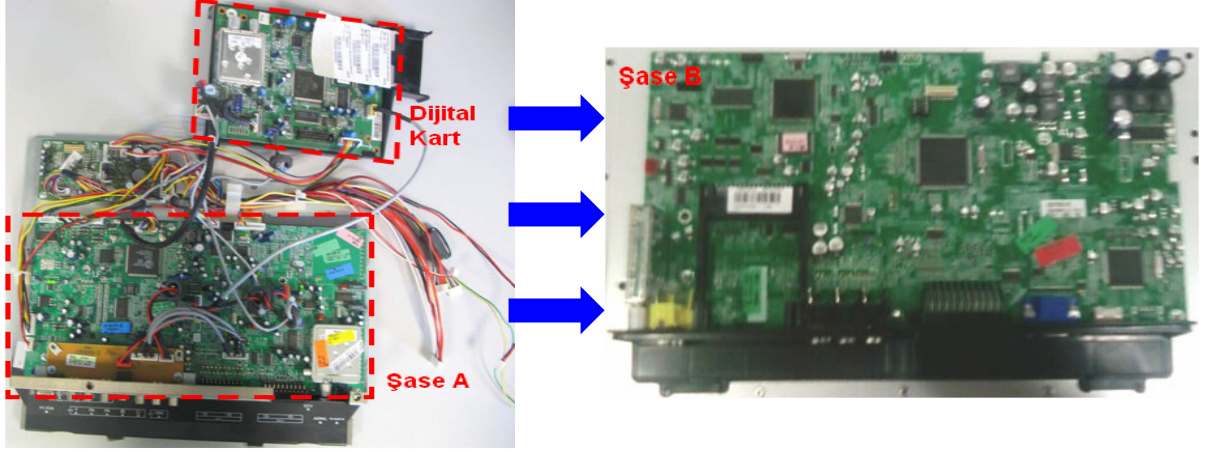
4.8 Yeni Tasarıma Geçişte Kullanılan Yalın Üretim Uygulamaları

4.8.1 Montaj için Tasarımla Ürün Yalınlaştırma

Elektronik sektöründeki ürünlerin ömürlerinin ortalama 6 ay olduğu günümüzde ürünü-süreçleri-prosedürleri toptan yalınlaştırmak için henüz tasarım aşamasında olan yeni ürünler üzerinde çalışılması firma için rekabetçi bir fırsattır. Diğer sektörlerden farklı olarak, elektronik sektöründe mevcut ürünlerin süreçlerinde yalınlaşmaya çalışmak, kısa bir süre sonra üretim ömrü sona ereceği için de bir israf sayılabilir.

Bu yüzden önceki durumda dijital özellikli 26"-47" LCD TV ürünlerde Şase A ile birlikte 1 adet dijital kart kullanılmaktaydı. Şase B tasarımının başında dijital özelliğin ayrı bir kart kullanılmadan Şase B üzerinde bulunması hedeflenmiştir. İkinci adımda, çoğu "delik içi" bileşen SMD tipe çevrilmiştir. Şase B üzerinde yeterli boş alan kaldığı için dijital özellik Şase B üzerine sığmıştır. Resim 1'de görüldüğü gibi bu

değişiklikle Dijital Kart ve her iki kartı birleştiren 4 adet kablo kullanımı iptal edilmiştir.

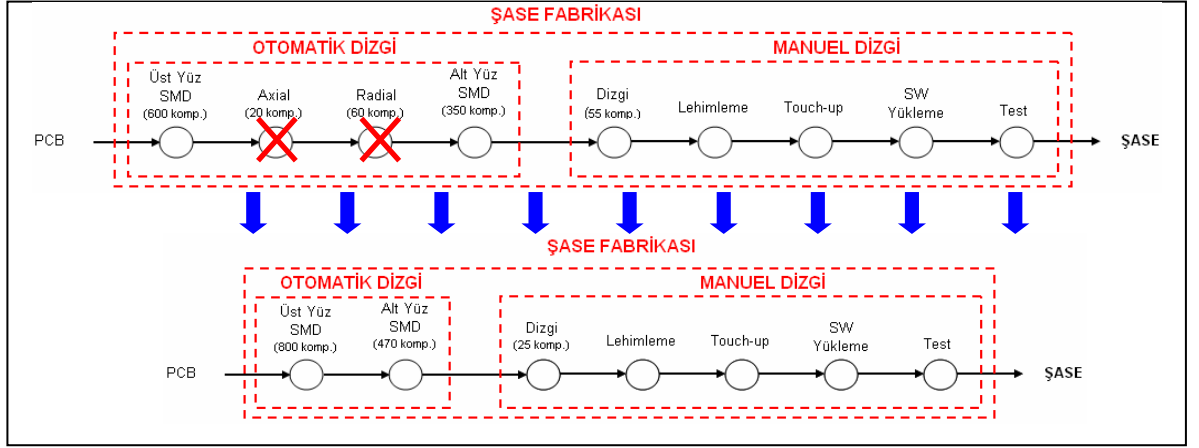


4.8.2 Teknolojik Araştırma ve Bileşen Standartlaştırma

Üçüncü bölümde de belirtildiği gibi elektronik sektöründe teknolojik gelişmeler sonucunda delik içi bileşenler yerlerini hızla SMD bileşenlere bırakmaktadır. Bunun sonucunda önceden mümkün olmayan bazı standartlaşma ve birleştirmeler mümkün olabilmektedir. Ayrıca SMD bileşenlere geçişle birlikte süreç kısaltmakta, ürün boyutları küçülmekte, otomatikleşme artmakta ve ürünü üretim aşamasında test için yeni teknolojiler kullanılabilir hale gelmektedir.

Teknolojik gelişmeler incelenerek Şase B'deki tüm "delik içi" bileşenlerin SMD alternatifleriyle maliyet karşılaştırması yapılmıştır. Maliyet karşılaştırmasında SMD alternatifi uygun olan bileşenlerin SMD tipe çevrilmesi, uygun olmayan (maliyet farkı çok olan) bileşenlerin SMD tipe çevrilmeden şaseye Manuel Dizgi aşamasında takılması kararı alınmıştır.

Ayrıca tasarım kısıtları dikkate alınarak yapılan standartlaştırma çalışmasında, Şase A + Dijital Kart'ta kullanılan 355 adet farklı kod ~ toplam 1585 adet bileşenden Şase B'de 272 adet farklı kod ~ toplam 1295 adet bileşene indirilmiştir.



Sonuç olarak yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi Şase A'da kullanılan yatay ve dikey delik içi bileşen operasyonları Şase B prosesinde yoktur. Ayrıca Şase A'nın Manuel Dizgi aşamasında 55 bileşen kullanılırken bir kısmı Şase B'de SMD tipe çevrildiği için 25 bileşene düşürülmüştür.

4.8.3 Hat Tipi Üretim Tercihinin Yapılması ve Hat Dengeleme

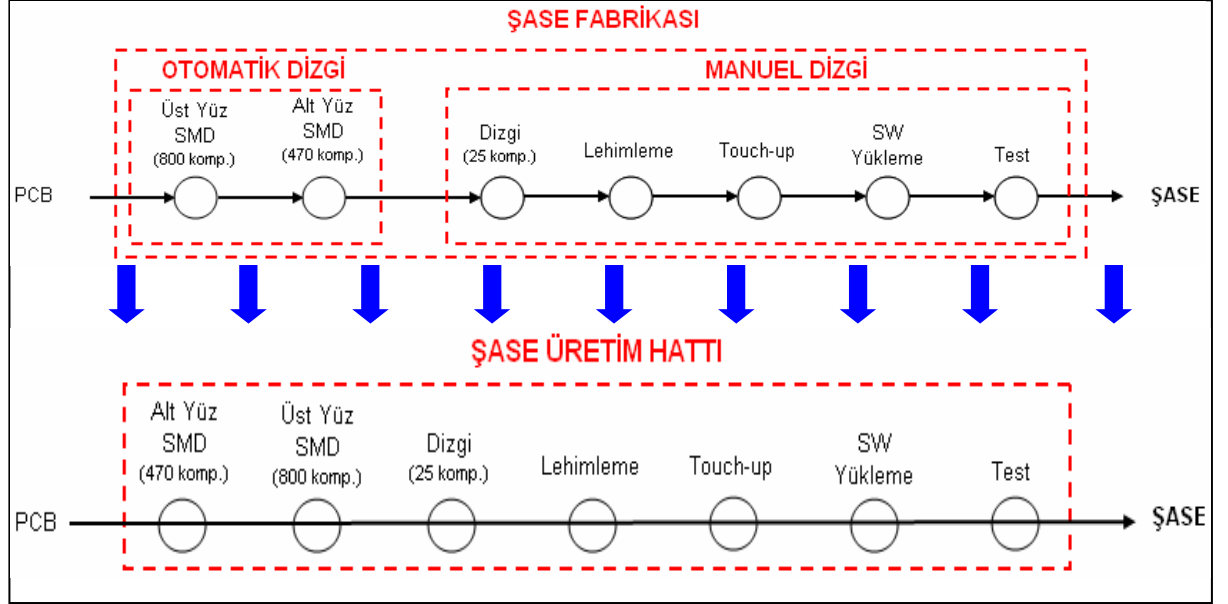
Bileşen sayısında ve çeşitliliğinde yapılan azaltma ve standartlaşmadan sonra Şase B'nin makineler arasında manuel taşınmasından kaynaklanan israfları önlemek için; taşımalar endirekt işçilikler yarattığı gibi bazen ürünün darbelenmesinden veya aşırı titreşiminden dolayı kalite problemlerine de neden olmaktadır; makinelerin hat üretimi için uçuca eklenmesi kararı alınmıştır. Bu aşamadan sonra üretim sürecinde kullanılacak makinelerin bileşen çakma hızlarına göre verimli bir hat dengelenmesi için Şase B'nin üst ve alt yüzündeki bileşen dağılımı yapılmıştır.

Dijital özellikli bir Şase B'de kullanılan toplam 1270 adet SMD bileşenin 470 adeti şasenin alt yüzünde, 800 adeti üst yüzünde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Üretim süreci alt yüz SMD bileşenlerin çakılmasıyla başlamaktadır. Nedenleri;

- Şaseyi üretim hattında fazladan 180° çevirmemek
- Önce üst yüzdeki bileşenler çakılırsa, alt yüzdeki bileşenler çakıldıktan sonra üst yüzde bulunan ağır bileşenlerin SMD makinası

çıkışıındaki fırınlama operasyonunda dökülme olasılığını ortadan kaldırmak

Şekil 4-10: Yığın üretiminden tek parça akışa geçiş

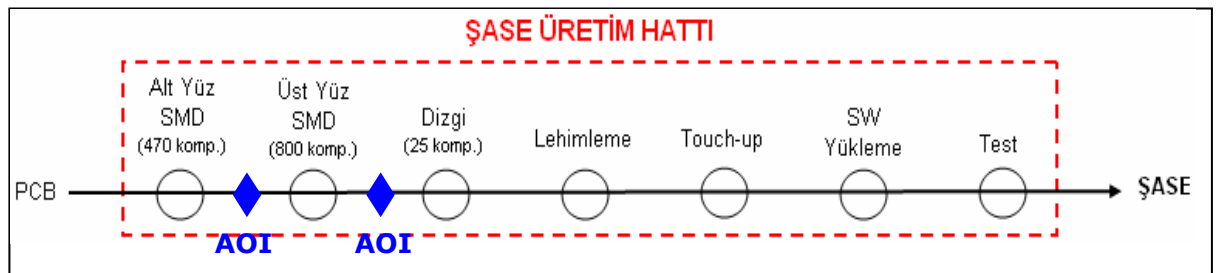


4.8.4 Yeni Teknolojili Test Sistemlerine Geçiş

a) Otomatik Optik Kontrol (Automatic Optic Inspection (AOI)):

Üretim teknolojisinde artan SMD tip bileşenlerden dolayı test edilebilirlik stratejisi de değişmektedir ve bileşenler otomatik optik kontrol teknolojisine göre test edilebilmektedir.

Şekil 4-11: Otomatik Optik Kontrolün Süreçteki Yeri

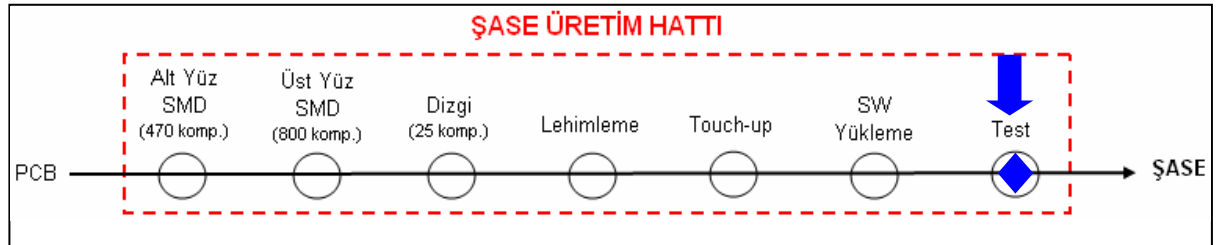


AOI test yöntemi bant üstünde, hem alt yüz SMD hem de üst yüz SMD operasyonları bittikten sonra şaseler bilgisayar destekli, kütüphanesindeki resimlerle üretilen ürünlerden çektiği resimleri karşılaştırma mantığına göre çalışarak şasede eksik bileşen, ters bileşen, yanlış bileşen, lehim problemleri (kısa devre, eksik lehim, fazla lehim) bileşenleri tesbit ederek operatörün tamir etmesi için bilgisayar monitöründen bildirmektedir.

b) Otomatik Fonksiyonel Test:

Üretim hattında üretimi tamamlanan ürünlerin bant sonunda elektriksel testinin yapılması için Şase A'da her bir şase bir adet test jiginde bir operatör tarafından test edilmektedir. Üretim Mühendisliği'nin yaptığı çalışmalar sonucunda Şase B hat sonundaki test jiglerinde operatör gerektirmeden bilgisayar destekli test edilebilmektedir. Operatör sadece banttan gelen şaseyi test jigine yerleştirme işini yapmaktadır ve bir operatör 3 adet test jigini çalıştırabilmektedir.

Şekil 4-12: Otomatik Fonksiyonel Testin Süreçteki Yeri



4.8.5 Ürüne Değer Katmayan Operasyonların Elimine Edilmesi

4.8.5.1 Rötüş (Touch-up) Operasyonu

Lehim sürecinde “touch up” işleminin farklı nedenleri olabilir:

- Şase üstündeki bazı padler lehim makinesinde iyi lehim almamışsa bu padlere touch up operasyonunda tekrar elle lehim verilir.

- Şase altında boyu 2 mm'den uzun delik içi bileşen varsa touch up operasyonunda bacakları kesilir.
- Tasarımdan dolayı bazı güvenlik (safety) bileşenleri lehim makinesinde iyi lehimlense bile touch up operasyonunda ikinci kez lehim verilir.

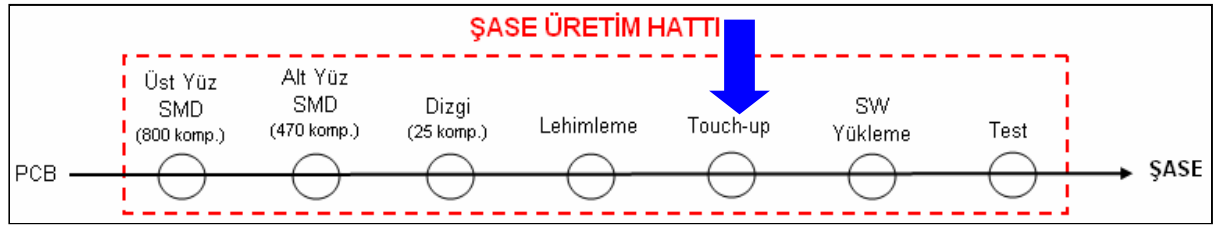
Touch up operasyonunda bileşen bacağı kesme işçiliğinde

Şase A + Dijital Kart : 7 adet bileşen bacağı kesilirken

Şase B : 1 adet bileşen bacağı kesilmektedir

Bazı bileşenler SMD tipe çevrildiği için bazı bileşenler de proses öncesinde otomatik makine ile kesilmesi sağlanarak kesim işçiliği 7'den 1'e düşürülmüştür.

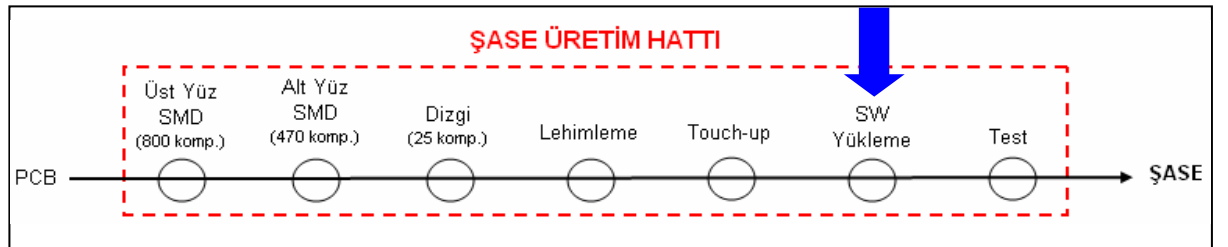
Şekil 4-13: Rötuş Operasyonunun Süreçteki Yeri



4.8.5.2 Yazılım (Software- SW) Yükleme

Şase A'da yazılım yükleme işlemi **off-line**, manuel işçilik harcanarak yapılırken Şase B'de üretim mühendisliği ve ARGE'nin çalışmalarıyla SW yükleme **in-line**, işçilik kullanılmadan otomatik olarak yapılmaktadır. Böylece hem işçilikten hem de zamandan tasarruf sağlanmakta, hem de kalite problemleri azaltılmaktadır.

Şekil 4-14: Yazılım Yükleme İşleminin Süreçteki Yeri



4.8.5.3 Etiketleme İşçiliği

Şase A'da prosesin değişik aşamalarında üretilen şasenin otomatik dizgi ve manuel dizgi kodları, sipariş numaraları, sw bilgileri, üretim tarihi, operatör ismi gibi bilgileri içeren etiketler (her şasede ortalama 6-7 adet etiket bulunmaktadır) yapıştırılırken; yeni şase üretim hatlarında hat başına PCB'nin üstüne laser makinesi ile barkod ve diğer bilgiler otomatik olarak yazılarak izlenebilirlik sağlanmıştır ve etiket kullanımına gerek kalmamıştır.

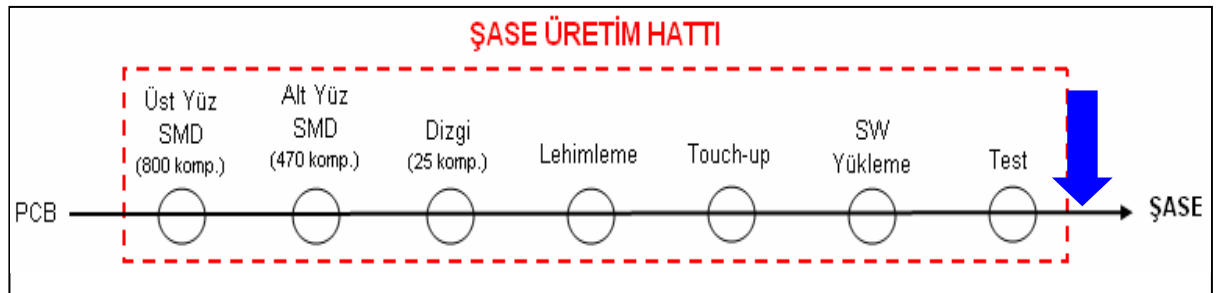
Şekil 4-15: Etiketleme İşçiliğindeki Değişim



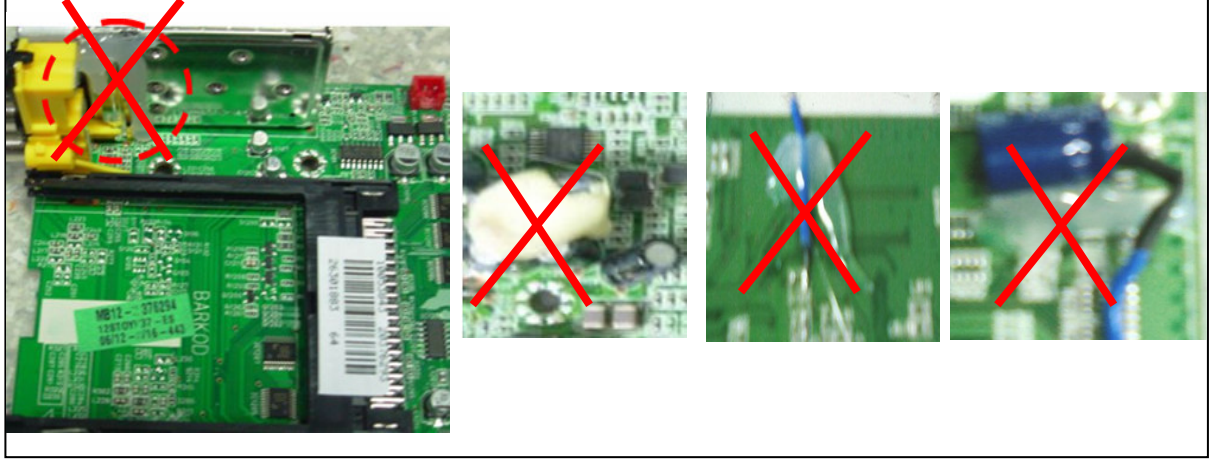
4.8.5.4 Silikon İşçiliği

Eski tasarımda Şase A üstünde 3 noktaya, dijital kart üstünde 1 noktaya silikon sıkılmaktadır. Üretime yeni başlanan Şase B'nin ilk halinde montaj sırasında kırılmaları önlemek için 1 noktaya silikon sıkılmaktaydı. Arge Mekanik Tasarım Bölümü'ne istek yapılarak socketin montaj sırasında plastik braketle vidalanması sağlanarak silikonlama işlemi tamamen iptal edilmiştir.

Şekil 4-16: Silikon İşçiliğinin Süreçteki Yeri



Şekil 4-17: İptal Edilen Silikonlamalar



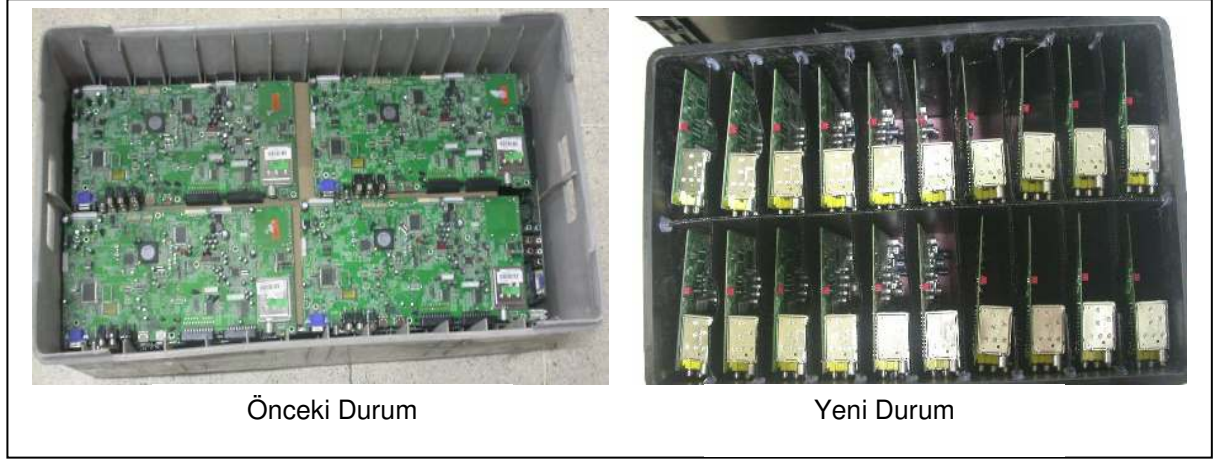
4.8.5.5 Seperatörlü Yeni Şase Taşıma Kasalarına Geçiş

Şase B üretimi ile birlikte üretilen şaselerin 2 km uzaklıkta bulunan Montaj Fabrikası'na sevkiyatı için ESD (Elektro Static Discharge) özellikli ve şaselerin birbirine değmemesi için arası seperatörlü şase kasalarının kullanımına geçilmiştir.

Yeni kasaların kullanımı ile birlikte;

- Şaselerin taşınırken darbelerden dolayı zarar görmemesi
- Kasa içinde kolay sayılabilmesi
- Tek tip kasa kullanılacağı için taşıma ve stoklama standartlaşması
- Şaselerin birbirinden veya çevreden gelecek zararlara karşı ESD koruması
- Depolama kolaylığı sağlanmıştır.

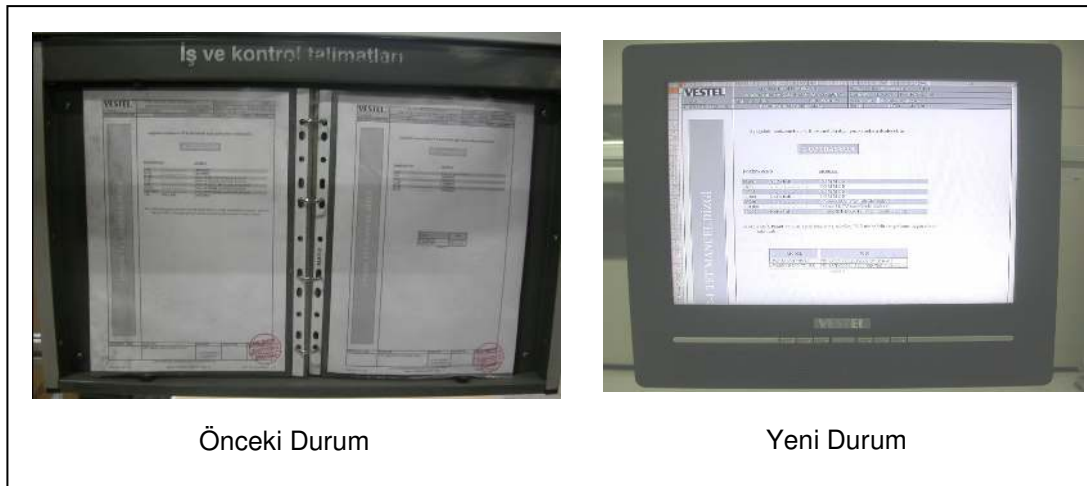
Şekil 4-18: Eski ve Yeni Kasalar



4.8.6 Görsel Fabrika Uygulamalarına Başlanması

Makina ve bantlardaki yazılı operatör talimatları yeni şase üretim hatlarında 15" LCD TV'lerden görüntülü olarak yayınlanmaktadır. Ayrıca günlük/saatlik üretim ve duruşların durumunu gösteren dijital panolar da kullanılmaktadır.

Şekil 4-19: Dijital Bilgilendirme Panoları



4.8.7 PCB ve Bileşen Firmalarıyla Yapılan Tedarik Anlaşmaları

Avrupa'da 2007 yılında gerçekleşen FPD TV satışlarına göre Samsung, Philips ve Sony'nin ardından X firması %15'lik pazar payıyla dördüncü sıradadır. Her geçen yıl üretim miktarındaki artışın verdiği güçle piyasanın önemli oyuncularından biri olarak pazarlık gücü artmaktadır. Bu doğrultuda PCB ve önemli bileşen firmalarıyla yapılan tedarik anlaşmaları ile 6 haftalık üretim ve sevkiyat süresi 2 hafta üretim + 1 hafta uçak sevkiyatı ile 3 haftaya indirilmiştir.

4.8.8 5S Uygulamaları

Fabrikada 5S uygulamaları, yeni ürün tasarımı ve yerleşime geçiş sırasında başlamıştır ve halen devam etmektedir. Yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

1S – Sırala: CRT televizyon üretiminin azalmasından dolayı boşa çıkan yaklaşık 30'a yakın yatay ve dikey bileşen çakma makinesi sökülerek yan sanayiye satılmıştır. Ayrıca eski üretim ortamından kalan eşyaların da kullanılmayacak durumda olanları hurdaya ayrılmış, kullanılabilecek durumda olanları ise diğer bölümlerde değerlendirilmiştir. Kalan makineler ve eşyalar için de yeni yerleşime göre düzenleme yapılmıştır (**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**).

Şekil 4-20: Eski ve Yeni Bant Yerleşimi



Eski Durum



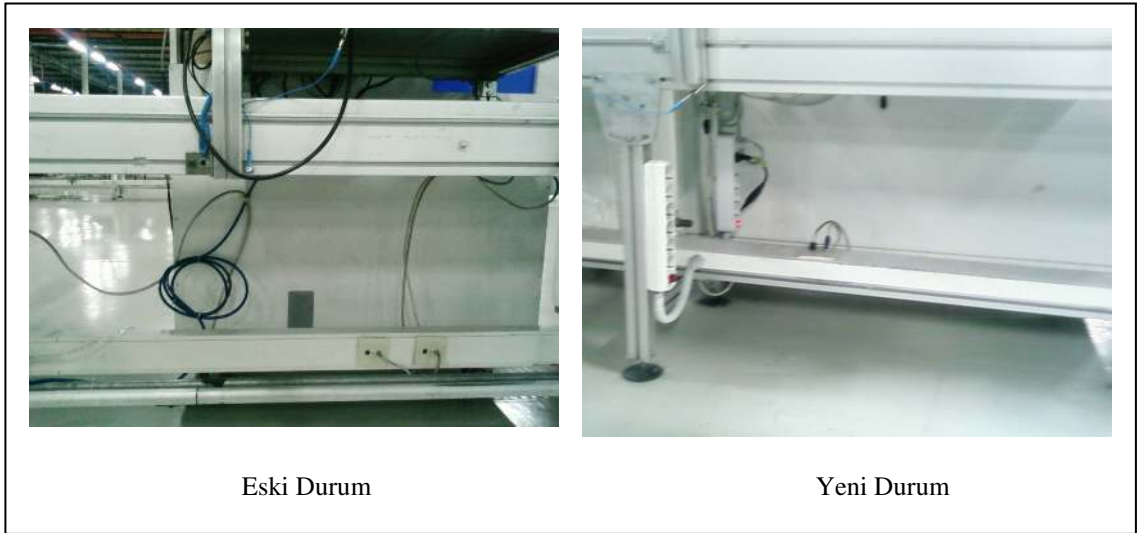
Yeni Durum

2S- Düzenleme: CRT üretiminden LCD üretime geçişte 9 adet bant LCD bandına dönüştürülmüştür. Bu bantların yanlarında bulunan malzeme raflarının 5/6'sı sökülerek iptal edilmiş, geri kalan raflar için yeni yerler belirlenmiştir. Üretim alanları ve koridorlar sarı çizgilerle birbirinden ayrılmıştır (Şekil 4-21). Bant altlarındaki kabloların düzenlenmesi yapılmıştır (Şekil 4-22).

Şekil 4-21: Alan Çizgileri



Şekil 4-22: Kablolama Düzenlemesi



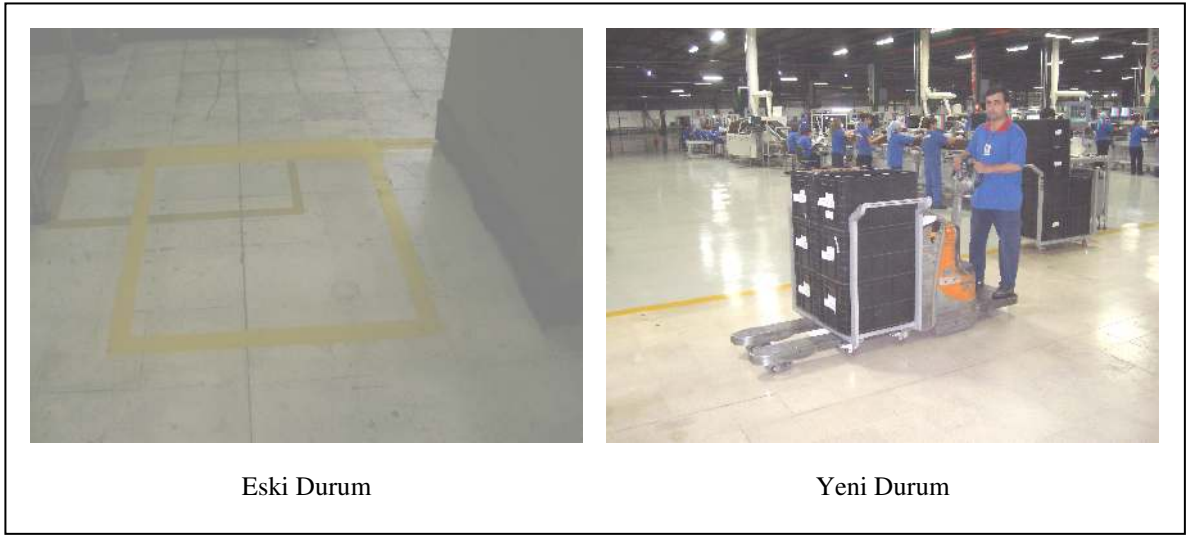
3S- Temizlik: Tüm zemin daha iyi ve kolay temizlik yapılabilmesi için anti-statik dolgu malzemesi ile kaplanmıştır (Şekil 4-23). Hem zemin temizliği için hem de bant ve ekipman temizliği için vardiyalarda standart işçiler atanmıştır.

4S- Standartlaştırma: Bantlarda bitmiş ürünlerin, malzemelerin, bilgisayarların nerelerde duracağı önceden belirlenerek gerekli eğitimler verilmiş ve uyarılar hazırlanmıştır (

Şekil 4-24). Tek tip kıyafet giyen elemanlar hem bileklerinden hem de ayaklarından elektrostatik yük koruması sağlanması için her vardiyada kontrollerin yapılması sağlanmıştır.

5S – Her hafta Perşembe günleri periyodik olarak temizlik ve düzen kontrolü yapılarak düzenin devamı sağlanmaktadır.

Şekil 4-23: Yer Kaplamalarının Değişimi



Şekil 4-24: Uyarı ve Eğitim Panoları



4.9 Sonuç ve Karşılaştırma

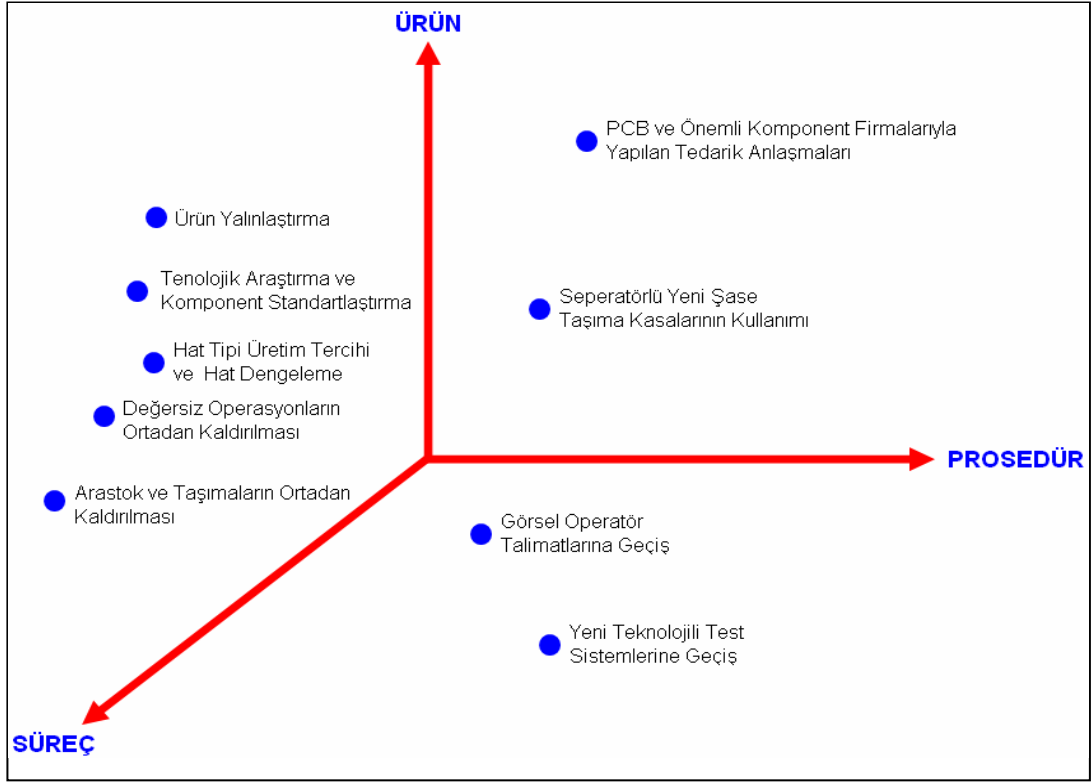
Eski ve yeni durum karşılaştırıldığında, yeni tasarım sayesinde çok ciddi bir iyileşme gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 4-2). Özellikle toplam akış süresi ve toplam işlem süresindeki düşüşler, firmanın müşteri taleplerine karşı esnekliğini önemli ölçüde arttırmaktadır. Şase üzerindeki bileşen sayısının azaltılması hem kalite kusurlarını azaltmakta, hem de tedarik ve stok açısından büyük rahatlık sağlamaktadır. Test yönteminin bilgisayar destekli olarak gerçekleştirilmesi de kalite ve maliyet açısından avantaj yaratmaktadır.

Tablo 4-2: Eski ve Yeni Durumun Karşılaştırılması

KARŞILAŞTIRMA	Eski Durum	Yeni Durum
Toplam Akış Süresi (gün)	35,08	4
Toplam İşlem Süresi (s)	204,5	51
Üründe Kullanılan Ana Kart Sayısı	Şase A, Dijital Kart	Şase B
Toplam Komponent Çeşidi Sayısı	355	272
Toplam Komponent Sayısı	1585	1295
Üretim Sistemi	Makine ve Bant (Yığın Üretimi)	Hat (Tek Parça Akışı)
Test Yöntemi	Operatöre Bağımlı Test	Bilgisayar Destekli Otomatik Test

Bu çalışma içerisinde hem ürün, hem prosedür hem de süreç açısından (Şekil 4-25) tam bir yalınlaşma uygulaması yapılmıştır. Elektronik sektörü için yazılı literatürde bu tarz detaylı bir çalışma bulunmamaktadır.

Şekil 4-25: Yalınlaşma Uygulamasının Özeti



Firmada Şase A'dan Şase B'ye geçişte sağlanan başarıdan dolayı bundan sonraki tüm yeni şase tasarımlarında Şase B konseptinin kullanılmasına karar verilmiştir. Sadece Şase B'nin malzeme maliyeti hariç yıllık işçilik maliyeti kazancı \$800,000 dır. Firma 2008 yılında toplam 12 adet "Şase Üretim Hattı" yatırımı gerçekleştirecektir. 2008 yılının sonunda bu üretim sisteminin getireceği yıllık işçilik maliyeti kazancı \$1.7 milyon seviyesine ulaşacaktır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada elektronik montaj sektöründe yalın üretim araçlarından bazılarının kullanımı ve montaj için tasarım ile üründe yalınlaşma sağlanması için yapılabilecekler örneklerle anlatılmıştır. Eski ve yeni durumun verilerine bakıldığında, yalınlaşmanın firma için oldukça büyük faydalar yarattığı görülmektedir. Elektronik sektörü için Türkiye yazınında ilklerden biri olan bu çalışma, montaj için tasarım yapmak isteyenler için fikir verebilir. Fakat bilgi gizliliğinden dolayı çalışmanın bazı sınırlılıkları vardır. Sadece tek bir ürün üzerinde yapılmış olan uygulama burada aktarılmıştır ve bazı sayısal bilgiler değiştirilerek verilmiştir. Aslında diğer ürün aileleri için de benzer çalışmalar yapılmaktadır. Tüm ürün aileleri ile ilgili çalışmalar tamamlandığında, yalınlaşmaya yönelik yeni projelere başlanacaktır. Örneğin tam zamanında üretime daha da yaklaşmak için tedarikçiler ile ilgili çalışmalar başlatılacaktır.

Montaj bandının oluşturulması ara stokları ortadan kaldırarak hem maliyet avantajı sağlamış hem de iş ortamını daha kolay yönetilir hale getirmiştir. Şaselerin hareketli hatlarda üretilmesi için tek parça akışını sağladığı için üretimdeki problemler anında görülmeye başlamıştır. Bu da kalitede iyileştirmeyi daha kolay haline getirmiştir.

Çalışma gerçekleştirilirken bazı zorluklarla karşılaşmıştır. En önemli sorun çalışanlarda meydana gelen “işlerini kaybetme” korkusudur. Eski durumdan yeni suruma geçişte gereken işçi sayısında azalma olmuştur çünkü bazı işlemler ortadan kaldırılmış, bazıları ise otomatik dizgi makinelerine kaydırılmıştır. Fazla işçiler de diğer bölümlere kaydırılarak görevlendirilmiştir. Yeni durumda kullanılmaya başlanan otomatik dizgi makineleri kalite seviyesinin artmasında büyük önem taşımaktadır. İleride manuel dizgisi yapılan bileşenlerin de otomatik dizgisinin yapılabilmesi için tasarım yeniden gözden geçirilebilir.

Yalınlaşma çalışmaları elektronik sektöründe Çin ve Doğu Avrupa ülkeleri ile rekabet edilebilmesi için Türk firmalarına bir yol sağlayacaktır. Bu çalışmadan da

görülebileceği gibi tek bir üründe bile yapılabilecek pek çok yalınlaşma vardır. Sadece yöneticilerin bakış açılarının değıştirilmesi ve yeniden yapılanmaya cesaret edilebilmesi durumunda firmalar fazla yatırım yapmadan da rekabetçi avantaj elde edebilirler.

KAYNAKLAR

Aase, G.R., Olson, J.R., Schniederjans, M.J. (2004). U-shaped assembly line layouts and their impact on labor productivity: An experimental study. *European Journal of Operational Research*. 156 (2004): 698–711.

Ashayeri, J., Selen, W. (2007). A planning and scheduling model for onsertion in printed circuit board assembly. *European Journal of Operational Research*.183(2):909-925.

Ballé, F., Ballé, M. (2005). Lean Development. *Business Strategy Review*, Fall2005, Vol. 16, Issue 3:17-22.

Baudin, M. (2002). *Lean Assembly: The Nuts and Bolts of Making Assembly Operations Flow*. Productivity Press.

Becker, M. B. (2007). *Lean Manufacturing and the Toyota Production System*. (<http://www.leaninstituut.nl/publications/>). Erişim: 21.03.08.

Bilalis, N., Scroubelos, G., Antoniadis, A., Emiris, D. ve Koulouriotis, D. (2002). Visual factory: basic principles and the 'zoning' approach. *International Journal of Production Research*, 40:15, 3575 — 3588.

Boothroyd, G., Dewhurst, P., Knight, W. A., 2002, *Product Design for Manufacture and Assembly*, Marcel and Dekker, NY.

Bralla, J. G. (1999). *Design for Manufacturability Handbook*, McGraw-Hill, USA.

Brandolese, A., Garetti, M., Lanza, C. Pozzetti, A. (1988) An algorithm for short term production planning of flexible assembly systems. In: *Proceedings of IIIrd International Conference of Computer-Aided Production Engineering*, Ann Arbor, MI, USA, 1988.

Bremner, B., Dawson, C. (2003). Can anything stop Toyota?. *BusinessWeek*, 17 November, Issue 3858:114–122.

Büyüközkan, G., 2005, Ürün Geliştirme Sürecine Destek Tasarım Teknikleri

Ve Anahtar Başarı Faktörleri, V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi, 25-27 Kasım.

Chien, C., Günther, H.O. (2008). OR in the electronics industry, *OR Spectrum*. 30:397–399.

Cimento, A.P., Knister, R.J. (1994). The high-productivity electronics company. *The Mckensey Quarterly*. 1:21-28.

Convis, G. (2001), Role of management in a lean manufacturing environment. *Automotive Manufacturing and Production*, 7:1-7.

Croci, F., Perona, M., Pozzetti, A. (2000). Work-force management in automated assembly systems. *International Journal of Production Economics*. 64:243-255.

Dennis, P., 2007, *Lean Production Simplified*, Productivity Press, NY.

Detty, R., Yingling, J. (2000). Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: a case study. *International Journal of Production Research*, 38: 429–445.

Drickhamer, D. (2004). Lean manufacturing: The 3rd generation. *Industry Week/IW*, 253: 25-30: Penton Publishing.

Emiliani, M.L. (1998). Lean Behaviors. *Management Decision*, 36 (9), 615-631.

Emiliani, M.L., Stec, D.J. (2004). Using value-stream maps to improve leadership. *The Leadership & Organization Development Journal*. 25(8): 622-645.

Gilmore, J.H., Pine, J. (2000). *Markets of One: Creating Customer-unique Value Through Mass Customization*. Harvard Business Press.

Groover, M.P. (2007). *Automation, Production Systems, and Computer-integrated Manufacturing*. Pearson Prentice Hall.

Harper, C.A. (2002). *Electronic Assembly Fabrication: Chips, Circuit Boards, Packages, and Components*. McGraw-Hill.

Herron, C., Hicks, C. (2008). The transfer of selected lean manufacturing techniques from Japanese automotive manufacturing into general manufacturing (UK) through change agents. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 24:524–531.

Hines, P., Taylor, D. (2000). *Going Lean: A Guide to Implementation*. Lean Enterprise Research Centre, Cardiff.

Hines, P., Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools, *International Journal of Operations & Production Management*, 17(1):46-64.

Hirano, H., Talbot, B. (1995). *Five Pillars of the Visual Workplace: The Sourcebook for 5S Implementation*, Productivity Press, NY.

Ho, W., Ji, P., Wu, Y. (2007) A heuristic approach for component scheduling on a high-speed PCB assembly machine. *Production Planning & Control*, 18(8):655 — 665.

Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*. 25:420–437.

Hyer, N., Wemmerlöv, U. (2002). *Reorganizing the Factory: Competing Through Cellular Manufacturing*. Productivity Press.

Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. New York, NY, USA: Random House.

Johnsson, M., Smed, J. (2001). Observations on PCB Assembly Optimization, in *The APEX Files: Proceedings of Technical Conference*, pp. SM6-3 1–6, San Diego.

Jones, D.T., Hines, P., Rich, N. (1997). Lean Logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 27(3/4):153-173.

Jones, D.T., Womack, J.P. (2002). *Bütünü Görmek*. Yalın Enstitü Derneği.

Judd, M., Brindley, K. (1999). *Soldering in Electronics Assembly*, Newnes.

Kapila, S., Mead, D. C. (2002). *Building Businesses with Small Producers: Successful Business Development Services in Africa, Asia, and Latin America*.

International Development Research Centre (IDRC). Canada.

Karlsson, C., Ahlstrom, P. (1996). Assessing changes towards lean production. *International Journal of Production & Management*, 16 (2): 24-41.

Kinni, T. (1996), *America's Best: IndustryWeek's Guide to World-class Manufacturing Plants*, Wiley, New York, NY.

Krafcik, J.F. (1988). Triumph of the Lean Production System. *Sloan Management Review*, Fall:30:41-52.

Levinson, W. A., Kone, E. H., Rerick, R.A. (2002). *Lean Enterprise: A Synergistic Approach to Minimizing Waste*. American Society for Quality.

Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.

Liker, J.K., Morgan, J.M. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*. May:5-20.

Manner, K.J. (a) *Design for Manufacturability*. http://homepages.cae.wisc.edu/~me349/lecture_notes/dfm.pdf. Erişim: 14.04.08.

Manner, K.J. (b) *Design for Assembly: Detailed Guidelines*. http://www.cae.wisc.edu/~me349/lecture_notes/detailed_dfa.pdf. Erişim: 14.04.08.

McKay, K. N.; Safayeni, F. R.; Buzacott, J. A. (1995). 'Common sense' realities of planning and scheduling in printed circuit board production. *International Journal of Production Research*, 33(6):1587-1603.

McManus, H.L., Millard, R.L. (2002). Value Stream Analysis And Mapping For Product Development, *Proceedings of the International Council of the Aeronautical Sciences*, 23rd ICAS Congress, 8-13 September, Toronto Canada.

Mid-America Manufacturing Technology Center (MAMTC). *Intro to Lean*. (http://www.mamtc.com/lean/intro_intro.asp#Waste). Erişim: 15.03.08.

Munroe, C. (2008). Dfx for Lean. *Circuits Assembly*, April:70-72.

Murman, E. M., Allen, T., Cutcher-Gershenfeld, J. (2002). *Lean Enterprise*

Value: Insights from MIT's Lean Aerospace Initiative. New York: Palgrave.

Nagel, R.N., Dove, R. (1991). *21st Century Manufacturing Enterprise Strategy: An Industry-Led View*. Diane Publishing.

Ndahi, H.B. (2006). Lean Manufacturing in a Global and Competitive Market. *The Technology Teacher*. November:14-18.

Nexlogic, Inc. *PCB Design for Assembly (DFA)*. <http://www.nexlogic.com/PCB-Design-for-Assembly.aspx>. Erişim: 16.04.08.

Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.

Panizzolo, R. (1998). Applying the lessons learned from 27 lean manufacturers: The relevance of relationship management. *International Journal of Production Economics*, 55:223-240.

Perona, M., Pozzetti, A, (1991). Integration of group technology and scheduling techniques for PCB assembly systems: Proposal and test of a new framework, In: *Proceedings of the 6th International Conference on CAD/CAM, Robotics and Factories of the Future*, London, UK, August 1991.

Productivity Pres. (2005). *Visual Tools: Collected Practices and Cases*, Productivity Press, NY.

Productivity Press Development Team. (2002). *Kanban for the Shopfloor* (Shopfloor Series). Productivity Press.

Productivity Press Development Team. (2002). *Pull Production for the Shopfloor* (Shopfloor Series). Productivity Press.

Rampersad, S. (1996). Integrated and Assembly Oriented Product Design. *Integrated Manufacturing Systems*, 7(6):5-15.

Rother, M., Harris, R. (2001). *Sürekli Akış Yaratmak*. Yalın Enstitü Derneği.

Rother, M., Shook, J. (1999). *Görmeyi Öğrenmek*. Yalın Enstitü Derneği.

Serdaroğlu Okur, A. (1997). *Yalın Üretim: 2000'li Yıllara Doğru Türkiye*

Sanayi İçin Yapılanma Modeli. Söz Yayın.

Seth, D., Gupta, V. (2005). Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: an Indian case study. *Production Planning & Control*, 16(1):44 — 59.

Shah, R., Ward, P.T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*. 21:129–149.

Shim, J.K., Siegel, J.G. (1999). *Operations Management: A Streamlined Course for Students and Business People*. Barron's Educational Series.

Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. Productivity Press.

Shingo, S., Bodek, N. (1988). *Non-Stock Production: The Shingo System for Continuous Improvement*. Productivity Press.

Shingo, S., Robinson, A. (1990). *Modern Approaches to Manufacturing Improvement: The Shingo System*. Productivity Press.

Smed, J., Salonen, K., Johnsson, M., Johtela, T., Nevalainen, O. (2000). *A Comparison of Group and Minimum Setup Strategies in PCB*. Turku Centre for Computer Science, TUCS Technical Report No 327. January.

Smith, J., Smith, J.A., Whitehall, F.B. (1996). *Optimizing Quality in Electronics Assembly: A Heretical Approach*. McGraw-Hill.

Smith, T.A. (1977). *Dynamic Business Strategy: The Art of Planning for Success*. McGraw-Hill, NY.

Strategos, Inc. *The Essence of Lean Manufacturing and The Toyota Production System*. (<http://www.strategosinc.com/nbodek.htm>) Erişim: 03.04.08.

Takeuchi, H., Osono, E., Shimizu, N. (2008), The Contradictions That Drive Toyota's Success. *Harvard Business Review*, Jun. 86(6): 96-104.

US Office of Technology Assessment. (1987). *The Electronic supervisor: new technology, new tensions*. Diane Publishing.

US Office of Technology Assessment. (1994). *Electronic enterprises: looking to the future*. Diane Publishing.

Ünnü, K., (2003). *Yalın üretim sistemi ve yardımcı teknikleri*. Basılmamış yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi SBE, İzmir.

Womack, J. P., Jones, D. T., ve Roos, D. (1990). *Dünyayı Değiştiren Makine*. Macmillan Publishing Company , Türkçe Yayın : Otomotiv Sanayicileri Derneği (OSD).

Womack, J.P. & Jones, D. (1996). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Simon & Schuster.

Womack, J.P. (2007). *The State of Lean in 2007*. (<http://www.leaninstituut.nl/publications/>). Erişim: 21.03.08.

Womack, J.P., Jones, D.T. (2005). *Lean Solutions*. Free Press.