

**ETKİLİ YALIN TEKNİKLER
VE
BİR MONTAJ HATTINDA UYGULAMA**

Burçin ERMEĞAN
Yüksek Lisans Tezi

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
TEMMUZ-2011

JURI VE ENSTITU ONAYI

Burçin Ermeğan'ın “**Etkili Yalın Teknikler ve Bir Montaj Hattında Uygulama**” başlıklı **Endüstri Mühendisliği** Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 23.06.2011 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı) :	Prof. Dr. Musa ŞENEL
Üye	: Öğr. Gör. Dr. Mümtaz Erdem
Üye	: Doç. Dr. Muzaffer Kapanoğlu

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ETKİLİ YALIN TEKNİKLER VE BİR MONTAJ HATTINDA UYGULAMA

Burçin ERMEĞAN

**Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. MUSA ŞENEL
2011, 118 sayfa**

Bu çalışmada, otomotiv, tarım ve iş makineleri endüstri sektöründe yer alan ana sanayi firmalarının sistem ve ünite ihtiyaçlarını karşılayan bir işletmede, yüksek parça ve ürün çeşitliliğine sahip bir pompa montaj hattında yalın üretim uygulaması gerçekleştirilmiştir. Yalın dönüşüm sürecinin başında pilot ürün grubu seçimi yapılması gerekmiştir. Bunun için gerçekleştirilen pareto analizi ile pilot ürün grubu belirlendikten sonra çalışmalara başlanmıştır. Çalışmada ürün çeşitliliğindeki artışın işletme performansı üzerindeki olumsuz etkisi yalın üretim ilke ve tekniklerinin bütünleşik olarak kullanımı ile azaltılmaya çalışılmıştır. Öncelikle üretim ortamındaki sorunları tanımlamada ve yok etmede etkili bir takım araç ve tekniklerin bir araya getirilip uygulanmasında yol gösterici olan değer akış haritalama aracı kullanılmıştır. İşletme için uygun olacağı düşünülen, tek parça akış, hat dengeleme, üretim dengeleme, kanban ve standart iş gibi yalın teknikler ve diğer iyileştirme fırsatları da değer akış haritalama sonuçlarına göre belirlenmiştir. Uygulama sonucunda talepte meydana gelebilecek değişikliklere uyum sağlayabilecek esneklikte bir montaj hattı tasarlanmış, üretimde kalite ve % 20 oranında verimlilik artışı sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yalın Üretim, Yalın Teknikler, Değer Akış Haritalama, Montaj hattı, Yüksek Ürün Çeşitliliği

ABSTRACT

Master of Science Thesis

EFFECTIVE LEAN TECHNIQUES AND IMPLEMENTATION OF AN ASSEMBLY LINE

Burçin ERMEĞAN

**Anadolu University
Graduate School of Sciences
Industrial Engineering Program**

**Advisor: Prof. Dr. MUSA ŞENEL
2011, 118 pages**

By this study, lean manufacturing was carried out in a high-piece and high mix product assembly line of an enterprise providing the system and unit requirements of industrial parent companies that take part in automotive, agriculture and heavy equipment industrial sector. At the beginning of the lean transformation process, a pareto analysis was required for the selection of pilot product family. Lean manufacturing practices was started after determining this pilot product family. In this study, negative influence of product range on enterprise performance has tried to be reduced by integrated usage of lean manufacturing principles and techniques. First of all, value stream mapping tool which is a directive in gathering a set of effective tools and techniques in identifying and eliminating the problems occurred in the production area was used. Lean techniques such as one piece flow, line balancing, production smoothing, kanban, standard operation and other improvement opportunities considered as appropriate for the enterprise are also determined according to the value stream mapping results. As a result of the application, an assembly line flexible enough to adapt changes in demand was designed and production quality and 20% productivity growth were achieved.

Key Words: Lean Manufacturing, Lean Techniques, Value Stream Mapping,
Assembly Line, High Mix Production

TEŞEKKÜR

Başta tez çalıŐmamda beni yönlendiren, yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Musa ŞENEL'e teŐekkürü bir borç bilirim.

Çalışmanın gerçekleştirildiği işletme, HEMA ENDÜSTRİ A.Ő' ye katkılarından dolayı çok teşekkür ederim. Ayrıca tez çalıŐmam süresince gerek manevi desteği ile gerek fikirleriyle bana destek olan ve yardımlarını asla unutamayacağım proje lideri Selçuk ALKAN'a ve mesai arkadaŐlarımaya sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Son olarak bugünlere gelmemi sağlayan, beni her konuda destekleyen, bana güvenen, her zaman yanımda olan annem Aysel ERMEĞAN ve babam Hüsamettin ERMEĞAN'a sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Burçin Ermeğan

Temmuz 2011

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1.GİRİŞ	1
1.1. Tez Çalışmasının Amacı ve Önemi	2
1.2. Tezin Yapısı	3
2. YALIN ÜRETİM SİSTEMİ	4
2.1. Yalın Üretim Kavramı	4
2.2. Yalın Üretim Sisteminin Doğuşu ve Gelişimi	7
2.3. Emek Sanat Bağımlı Üretimden Yalın Üretime Geçiş Süreci	8
2.3.1. Emek-sanat bağımlı üretim	8
2.3.2. Seri üretim	9
2.3.3. Yalın üretim ve seri üretimin karşılaştırılması	12
2.4. Yalın Düşünce Kavramı	15
2.5. İsraf ve Türleri	16
2.6. Yalın Düşünce ve İlkeleri	20
2.6.1. Değer	20
2.6.2. Değer akışı	21
2.6.3. Akış	23
2.6.4. Çekme	24
2.6.5. Mükemmellik	24

3. ETKİLİ YALIN TEKNİK VE ARAÇLAR	25
3.1. Yalın Üretimi Uygulamada Ön Koşullar.....	27
3.2. Değer Akış Haritalama.....	29
3.2.1. Değer akış haritalama nedenleri.....	31
3.2.2. Değer akış haritalama süreci.....	32
3.3. Kaizen.....	40
3.4. Tam Zamanında Üretim.....	40
3.5. Otonomasyon.....	43
3.6. Kanban.....	44
3.6.1. Kanban çeşitleri.....	46
3.6.2. Kanban sistemi için ön koşullar.....	50
3.7. Tek Parça Akış.....	51
3.8. Standart İş.....	53
3.9. Üretim Dengeleme.....	54
3.10. Hat Dengeleme.....	56
3.11. Takt Zamanı.....	57
3.12. Süpermarket.....	57
4. UYGULAMA	59
4.1. İşletme Hakkında Bilgi.....	59
4.2. Uygulama Konusu.....	60
4.3. Uygulama Ekibi.....	60
4.4. Veri Toplama.....	61
4.4.1. Hidrolik pompa ve üretim süreci.....	61
4.4.2. Pareto analizi.....	65
4.4.3. Ürün gruplarına göre ana operasyon adımları matrisi.....	68
4.4.4. Pompa montajında alt operasyon adımları ve süreleri.....	70
4.5. Verilerin Analizi ve Değerlendirilmesi.....	72
4.5.1. Mevcut durum değer akış haritası.....	72
4.5.2. Mevcut durum analizi.....	75

4.5.3. Gelecek durum değer akış haritası.....	68
4.5.4. Gelecek durum analizi.....	80
4.5.5. Yeni hat tasarımına geçişte kullanılan yalın uygulamalar.....	81
4.6. Uygulama Sonrası Kazanımlar.....	99
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	100
KAYNAKLAR	101
Ek-1 Değer Akış Haritalama Sembolleri	105

ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1. Yedi israf türü	17
2.2. Tipik sipariş tamamlama (yerine getirme) değer akışı.....	22
3.1. Değer akış haritalama tabanlı yalın üretim sistemi	29
3.2. Mevcut durum değer akış haritası örneği.....	38
3.3. Gelecek durum değer akış haritası örneği	39
3.4. Stoğun gizlediği işletme problemleri	41
3.5. İtme ve çekme sistemleri, (a) itme, (b) çekme	44
3.6. Çekme kanbanı örneği	46
3.7. Üretim kanbanı örneği	47
3.8. Tedarikçi kanbanı örneği.....	47
3.9. Kanban sistemi için ön koşullar	50
3.10. Üç değişik işlemlerle tek parça akış örneği	51
3.11. Toyota üretim dengeleme çizelgesinin temel çerçevesi.....	55
3.12. Süpermarket çekme sistemi.....	58
4.1. Yalın üretim uygulama ekibi.....	61
4.2. Alüminyum pompa montaj açılımı	62
4.3. Hidrolik pompa süreç akış şeması	64
4.4. Pompa ürün gruplarına göre alt ürün miktarlarının dağılımı	66
4.5. Pompa ürün grupları için pareto diyagramı	67
4.6. Pompa montaj hattı mevcut durum değer akış haritası	74
4.7. Pompa montaj alanı spagetti diyagramı	76
4.8. Pompa montaj hattı gelecek durum değer akış haritası.....	79
4.9. Yıllara göre pompa talebi gelişimi	80
4.10. Pompa montaj hattı yeni yerleşim planı.....	83
4.11. Konveyörlü montaj hattı (a) konveyörlü montaj hattı izometrik görünümü (b) konveyörün yerden yüksekliği	84
4.12. İyileştirme öncesi operasyon adımları ve çevrim süreleri.....	86

4.13. İyileştirme sonrası operasyon adımları ve çevrim süreleri	87
4.14. Torklama operasyonu eski ve yeni durum (a) eski durumda torklama operasyonu (b) yeni durumda kullanılacak torklama ünitesi	91
4.15. Pompa montaj hattı torklama istasyonu	92
4.16. Montaj hattı süpermarket raf tasarımları	94

ÇİZELGELER DİZİNİ

2.1. Emek sanat bağımlı üretim ile seri üretimin montaj için harcanan zaman bakımından karşılaştırılması	10
2.2. Yalın üretim sistemi ile seri üretim sisteminin karşılaştırılması	13
3.1. Ürün ailesi matrisi örneği	33
3.2. Mevcut durum değer akış haritalama süreci ve sembolleri	37
4.1. Pompa ana ürün gruplarına göre alt ürün çeşitleri ve miktarları	65
4.2. Ürün gruplarına göre pareto analizi	67
4.3. Pompa ürün gruplarına göre ana operasyon adımları matrisi	69
4.4. Pompa montaj hattı mevcut durum alt operasyon adımları ve süreleri	71
4.5. Pompa montaj hattı mevcut durum israf analiz formu	77
4.6. Mevcut durum sorunlar ve gelecek durum için çözümler	78
4.7. İyileştirme sonrası süreç analiz formu	88
4.8. Süpermarkette bulundurulacak malzemeler ve tüketim süreleri	95
4.9. Dengelenmiş günlük üretim planı örneği	97
4.10. Pompa montaj hattı eski ve yeni durum karşılaştırma	98

1. GİRİŞ

Uluslararası ticaretin daha da yoğunlaştığı bugünün rekabet ortamında, şirketler varlıklarını sürdürebilmek için dünyada genel kabul görmüş ve geleneksel üretim sistemlerinin önüne geçen yeni üretim kavram ve tekniklerini öğrenmek, uygulama becerisi kazanmak ve sürekliliğini sağlamak zorundadırlar. Geçmişte, piyasanın sınırsız olduğu ve talebin sürekli olarak artacağı görüşündeki geleneksel rekabet anlayışı yerini düşük maliyetli, kısa teslim süreli ve kusursuz kalitede ürün çeşitliliği yoluyla rekabet anlayışına bırakmıştır. Üretim ortamındaki bu değişimle birlikte yükselen işletme maliyetleri, artan işletme problemleri ve müşteri baskısı ile karşı karşıya gelen dünyadaki birçok üretici yalın üretim uygulamalarını anlamak adına olağanüstü çaba sarf etmiş ve halen sarf etmektedir.

Yalın üretim, üretime yük getiren tüm israflardan arınmayı hedef alan bir yaklaşımdır. Toplam kalite yönetimi, tedarik zinciri yönetimi, yenilik ve teknoloji yönetiminin yanı sıra yalın üretim stratejisi en verimli ve etkin işletme stratejilerinden biri olarak kabul edilmektedir. Yalın üretim sadece teknik ve araçlardan ya da değer akışlarını yeniden derleyen ilkeler zincirinden öte bir felsefedir. Onu özgün kılan kuruluşun her seviyesindeki yönetim tarzında ve birlikte çalışma kavramında yaptığı radikal değişimlerdir.

Pazar ve rekabet koşullarındaki hızlı değişim ürün çeşitliliğini arttırırken, talepteki dalgalanmaya bağlı olarak üretim miktarını azaltmayı da gerektirmektedir. Bu hızlı değişime uyum sağlama gerekliliği, montaj hatlarında da önemli bir yatırım gerektirmeyen, üretimde esneklik ve verimlilik artışı sağlayan yalın üretim yaklaşımına olan ilgiyi arttırmaktadır. Genelde yalın bir montaj hattı tasarımında hedef, talepteki dalgalanmayı karşılayabilecek miktarda üretmek ve bu üretimi mümkün olan en düşük maliyetle gerçekleştirmektir. Bir montaj hattında birim başına toplam maliyet, süreçler arası ve süreç içi stok maliyeti, işleme süresi, işçinin boşta kaldığı süre, bekleme süresi ve hareket süresi gibi israf olarak nitelendirilen işçilik maliyetini minimize ederek azaltılabilmektedir.

Türkiye'deki işletmelerin çoğu, yalın üretimin diğer ülkelerdeki büyük başarısını dikkate alarak uygulamaya geçmiştir. Fakat çoğu, yalın üretimi uygulamaya teknik seviyesinden başladığı, bir işletmede yalın üretimi uygulama ve devamında sürekli olarak iyileştirme için gerekli olan iş süreçlerinin değer akışını tanımlamadığı için yalın üretim uygulamasının asıl hedeflerinin farkına varamamıştır.

1.1. Tez Çalışmasının Amacı ve Önemi

Bu çalışmada, otomotiv, tarım ve iş makineleri endüstri sektöründe yer alan ana sanayi firmalarının sistem ve ünite ihtiyaçlarını karşılayan bir işletmede, yüksek parça ve ürün çeşitliliğine sahip bir hidrolik pompa montaj hattında yalın üretim uygulaması gerçekleştirilmiştir. Literatürde yalın üretim ilke ve tekniklerinin faydalarını konu alan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Yalın üretim uygulamaları ile ilgili farklı çalışmalar incelendiğinde ise pek çoğunun düşük ürün çeşitliliği ile yüksek miktarlarda üretim yapan işletmelerde gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Türkçe alan yazında yüksek parça çeşitliliğine sahip bir montaj alanında yalın üretim uygulaması ile ilgili bir doktora tezi olmasına karşın farklı bir endüstride uygulanmıştır.

İşletmede yalın üretim uygulaması ilk kez gerçekleştirilmiştir. Uygulama ekibi farklı yönetim seviyelerinden, üretim, mühendislik, satın alma, üretim kontrol konularında tecrübeli kişilerden, montaj hattı mevcut çalışanlarından oluşturulmuştur. Yalın üretim uygulamaları için gerekli veriler bu kişiler yardımıyla elde edilmiştir. Ekip için her hafta düzenli olarak bir danışman yönetiminde toplantılar düzenlenmiştir. Çalışmadaki yalın üretim uygulamalarının tamamı proje lideri ve şahsım tarafından gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada tanımlanmış bir süreç için iyileştirme fırsatlarını değerlendirme olanağı sağlayan yalın ilke ve teknikler bütünlük olarak kullanılmıştır. Yüksek ürün çeşitliliğine sahip bir üretim ortamında gerçekleştirilecek olan yalın üretim uygulamasının başarıya ulaşması için izlenecek yol ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Uygulamada karşılaşılan engeller diğer işletmelere kendi uygulamalarında yol gösterici olacaktır.

Çalışmanın literatüre katkısı:

- 1. Katkı:** Bu çalışmayı benzeri çalışmalardan ayıran ve yararlı kılan özelliklerinden biri, belki de en önemlisi, yüksek ürün karmasına sahip bir montaj hattında yalın dönüşüm sürecini ve uygulanış biçimini ayrıntılı olarak göstermesidir.

1.2. Tezin Yapısı

Tez toplam beş bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde yalın üretim sisteminin üretim ve hizmet işletmeleri açısından önemi ve çalışmanın amacı açıklanmıştır. İkinci bölümde yalın üretim kavramı, geleneksel üretim sistemlerinden yalın üretime geçiş süreci, yalın ilkeler ve temel kavramlardan bahsedilmektedir. Üçüncü bölümde mevcut işletme süreçlerinin analizinde kullanılan değer akış haritalama aracı üzerinde önemle durulmuş ve çalışmada kullanılan yalın teknik ve araçlar detaylı bir biçimde açıklanmıştır. Dördüncü bölümde yalın üretim uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde yalın üretim dönüşüm süreci ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. Beşinci bölümde çalışma sonucu tartışılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

2. YALIN ÜRETİM SİSTEMİ

2.1. Yalın Üretim Kavramı

Japon kökenli kavram, II. Dünya Savaşı sonrasında Japon üreticilerin ABD'deki üretim tesislerinin benzerlerini yaratmak için gereken yatırımı karşılayamayacaklarını fark etmeleriyle ortaya çıkmıştır (Pavnaskar ve ark., 2003). Aynı zamanda “Toyota Üretim Sistemi”(Toyota Production System) olarak da bilinen yalın üretim sisteminin yaratıcıları, Taichi Ohno ve Shigeo Shingo' dur.

Yalın, her şeyden daha az kullanarak daha fazla üretim anlamına gelir ve bu nedenle günümüzde kullanımı gittikçe yaygınlaşan “moda haline gelmiş” bir kavramdır (Elliott, 2004). Yalın üretim sadece araçlardan ya da değer akışlarını yeniden derleyen ilkeler zincirinden öte bir felsefedir. Onu özgün kılan kuruluşun her seviyesindeki yönetim tarzında ve birlikte çalışma kavramında yaptığı radikal değişimlerdir.

Yalın üretim, üretim mühendisinin odak noktasını tek bir amaca hizmet eden makineler ve bunların kullanımından ürünün toplam süreç boyunca akışına çevirmiştir. Toyota bunu, gereken miktarda üretim hacmine sahip, sürece göre yerleştirilmiş ve üretimde kaliteyi sağlamak adına kendi kendini gözlemleyebilen makineler kullanarak, birçok ürün çeşidinden küçük miktarlarda üretebilmek için makine hazırlık sürelerini kısaltarak ve bir önceki süreci bir sonraki sürecin malzeme ihtiyacı konusunda bilgilendirerek başarmıştır. Böylece Toyota, imalat sürecinde düşük maliyet, yüksek çeşitlilik, yüksek kalite ve hızlı işleme süresi gibi özellikleri aynı anda başararak değişen müşteri isteklerine anında cevap verebilecek konuma gelmiştir. Ayrıca bilgi yönetimi çok daha basit ve doğru bir şekilde gerçekleştirilebilmiştir.

Green ve ark. (2010) yalın üretimi, çoğu işletmenin süreçlerini sürekli olarak iyileştirmek için odaklandığı bir üretim yöntemi olarak tanımlamaktadır. Melton'a göre (2005) yalın üretim, verimliliği sağlamak için uzun üretim süreçlerine gerek duymadan, sürekli bir akış sağlayarak, müşteri açısından değer yaratan bir ürünün üretim süreci için harcanan emeğin ve toplam sürenin minimize edilmesini temel alan bir sistemdir.

Detty ve Yingling (2000) yalın üretimi, sanayi üretim sistemlerini planlamayı, işletmeyi, kontrol etmeyi, yönetmeyi ve sürekli olarak iyileştirmeyi (Kaizen) de içeren kapsamlı bir felsefe olarak tanımlamaktadır.

Yalın üretim,“en az kaynakla, en kısa zamanda, en ucuz ve hatasız üretimi, müşteri talebine de birebir yanıt verebilecek şekilde, en az israfla ve nihayet tüm üretim faktörlerini en esnek şekilde kullanıp, potansiyellerinin tümünden yararlanarak nasıl gerçekleştiririz?” arayışının bir sonucudur (Okur, 1997). Yalın üretim, üretime yük getiren tüm israflardan arınmayı hedef alan bir yaklaşımdır (Kocakoç, 2008). İsrif (muda) ürüne ya da müşteriye değer katmadan kaynakları tüketen her şeydir. İsrif müşterinin ödemeye gönüllü olmadığı herhangi bir faaliyet olarak da tanımlanmaktadır. Değer müşterinin bedelini ödemeye hazır olduğu her şeydir.

Monden'e göre (1998) bir üretim tesisinde gerçekleştirilen iş üç kategoride sınıflandırılabilir; gereksiz iş, değer katan iş ve israf. Gereksiz iş, kontrol gibi değer katmayan fakat mevcut üretim sistemi için gerekli süreçlerdir. Değer katan iş, ürünün son montajı gibi ürüne değer katan süreçlerdir. Son olarak değer katmayan süreçler ya da israf, mevcut üretim sisteminde gerekli olmayan ürüne herhangi bir değer katmayan süreçler olarak tanımlanmaktadır. İsrif yedi kategoride sınıflandırılmaktadır. Bunlar: fazla üretim, bekleme, taşıma, fazla işleme, stok, hareket ve hasarlardır.

Yalın ilkeler, yalın üretim hedeflerini tanımlamaktadır. Yalın ilkeler; değer, değer akışı, akış, çekme, mükemmelliktir (Womack ve Jones, 2002). Japon üreticiler özellikle Toyota, bu prensipleri destekleyici yalın teknik ve araçlar geliştirmiştir (Salem ve ark., 2006).

Yalın teknik ve araçların çoğu işletmelerde birçok durumda kolayca uygulanabilen endüstri mühendisliği uygulamalarıdır. Ancak, bu teknik ve araçlardan gerçek bir fayda sağlanıp sağlanamayacağı yalın bir iyileştirme çabasında kullanıldıklarında anlaşılmaktadır. (Rivera ve Chen, 2007) Ayrıca, yalın teknikler güvenli ve daha ergonomik bir iş ortamı yaratmaya katkı sağlamaktadır (Green ve ark., 2009). Yalın üretimin en yapıcı ve çarpıcı tarafı, ilkelerinin ve hedeflerinin teori düzeyinde kalmayıp, etkin yöntemlerle

desteklenmesidir (Okur,1997). Bu üretim sisteminin özellikleri aşağıdaki gibidir (Oliver ve ark, 1994):

- Ana sanayi ve yan sanayi ilişkilerinin uzun dönemli olması ve karşılıklı güvene dayanması,
- Üretimin değişen piyasa koşullarına göre gerçekleştirilmesi,
- Grup çalışması ve insan kaynakları yönetimi uygulamalarına yer verilmesi,
- Müşterilerle sıkı bir iletişimin oluşturulmasına olanak sağlayacak şekilde bir bayi ve dağıtım sisteminin geliştirilmesi,
- Çalışanların üretim süreci konusunda alınan kararlara katılımı,
- Üretimde genel amaçlı makineler ve çok fonksiyonlu işgücü kullanımı,
- Üretim süreçlerinde ihtiyaç duyulan malzeme, bileşen ve alt montaj parçalarının ihtiyaç duyulduğu anda hazır edinimi esasına dayanan tam zamanında üretim (Just In Time-JIT) yöntemi ile stok maliyetlerinin minimize edilmesi,
- Üretim alanındaki problemlere sürekli iyileştirme yaklaşımı ile aktif çözüm üretilmesi.

Toyota'nın başarısı; çok çalışmaktan, mükemmel mühendislerden, ekip çalışması kültüründen, optimum hale getirilmiş süreçlerden, çok basit ama güçlü teknik ve araçlardan ayrıca, tüm bunları sürekli olarak iyileştiren kaizenden kaynaklanmaktadır. Kısaca yalın üretim “sürekli olarak yenilenen yalın ve gerçek” bir sistemdir (Morgan ve Liker, 2007).

2.2. Yalın Üretim Sisteminin Doğuşu ve Gelişimi

II. Dünya Savaşı sonrasında Japonya'nın ekonomi ve rekabet ortamındaki değişimler üreticileri malzeme, sermaye ve işgücü sıkıntısı ile karşı karşıya getirmiştir. Üreticileri, yenilikçi ve maliyet etkinliği olan yeni üretim yöntemleri bulmaya teşvik eden bu durum, yalın üretim kavramının doğuşuyla sonuçlanmıştır (Ferdousi ve Ahmed, 2010).

Savaş sonrasında Japon otomotiv endüstrisi büyük bir devlet korumacılığı altında gelişmeye başladığında, Amerikan otomotiv sanayisinin üretim biçimi Japonlara referans olmuştur. 1937'de kurulan Toyota şirketinin ortaklarından mühendis Eiji Toyoda ve beraber çalıştığı deha, mühendis Taiichi Ohno 1950'de Ford'un Detroit'teki fabrikasını ziyaret etmiş ve Toyota'daki üretim sisteminin geliştirilmesinin mümkün olduğunu, ancak seri üretim sisteminin Japonya için uygun olmadığına karar vermişler (Şen, 2008 ve Okur, 1997). Toyota dehalari sistemin bütününe incelediğinde, seri üretimin esneklikten yoksun, katı bir hiyerarşiye dayanan ve israf içeren bir sistem olduğu sonucuna varmıştır (Okur, 1997). Bu yargı, yepyeni bir üretim anlayışının ilk adımlarının atılmasına öncülük etmiş ve deneme amaçlı bazı çalışmalardan sonra *Toyota üretim sistemi* denilen ve 1980'li yılların sonlarında *Yalın Üretim* olarak adlandırılan üretim sistemi doğmuştur. Bu üretim sistemi sayesinde Japon otomotiv sanayisi kısa sürede, oldukça gelişmiş ABD ve Avrupa otomotiv sanayisine göre büyük bir rekabet avantajı sağlamıştır.

Bedir (2002) otomotiv sanayisi ile ilgili araştırmasında, Japonya'nın 1960 yılında yüzde 4,9 olan dünya üretimi içerisindeki payının, 1980 yılında 11 milyon adetlik bir üretim miktarıyla yüzde 28,6'lık bir paya ulaştığı ve motorlu araç üreticisi ülkeler arasında birinci sıraya yükseldiğini belirtmiştir. 1971 petrol krizi sonrasında yalın üretim felsefesinin önemi diğer Japon firmaları tarafından da anlaşılmış ve bu yaklaşım ülke genelinde uygulanmaya başlamıştır. 1980'lerin başından itibaren yalın üretim sistemlerinin Amerika ve Avrupa'da uygulanmaya başladığı görülmektedir. Amerika'da yapılan bir araştırmaya göre 1987 yılında bu ülkede yalın üretim sistemini uygulayan işletmelerin oranı % 25 iken, bu oran 1992'de % 55'e yükseldiği belirlenmiştir (Acar, 1995).

2.3. Emek Sanat Bağımlı Üretimden Yalın Üretime Geçiş Süreci

2.3.1. Emek-sanat bağımlı üretim

Emek sanat bağımlı üretim, müşteri isteğine göre üretim yapan ve üretimi gerçekleştirmek için yüksek vasıflı işçiler ve basit fakat değişken el aletleri kullanan bir sistemdir (Şen, 2008). Emek sanat bağımlı üretimin tarihi üretimin insanların belirli ihtiyaçlarını karşılamak için yapıldığı, uygarlığın başlangıç dönemlerine dayanmaktadır. Çünkü para kullanımında değilken, ürünler “takas” sistemi ile değiş tokuş edilmekteydi. Ürünlerin standardizasyonundan bahsetmek imkânsızdı. Bu dönemde paranın tanımı ve kullanımı ile ürünlerin üretim, dağıtım ve pazarlama şekli de değişmiştir.

Bu koşullar altında gelişen emek sanat bağımlı üretimin özellikleri aşağıdaki gibidir (Womack ve ark., 1990).

- Emek sanat bağımlı üretim, tasarım, imalat işlemleri ve montajda oldukça tecrübeli bir işgücü gerektirmektedir.
- Kullanılan parçaların çoğu küçük atölyelerden gelmektedir. Sistem müşteriler, çalışanlar ve yan sanayici ile doğrudan temasta olan bir yönetici tarafından kontrol edilir.
- Metal ahşap üzerinde delme, taşlama ve diğer işlemler için genel maksatlı imalat araçları kullanılmaktadır.
- Üretim hacmi oldukça düşüktür ve bunların sadece bir miktarı aynı tasarıma göre imal edilmektedir. El sanatı teknikleri farklılık gösterdiği için iki ürün dahi eş olmamaktadır.

El sanatçılığı, döneminde çok itibar görmüştür ve halen görmektedir. Bunun yanında Womack ve Jones (1990) emek sanat bağımlı üretimin bazı sakıncalarına da değinmektedir. Bunlar:

- Emek sanat bağımlı üretim maliyetleri yüksektir ve üretim miktarı ne kadar yüksek olursa olsun fiyat düşmemektedir. Bu da otomobillerin yalnızca zengin kesime hitap etmesi anlamına gelmektedir.
- Tek tip üretim olduğu için güvenilirlik sağlanamamaktadır.

2.3.2. Seri üretim

Henry Ford (1863-1947) model otomobil üretiminin temellerini atan ilk kişidir. Kendi adını taşıyan yöntem, dünyanın her yerinde otomobil üretiminin tarihini etkilemiştir. Ford'un geliştirdiği sistem toplu üretim modeli olarak algılanan seri üretim sistemidir (Ohno, 1988). Ford'un 1908 yılında gerçekleştirilen ve seri üretimin başlangıcı olarak kabul edilen "Model T" otomobil projesiyle, bütün sanayilerde emek sanat bağımlı üretimin önüne geçen yeni bir dönem başlamıştır.

Sistemi mükemmelleştiren ilk kişiler, Henry Ford ve General Motors'un kurucusu Alfred Sloan'dır. İşletmelerde üretim, tedarikçi koordinasyonu, yönetim, yeni bir dağıtım ve pazarlama sisteminin geliştirilmesi bu kişiler tarafından gerçekleştirilmiş ve böylece otomotiv endüstrisi dünya çapında seri üretimin bir numaralı örneği haline gelmiştir. Süratle yayılan seri üretim sistemi, 1920'li yıllarda ilk önce Amerika'da, sonradan da tüm dünyada uygulanmaya başlamıştır (İpbüken, 2009).

Ford'un toplu seri üretimine ilişkin görüşü, temelinde hammaddenin işlenmek üzere üretim alanına geldiği üretim bantlarından oluşmaktadır. Ürünün çeşitli parçaları bir sonraki istasyona ve montaj bantlarına doğru otomatik olarak sevk edilmektedir. Üretimin başlangıç aşamasından müşteriye sevk edilmeye hazır ürün haline geldiği bitiş aşamasına kadar her şey sabit hızla, lineer ve düzenli bir akış halinde gerçekleşmektedir. Birçok kişinin ortaya çıktığı zamanlarda ve şimdi de inandığı gibi, seri üretimin anahtarı, hareket eden veya sürekli bir montaj hattı değildir. Daha ziyade, parçaların, birbirlerinin yerine tam ve tutarlı olarak kullanılacak şekilde değişebilir olması ve birbirine bağlanmasındaki basitliktir (Ohno, 1988).

Değişebilirliği gerçekleştirmek için Henry Ford imalat sürecinin tamamı boyunca her parça için aynı ölçme masterını kullanmıştır. Aynı ölçme masterını kullanmadaki ısrarı, montaj maliyetlerinde tasarruf şeklinde elde edeceği geri ödemenin farkına varmış olmasıdır. Değişebilirlik, basitlik ve bağlantı kolaylığı nedeni ile Ford rakiplerine karşı büyük bir avantaj sağlamıştır. En azından tecrübeli montajcıları devre dışı bırakabilmiştir (Womack ve ark., 1990).

Otomobillerini monte etmek için Ford'un 1903'te başlayan ilk çabaları, bir otomobilin genellikle tek bir montajcı tarafından montajının yapıldığı tezgahları kurmayı kapsamaktadır. 1908'de Model T'nin piyasaya çıkışının öncesinde bir Ford montajcısının ortalama görev süresi toplam 514 dakika veya 8,56 saattir. Daha sonra 1908'lerde Ford mükemmel parça değiştirilebilirliğini başardığında, montajcının sadece tek bir işi yapmasına ve montaj salonunda araçtan araca gitmesine karar vermiştir. 1913 Ağustos'unda hareketli montaj hattının devreye girişinden hemen önce Ford montajcısının ortalama görev süresi 514 dakikadan 2,3 dakikaya düşmüştür. Doğal olarak bu düşüş, üretkenlikte dikkate değer bir artışa neden olmuştur. Çünkü işçi artık basit ve az sayıdaki işi kazandığı alışkanlık sayesinde daha kısa sürede yapabilmektedir.

Ford kısa zamanda işçiyi tezgahtan hareket ettirme sorununun da farkına varmış ve Ford'un en önemli buluşu, 1913 ilkbaharında Detroit'teki Highland Park fabrikasında, otomobili duran işçinin önüne getiren hareketli montaj hattını devreye sokmasıdır. Bu yenilik montaj çevrim süresini 2,3 dakikadan 1,19 dakikaya indirmiştir (Womack ve ark., 1990).

Bütün bu değişiklikler insanların seri üretime olan ilgilerini arttırmış ve imalat çabaları 1915'te Horace Lucien Arnold ve Fay Leone Faurote'nin yazdıkları "Ford Metotları ve Ford Atölyeleri" isimli yazı ile 1915 yılında mühendislik dergisinde yayımlanmıştır. Ford'un neyi başardığının canlı örneği çizelge 2.1' de gösterilmektedir.

Çizelge 2.1. Emek sanat bağımlı üretim ile seri üretimin montaj için harcanan zaman bakımından karşılaştırılması (Womack ve ark., 1990)

Montaj için harcanan zaman(Dakika)	Emek Sanat Bağımlı üretim Sonbahar 1913	Seri Üretim, İlkbahar 1914	Harcanan Zamandaki Düşüş (%)
Motor	594	226	62
Manyeto	20	5	75
Aks	150	26,5	83
Komple bir araçtaki başlıca parçalar	750	93	88

1950’de, Ford firmasını incelemek üzere Amerika’ya yaptıkları gezide, seri üretim sisteminin Japonya’da uygulanamayacağına karar veren Taichi Ohno ve Eiji Toyoda’nın seri üretim sistemi ile ilgili saptamaları şöyledir (Okur, 1997 ve Liker, 2005):

- Seri üretimde her üretim faktörü, oldukça fazla sayıda kullanıldığından üretim pek çok israf içermektedir.
- İsrafın kaynağı, sistemin aşırı bir iş bölümüne dayanması, yani gerek makineler gerekse işçilerin çoğu kez sadece tek bir ürün için tek bir operasyon gerçekleştirecek şekilde organize edilmeleri, tek bir işe (operasyona) atanmış olmalarıdır.
- Çok büyük fabrika alanlarında binlerce işçi ve pahalı makine aynı işlemi aylarca hatta yıllarca sürdürebilmektedir.
- Koskoca atölyeler darmadağın ve kontrolsüzdür. Fabrikalar imalathaneden çok depoya benzemektedir.
- Sistem, fazla üretime ve dengesiz bir akışa neden olmakta ve bu devasa yığılmalar arasında kusurlar haftalarca hatta aylarca fark edilmeden gizlenebilmektedir.
- İşçiler, birer el gücü olarak algılanmakta ve beyin gücünden üretimin iyileştirmesinde faydalanılmamaktadır. En kötüsü işçiler “değişken maliyet” olarak görülmekte, işlerin kötü gittiği dönemlerde rahatlıkla işten çıkarılabilmektedirler.
- Yan sanayi firmaları da işçiler gibi birer değişken maliyet olarak algılanmakta ve işlerin iyi gitmediği dönemlerde sözleşmeler aniden iptal edilmektedir.
- Üretimdeki esneksizliğin doğal bir sonucu olarak, kalıp değiştirme ya da bir üründen diğerine geçiş süresi (setup time) uzun olduğu için, büyük miktarlarda (parti halinde) üretim zorunluluğu doğmaktadır.
- Büyük partiler halinde üretimin en önemli etkisi, özellikle işlenmekte olan ürün stoğunun (work-in-process inventory) çok yüksek düzeylere çıkmasıdır. Önemli bir maliyet kaynağı olan yüksek stok, üretimde kalitenin yüzde yüz sağlanması gereken bir olgu olarak görülmemesine neden olmaktadır.

- Iskarta durumunda, yedekteki stok devreye girmekte arkasından gelen onarım bir yandan maliyetleri yükseltmekte, diğer yandan da müşteri memnuniyetsizliğine neden olmaktadır.

1950'lerde Amerika' da seri üretimin yapılması bir sorun yaratmazken, aynı yıllarda Japonya' da durum çok farklıydı. Pazar küçük, kişi başına düşen milli gelir düşük ve sermaye birikimi yetersizdi. Farklı özellikte ürüne talep vardı ve rekabet fazlaydı. Toyoto ve Ohno'nun seri üretim sistemini eleştirici gözle inceleme nedenleri de tüm bu kısıtlardı.

İşte tüm bu koşullar ve zorunluluklarla, başta Toyota'nın dehaları Toyota'da ve özellikle Ohno'nun öncülüğünde, adım adım ilerleyerek üretim günlerce mikroskop altına yatırılıp, titizlikle incelenerek ve geliştirilerek, bugün yalın üretim olarak adlandırılan sistemin ortaya çıkması ve kısa sürede tüm Japon ekonomisine yayılması sonucunu vermiştir (Okur, 1997).

2.3.3. Yalın üretim ve seri üretimin karşılaştırılması

Yalın üretim felsefesini daha iyi anlayabilmek ve üretimde gerçek anlamda bir devrim yaratıp yaratmadığını net olarak görebilmek için sistemin seri üretim sisteminden ayrıldığı noktaları ve ne gibi yenilikler getirdiğini, piyasa koşullarıyla uyumlu bir model oluşturup oluşturmadığı incelenmelidir (Ohno, 1996).

Yalın üretimin temel ilkesi, daha az kaynak ve daha az iş gücü ile daha çok üretim yapabilmek için yeni üretim tekniklerini giderek artan karmaşık makinelerle birleştirmektir. Bu nedenle yalın üretim hem emek-sanat bağımlı üretimden hem de seri üretimden önemli ölçüde farklıdır.

Womack ve Jones, "Dünyayı Değiştiren Makine" kitabında, Japon otomotiv sanayinde ortaya çıkan yalın üretim sistemi ile Amerika ve Avrupa'da görülen seri üretim sistemini karşılaştırmıştır. Çizelge 2.2., Womack ve ark. (1990) tarafından yapılan kıyaslamanın özetidir.

Çizelge 2.2. Yalın üretim sistemi ile seri üretim sisteminin karşılaştırılması (Melton, 2005)

Özellikler	Seri Üretim	Yalın Üretim
Köken	Henry Ford	Toyota
İşletme Stratejisi	Üretim odaklı. Ölçek ekonomisi mantığı taşıyan sabit ürün tasarımı ve özel olmayan teknoloji kullanımı	Müşteri odaklı. Müşteri ihtiyaçlarını tanımlayarak rekabet avantajı elde etme hedefi
Tasarım Çalışanı	Yetenekleri sınırlı uzmanlar	İşletmenin her düzeyinde vasıflı işçi grupları
Ekipman	Pahalı ve tek bir amaca hizmet eden makinelerin kullanımı.	Geniş ürün çeşitliliği ile gereken miktarda üretim yapabilen, manüel ve otomatik sistemlerin kullanımı
Üretim Yöntemi	Büyük miktarlarda standart ürünler	Müşteri siparişine göre üretim
Kuruluş Felsefesi	Hiyerarşik-sorumluluk yönetiminde	Değer akışına göre sorumluluğu, işletmenin en üst seviyesinden aşağı çekme
Felsefe	Amaç “yeterince iyi olmak”	Amaç “mükemmellik”

Forza (1996), yalın üretimde iş organizasyonu ve geleneksel işletmeleri konu alan çalışmasında yalın üretim sisteminin seri üretim sisteminden farklılaştığı noktaları ayrıntılı olarak açıklamıştır.

- Farklılığın başında, piyasa ile olan ilişkiler gelmektedir. Toplu üretim döneminde ortaya çıkmış olan seri üretim felsefesi, piyasanın sınırsız olduğunu ve talebin sürekli olarak artacağını düşünen bir üretim modelidir. Yalın üretimde ise egemenlik piyasadadır. Piyasayı oluşturan fabrika değildir, üretim yapısı ve ürün seçimlerini müşterinin değişen tercihleri belirlemektedir.
- İkinci fark, işgücü ile ilgilidir. Yalın üretimde insan çalışmaya karşı direnen bir kaynak olarak değerlendirilmez, aksine çalışmaya hevesli ve gerçekte istenenden daha fazlasını vermek zorunda olan bir kaynak olarak değerlendirilir. Böylece, işletmede yöneten ve yönetilenlerden oluşan ikili

yapı sona ermekte, seri üretimdeki çatışmacı ortam daha uzlaşmacı bir ortam şeklinde tersine bir gelişme göstermektedir.

- Seri üretim sisteminde çalışana verilen değer aksine yalın üretimde, işçilerin fikirlerine değer verilmekte ve üretimle ilgili kararlara katılımları teşvik edilmektedir. Bu uygulama, yeni becerilerin kazanılmasını ve işçilerin mevcutta yaptıkları işler dışında da sorumluluk üstlenmelerini kolaylaştırmayı hedeflemektedir.
- Seri üretimin en temel amacı olan üretim maliyetini düşürmek, Ford toplu üretim sisteminde anahtar unsurdur. Seri üretim sisteminde büyük miktarda parça ve beklemek zorunda olan bitmiş iş birikirken, yalın üretim depoların tamamen ortadan kaldırılması ilkesi ile çalışmaktadır. Bu nedenle parçaları tam zamanında sağlamak amacıyla kanban sistemi geliştirilmiştir. Amaç istenilen parçaların istenilen zamanda üretilmesidir.
- Seri üretim sisteminde “işgücünün sıkı kontrolü” düşüncesi benimsenmiştir. Yalın üretimde ise, sürekli iyileştirme ve tam zamanında üretim yöntemleri, bir yandan üretim akışının ihtiyaçlarına hemen karşılık verebilmek, diğer yandan da stokları sürekli azaltmak amacıyla, üretim süreci içerisinde birleştirilmekte ve iş üzerinde geriye dönük, kapsamlı bir etki yaratmaktadır. Böylece işçiler, belirli iş sorumluluklarını yapısal olarak harekete geçirmeleri için teşvik edilmektedir.
- Yalın üretimde, bürokratik kontrolün yerini çalışanların katılımı almaktadır. İnsana verilen değer açısından seri üretimden üstündür. Bu, çalışanlar açısından işin daha esnek olduğu anlamına gelmemekte, aksine yapısal zorlamalar ve sosyal baskılar çalışma ritmini daha da hızlandırmaktadır. Eğitim ve çok fonksiyonlu işgücü yalın üretimin temel özelliklerindedir.

2.4. Yalın Düşünce Kavramı

Yalın düşünce ismini, 1990'ların en çok satan kitabı "*Dünyayı Değiştiren Makine: Yalın Üretimin Tarihi*"nden almıştır. Kitapta, otomobil endüstrisinin emek sanat bağımlı üretimden seri üretime, seri üretimden de yalın üretime doğru geçişi kronolojik olarak sıralanmaktadır (Poppendieck, 2002).

Dünyayı değiştiren makine, geniş çaplı ilkelerden ziyade ürün geliştirme, satış, üretim v.b. süreçlere ve seri üretim işletmelerini yalın üretim işletmelerine dönüştürmeye odaklanmıştır. İşletmelerin, üretim süreçlerini yalınlaştırmada istekli olduklarını, fakat geçişi gerçekleştirecek ilkelerin ne olduğu hakkında bilgi sahibi olmadıklarını fark eden Womack ve Jones (2002) yalın düşünce kitabını hazırlama fikrini ortaya koymuş ve böylece yöneticiler için güvenilir bir eylem kılavuzu ortaya çıkmıştır.

Schiele'e göre (2009) yalın düşünce, işletmenin amaçları doğrultusunda standartlaştırılmış süreç iyileştirme çabaları ve sonuçların denetimi ile ilgili süreç önlemleriyle birlikte israfı yok etmek için kullanılan teknik ve araçları kapsamaktadır. Daha da önemlisi yalın düşünce, müşterinin bakış açısından değer yaratmaya odaklanan yönetim süreçleri için oluşturulmuş bir düşünce sistemidir.

Yalın düşünce bir anlayıştır. Öncelikle işletmeler, üretim süreçlerinde israf yaratan, verimsiz iş adımları ve uygulamalarının varlığını kabul etmelidir. Günlük rutin işlerle meşgulken, ürün ya da hizmet teslimi gibi kritik süreçleri göz ardı etmek olasıdır. Bu değişime karşı direncin bir parçasıdır ve alışlagelmiş çalışma yöntemlerini değiştirmede isteksizlik yaratır (Leverich, 2008). Yalın düşünürler, büyük resmi görmeye çalışır ve hizmet verdikleri işletmelerin uzun vadeli stratejik amaçlarını karşılayabilecek, daha yeni ve daha gelişmiş yöntemler geliştirirler (Schiele, 2009). Yalın düşüncenin beş temel adımı ise aşağıdaki gibidir (Leverich, 2008).

1. Değer yaratan faaliyetleri belirlemek,
2. Faaliyet sırasını belirlemek ve müşterinin gözünden, iyileştirme fırsatlarını tanımlayarak bir değer akışı yaratmak,
3. Değer yaratmayan faaliyetleri yok etmek,

4. Müşterinin, gerçekten istediği ürünü talep etmesine, yani “talebi çekmesine” izin vermek ve böylece, müşterinin istemediği ürün ya da hizmeti alması önlemek ve ürünün değerini korumak,
5. Yalın düşüncenin son adımını, süreci sürekli olarak iyileştirmektir. Yalın düşünceyi benimseyen bir işletmenin ürün sipariş ve teslim süresindeki azalma bu duruma örnek olarak gösterilebilir.

2.5. İsrâf ve Türleri

Yalın düşünce ile önemli bir ilerleme sağlayabilmede ilk adım israfı görmeyi öğrenmektir. Yanlış ürün ya da hizmetin doğru biçimde üretilmesinin sonucu “*muda*”dır.

Muda Japoncada bilinmesi gereken bir kelimedir. Çünkü muda “*israf*” demektir, özellikle de hiçbir değer yaratmadan kaynakları kullanan faaliyetleri gösterir. Womack ve Jones (2002), “yeniden işlenmeyi gerektiren hatalı ürünler, talep edilmeden üretilen ve stoklarda biriken üretim, gereksiz süreç aşamaları, çalışanların ve ürünlerin zorunlu olmadığı halde bir yerde başka bir yere hareketi, önceki aşamalarda zamanında tamamlanmayan işlemler nedeniyle sonraki aşamalarda boş bekleyen çalışanlar, müşterinin beklentilerini karşılamayan ürün ve hizmetleri” değer yaratmayan faaliyetler olarak tanımlamıştır.

Toyota’nın özgün sisteminin öncüsü Taichi Ohno, üretim sürecine değer katmayan yedi israf türü saptamış ve sınıflandırmıştır (Bkz. Şekil 2.1.) (Liker, 2005):



Şekil 2.1. Yedi israf türü

- **Fazla üretim:** Sipariş edilmemiş ürün üretmektir. İmalatta bu, bir sonraki süreç ya da müşteri için gerekenden fazlasını üretmektir. Bu durum personel fazlalığına ve gereksiz stok yığılması nedeniyle aşırı depolama ve taşıma gibi israflara yol açmaktadır. Bir sonraki sürecin gerçekten ihtiyacı olan faaliyetler yerine yanlış faaliyetler üzerinde çalışmaktır. Çoğu zaman, fazla üretim işin sisteme uygunluğunun veya imal edilebilirliğinin kontrol edilmeden tamamlanmasının sonucudur.
- **Bekleme:** İşçilerin, otomatik bir makinenin çalışmasını izleyerek beklemeleri ya da boş durarak bir sonraki adımı, aleti, malzemeyi, parçayı vb. beklemek zorunda kalmaları, ya da eldeki malzemenin tükenmesi, bağlantılı süreçlerdeki gecikmeler, makine arızası ve kapasite darboğazı gibi durumlar yüzünden boşta beklemeleridir.
- **Gereksiz taşıma:** Süreçteki işleri uzak mesafelere taşıma, verimsiz nakliye ya da malzeme, parça veya bitmiş ürünü depoya yerleştirip çıkarma ya da süreçler arasında taşıyıp durmaktır. Ayrıca israf, süreçte hız, bilgi ve sorumluluk kaybına yol açmaktadır.

- **Gereksiz stok:** Stok israfı fazla üretimin doğrudan sonucudur. Hammadde, süreçteki iş ya da bitmiş ürün fazlalığının üretim zamanının uzamasına, taşıma ya da depolama maliyetlerine ve gecikmeye neden olmasıdır.
- **Fazla işlem ya da yanlış işlem yapma:** Parçaları işlemde geçirirken gereksiz işler yapmaktır. Alet, takım yetersizliği ve üründeki tasarım eksikliği nedeniyle verimsiz işlemler yapmak, gereksiz harekete neden olmak ve hata üretmektir. Gerekenden yüksek kalitede ürünler yapmakta bir israf şeklidir. İşleme israfına bir başka örnek, tedarikçileri seçerken ve yönetirken ortaya çıkan gereksiz işlem ve görüşmelerdir.
- **Gereksiz hareket:** İmalatta operatörler gereksiz veya zorluklara neden olacak şekilde hareket ederler. Gereksiz hareket, çalışanların çalışma sırasında parça, alet vb. gibi şeyleri ararken, bunların yanına gidip gelirken ya da onları bir yere götürüp yığarken yaptıkları, israf niteliğindeki hareketlerdir. Yürümek de bir israftır.
- **Kusurlar:** Hatalı parçaların üretimi ya da bunların yeniden işlenmesidir. Onarmak ya da yeniden işlemek, eklemek, yerine yenisini koymak için üretmek ve kontrol etmek zamanı ve insan emeğini müsrif bir şekilde kullanmaktır.

İşletmede, çalışanların gün boyunca ne yaptığı incelendiğinde gerçekleştirdikleri faaliyetleri üç kategoride sınıflandırmak mümkündür. Belli bir ürünün tasarımı, siparişi ve imalatı için gerekli her adımı tanımlayarak bir değer akışı haritası çıkarmadaki öncelikli amaç, tüm bu faaliyetleri tanımlamaktır (Carreira, 2005; Womack ve Jones, 2002):

1. *Değer yaratan faaliyet*, müşterinin algıladığı şekilde değer yaratan adımlardır. Ürünün tamamlanması için gereken herhangi bir şeydir. Parçaların montajı, parçaların makinede işlenmesi, parçaların boyanması, gibi örnekler verilebilir.

2. *Gerekli fakat değer yaratmayan faaliyet*, değer yaratmayan ancak mevcut ürün geliştirme, sipariş alma ya da üretim sistemlerinin gerektirdiği ve bu nedenle hemen kaldırılamayan adımlardır (*Birinci Tip Muda*).
3. *Değer yaratmayan faaliyet*, ürünün tamamlanmasında katkı sağlamayan ve hemen ortadan kaldırılması gereken adımlardır. Parçaların bir bölümden diğerine taşınması; parçanın denetlenmesi; hasar tespiti ve tekrar işleme; sorunun nerde olduğunu açıklayan bir rapor yazma v.b. örnekler verilebilir (*İkinci Tip Muda*).

En basit haliyle yedi israf türü değer yaratmayan ve gerekli fakat değer yaratmayan faaliyetlerden oluşur ve maliyet yaratır. İş, değer yaratan faaliyetlerden oluşur ve kazanç sağlar (Carreira, 2005). Özellikle üzerinde durulması gereken nokta, değerın müşterinin bakış açısından tanımlanmasıdır. İşin yapılış şeklinin müşteri için hiçbir önemi yoktur. Ürün bedelini ödeyen müşteridir ve kuralları o koymaktadır. Yukarıda tanımlanan üçüncü grup tamamen ortadan kaldırıldığında, geriye kalan değer yaratmayan adımlar yalın üretim tekniklerinden ve ilkelerinden yararlanarak kaldırmak daha kolay hale gelmektedir.

İsraf, ilk ürünün nasıl geliştirildiği ve sürecin nasıl tasarlandığından, tamamlanmış bir tesisin nasıl işletileceğine kadar üretim süreçlerindeki çoğu adımda yok edilebilir. Ancak gerçekten yalınlaşmak için tüm bu faktörler sağlam bir tedarik zinciri içinde birleştirilmelidir. Melton (2005), israfın yok edilmesiyle üretimin verimli hale gelme potansiyelinin artacağı görüşündedir ve konuyla ilgili çalışmasında üç anahtar nokta tanımlamıştır. Bunlar:

- Hem israfı hem de değeri tanımlamak,
- Bilgi yönetimi tabanını geliştirmek,
- Sürdürülebilir iyileştirmenin, süreçleri işleten ve işi yöneten kişileri sisteme katmayı ve sürekli iyileştirme kültürünü yaygınlaştırmayı gerektirdiğinin farkına varmaktır.

Cardiff Business School'daki Yalın Kurumsal Araştırma Merkezi'nin yaptığı açıklamaya göre üretim operasyonlarının çoğu %5'i değer yaratan faaliyetler, %35'i gerekli fakat değer yaratmayan faaliyetler, % 60'ı hiçbir değer

yaratmayan faaliyetlerden oluşmaktadır. Bu yüzden hiç şüphesiz ki, israfın ortadan kaldırılması, üretimin iyileştirilmesi açısından büyük bir potansiyel sunmaktadır. Üretim süreçlerinde ve tüm tedarik zincirlerinde oluşabilecek israfın türü ve miktarı sadece buz dağının görünen kısmıdır. Önemli olan nokta, israfı tanımlayıp sadece belirtilerini değil israfın kaynağını yok etmektir (Melton, 2005).

2.6. Yalın Düşünce ve İlkeleri

2.6.1. Değer

Yalın düşüncenin ilk adımı, değer ne olduğunu ve bu değer yaratılması için gerekli kaynakların ve faaliyetlerin neler olduğunu belirlemektir (Poppendieck, 2002). Alışlagelmiş işletme görüşünün aksine, tüm değer ancak nihai müşteri tarafından tanımlanabilir (Carreira, 2005). Japon firmalarının değer tanımına göre asıl önemli olan, değer nerede yaratıldığıdır. Değer tanımının anlamlı olması için müşteri ihtiyaçlarının belirli bir zamanda belirli bir fiyattan karşılayan belirli bir ürün (mal, hizmet v.b.) cinsinden ifade edilmesi gerekmektedir (Womack ve Jones, 2002).

Müşteri yalın bir sistemin başlangıç noktasıdır. İsrafı tanımlamak müşterinin neye değer verdiğini tanımlamakla başlar. Basitçe ifade edilirse, zaman ve paraya mal olan ama müşteri açısından bir değer yaratmayan herhangi bir faaliyet israftır (Morgan ve Liker, 2007).

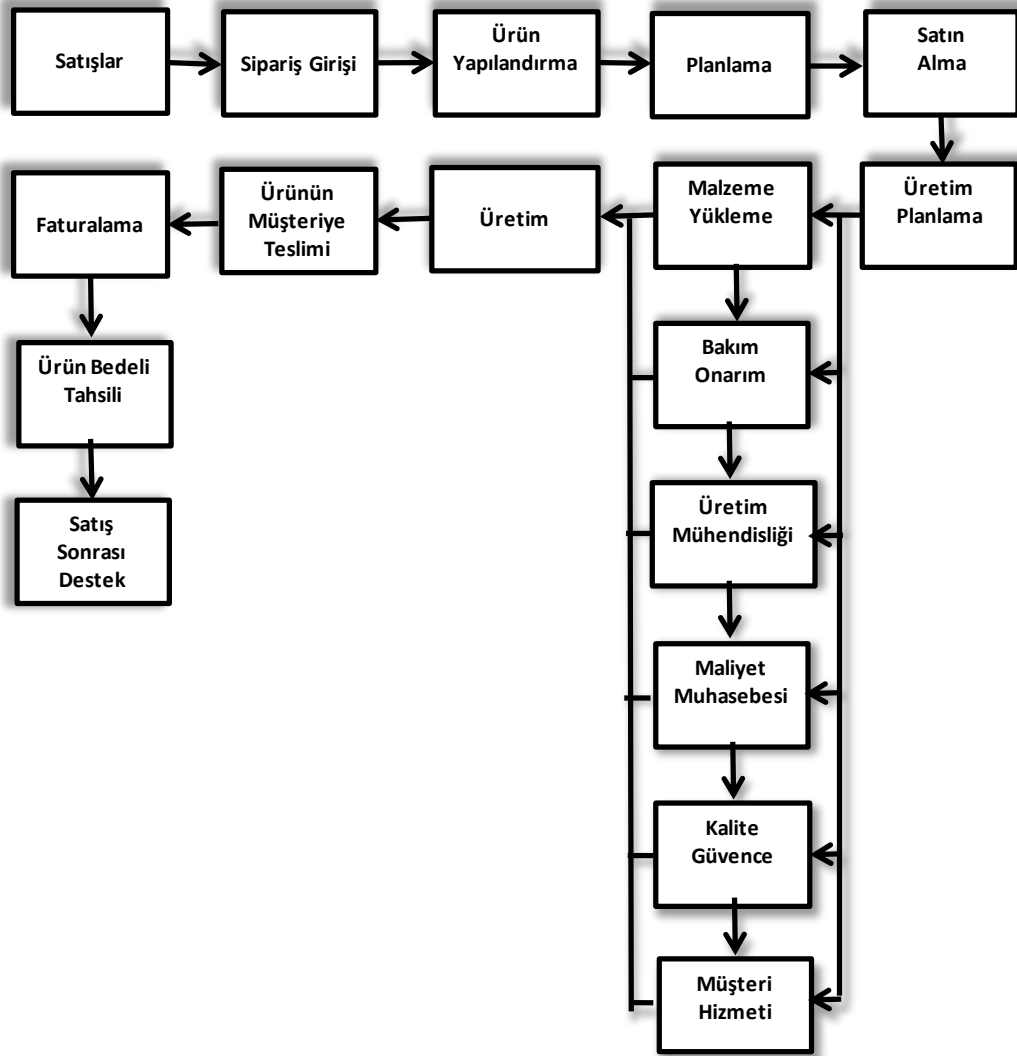
Değerin tanımlanmasında en önemli görev, ürünü doğru biçimde tanımlamaktır. Değer kavramına ilişkin ilk yeniden düşünme aşamasının tanımlanmasından sonra, yalın işletmelerin ürün ekiplerinin en iyi çözüme ulaşana kadar değeri tekrar tekrar sorgulaması gerekmektedir. Değerin tanımlanmasından sonraki aşamaların, ürün geliştirme sipariş alma ve imalat faaliyetlerinin sürekli iyileştirilmesini içeren kaizen yaklaşımına karşılık geldiği söylenebilir. Mükemmellik yolundaki kalıcı sonuçlar bu şekilde elde edilecektir (Womack ve Jones, 2002).

2.6.2. Değer akışı

Yalın düşüncenin bir sonraki aşaması, her ürün ya da ürün grubu için değer akışının bütünüyle tanımlanmasıdır. İşletmelerin nadiren gerçekleştirdiği bu aşama, hemen her zaman inanılmaz boyutlarda israf kaynağını ortaya çıkarmaktadır (Womack ve Jones, 2002). Rother ve Shook (1999) değer akışını, her ürün için esas olan ana akışlar boyunca bir ürünü meydana getirmede ihtiyaç duyulan, katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlerin bütünü olarak tanımlanmıştır. Değer akışı, belli bir ürünün işletmedeki üç kritik yönetim görevinden geçirilmesi için gerekli olan belirli adımları göstermektedir (Womack ve Jones, 2002). Bunlar:

- Kavramsal boyutta başlayıp, ayrıntılı tasarım ve mühendislik çalışmalarından üretimin başlaması sürecini içeren *problem çözme görevi*,
- Siparişlerin alınmasından başlayıp ayrıntılı çizelgeleme çalışmalarını ve nihayetinde teslimatın yapılmasını içeren *bilgi yönetimi görevi*,
- Hammaddeden müşteriye ulaşan nihai ürüne dönüşümü içeren *fiziksel dönüşüm görevi*.

Değer akışı bakış açısı, yalnızca tek tek süreçler üzerinde değil büyük resim üzerinde çalışmak ve sadece parçaları değil bütünü iyileştirmektir (Rother ve Shook, 1999). Yalın düşünce, dünyanın her yerinde iş hayatının skor tutucu standart birimi kabul edilen işletmenin ötesine geçerek Şekil 2.2.'deki gibi bütüne bakabilmeyi; yani, “kavramsal boyuttan ayrıntılı tasarıma ve fiili uygulamaya, ilk satıştan sipariş girişleri ve üretim çizelgeleriyle teslimata ve uzaklarda üretilmiş hammaddelerden, müşterinin elindeki ürüne dönüşümü gerçekleştirerek, belli bir ürünün yaratılıp üretilmesini sağlayan faaliyetler kümesine bakabilmeyi” gerektirmektedir (Womack ve Jones, 2002).



Şekil 2.2. Tipik sipariş tamamlama (yerine getirme) değer akışı (Baggaley ve Maskell, 2003)

Baggaley ve Maskell'e göre (2003) yalın bir işletme, ürünün düzenli bir şekilde akışını sağlama amacı ile gerçekleştirilen iş adımlarının tüm akış boyunca birbirleriyle olan bağlantısını kabul eder. Geleneksel işletme ile yalın işletme yönetim odağı arasındaki temel fark budur. Geleneksel yönetim kavramı şirketi üretim departmanları ile organize etmeye ya da yönetmeye odaklanır. Böylece, her departman bir sonraki sürece ya da departmana hizmet vermek için düzenli bir akış üretmekten ziyade verimliliği arttırmak amacıyla tasarlanır. Yalın bir işletme yönetiminde ise başlıca amaç, değer akışını müşterinin ihtiyaçlarına tam zamanında cevap verebilecek şekilde tanımlamaktır.

2.6.3. Akış

Değer tam olarak tanımlanınca, belli bir ürün ya da ürün grubu için değer akış haritasını hazırlayarak akış üzerinde israfa yol açan aşamaları ortadan kaldıran yalın işletmede, yalın düşüncenin bir sonraki aşaması yani “geride kalan, değer yaratan aşamaların sürekli bir akış halinde olmasının sağlanması” başlatılabilir (Womack ve Jones, 2002).

Akış düşüncesi yalın üretime geçişte önemlidir. Eğer bir şey sürece dahil edilmediği halde değer yaratıyorsa, mümkün olan en kısa sürede bir akış oluşturularak içine dahil edilmelidir. Durum böyle değilse israf, gereksiz hareket ya da taşıma ya da stok şeklinde ortaya çıkarak gitgide çoğalmaktadır (Poppendieck, 2002).

Sürekli akış kavramı ideal durumda parçaların işlenip, bir işlem adımından diğerine doğrudan, her defasında tek parça şeklinde iletilmesi anlamına gelir (Rother ve Harris, 2001). Akış ilkesinin potansiyelini ilk algılayanlar Henry Ford ile ortakları olmuştur. Ford, 1913 yılı sonbaharında, T model arabanın montaj süreci için gerekli çabayı, son montaj hattında sürekli akış ilkesini uygulayarak yüzde 90 oranında azaltmıştır. Yalnız Henry Ford’un bu buluşu sadece özel koşullarla sınırlı kalmıştır (Womack ve Jones, 2002).

II. Dünya Savaşı’ndan sonra, Taiichi Ohno ile aralarında Shigeo Shingo’nun da bulunduğu teknik asistanları, asıl sorunun bir üründen milyonlarca yerine, onlarca ya da yüzlerce talep edilen ufak-parti üretimi ortamlarında sürekli akışı gerçekleştirmek olduğu konusunda görüş birliğine varmışlardır. Ohno ve arkadaşları, düşük hacimli üretim ortamlarında, çoğunlukla montaj hatları da kullanmadan, ancak bir üründen diğerine geçişteki işlemlerini hızlandırıp, tezgah boyutlarını “düzelterek” ve böylece farklı süreç aşamalarını (kalıp, boyama ve montaj gibi) hemen birbiri ardı sıra gerçekleştirip, işlenmekte olan ürünün sürekli bir akış halinde tutulmasını sağlayarak üretimde sürekli akış elde edebilmişlerdir (Womack ve Jones, 2002).

2.6.4. Çekme

Değer akışındaki israfı yok ettikten ve sürekli akışı sağladıktan sonra, müşteri talebine cevap verme hızı git gide artacaktır. Bunun anlamı, müşteriye çoğunlukla istemediği bir ürünün *itilmesi* yerine müşterinin ürünü istediği zaman *çekmesinin* sağlanabileceğidir.

En basit tanımıyla çekme, sonraki aşamalarda yer alan müşteri istemeden, önceki aşamalarda hiçbir şekilde ürün ya da hizmet üretilmemesidir. Çekme düşüncesindeki mantığını anlamının en iyi yolu, işe müşterinin belli bir ürün için yaptığı taleple başlamak ve ürünün müşteriye ulaşmasına kadar geçen tüm aşamaları geriye doğru incelemektir (Womack ve Jones, 2002). Çekme sistemi, tahmine dayalı bir sistemin tersine, tüketime ya da müşteri talebine dayalı bir sistemdir. Carreira' ya göre (2005) böyle bir sistem ile işletme müşteri isteklerine anında cevap verebilecek duruma gelir, ürün kalitesi artar, her bir iş istasyonuna çizelge hazırlama gereksinimi ortadan kalkar ve sistemdeki stok miktarı önemli ölçüde azalır.

2.6.5. Mükemmellik

İşletmeler değeri doğru tanımlamaya başlayıp, değer akışını belirleyerek, ürün bazında değer yaratan aşamaların sürekli akışını ve müşterilerin değeri çekmesini sağladıklarında her şey daha şeffaf hale gelmektedir. Şeffaflık mükemmelliğin en önemli hızlandırıcısıdır. Yalın sistem içerisindekiler (imalatçılar, sistem bütünleştiricileri, tedarikçiler, montajcılar, dağıtıcılar, müşteriler) bütünü görebildikleri için değer yaratmanın daha iyi yollarını bulmak kolaylaşmaktadır (Womack ve Jones, 2002).

Muhtemelen yalın düşüncenin en önemli ilkesi israfı sürekli olarak minimize etmeye çalışmaktır. Burada farklılık, israfın ne olarak tanımlandığıdır. İstenilen durum israf yaratan faaliyetleri, fazladan değer yaratmaya ayrılan kaynakları ve boşa harcanan çalışma süresini yok etmektir. “Daha azla daha çok” insanların daha ağır koşullarda çalışmasını ya da işlerine son verilmesini ifade etmemektedir. Bunun anlamı, daha az kaynak yatırımı ile müşteri

memnuniyetinde artış, pazar payında büyüme, şirket için daha fazla kar, çalışan sayısında istikrar gibi gelişmelerle birlikte üretimde artış sağlamaktır (Carreira, 2005).

Yalın düşünce ile mükemmelliğe ulaşmak uzun vadede mümkün olsa da yapılan gözlemler ve kıyaslama çalışmaları hemen algılanabilecek önemli gelişmeler sağlanabileceğini göstermiştir (Womack ve Jones, 2002). Bunlar:

- Seri üretim sistemi, ürünü müşterinin çektiği sürekli akış sistemine dönüştürüldüğünde, işgücü verimliliğinde artış sağlanmakta ve işleri tamamlama süresi ile sistemdeki stok % 90 oranında azaltılmaktadır.
- Müşteriye ulaşan hatalı ürünler ve üretim süreçlerindeki hurda oranları ve iş kazalarında yarı yarıya azalma gerçekleşmektedir.
- Yeni ürünleri pazara sunma süreleri yarıya inmekte ve ürün grupları çerçevesinde çok düşük ek maliyetlerle ürün çeşitliliği artmaktadır.
- Sermaye yatırımları son derece mütevazı düzeylerde kalmaktadır.

Bu gelişmeleri, mükemmellik yolunda *kaizen* ile sağlanacak sürekli ve ufak iyileştirmeler izleyecektir. İşletmeler değer akışının yeniden düzenlenmesiyle, iki-üç yıl içinde verimlilik oranlarını ikiye katlayıp, stokları, hata oranlarını ve ön süreleri yarıya indireceklerdir. Ondan sonra kısa vadeli gelişmeler ile kaizen uygulamaları birleşimi, sonsuz iyileştirmeler getirecektir.

3. ETKİLİ YALIN TEKNİK VE ARAÇLAR

Yalın tekniklerin metodolojisi bir dizi sürekli iyileştirme prosedür ve yöntemlerinden oluşmaktadır. Yalın teknik ve araçların asıl amacı, üretim sürecinde değer katmayan faaliyetleri ya da israfı ortadan kaldırarak üretim maliyetlerini azaltmak ve böylece verimliliği arttırmaktır. Ana yöntemler, işletmenin değer akış zincirini analiz etmek için değer akış haritalama, müşteri talebine uyum sağlamak için takt zamanı, üretim planlama için hat dengeleme, üretim dengeleme (seviyelendirme) ve itme sistemi yerine çekme sistemi kullanmaktır (Liu ve Chiang, 2009).

Değer akış haritalama, yalın dönüşümden fayda sağlamak için gerçekleştirilecek iyileştirme faaliyetlerini yönlendiren bir araçtır. Değer akış haritalamadaki amaç, uygulayıcılara, oluşturulan her bir haritada israfları tespit ederek, israf kaynağını ortadan kaldırmak için uygun bazı yalın kavram ve tekniklerin bir araya getirilip kullanılmasında yardımcı olmaktır. *Takt zamanı* bir birim ürün üretimi için gerekli referans süredir. *Hat dengeleme* operasyonların iş istasyonlarına atamasını dengelemektir. *Üretim dengeleme* üretim seviyesini müşteri talebi çeşitliliğine uyarlayarak dengelenmiş bir çizelge yaratmaktır.

Yalın üretimin sıfır hata sıfır stok felsefesini destekleyici tekniklerden biri tam zamanında üretimdir. *Tam zamanında üretim*; arıza, hata, israf ve kayıpların önemli ölçüde ortadan kaldırılmasına olanak vermekte, dolayısıyla verimlilikte kayda değer bir artış sağlamaktadır (Ohno, 1996.).

Tam zamanında üretim ile ilişkilendirilmiş iki yöntemden ilki *kanbandır*. Japoncada kart ya da sinyal anlamına gelen bu kavram, üretim için gereken parçaların gerektiği zamanda ve gerektiği miktarda temini için kullanılan bir araçtır. İkincisi *otonomasyon* yalın üretim sisteminin sıfır hata hedefine ulaşabilmek için kullanılan bir tekniktir. Geleneksel kalite kontrol yöntemlerine alternatif olarak geliştirilen bu tekniğin felsefesi, üretimde ortaya çıkması muhtemel hataların tekrarlanmamasıdır. Hattaki sorunu çözme sorumluluğu operatördedir. *5 neden soruları* bu aşamada kullanılır (Acar, 1995; Sakai ve ark., 2008). *Foolproof* (üretim hattının durdurulmasında kusursuz sistemler) dedektör, engelleyici cihaz, sinyal cihazı v.b kullanarak üretimde operatörün gözünden

kaçması muhtemel hataları saptayacak şekilde tasarlanan sistemlerdir. Kalite kontrol seviyesini destekleyici araçlardan *poka-yoke*'nin kullanım amacı; uyarı panoları, sayaçlar, sensörler yardımıyla operatör dikkatsizliğinden kaynaklanan hataların minimize edilmesidir. *Görsel kontrol*, otonomasyon uygulamasında üretim hattının durumu ya da üretim akışını izlemek amacıyla bir ışık ya da görsel bir sinyalden faydalanan bir kalite kontrol aracıdır (Acar, 1995). *Andon*, herhangi bir anormallik ya da arıza görüldüğünde bandı durdurmakta kullanılan ve üretim süreci üzerinde doğrudan denetim sağlayan ışıklı bir görsel kontrol aracıdır.

Talebin esneklik yoluyla karşılanması (Shojinko), üretim için gerekli işgücü sayısını talepte meydana gelebilecek değişikliklere göre ayarlamaktır. Shojinko kavramının gerçekleştirilebilmesi üç temel ön koşula bağlıdır (Acar,1995). Bunlar: hücreyel yerleşim planı (U tipi yerleşim planı), çok fonksiyonlu işgücü ve standart iştir. *U tipi yerleşim planı*, operatörlerin gereksiz hareketlerini engellemek için makinelerin U şeklinde yerleştirilmesidir. *Çok fonksiyonlu işgücü* çalışanların her türlü süreçte, her türlü işi yapabilecek şekilde eğitilmiş olmasıdır. *Standart iş* bir görevi yerine getirmek için gerekli çevrim zamanı, takt zamanı, görevlerin iş sırası ve elde bulundurulması gereken minimum parça stoğunu belirleyen ayrıntılı tanımlamadır (Womack ve Jones, 2002).

Toplam üretken bakım, üretim sürecindeki her makinenin, üretimi asla aksatmayacak şekilde kendinden beklenen görevi yerine getirmeye daima hazır olmasını sağlayan bir dizi yöntemdir (Womack ve Jones, 2002). *5S*, görsel kontrol ve yalın üretime uygun bir çalışma ortamının yaratılmasında kullanılan S harfiyle başlayan beş terimden oluşan bir tekniktir. Bunlar: Seiri-sınıflandır, Seiton-düzenle, Seiso-temizle, Seiketsu-standartlaştır, Shitsuke-sistemi koru. *Tekli dakikalarda kalıp değiştirme* (Single Minute Exchange of Die), kesintisiz akışı sağlayabilmek için makine hazırlık sürelerinin kısaltılmasıdır. *Tek parça akış* parçaların bir işlem adımından diğerine doğrudan ve her defasında tek parça şeklinde iletilmesi anlamına gelmektedir.

3.1. Yalın Üretimi Uygulamada Ön Koşullar

Chen ve Meng (2010) çalışmasında, işletmelerin yalın üretimi sistematik olarak uygulamasına yardımcı olacak “değer akış haritalama tabanlı bir yalın üretim sistemi” (Bkz. Şekil 3.1.) önermiştir. Bu sistem, bir altyapıdan ve genellikle israfı tespit edip ortadan kaldırmak için kullanılan bir dizi yalın teknikten meydana gelmektedir. Bir firma için yalın üretimi uygulama ön koşulları ve altyapısı aşağıdaki gibidir (Chen ve Meng, 2010; Womack ve Jones, 1990):

- **Yalın düşünce ile iş stratejisini birleştirme:** Yalın düşünce, sadece müşteri için değer yaratan ya da değer katan, müşterinin bedelini ödemeye gönüllü olduğu şeyleri yapmaktır. Bunun dışındaki faaliyetlerin tümünün israf olduğu akıldan çıkarılmamalıdır. Aynı zamanda, yalın düşünce yalnızca bir işletmenin iş stratejisiyle birleştirildiğinde etkin hale getirilebilir, aksi takdirde görünürde ve araç seviyesinde kalacaktır.
- **Tedarikçiler ve müşterilerle işbirliği:** Yalın üretimin nihai hedefi, çekme sistemi yaratmaktır. İşletmeler müşterilerini ve tedarikçilerini birer ortak gibi görmeli ve yalın tedarik zincirinden elde edeceği faydaları birlikte gözden geçirmelidir. Yalın üretimi uygularken, tedarikçiler ve müşterilerle işbirliği yapılmalıdır, aksi takdirde çekme sistemi ve tam zamanında üretim doğru bir şekilde gerçekleşmeyecektir.
- **Yönetimin kararlılığı:** İşletme, yalın dönüşüm sürecinden geçerken yöneticilerin baskıcı yönetim tarzını geride bırakıp koçluk rolünü üstlenmeleri ve böylece çalışanların daha aktif ve istekli hale gelmeleri kritik bir geçiş noktası oluşturacaktır. Kendi kendini sürdürebilen bir işletmenin yaratılmasında asıl olan bu geçiş noktasıdır. Farklı yönetim seviyeleri yalın üretime tam, gerçek ve gözle görülür bir destek vermelidir. Bu, yeterli miktarda kaynak sağlama, yalın üretim alanını ziyaret etme, denetleme ve önemli bir başarı karşılığında ödül gibi farklı yollarla yapılabilir.

- **Çalışanların katılımı:** Yalın üretim uygulamasında tüm çalışanların katılımı kritik bir öneme sahiptir. Dahası, çalışanların iş alışkanlıkları davranışlarını etkileyecek ve davranışlar başarı ya da başarısızlığa sebep olacaktır. Bu yüzden çalışanların iş alışkanlıkları yalın standartlara uyum sağlayacak şekilde değiştirilmelidir. Çalışan, sürekli iyileştirme çalışmalarını yönetir, günlük kontrolleri tamamlar ve sonuçları belgelendirir, böylece yalın üretimle meşgul olurken kendine olan güveni de artmaktadır.



Şekil 3.1. Değer akış haritalama tabanlı yalın üretim sistemi (Chen ve Meng, 2010)

3.2. Değer Akış Haritalama

İsrafları yok etmeden önce bunları görmeyi öğrenmek gerekmektedir. Eğer israf tanımlanabilirse ancak o zaman yok etmek amaçlanabilir. İlk önce, müşteriler tarafından algılanan değer belirlenir, sonra değer akışı haritalandırılır. Değer akışı haritalandırdıktan sonra değer aktığı yerlerde, yani israf yaratan yerler haricinde gelecek durum geliştirilmekte ve iyileştirilmektedir. Daha sonra müşteri çekme sistemi devreye girmekte ve sadece bu durum oluştuğunda üretim yapılmaktadır. Döngünün tamamlanması için, tekrar yeni gelecek durum haritaları yaratılmakta ve sürdürülebilir mükemmellik için sürekli olarak geliştirilmektedir (Duggan, 2002).

Değer akışı haritası (DAH), yalın yolculuğun başlangıç aşamasında kullanılan temel değerlendirme aracıdır (Carreira, 2005). DAH, bir ürünün geçtiği değer akışı boyunca ortaya çıkan malzeme ve bilgi akışını görmeye, anlamaya yardımcı olan, sadece kurşun kalem ve kağıt gerektiren bir teknik veya araçtır (Chen ve Meng, 2010).

DAH, akış içindeki her bir süreci tanımlamaya, organizasyonun karmaşıklığı içinden onları çekmeye ve tüm değer akışını yalın ilkelere göre yaratmaya olanak sağlamaktadır. Değer akış haritalamada amaç, araştırmacılara ve uygulayıcılara israfı tespit edip yok etmek için uygun yöntemler bulmada ve bir takım yalın araç ve tekniklerin bir araya getirilip kullanılmasında yardımcı olmaktır (Liu, 2009).

Değer akış haritalama, bir ürünün hammadde halinden müşterinin eline geçinceye kadar ya da tasarım akışı yoluyla kavramdan, üretime başlayıncaya kadar gerekli olan faaliyetleri, hem de bu faaliyetler arasındaki bilgi, ürün ve malzeme akışını grafik şeklinde çizmek için etkili bir araçtır (Morgan ve Liker, 2007). Chen ve Meng (2010) yalın üretim uygulamasını başarıyla gerçekleştiren şirketlerin uygulamaları ile ilgili araştırmasında, değer akış haritalama ile israf yaratan süreç ya da adımların % 50 oranında yok edilerek, çevrim süresinin % 30 oranında kısaltılabileceğini, değişkenliğin % 30'dan % 5'e kadar azaltılabileceğini ve ürün kalitesinin mükemmel bir şekilde iyileştirilebileceğini göstermiştir. Singh ve Sharma (2009), yalın üretim uygulamalarında değer akış haritalamadan nasıl

fayda sağlanacağını göstermeyi amaçlayan bir örnek olay üzerinde çalışmış ve sonuçta üretim akış süresinde (lead time) % 92.58, süreçler arası stok miktarında % 97,1 ve gerekli işgücünde % 26,8 azalma elde etmiştir. Allen ve Wigglesworth (2009) bir ilaç sektöründe çevrim süresini azaltmak için değer akış haritalama ile birlikte yalın altı sigma tekniklerini kullanmıştır.

3.2.1. Değer akış haritalama nedenleri

Değer akış haritalamada amaç, ürünün geçtiği işlemlerin mevcut durumunu tanımlamak, israfı analiz etmek, arzu edilen bir gelecek durum tasarlamak ve gelecek duruma ulaşabilmek için detaylandırılmış bir uygulama planı oluşturmaktır (Carreira, 2005).

Değer akış haritası ile bütün süreci göz önünde canlandırmak mümkündür; bu, daha sonra temel süreçlerde iyileştirmeler yapmayı ve böylece gelecek durum değer akış haritasına ulaşmayı sağlar. Mevcut durum temeldir, gelecek durum ulaşılacak istenilen yerdir (Morgan ve Liker, 2007). Rother ve Shook (1999) 'a göre değer akış haritalama nedenleri aşağıdaki gibidir.

- Üretimdeki tek bir süreçten; montaj, kaynak vb. daha fazlasını görmeye yardım eder.
- İsraftan daha fazlasını görmeyi sağlar. Değer akış yollarındaki israf kaynaklarını görmeye de yardımcı olur.
- Bütün katılımcılar için üretim süreçleri ile ilgili ortak bir dil görevi görür.
- Akışla ilgili kararlar görünür olduğu için üzerinde tartışılabilir. Aksi takdirde, sahada alınan birçok karar hatalı olabilir.
- Yalın kavramlar ile teknikleri birbirine bağlar.
- Uygulama planı için temel oluşturur. Değer akışı haritaları, “kapıdan-kapıya” bütün akışın nasıl işleyeceğinin tasarlanmasına yardım ederek yalın uygulama için plan oluşturmada yardımcıdır.
- Bilgi akışları ve malzeme akışları arasındaki ilişkiyi gösterir.

- Katma değer yaratmayan adımlar, temin süresi, kat edilen mesafe, stok seviyesi gibi sayısal değerler üreten birçok nicel teknikten ve yerleşim planları hazırlamaktan daha faydalı bir tekniktir.
- Değer akışı haritalama, akışı yaratmak için işletmenin nasıl çalıştırılması gerektiğini çok detaylı bir şekilde tanımlamayı sağlayan nitel bir araçtır.

3.2.2. Değer akış haritalama süreci

3.2.2.1. Malzeme ve bilgi akışı

Üretim akışı içinde ilk akla gelen, fabrika içindeki malzeme hareketi akışıdır. Fakat her sürece daha sonra ne yapacağını söyleyen diğer bir akış, bilgi akışıdır. Yalın üretimde bilgi akışı da malzeme akışı (fiziksel akış) da aynı öneme sahiptir. Her ikisini de haritalandırmak gerekir (Rother ve Shook, 1999).

Bilgi akışı, müşteri tahmini ile ilgili veriyi toplar ve bu bilginin işletme içinde nasıl hareket ettiğini, ayrıca tahmin bilgisinin tedarikçilere nasıl iletildiğini gösterir. Fiziksel akışlar, tedarik edilen hammaddeler/parçalar ve iç süreçlerle ilgilidir. Bu iç süreçler talep üzerine gelen hammadde bilgileri ve teslimat sayısı, teslimat miktarları, paketleme ve tedarik süresi bilgileridir. İç süreçler, üretimde gerçekleştirilen her adımın işleme süresi, her proses için makine arıza süresi (downtime), depolama noktaları, yeniden işleme (rework) döngüsü, çevrim süresi, hazırlık zamanı (set-up time), operatör sayısı ve günlük operasyon süresi v.b. gibi işletme içindeki anahtar adımlarla ilgili bilgiyi kullanmaktadır (Sullivan ve ark., 2002).

3.2.2.2. Ürün ailelerinin belirlenmesi

Yalın üretim uygulamalarını başlatmak için alınması gereken ilk kararlardan biri hatta üretilecek ürünlerin seçimidir. Üretimi yapılacak ürün ailesini belirlemek, uygulama ekibinin bu ürünlerin üretiminde kullanılan malzemeler ve imalat süreçlerini bilme gerekliliği kadar önemlidir (Hobbs, 2004).

Ürün ailesi, aynı ya da benzer süreç adımlarından geçen, ortak ekipman kullanan ürün ya da hizmet grubudur (Manos, 2006; Rother ve Shook, 1999).

Genel olarak partiler halinde birçok ürün ailesine hizmet eden ve üretimin ilk aşamalarında yer alan süreçlere bakarak ürün aileleri tanımlanmamalıdır. Seçilen ürün ailesinin ne olduğu, ürün ailesi içinde kaç tane farklı bitmiş parça numarası olduğu, müşteri tarafından ne kadar ve ne sıklıkta istendiği açıkça yazmalıdır. Rother ve Shook (1999) *Görmeyi Öğrenmek* isimli kitapta, ürün karmasının yüksek olması durumunda çizelge 3.1’deki gibi montaj adımları ve ekipmanların bir ekseninde, ürünlerin diğer ekseninde bulunduğu bir matris oluşturmayı önermiştir.

Çizelge 3.1. Ürün ailesi matrisi örneği (Rother ve Harris, 2001)

		Montaj Adımları ve Makineler							
		Son Şekil	Delme	Kaynak	Bükme	Alt Montaj	Son Montaj	Kıvrırma	Test
Ürünler	Otomotiv	X				X	X	X	X
	Kamyon S	X			X	X	X	X	X
	Kamyon L	X			X	X	X	X	X
	Kamyon A	X			X	X	X	X	X
	Ağır Kamyon		X	X	X				X
	Ağır Ekipman	X	X	X	X				X

Ürün aileleri tanımlandıktan sonra üretim miktarı, işletmenin net karına katkısı, işletme için önem derecesi, pazardaki yeri, satış miktarı, kazancı artırma potansiyeli gibi ölçütler göz önünde bulundurularak önem sırasına göre sıralanmalıdır. Daha sonra, yapılan önceliklendirmeye göre yalın üretimin uygulanacağı bir ürün hattı seçilmelidir (Chen ve Meng, 2010). Haritalandırılacak ürün ailesinin seçiminde her işletmenin kendine göre farklı nedenleri olabilmektedir. Manos (2006), değer akış ekibinin bir ürün ailesi seçerken göz önünde bulundurabileceği bazı kriterler belirlemiştir. Bunlar; yapılan yatırımın büyüklüğü, teslimat süresinde ya da stok miktarındaki azalışa etkisi, müşteri üzerindeki etkisi, başarı sağlama olasılığı, üretim hacmi ya da miktarıdır.

3.2.2.3. Değer akış ekibi

Bir değer akış haritası yaratmanın en iyi ve muhtemelen en kolay yolu, işletmede farklı denetim (supervisory) veya yönetim seviyelerindeki üyelerden oluşan görevler arası fonksiyonel bir takım oluşturmaktır (Manos, 2006).

Çoğu üst düzey yöneticinin ilk hareketi, en iyiler bir araya getirildiğinde kesinlikle başarıya ulaşılacağı düşüncesi ile ekibe, yüksek potansiyelli yöneticileri dahil etmek olmaktadır. Çoğu durumda bu doğru değildir. Yöneticiler, sistemdeki standart veri ve bilgi akışını analiz etme yeteneğine sahip olsalar bile, gerçek sürecin detaylarını anlama güçlüğü çekebilmektedirler. Atölyede gerçekleştirilen süreçler, standart verilere bakarak gözlerinde canlandırdıkları süreçlerden tamamen farklıdır. Gerçekte yapılan işin ne olduğunu ve detaylarını anlayanlar, o işi her gün yapan kişilerdir. Ekip farklı yönetim seviyelerinden, üretim, mühendislik, satın alma, üretim kontrol konularında tecrübeli kişilerden, montaj ve makine atölyesi mevcut çalışanlarından oluşmalıdır (Carreira, 2005).

3.2.2.3.1. Değer akış yöneticisi

Yalın bir işletme, ürünün düzenli bir şekilde akışını sağlama amacı ile gerçekleştirilen iş adımlarının, tüm akış boyunca birbirleriyle olan bağlantısını kabul etmektedir. Yalın üretim şirket içinde belirli bir olgunluğa ulaştığında, değer akışını yönetme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, değer akışı ile ilgili kar ve zarar sorumluluğunu, izole edilmiş fonksiyon alanlarından kurtulmak için ürün ailesinin değer akışını anlama ve iyileştirme sorumluluğunu üstlenecek bir kişiye ihtiyaç vardır (Baggaley ve Maskell, 2003).

Rother ve Shook (1999) değer akış yöneticisini, yalın uygulamaların gelişimini üst yönetime raporlayan, mevcut ve gelecek durum haritalarının çizilmesini ve devamında bir uygulama planı oluşturulmasını yönlendiren, günlük ve haftalık olarak değer akışı boyunca yürüyerek denetim yapan, uygulama planını düzenli olarak güncelleyen ve sonuçlara göre hareket eden kişi olarak tanımlamaktadır.

3.2.2.3.2. Veri toplama

Değer akışını haritalamaya geçmeden önce, değer akışındaki süreçler ile ilgili veri toplanmalıdır. Bu süreç verileri; çevrim süresi, süreçler arası stok miktarı (WIP), arıza süresi, model değiştirme süresi, üretim akış süresi, operasyonlar arası mesafe v.b. gibi yalın ölçütleri içermektedir. Çevrim süresi belirtmede “değer katan süre” ve “değer katmayan süre” veri analizi ve süreç iyileştirmede kullanılacak değerlerdir. Süreç verilerini işletmenin ihtiyacına göre daha da detaylandırmak mümkündür. Haritalama devam ederken, üretim alanının yerleşim planı, çalışanın üretimi gerçekleştirirken yaptığı hareketleri görselleştiren spagetti diyagramı, çalışan sayısı, ürün gruplarına göre yıllık satış miktarları, organizasyon yapısı, tedarikçi bilgileri gibi verilere de ihtiyaç olmaktadır.

Mevcut durum haritasının çizimi aşamasında değer akış ekibi, hedeflerini belirlemede yardımcı olacak yalın ölçütleri belirlemelidir. Belirlenecek ölçütler açık olmalı ve işletmenin iş stratejisi ile uyuşmalıdır. Yalın değer akışında kullanılan başlıca yalın ölçütler şunlardır (Rother ve Shook, 1999):

Çevrim süresi (C/T Cycle Time): Bir birim ürünün üretilmesi için gereken zaman ya da bir sürecin parça veya ürün tamamlama sıklığıdır.

Katma değer süresi (V/A Value Added Time): Bir birim ürün üretiminde, müşterinin parasını ödemeye istekli olduğu iş elamanlarının gerçekleştirilme süresidir.

Değer yaratmayan süre (NVA/T Non-Value Added Time): Bir ürüne maliyet eklediği halde, müşterinin açısından değer yaratmayan faaliyetler için harcanan süredir.

Üretim akış süresi (L/T Lead Time): Bir parçanın değer akışında başlangıçtan bitiş hareketi boyunca geçen süredir.

Makine kullanım oranı (Uptime): Üretim sürecinde makine kullanım oranıdır.

Model değiştirme süresi (C/O): Bir modelden diğerine geçiş süresidir.

Üretim parti büyüklüğü (EPE-Every Part Ever): Üretim parti büyüklüğünün ölçüsüdür. Örneğin her üç günde bir, bir üründen diğerine model değiştiriliyorsa üretim parti büyüklüğü “üç günlük parça” demektir.

Operatör sayısı: Üretimi gerçekleştirmek için ihtiyaç duyulan kişi sayısıdır.

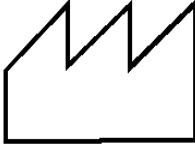
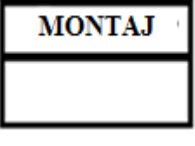
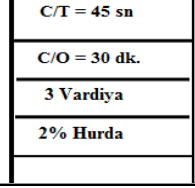
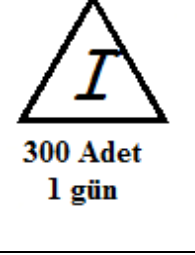
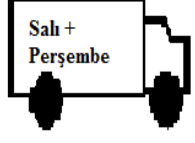
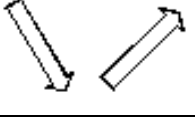
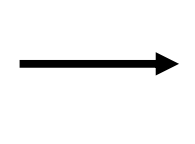


Kullanılabilir çalışma süresi: Bir vardiyadaki çalışma süresinden sosyal ihtiyaç, mola, toplantı vb. düşülmüş süredir (saniye cinsinden).

3.2.2.4. Mevcut durum değer akış haritası

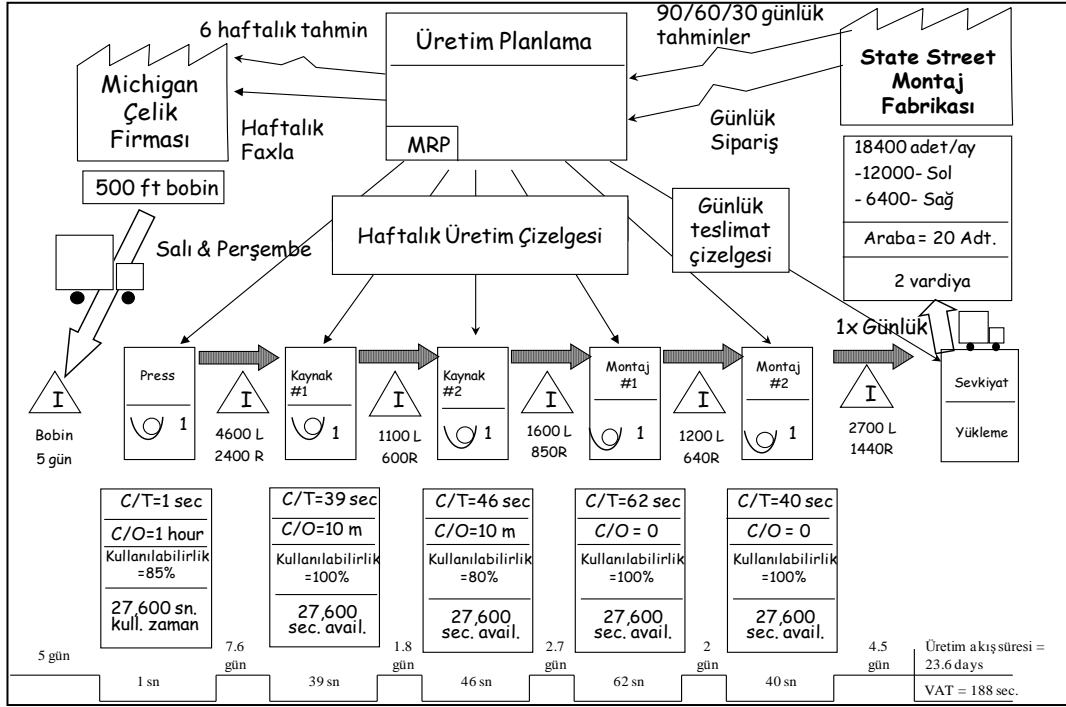
Mevcut durum değer akış haritasını oluşturma amacı, seçilen ürün ailesinin değer akışı ile ilgili kesin ve gerçek zamanlı verileri görselleştirmektir. Mevcut durum haritası ile şu an içinde bulunulan durum ortaya çıkmakta ve gelecekte ulaşılmak istenen durumun geliştirilmesi mevcut durumun analizi ile başlamaktadır. Harita, süreçleri ve akışları göstermek için bir dizi sembol/ikon kullanarak, malzeme ve bilgi akışı ile neyin gerçekleştiğini göstermektedir. Hem mevcut durum hem de gelecek durum değer akış haritasını oluşturmada kullanılan semboller Ek-1’de verilmiştir.

Çizelge 3.2’de temel değer akış süreçlerini, takımı, tedarikçiyi, müşteriye ve üretim kontrolünü listeleyen, mevcut durum haritasının iskeletini oluşturmak için kullanılan haritalama adımları, ilgili sembollerle birlikte ayrıntılarıyla açıklanmıştır. Ayrıca şekil 3.2’de mevcut durum değer akış haritasına bir örnek verilmiştir.

Çizelge 3.2. Mevcut durum değer akış haritalama süreci ve sembolleri (Rother ve Shook, 1999)

	<p>Haritalama müşteri istekleri ile başlar. Müşterinin montaj fabrikası haritanın sağ üst köşesinde fabrika sembolü ile gösterilir.</p>
	<p>Haritalamanın diğer adımı, ana üretim proseslerinin çizimidir. Bir prosesi göstermek için proses kutusu kullanılmaktadır.</p>
	<p>Değer akışı boyunca gelecek durumun nasıl olacağına karar vermede önemli olacağı düşünülen veriler toplanır. Bu nedenle her bir proses kutusunun altına bilgi/veri kutusu çizilir.</p>
	<p>Ürünün malzeme akışını incelerken stokların biriktirildiği yerler görmek olasıdır. Akışın nerede durduğunu gösteren bu noktaların mevcut durum haritasında çizilmesi önemlidir. Stokun yeri ve miktarını göstermek için uyarı üçgeni sembolü kullanılır.</p>
	<p>Kamyon sembolü bitmiş ürünün müşteriye hareketini gösterir. Eğer ihtiyaç duyulursa demiryolu ve hava yolu taşıması için semboller üretilebilir.</p>
	<p>Kalın ok hammaddenin fabrikaya girişini ya da bitmiş ürünün müşteriye hareketini gösterir.</p>
	<p>Fabrika, fabrikadaki prosesler ve ne zaman ne kadar üretim yapacaklarını nasıl bilecekler? Değer akışının ikinci boyutu da bilgi akışıdır. Bilgi akışını göstermek için ince çizgi kullanılır.</p>
	<p>Elektronik bilgi akışını göstermek için bilgi akışı çizgisi şimşek şeklinde gösterilmektedir.</p>
	<p>Birçok atölye yöneticisi stokları sayar ve bu bilgiye göre program düzeltmeleri yapar. Bu, git gör çizelgeleme olarak isimlendirilmekte ve gözlük sembolü ile gösterilmektedir.</p>

Mevcut durum haritası üzerinde çalışırken katılımcılar, israflar nerede? ve etkili karşı önlemler geliştirmek için ilkelerimizi nasıl kullanabiliriz? diye sorgulamaya başlamalıdır. Bu tamamlandıktan sonra, ekip sürecinin gelecek durum haritasını hazırlamaya başlayabilir (Morgan ve Liker, 2007).



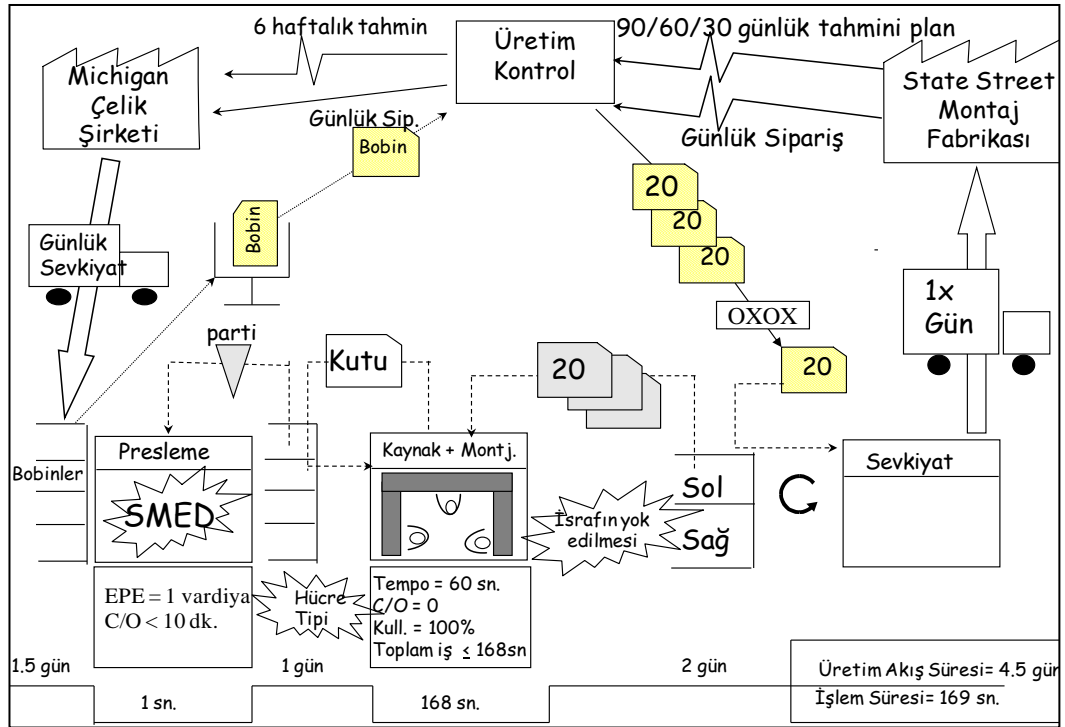
Şekil 3.2. Mevcut durum değer akış haritası örneği (Rother ve Shook, 1999)

3.2.2.5. Gelecek durum değer akış haritası

Değer akış haritalamanın bir sonraki aşaması, önerilen gelecek durumu haritalandırmaktır (Rother ve Shook, 1999; Sullivan ve ark., 2002). Ekip mevcut durum haritası tamamlandığı andan itibaren, gelecek durum haritasını oluşturmaya geçebilir. Realist bir gelecek durum haritası geliştirebilmek için ekip üyelerinin yalnız ilkeler hakkında bazı temel eğitimlerden geçtiğinden emin olunmalıdır. Farklı yazarlar, gelecek durum haritası oluşturmada rehberlik edecek sorular geliştirmiştir. Burada önemli olan yapılan işin türüne uygun soruların seçilip cevaplanmasıdır (Manos, 2006). Gelecek durumu oluşturmada rehberlik edecek anahtar sorular aşağıdaki gibidir (Rother ve Shook, 1999).

- Takt zamanı nedir?
- Müşterinin ürünü çektiği bitmiş ürün süpermarketi mi kurulacak ya da doğrudan sevkiyata mı üretim yapılacak?
- Sürekli akış sistemi üretim akışı içinde nereye kurulabilir?
- Değer akışında süpermarket çekme sistemine ihtiyaç var mı?
- Üretim zinciri üzerinde hangi noktada (pacemaker proses) üretim çizelgeleme yapılacak?
- Pacemaker proseste (üretim temposunu ayarlayan süreç) üretim karması nasıl seviyelendirilecek?
- Pacemaker prosese hangi miktarda iş gönderilip çekilecek?
- Gelecek duruma ulaşmak için gerekli diğer iyileştirmeler nelerdir?

İlk beş soru gelecek durum değer akış haritasının çizimiyle ilgili temel konuları kapsamaktadır. Sonraki iki soru, üretim kontrol sisteminin ayrıntıları (örneğin, üretim dengeleme) gibi teknik uygulamalarla ilişkilendirilmiştir. Son soru mevcut durumdan gelecek duruma geçmek için gerekli sürekli iyileştirme çabalarının tanımlanması ile ilgilidir (Sullivan ve ark., 2002). Şekil 3.3.'te gelecek durum değer akış haritasına bir örnek verilmiştir.



Şekil 3.3. Gelecek durum değer akış haritası örneği (Rother ve Shook, 1999)

3.3. Kaizen

Kaizen, Japon yönetiminde en önemli kavramdır ve Japonya'nın rekabetteki başarısının anahtarıdır. Kaizen üst yönetimden çalışanlara kadar herkesi kapsayan bir sürekli iyileştirme stratejisidir. Kaizen, herhangi bir kuruluşta sorunların varlığının anlaşılmasıyla başlar ve herkesin sorunları kabul edebildiği bir şirket kültürü oluşturarak problemlere çözüm getirilmesini öngörür. Kaizen iyileştirme için müşteriye yönelik bir stratejidir. Kalite, maliyet, müşteri talebinin karşılanması alanlarındaki iyileştirmeleri esas alır (Imai, 1994).

3.4. Tam Zamanında Üretim

Yalın üretim sisteminin temel düşüncesi, israfların tamamen ortadan kaldırılmasıdır. Bu düşüncenin iki temel taşı; “tam zamanında üretim” ve “otonomasyon (Jidoka)” dur.

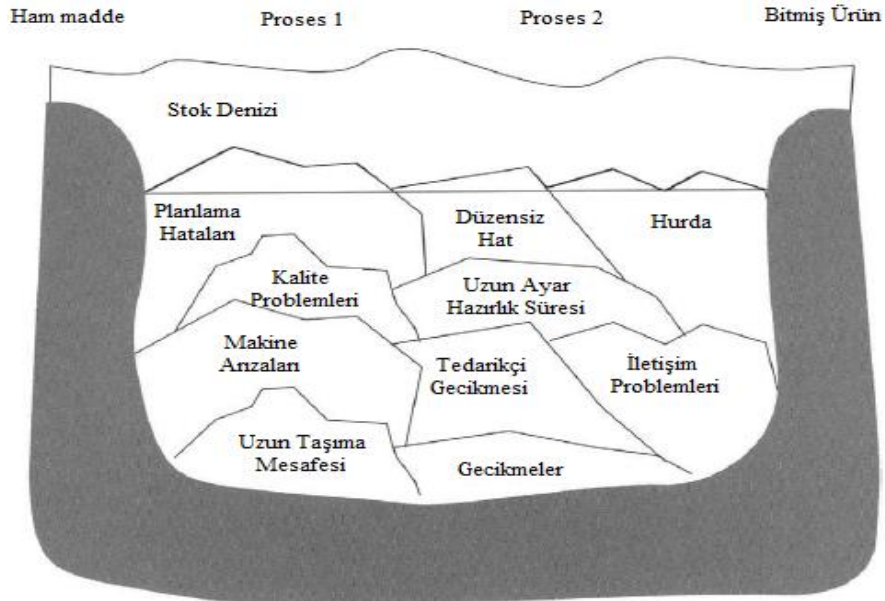
Taiichi Ohno tarafından, düzgün akışı kolaylaştıracak bir yöntem olarak düşünülen ve geliştirilen tam zamanında üretim (TZÜ), bir akış süreci içinde gerekli parçaların, gerektiği zamanda ve sadece gerektiği miktarda üretim hattına gönderilmesi olarak tanımlanmaktadır (Ohno, 1988).

Bu kavramı uygulamaya koymak, olağan düşünme sürecini tersine çevirmek demektir. O güne kadar, parçalar hazır olur olmaz bir sonraki üretim safhasına gönderilirken Ohno, bunu değiştirmiş ve her bölüm kendinden bir önceki üretim aşamasına dönüp, üretimi için gerekli miktardaki parçayı talep etmeye başlamıştır. Bu durum, stok seviyesinde önemli bir azalmayı da beraberinde getirmiştir (Imai, 1994).

Otomotiv sektörünün kötü zamanlarında işletmeler, bir seferde bir vagon dolusu malzemeyi sipariş etmekte ve bu malzeme yığını sözde ekonomik partiler halinde işlemekteydi. Bu durum mevcut sermayede, üretim alanında, malzeme taşıma teçhizatı ve işgücünde çok büyük bir kıtlığa neden olmuştur. Ayrıca, uzun süre stokta muhafaza edilen malzemeler genellikle hasara uğramakta ya da ıskartaya çıkmaktadır (Mascitelli, 2004). Ohno' ya göre, diğer konularda israfa yol açan esas etken aşırı üretimdir. Süreçler arası stoklar (hammadde, ara

mamul, malzeme) ve kalitesizlik (satın alınan ve imal edilen parça ve mamullerde hatalar) en temel israf unsurlarıdır (Acar, 1995 ve Imai, 1994). 1950’lerde Toyota’da geliştirilen ve 1980’lerin başında batılı firmalar tarafından da uygulanmaya başlayan TZÜ sistemi de, ağırlıklı olarak bu tür problemlerin giderilmesi amacıyla tasarlanmıştır (Womack ve Jones, 2002).

TZÜ felsefesi, üretim ortamındaki problemleri kapatmak ve olumsuz etkilerini azaltmaya çalışmak yerine problemleri temeline inerek çözümlenmektedir. Üretim ortamında yer alan pek çok sorunun temelinde belirsizlik olgusu yer almaktadır. Bugüne kadar yapılan temel hata, yıllardır belirsizlik kaynaklarını ortadan kaldırmak yerine yüksek düzeyde stok tutarak belirsizliğin olumsuz etkilerini kapatmaya çalışmak olmuştur (Acar, 1995). Şekil 3.4.’te stoğun gizlediği işletme problemleri gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Stoğun gizlediği işletme problemleri

Stok, problemlerin ortaya çıkışı engelleyerek işletme için tehdit oluşturmaktadır (Karlsson ve Åhlström, 1996). Şekil 3.4.’teki problemlerin her biri stok denizinde birer kayayı temsil etmektedir. Böyle bir durum TZÜ felsefesine tamamen aykırıdır. TZÜ felsefesinin hedefi “sıfır hata-sıfır stok”tur. Asıl amaç, nihai üründe kullanılan bitmiş parçalar, üretim süreci içinde işlenmekte olan parçalar ve üretimde kullanılan ham maddelerin tümünü kapsamak üzere ya

tümüyle stoksuz, ya da minimal stokla çalışmaktır. Okur (1997) işletme bünyesinde neden stok bulundurulmaması gerektiğini maddeler halinde açıklamıştır.

- Gerekenden önce ve fazla üretmek, gerektiğinden fazla işgücü, ekipman, üretim alanı ve enerji kullanılması anlamına gelmektedir.
- Stoğun en büyük zararlarından biri de sermaye dönüşüm hızını ve dolayısıyla karlılığı düşürmesidir.
- Stoğun başka bir olumsuz etkisi de fırsat maliyetleri ile ilgilidir. Bir firma stoğa yatırdığı nakit parayı, örneğin bankaya ya da başka bir girişime yatırmış olsa, kendine faiz ya da kar şeklinde bir getiri sağlayabilecektir.
- Stok gerek nihai ürün, gerek bitmiş parçalar, gerek işlenmekte olan parçalarda ıskarta oranını artırır. Dolayısıyla stok, kalite problemlerinin temel nedenlerinden biridir.
- Stok, müşteri talebine anında cevap vermeyi zorlaştırır. Pazarın satıcı pazarı olmaktan çıkıp alıcı pazarı durumuna geldiği yoğun rekabet koşullarında, stokla çalışmak başlı başına bir risk oluşturmaktır. Bu durumda talebi çok daha yakın zamanda karşılayabilen, stoksuz çalışan firmalar müşterilere daha cazip gelecektir.

TZÜ sisteminin işleyebilmesi için üretim akışının son bölümünde dengelenmiş çizelgelerin (Heijunka) kullanılması gereklidir. Bu şekilde, günlük siparişlerde ortaya çıkabilecek her türlü dalgalanmanın önüne geçilmiş olmaktadır. Aksi halde, üretimin önceki aşamalarında darboğazların ortaya çıkması ve bunların önlenmesi amacıyla güvenlik stoklarının oluşturulması kaçınılmaz olmaktadır (Womack ve Jones, 2002).

3.5. Otonomasyon

Jidoka ya da İngilizce karşılığı otonomasyon olan kavram, makinelerin üretilen tek bir hatalı parçayı bile fark ederek, kendini anında durdurup yardım istemesi için insan zekası ve duyarlılığının otomatik makinelere transfer

edilmesidir. Bu kavramın öncüsü, iplik koşturduğu anda duran otomatik dokuma tezgahlarının yaratıcısı Soichi Toyoda'dır (Womack ve Jones, 2002; Ohno, 1988).

Otonomasyon düzeneğine sahip makine, otonom makine olarak tanımlanmaktadır. Bu, otomatik durdurma düzeneğine sahip bir makinedir. Toyota fabrikalarında neredeyse tüm makineler otonomdur, bu sayede makine arızaları ve hasarlı parçaların seri üretimi otomatik olarak kontrol edilerek önlenmektedir. Toyota, otonomasyonu manüel üretim hatlarında da yaygınlaştırarak "geri bildirim ile otonomasyon" olarak tanımlamıştır. Bu sistemde operatör, üretim hattında olağan dışı bir durum ile karşılaştığında bir butona basarak üretim hattını durdurabilmektedir (Monden, 1998). Böylece TZÜ'de mükemmelliği gerçekleştirmek için parçaların bir sonraki sürece akışı yüzde yüz hasarsız ve kesintisiz olmaktadır.

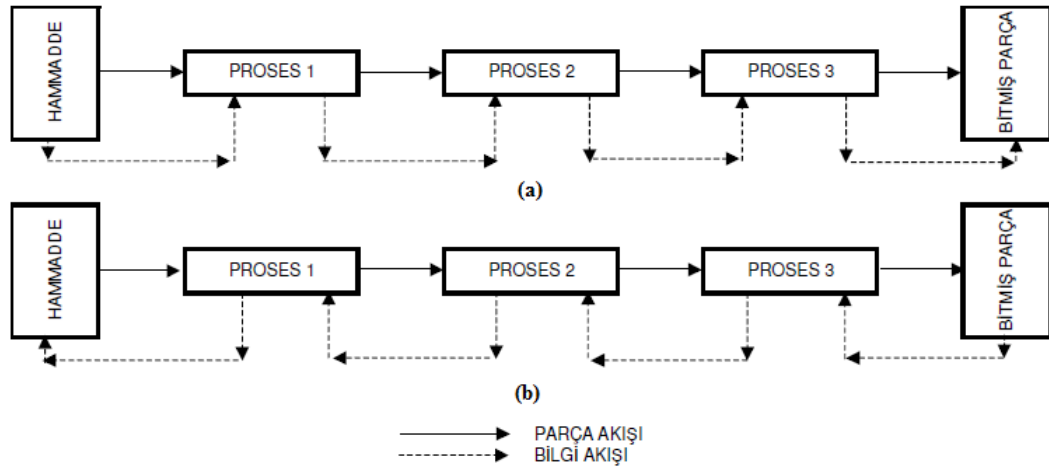
Toyota üretim sisteminin ilk yıllarında otonomasyon kavramının çarpıcı etkileri olmuştur, çünkü işçilerin büyük miktarlarda hatalı parça üretimini önlemek için makineleri sürekli olarak izlemelerine gerek kalmamıştır (Womack ve Jones, 2002). Otonomasyon uygulaması ile sağlanan diğer faydalar ise aşağıda özetlenmiştir (Acar, 1995):

- İş gücü sayısındaki azalma ile birlikte maliyetlerin azalması; belirli bir üretim miktarına ulaşıldığında ya da bir üretim hatası ortaya çıktığında tezgahları otomatik olarak durabilen tasarım, tezgahların çalışmasını izleyen işçilerin sayısını önemli oranda azaltmaktadır.
- Talep değişimlerine uyum sağlama becerisinin artması; makine ya da tezgahların sadece hatasız parçalar üretmesi ve istenilen üretim miktarına ulaşıldığında otomatik olarak durması, otonomasyon yoluyla fazla stoğun ortadan kaldırılmasını sağlamakta ve talepteki dalgalanmaya anında uyum esnekliği yaratmaktadır.
- İnsana saygı kültürünün gelişmesi; üretim sürecinde ortaya çıkan bir probleme anında müdahale etme, iyileştirme çalışmalarını hızlandırmaktadır ve işçilerin sorun çözme sürecine dahil edilmesi ile insana saygının önem kazandığı bir işletme kültürünün geliştirilmesi sağlanmaktadır.

3.6. Kanban

Yalın üretim sistemi stok yönetimiyle değil, onu ortadan kaldırmakla ilgilendir. Müşteriyi talepte bulunmaya teşvik eden bir itme sistemi yerine, müşterinin talebi çekmesine izin veren bir çekme sistemidir. Yalın üretime göre, çekme tam zamanında üretimin en ideal halidir (Liker, 2005).

Şekil 3.5.'te gösterilen itme ve çekme sistemleri arasındaki farklılıklar şu şekilde özetlenebilir; bir çekme sisteminde kanban her aşamada üretimi tetiklemek için kullanılır. Diğer taraftan, bir itme sisteminde her bir iş istasyonu gönderilen ana üretim planına uygun olarak üretim yapar (Orbak ve Bilgin, 2005).



Şekil 3.5. İtme ve çekme sistemleri, (a) itme, (b) çekme (Orbak ve Bilgin, 2005)

Üretimi tam zamanında gerçekleştirebilmenin ön koşulu, tüm süreçlere ne zaman ve ne miktarlarda üretim yapacaklarını zamanında bildiren bir bilgi sisteminin kurulmasıdır, TZÜ ortamında bu işlevi gerçekleştiren sistem kanban sistemidir ve TZÜ sisteminin alt sistemlerinden biri olarak tanımlanmaktadır (Acar, 1995). Sistemin belkemiği olarak tanımlanan kanban ile üretimin tüm aşamaları, birbirinden önceki ve sonraki süreçler, tüm bilgileri kanban kağıtlarına aktararak fabrika içi bilgilendirmeyi zamanında ve en doğru biçimde gerçekleştirilmektedir (Ohno, 1988).

Toyota'da "kanban" işaret, işaret levhası, kapı isimliği, poster, ilan tahtası, kart gibi anlamlara da gelmektedir (Liker, 2005). Zarf şeklinde bir kağıt parçası olan kanban son derece basit ve yalın bir sistemdir. Her departman gereksinim

duyduğu parça ve malzemelerin isim ve miktarları ile bunlara ne zaman ihtiyacı olduğunu kanban kartlarına kaydederek ilgili malzemeleri kendisine tedarik etmekle yükümlü olan departmana gönderir. Bu Şekilde iş sürecini harekete geçiren planlamacılar değil departmanların kendileridir (Ohno, 1996).

Geleneksel seri üretim sisteminde üretim akışı en sondan başlayıp ne, nihayet montaj hattına doğru ilerler, yani bir önceki istasyon bir sonrakine, işleyeceği parçaları iter. Toyota'nın ünlü dehası bu anlayışı tamamıyla tersyüz etmiş, ve hiÇbir istasyonun gereğinden fazla üretmemesi için, bir önceki aŐamanın neyi ne miktarda iŐleyeceđine bir sonraki aŐamanın karar vermesi uygulamasına geçmiştir. Yalın üretime bu açıdan baktığımızda, üretim akışını tümüyle bir çekme sistemi olarak tanımlamak mümkündür (Okur, 1997).

Kanbanın temelindeki fikir, bir Amerikan spermarketinin iŐleyiŐ biçiminin incelenmesinden gelmektedir. Süpermarket bir müşterinin gerektiği miktarda, gerektiği zamanda, ihtiyacı olan Őeyi bulabileceği bir yerdir. Bazen, tabi ki müşteri ihtiyacından fazlasını alabilmektedir. Bu yüzden süpermarket çalıŐanları, müşterinin ihtiyacına istediği zamanda cevap verebilmelidir. Ohno'nun 1956 yılında Amerika'ya, General Motors ve Ford'un üretim tesislerine yaptđı geze en çok dikkatini çeken Şey son derece yaygın süpermarket ağı olmuştur. Otomobil ve süpermarketlerin bütünleŐtirilmesi düşüncesi baŐlarda tuhaf karŐılırsa da, süpermarketin yapısı üzerinde uzun dönemli bir inceleme sonrasında, süpermarket ile tam zamanında üretim sistemi arasında bir bağlantı kurulmuŐtur (Ohno, 1988).

Süpermarketler basit depolardır, fakat özel bir iŐleyiŐ Şekilleri vardır. Ambarın raflarında geçmiŐteki satın alma eğilimlerine ve gelecekte beklenen talebe göre hesap yapılarak, çok somut bir düzeyde stok tutulur (Liker, 2005). Sistemi etkin kılmak için süpermarket iŐletmecileri müşterilerin aradıklarını bulabilmelerini, istedikleri ürünü istedikleri anda satın alabilmelerini sağlamak durumundadırlar (Ohno, 1996). Müşteriler gelip raftan istediğini eker ve reyon görevlisi rafları kontrol ederek eksilenin yerine yenisini yenilerini koyar. Görevli malı süpermarketin stoğundan eker, ama bu bir yenileme sistemi kullanan kontrollü bir stok miktarıdır. İyi yönetilen süpermarketler çekme sistemi için bir örnektir.

3.6.1. Kanban çeşitleri

Kanban tam zamanında üretimi gerçekleştirmek için kullanılan bir araçtır. Uygulamada genellikle iki tip kanban kullanılmaktadır. Bunlar: “çekme kanbanı” ve “üretim-sipariş kanbanı”dır. Şekil 3.6’da örneği gösterilen *çekme kanbanı*, bir sonraki istasyonun bir önceki istasyondan çekmek istediği parça cinsi ve miktarını belirleyen, parça ve malzeme çekmek amacıyla kullanılan karttır. Şekil 3.7’de örneği gösterilen *üretim-sipariş kanbanı*, bir önceki istasyonun üretmesi gereken parça cinsi ve miktarını belirleyen kanban çeşididir (Monden, 1998).

Stok Raf No <u>5E215</u> Parça Arka No <u>A2-15</u>			Önceki Operasyon
Parça No <u>35670S07</u>			<u>FORGING</u>
Parça Adı <u>DRIVE PINION</u>			<u>B-2</u>
Araba Tipi <u>SX50BC</u>			Sonraki Operasyon
			<u>MACHINING</u>
Kutu Kapasitesi	Kutu Tipi	Sayı	<u>M-6</u>
<u>20</u>	<u>B</u>	<u>4/8</u>	

Şekil 3.6. Çekme kanbanı örneği (Monden, 1998)


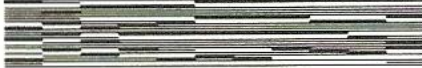

Çekme kanbanı örneğinde; söz konusu parça tahrik pimi (drive pinion) için bir önceki operasyonun dövme (forging) işlemi olduğu ve talaşlı imalat (machining) M-6’da bulunan taşıyıcının, tahrik pimini almak için B-2 numaralı dövme istasyonuna gitmesi gerektiği belirtilmektedir. Kutu kapasitesi 20 adettir ve kutu tipi B olarak belirtilmiştir. Bu kanban yayınlanan sekiz kayıttın dördüncüsüdür. Parça arka numarası, parçanın kısaltılmış tanımıdır.

Stok Raf No <u>F26-18</u> Parça Arka No <u>A5-34</u>	Operasyon <u>MACHINING</u> <u>SB-8</u>
Parça No <u>56790-321</u>	
Parça Adı <u>CRANK SHAFT</u>	
Araba Tipi <u>SX50BC-150</u>	

Şekil 3.7. Üretim kanbanı örneği (Monden, 1998)

Şekil 3.7'deki üretim-sipariş kanbanı örneği; SB-8 numaralı talaşlı imalat operasyonunun Sx50BC-150 kodlu araba tipi için krank mili (krank shaft) üreteceğini göstermektedir. Ayrıca üretilen krank milinin F26-18 numaralı stok rafına yerleştirileceği belirtilmektedir.

Kanban kavramı Toyota'da iyice yerleştikten sonra kanbandan sadece fabrika içi atölyeler arası değil, ana sanayi ile yan sanayi arasındaki üretim senkronizasyonun gerçekleşmesinde de yararlanılmıştır. Montaj işlemleri için tam zamanında gelen parçaların sevkiyatı Toyota ile tedarikçilerinin ortak çabalarının bir sonucudur. Bu durumda kullanılan çekme kanbanlarına *tedarikçi kanbanı* (supplier kanban) adı verilmektedir. Şekil 3.8'de bu kanban çeşidi için bir örnek gösterilmektedir.

Teslimat Zamanı 8:00 24:00 11:00 4:00 15:00 21:00 643604000000007 	Teslim edileceği stok rafı 3S 8-3- (213) 038982154140110000000010011005 	Teslim Alan Tesisin Adı Toyota Tsutsumi Fabrikası 100003603600001 
Tedarikçi Sumitomo Denko	Parça no 82154-14011-00	Teslim Alınacağı Yer 36
Tedarikçi deposu 4	Parça arka no 389	Parça adı Rear Door Wire
Teslimat çevrimi 1-6-2	Kullanacağı araba tipi BJ-1	Kutu tipi S
	Kutu kapasitesi 10	

Şekil 3.8. Tedarikçi kanbanı örneği (Monden, 1998)

Şekil 3.8'deki kanban, tedarikçi bir firma olan Sumitomo Denko'dan Toyota Tsutsumi fabrikasına malzeme teslimatında kullanılmaktadır. Toyota'da fabrika içinde kullanılan kanbanlarda barkot olmamasına rağmen, tüm tedarikçi kanbanları barkotludur. Kanbandaki 36, fabrikada teslimatın yapılacağı istasyonu belirtir. Söz konusu parça arka kapı teli (rear door wire) 36 numaralı istasyonda teslim alınarak 3S (8-3-213) numaralı stok rafına yerleştirilecektir. Bu parçanın arka numarası 389'dur. Toyota üretim sisteminde küçük partiler halinde üretim yapıldığı için günlük teslimatlar gerekmektedir. Bu nedenle teslimat saatleri ayrıca kanban üzerinde belirtilmiştir. Toyota'da özel stok alanlarının bulunmaması nedeniyle teslimatın yapılacağı yerin kanban üzerinde belirtilmesi gerekir. Teslimat çevrimi 1-6-2; söz konusu parça için günde 6 kez teslimat yapılacağını ve teslimatların tedarikçi kanbanının tedarikçiye ulaşmasından iki teslim zamanı sonra yapılması gerektiğini belirtmektedir.

Aşağıda sistemin işleyişi, çekme ve üretim sipariş kanbanlarının süreç içinde nasıl kullanıldıklarına dair bir örnek verilmiştir (Monden, 1998).

- 1. Adım:** Son montaj hattında talaşlı imalat atölyesinden gelen paletlerin her birinin üzerinde, paletlerin nereden geldiğini, içindeki parçanın ne olduğunu, hangi ürün modeline ait olduğunu, parça sayısını (palet kapasitesini) belirten bir çekme kanbanı bulunmaktadır. Parçalar paletlerden alınıp ürüne monte edildikçe, paletler boşaldıkça üzerlerindeki çekme kanbanları çıkarılıp bir çekme kanbanı kutusuna yerleştirilir.
- 2. Adım:** Kanban kutusundaki çekme kanbanı sayısı önceden belirlenen bir miktara ulaştığında, montaj hattındaki bir işçi boşalmış paletlerle birikmiş kanbanları alıp talaşlı imalat atölyesine gider.
- 3. Adım:** İşçi getirdiği boş paletleri önceden belirlenen bir yere bırakır ve yine atölyede belirli bir yerde hazır halde bekleyen parça paletlerinden elindeki kanban sayısı kadar alır.
- 4. Adım:** Aldığı her bir paletin üzerinde yine içindeki parçanın ne olduğunu, hangi ürün modeline ait olduğunu, parça sayısını (palet kapasitesini) belirten bir üretim kanbanı bulunmaktadır. İşçi paletlerdeki üretim kanbanlarını çıkarır ve her birinin yerine yanında getirdiği ve o üretim kanbanına karşılık gelen bir çekme kanbanı ilişirir. Elindeki çekme

kanbanları bitene kadar işleme devam eder.

5. **Adım:** Paletlerden çıkardığı üretim kanbanlarını talaşlı imalat atölyesinde bulunan üretim kanbanı kutusuna yerleştirir.
6. **Adım:** Dolu parça paletlerini montaj hattına döner ve ilk beş adım tekrarlanır.
7. **Adım:** Talaşlı imalat atölyesi ise üretim kanbanları kutuda belirli bir sayıya ulaştığında, daha önceden belirlenmiş bir zamanda bu atölyedeki bir işçi üretim kanbanlarını alır ve kanbanların kutudaki sırasını da dikkate alarak tekrar üretime geçer.
8. **Adım:** İşlenen parçalar üretim kanbanları ile birlikte boş paletlere yerleştirilir ve 3. adım tekrar başlar.

Yukarıda bir örneği verilen kanban sisteminin güzel yanı, süreçleri kısaltarak üretim hattına akan parça ve bileşenler arasında koordinasyon sağlamasıdır (Imai, 1994). Kanban, aşamalar arasında oluşan ara stokların ve ara stok düzeylerinde gözlenen dalgalanmaların minimize edilmesini sağlamaktadır. Merkezi planlama sistemlerindeki tüm aşamalara üretim çizelgesi gönderilmesi yerine çizelgelerin sadece son üretim aşamasına gönderilmesi ve son aşamadan geriye doğru çizelge gereklerinin kanbanlar aracılığıyla yerine getirilmesi pazar koşullarındaki değişmelerin anında ve kolaylıkla üretim sistemine yansıtılmasını sağlamaktadır. Kanban zincirinin, işletme dışında satıcılara kadar uzatılması durumunda ise hammadde stokları da kaldırılmaktadır (Acar, 1995).

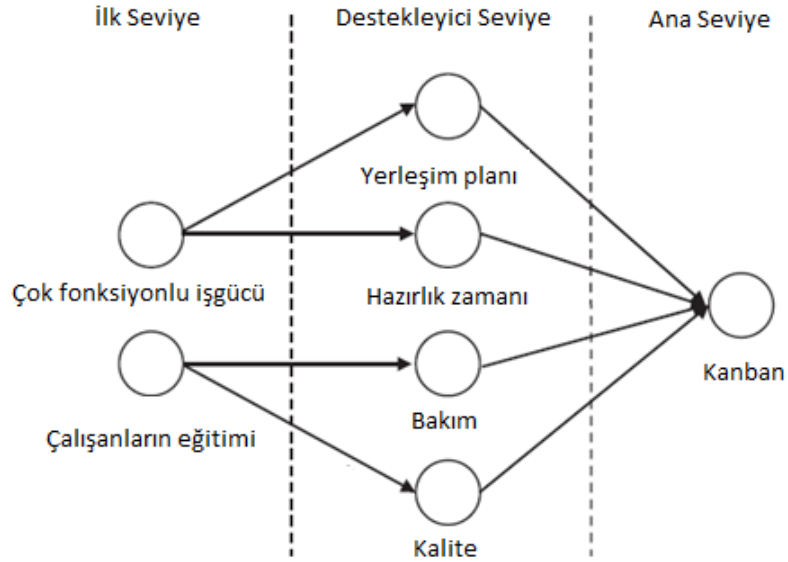
3.6.2. Kanban sistemi için ön koşullar

Kanban sistemine geçmeden önce gerçekleştirilmesi gereken uygulamalar aşağıdaki gibidir (Acar, 1995):

- Yan sanayi ile karşılıklı güven,
- Üretim planlama sisteminin yenilenmesi ve üretim hızının dengelenmesi,
- Üretim ön sürelerinin kısaltılması,
- Tezgah hazırlık sürelerinin kısaltılması,
- Yapılan işlerin standartlaştırılması,

- Süreçlere ilişkin yerleşim planının yeniden düzenlenmesi ve çok fonksiyonlu işgücü çalışmaları,
- Toplam kalite ilkeleri doğrultusunda sıfır hata hedefli ve tüm çalışanların kaliteden sorumlu olduğu bir sistemin kurulması,
- Tam zamanında üretim modelinin örgüt yapısına uyarlanması

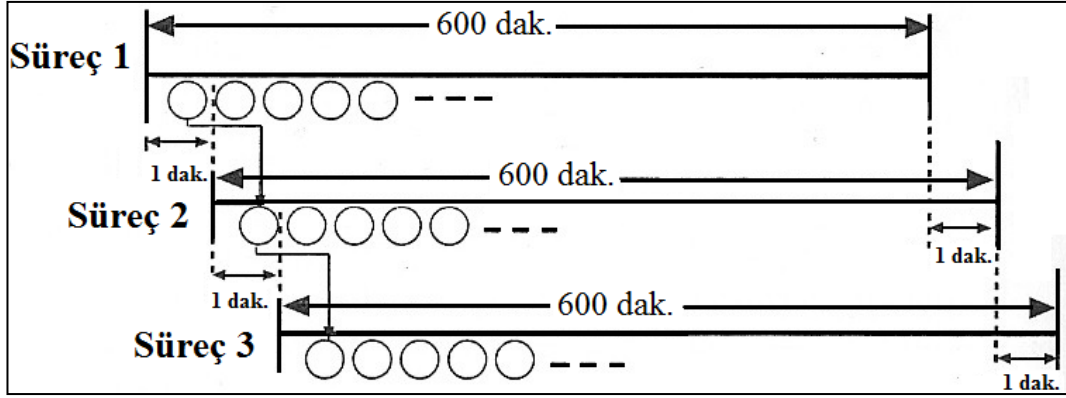
Thun ve ark. (2010) herhangi bir kanban üretim sistemi oluştururken faydalanılabilecek farklı destekleyici faktörlerden oluşan üç seviyeli bir model geliştirmiştir (Bkz. Şekil.3.9.). Bu destekleyici faktörlerin her biri kanbanı başarıyla uygulamak için yukarıda tanımlanmış ön koşulları ya da gereksinimleri karşılamada yardımcıdır.



Şekil 3.9. Kanban sistemi için ön koşullar

3.7. Tek Parça Akış

Üretim yapmanın en etkili yolu olan tek parça akış, parçaların bir işlem adımından diğerine doğrudan ve her defasında tek parça şeklinde iletilmesi anlamına gelmektedir. Tek parça akış aynı zamanda “bir parça akış”, “sürekli akış” ya da “bir tane yap-bir tane aktar” olarak da adlandırılır (Rother ve Harris, 2001). Şekil 3.10’da tek parça akış ile ilgili bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Üç değişik işlemlili tek parça akış örneği (Acar, 1995)

Şekilde parça başına işleme süresi 1 dakika olan üç süreç vardır. Bir parçanın bu üç süreçten geçmesi için gereken süre ise 3 dakikadır. Üretim parti büyüklüğü 600 adet olduğunda bir süreç için gereken süre 600 dakika (600 adet x 1 dak./adet) yani 10 saattir. Bu üç sürecin tamamlanması için gereken süre ise, 30 saat (10 saat x 3) olacaktır. Ancak ilk süreçte birinci birim, üretimden geçtikten sonra bekletilmeden ikinci sürece oradan da üçüncü sürece geçerse, süreçler arası bekleme zamanları azalacak ve toplam tamamlama süresi büyük ölçüde azalacaktır. Bu durumda ikinci süreç için bekleme zamanı 1 dakika, üçüncü süreç için ise 2 dakika olacaktır. Örnekte 600 adetlik parti büyüklüğünün toplam tamamlanma süresi 602 dakika olacaktır.

$$600 \text{ dak.} + 1 \text{ dak. (süreç 2'de bekleme zamanı)} + 1 \text{ dak. (süreç 3'te bekleme zamanı)} \\ = 602 \text{ dakika}$$

Yalınlık yolunda ilerlemeye başlamak için en uygun nokta, imalat ve hizmet süreçlerinde, mümkün olan her yerde kesintisiz akış yaratmaktır. Akış sistemi tasarımı “ya her şey çalışır ya da hiçbir şey çalışmaz” şeklinde bir kalite anlayışını içermek zorundadır. Herhangi bir günde hattan çıkacak ürünlerin ve parçalarının da o günde üretilmesi, tüm üretim birimlerinin kanban ve tek parça akış ilkesine göre mümkün olan en küçük adetlerde çalışabilmeleri bazı ön koşullara bağlıdır. Akış, aynı zamanda önleyici bakım ve otonomasyon, hat dengeleme gibi diğer pek çok yalın araç ve tekniği uygulamayı gerektirir (Liker, 2005; Womack ve Jones, 2002).

Sürekli akış yerleşim planında, üretim adımları üretim hücreleri içinde arka arkaya sıralanır ve ürün bir aşamadan diğerine, arada işlenmekte olan ürün stoğu ya da güvenlik stoğu olmaksızın “tek parça akışı olarak tanımlanan teknik kullanılarak tek tek ilerler (Womack ve Jones, 2002).

Toyota, hücresel üretimi kullanarak, tedarikçilere kadar uzanan tek parça akış kavramını genişletmiştir. Toyota, tek parça akışını bir kerede sağlamanın mümkün olmadığı durumlarda ise bazen süpermarket diye isimlendirilen fazla büyük olmayan parça ambarları kullanmıştır.(Morgan ve Liker, 2007). Tek parça akış en basit haliyle parti tipi üretimin tersidir. Nasıl ki kanbanın sınırlılıkları varsa sürekli akış hatlarının kurulması da tek başına yeterli değildir. Bu hatların etkinliği hattaki makinelerin bu işlemi tamamlama sürelerinin de birbirine yakın olmasını gerektirmektedir. Olmaması durumunda tek parça akış üretimi gerçekleşmemektedir (Okur, 1997).

Tek parçalı akış yaratmaya çalışırken her türlü israfı ortadan kaldırmak için birçok adım atılır. Akışın birkaç faydasına yakından bakılacak olursa (Liker, 2005);

1. *Kalite yaratır.* Tek parça akış ile kalite sağlamak çok daha kolaydır. Her operatör elindeki işi bir sonraki istasyona aktarmadan önce problemleri gidermeye çalışır. Eğer gözden kaçan kusurlar olursa, bunlar derhal belirlenir ve problem teşhis edilerek yok edilir.
2. *Gerçek bir esneklik sağlar.* Üretim için gereken süre kısaysa, müşteriye cevap verme süresi kısalır. Müşteri talebinde meydana gelebilecek değişikliklere neredeyse aynı anda yanıt verebilecek bir ürün değişikliği gerçekleştirilir.
3. *Yüksek üretkenlik artar.* Büyük yığınlar halinde üretimde, belli sayıda birimi üretmek için gereken işçi sayısını belirlemek zordur, çünkü üretkenlik değer yaratan faaliyetlerin çalışmasıyla ölçülmemektedir.
4. *Mekandan tasarruf sağlar.* Stok nedeniyle ortaya çıkan yer israfı ortadan kaldırıldığında ve her işlem adımı yaklaştırıldığında stok için israf edilen yer daha verimli kullanıldığından yer kapasitesini arttırma ihtiyacı ortadan kalkar.

5. *Emniyeti iyileştirir.* Küçük hacimler ile çalışmak, kazaların başlıca etmenlerinden kurtulmak demektir. Akışa odaklanıldığı için emniyete odaklanmaya gerek kalmadan da emniyet düzeyi yükselmektedir.
6. *Morali yükseltir.* Tek parça akışta insanlar çok fazla değer katan çalışma yapar ve yaptığı işin sonuçlarını hemen görür. Bu da onlara hem başarı hem de iş tatmini duygusu verir.
7. *Stok maliyetini azaltır.* Bir yerde yığılı duran stoka yatırılan sermaye başka bir alana yatırılabilir ve sermayenin taşıma maliyetinden de kurtulmuş olunur.

3.8. Standart İş

Standartlaştırılmış iş, işlerin takt zamanını, müşteri talebi hızını yakalamak için saniyesine kadar düzenlediği yalın üretim sisteminin ana unsurlarından biridir. Morgan ve Liker (2007) yalın ürün geliştirme sistemlerinde üç standartlaştırma kategorisi tanımlamıştır.

1. Tasarımın standartlaştırılması; ürün/parça tasarımını standartlaştırmaktır.
2. Sürecin standartlaştırılması; geliştirme sürecinde görevleri, iş talimatlarını ve iş sırasını standartlaştırmayı kapsar. Bu standartlaştırma kategorisi ürünü test eden süreçleri de kapsar.
3. Mühendislik becerilerinin standartlaştırılması; mühendislik ve teknik ekipler arasında becerilerin ve kapasitelerin standartlaştırılmasıdır. İnsanın geliştirilmesine ve kanıtlanmış yetkinliklerle donatılmasına duyulan derin bir bağlılığa dayanır.

Standartlaştırılmış iş, ortak görevleri, görev sırasını ve görev sürelerini standartlaştırmak ve bundan sürekli iyileştirmenin temeli olarak yararlanmak demektir. Süreci standartlaştırmak diğer süreçlerin ne yaptıklarını ve bunları ne zaman yaptıklarını güvenilir bir şekilde bilmenin tek yoludur. (Morgan ve Liker, 2007).

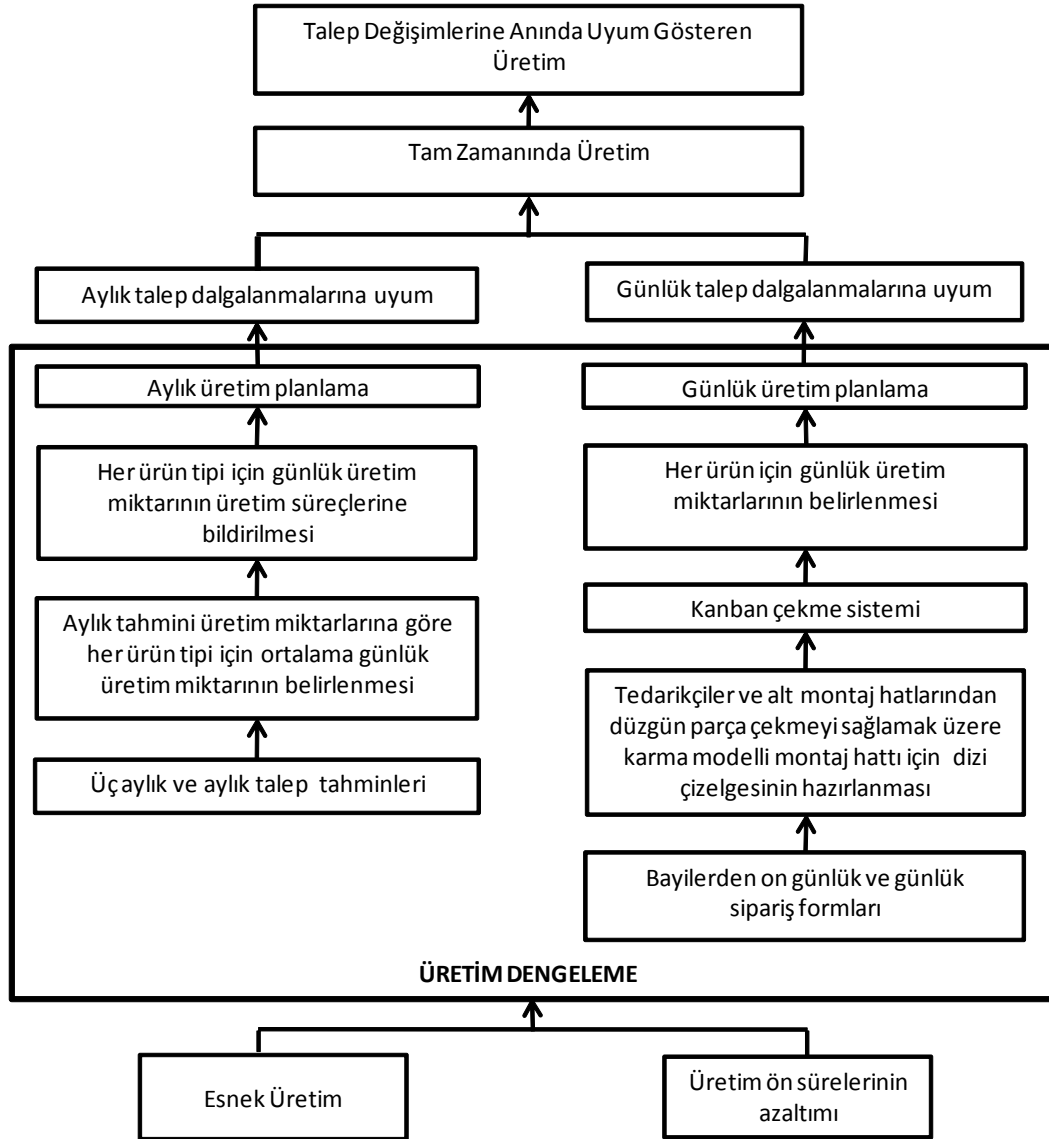
Standart iş kombinasyon tablosu, çalışan(lar) ve üretim sistemleri arasındaki zaman ilişkisini göstermek için kullanılmaktadır. Bu tabloyu

oluşturmak için gerekli bilgiler; çalışanın süreçler arasındaki hareket süresi, makine işleme süresi ve manuel operasyon süreleridir. Manuel operasyonlar yükleme/boşaltma, dişli çapağı temizleme ve gözle kontrol gibi işleme çevrimleri arasında işçi tarafından yapılması gereken görevlerdir. Alınan bilgiler daha sonra, işçi ve makinelerin bir çevrim boyunca ne yaptığını gösteren bir grafik haline getirilir (Chen ve ark., 2010).

3.9.Üretim Dengeleme

Toyota ortamında değişen talep koşullarına uyum sağlama süreci üretim dengeleme (Heijunka) olarak tanımlanmaktadır. Üretim dengeleme ya da üretim seviyelendirme, tek tip ürünün yüksek hacimlerde üretilmesi değil, tam tersine talep değişimlerine eş zamanlı olarak çeşitli ürün tiplerinin küçük miktarlarda üretilmesidir. Çeşitlendirme arttıkça, dengeleme de giderek güçleşmektedir. Toyota üretim sistemi bu iki ihtiyacı birleştirmeyi ancak çaba harcayarak, sayısız kez deneyerek ve sağlamasını yaparak başarmıştır(Acar, 1995 ve Ohno,1996). Şekil 3.11’de bu üretim dengeleme sürecinin iki aşaması verilmektedir.

İlk aşama aylık talep dalgalanmalarına adaptasyon sürecini, ikinci aşama bir ay içinde günlük talep dalgalanmalarına adaptasyon sürecini içermektedir. Aylık adaptasyon işletmede tüm süreçler için ortalama günlük üretim düzeylerini belirleyen ana üretim çizelgelerinin hazırlandığı aylık üretim planlama süreci ile sağlanır. Bu aşamada hazırlanan ana üretim çizelgesinde, üç aylık ve aylık talep tahminlerini kullanır.



Şekil 3.11. Toyota üretim dengeleme çizelgesinin temel çerçevesi (Monden, 1998)

Toyota üretim sisteminde ilk olarak bir sonraki yıl için kaç adet araba yapılıp satılacağını gösteren yıllık üretim planı ile iki aşamalı aylık üretim planları hazırlamaktadır. İki aşamalı aylık üretim planlarında, iki aylık dönemler için ürün tipleri ve miktarları belirlendikten sonra bir sonraki ay için detay üretim planı hazırlanır. Toyota üretim sisteminde günlük üretim çizelgelerinin hazırlanması özellikle önemlidir. Çünkü dengelenmiş üretim kavramı bu çizelgeler aracılığıyla sisteme entegre edilmiştir (Monden, 1998).

Üretim karmasını seviyelendirme, farklı ürünlerin üretimini bir zaman diliminde düzgün dağıtılması demektir. Örneğin, sabah sadece A tipi ürünlerin ve öğleden sonra B tipi ürünlerin montajını yapmak yerine, seviyelendirme ile A ve

B' yi küçük partiler halinde dönüşümlü olarak üretmek demektir. Üretim planının gönderileceği süreçte ne kadar çok ürün karması seviyelendirilirse, farklı müşteri isteklerine, daha az bitmiş ürün stoğu tutarak daha kısa akış süresi ile cevap verilebilmektedir (Rother ve Shook, 1999). Üretim dengeleme ile üretim planını düzgünleştirmenin dört temel yararı vardır. Bunlar (Liker, 2005):

- Müşteri talebine zamanında yanıt verme esnekliği,
- Satılmayan mal riskinin azalması,
- Emeğin ve makinelerin dengeli kullanımı,
- Kaynak yönündeki süreçlerde ve işletmenin tedarikçilerinde talebin düzgünleştirilmesi.

3.10. Hat Dengeleme

Hat dengeleme, operasyonların hattaki çalışan sayısını ve atıl süreyi minimize edecek şekilde iş istasyonlarına atmasını dengelemektir. Hat dengeleme öncesi uygulanabilecek işlemler ise aşağıdaki gibidir (Liu ve Chiang, 2009):

1. Yapılan işin baştan sona ölçümü ve verilerin toplanması,
2. Takt zamanı ile operasyon çevrim sürelerinin karşılaştırılması,
3. Bir denge analiz formunun oluşturulması,
4. Üretim hattı analizi; takt zamanı ve çevrim süresi kullanarak darboğaz yaratan istasyonların belirlenmesi,
5. Bazı operasyon adımlarının yerlerini değiştirerek ya da iş istasyonlarını yeniden tasarlayarak darboğaz yaratan faaliyetlerin iyileştirmesidir.

3.11. Takt Zamanı

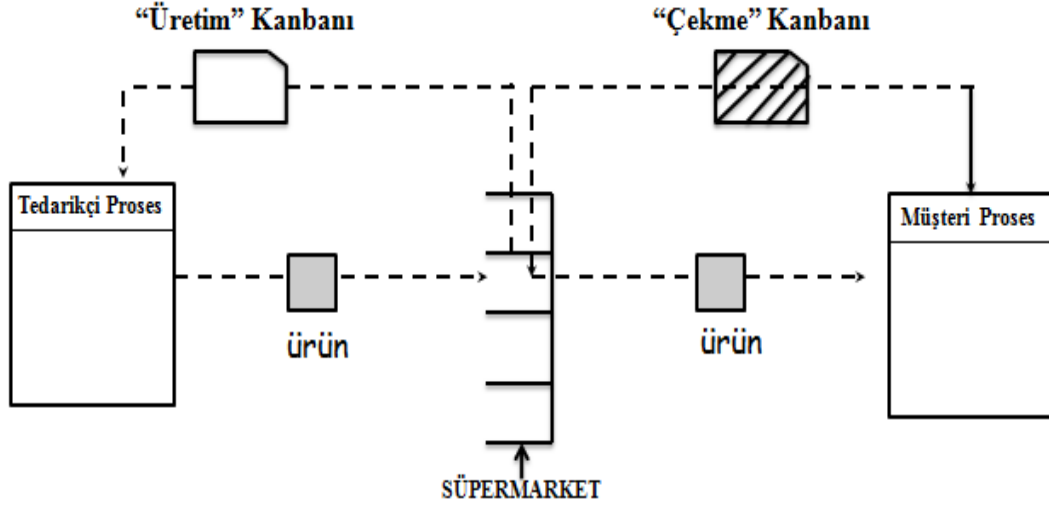
Takt zamanı, müşteri isteklerini karşılamak için satış seviyesine bağlı olarak bir parça veya ürünün hangi sıklıkla üretilmesi gerektiğini belirtir. Takt zamanı, üretim hızını satış hızı ile dengelemek için kullanılır. Takt zamanı vardiya başına kullanılabilir çalışma süresinin (saniye) vardiya başına müşteri talebine bölünmesi ile hesaplanır.

$$\text{Takt zamanı} = \frac{\text{Vardiyada kullanılabilen iş zamanı}}{\text{Vardiya başına müşteri talep miktarı}}$$

Takt zamanı bir prosesin hangi hızda üretim yapacağı hakkında fikir veren bir referanstır. Bu süre, ürünü ve parçalarını üretmek için hedeflenen süredir.

3.12. Süpermarket

Değer akışı içinde sürekli akışın mümkün olmadığı ve yığın üretimin gerekli olduğu alanlar olabilir. Bu tür prosesleri bağımsız çizelgeleme fonksiyonu ile çizelgeleme fikri anlamsızdır, çünkü çizelge yalnızca bir sonraki prosesin neye ihtiyacı olduğunu tahminidir. Bunun yerine bu prosesler, müşteri proseslerine, genellikle süpermarket esaslı çekme sistemleri ile bağlanarak üretim kontrol edilmelidir. Süpermarket kullanımı müşteri talebini her durumda karşılama fırsatının yanında, imalat hücresinde üretimi dengeleme imkanı verir. Süpermarketin maliyeti fazladan kapasite bulundurmanın maliyetine göre çok daha küçüktür (Rother ve Harris, 2001). Süpermarket çekme sisteminin işleyişi şekil 3.12’de gösterilmektedir.



Şekil 3.12. Süpermarket çekme sistemi (Rother ve Shook, 1999)

Şekil 3.12.'de gösterilen süpermarket felsefesine göre, müşteri proses herhangi bir ürünü üretmek istediğinde, süpermarketten çekmek için bir çekme kanbanı göndermekte ve taşıyıcılar süpermarketten malzemeyi alıp ürünü müşteri prosese teslim etmektedir. Aynı zamanda, süpermarketteki ürünlerin üzerinde de kanban kartı vardır. Bu üretim kanbanı süpermarketten alınıp, tedarikçi prosese gönderilmektedir. Böylece tedarikçi proses eksilen ürünleri üretip süpermarketi beslemektedir. Çekme sistemleri, birbirine sürekli akış ile bağlanamayan prosesler arasında üretimi kontrol etmek için iyi bir yoldur, fakat bazen süpermarkette bütün olası parça çeşitleri için stok tutmak pratik değildir. Böyle durumlarda, bazen iki proses arasına, süpermarket yerine, akışı sağlayacak FIFO (“first in first out”-“ilk giren ilk çıkar”) hattı kurulabilmektedir.

4. UYGULAMA

4.1. İşletme Hakkında Bilgi

Bugün içinde bulunulan otomotiv sektörü gerek fiyat gerek kalite açısından rekabetin en yoğun olduğu sektörler arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Hema Endüstri, dünya çapında önde gelen otomotiv firmalarının tedarikçisi olma başarısını gösteren bir şirket olarak, sahip olduğu bu avantajı en iyi şekilde kullanmak zorundadır. Dünya devleriyle çalışmanın en zor yanı dünya pazarıyla rekabet etme zorunluluğudur. Bu zorunluluk nedeniyle sadece bulunulan konumu korumak yeterli değildir. Hedef, rakiplerden her zaman bir adım ilerde olacak şekilde daha üst noktalara ulaşmak ve müşterilerinin diğer tedarikçileri arasından sıyrılarak stratejik iş ortağı konumuna gelmek olmalıdır.

Hema endüstri, otomotiv, tarım ve iş makineleri endüstri sektörü alanında çalışan ana sanayi (OEM) firmalarının sistem ve ünite ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Sektörünün lider firması Hema Endüstri, faaliyetlerini Çerkezköy'deki bir milyon metrekare alana sahip tesislerinde sürdürmektedir. Hema Endüstri A.Ş.'nin yıllık cirosunun %65'ini ihracat oluşturmaktadır ve yıllık cironun %3'ünü araştırma geliştirme faaliyetlerine ayırmaktadır.

Firmanın ürünleri hidrolik pompalar, ticari araç direksiyon ve sistemleri, traktör hidrolik kaldırıcıları ve kontrol valfleri, krank milleri, otomobil fren sistemleri, hidrolik silindirler, dişiler ve transmisyon, hidrolik maden direkleri ve sistemleridir. Fonksiyonel tüm işlemler, montaj ve test operasyonları Hema tesisleri içinde gerçekleştirilmekte, döküm, dövme, saç pres, hırdavat, lastik aksam gibi diğer parçalar QS 9000 prosedürüne uygun üretim yapan Türk yan sanayi firmalarından temin edilmektedir.

4.2. Uygulama Konusu

İşletme, içinde bulunduğu sektörün zorlu rekabet koşulları nedeniyle alışlagelmiş çalışma yöntemlerini değiştirerek tüm dünyada kabul görmüş yalın üretim sistemine dönüşüm çabası içine girmiştir. İşletme genelinde yalın üretim sistemine geçiş kararı alınmış ve uygulama alanlarından birinin de pompa montaj hattı olması kararlaştırılmıştır.

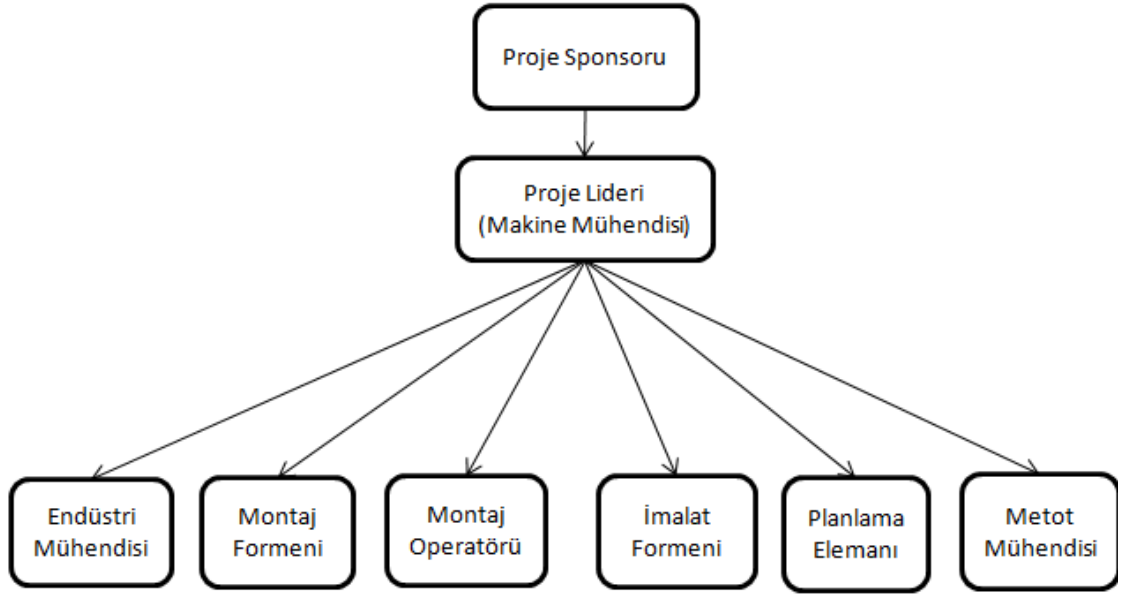
Pompanın ana parçaları işletmede mevcut talaşlı imalat yöntemleri ile üretilmekte, diğer alt parçalar yan sanayilerden tedarik edilmektedir. Ürün çeşitliliğinden dolayı talaşlı imalat hattı çalışmaya dahil edilmemiş, montaj hattı ile sınırlandırılmıştır. Alanda yeni bir sistem uygulanırken, eski sisteme göre getirilerin daha çok görülebileceği ve verimli sonuçların alınabileceği bir yer seçilmiştir. Bu nedenle, yalın üretim ilkeleri ile bütünleştirilmiş bazı teknik ve araçlar kullanılarak oluşturulacak yeni montaj hattından sonraki yalın üretim uygulama alanının talaşlı imalat hattı olması planlanmaktadır.

Montaj hattı yalın üretim uygulaması, talaşlı imalatı kapsamayacağından (ürün üretim sürecini tamamen kapsamayacağından), yeni durum tasarısı esnasında üretim hatlarında oluşacak aksaklıkların montaj sürecini etkilememesi ve sürekli iyileştirmenin sağlanabilmesi için gerekli uygulamalar yapılacaktır. Bu şartlar ile oluşturulan uygulama hedefi, talepte meydana gelebilecek değişikliklere anında uyum sağlayabilecek esnek bir sistem yaratarak süreç kalite ve verimliliğinde artış sağlamaktır.

4.3. Uygulama Ekibi

Yalın üretim sisteminin merkezi insandır. Çalışanlar sisteme odaklanıp israfi keşfetme ve problem tespit etme düşüncesini özümsemediği sürece yalın üretim tekniklerinden verim elde etmek imkansızdır. Yalın dönüşüm ekibinde yer alacak kişilerin iletişim yeteneği çok önemlidir. Üst yönetimden, montaj hattında çalışan operatöre kadar herkesi yalın dönüşüm uygulamasına dahil etmek, fikir almak, önerileri değerlendirmek, gerektiğinde uygulamak ve o doğrultuda çalışmak israfi kara dönüştürebilir.

Yönetim, işletme hedeflerini netleştirmek ve bu hedefleri başarmak için gerekli kaynakların sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Yönetim katılımı olmak zorundadır, fakat çalışanlardan birinin uygulama için fikir üretmesi, ekibi yönlendirmesi, kaynakları belirleyerek bulunur hale getirmesi ve sürekli olarak destek sağlaması kritik bir önem taşımaktadır (Marin ve ark., 2010). Uygulamada bu kişi proje lideri olarak tanımlanmaktadır. Bu düşünceden yola çıkarak şekil 4.1.'deki gibi görevler arası bir proje ekibi oluşturulmuştur.



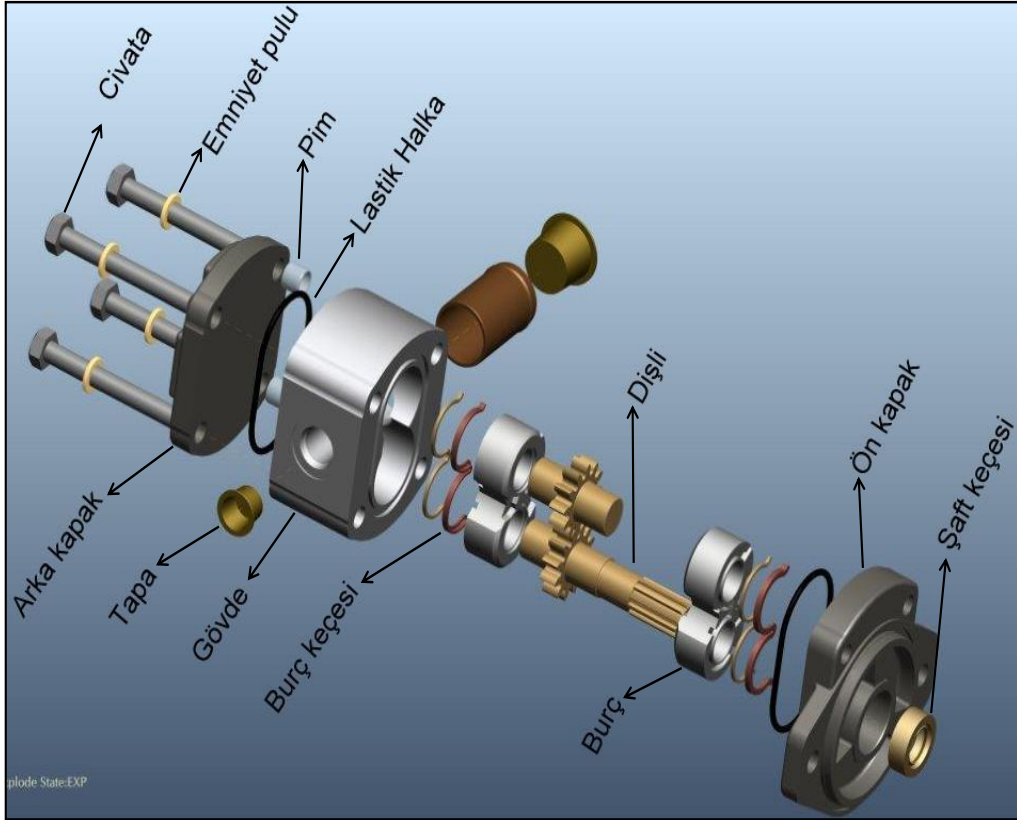
Şekil 4.1. Yalın üretim uygulama ekibi

4.4. Veri Toplama

4.4.1. Hidrolik pompa ve üretim süreci

Hidrolik pompa; hidrolik sistemlerde (Ör: İş makineleri, araç direksiyon sistemleri) akışkanın iletilmesini sağlayan, bir çift dişli, gövde ve kapaklardan oluşan bir üründür. Hidrolik, basınçlı bir akışkan ile kuvvet ve hareket oluşturmak anlamına gelmektedir. Şekil 4.2.'de montaj açılımı gösterilen hidrolik pompa, sadece otomotiv sanayisinde değil, farklı alanlarda da kullanılmaktadır. Pompa kullanım alanları; sabit hidrolik sistemler ve hareketli hidrolik sistemler olmak üzere ikiye ayrılır. Bunlar:

1. Sabit hidrolik sistemler: Her türlü imalat ve montaj makineleri (bilgisayar kontrollü işleme tezgahları v.s.), transport sistemleri (malzeme taşıma sistemleri), kaldırma ve iletme mekanizmaları (yük kaldırma, yük taşıma sistemleri), presler (ağırlığı kullanarak malzemede bükme kesme gibi şekil verme sistemleri), basınçlı döküm makineleri (döküm malzeme üreten sistemler), haddehaneler (Basma kuvveti uygulayarak plastik şekil verme sistemleri) ve asansörler.
2. Hareketli hidrolik sistemler: İnşaat makineleri, kepçe mekanizmaları (iş makineleri), tutma ve yükleme tertibatı ve tarım makineleri.



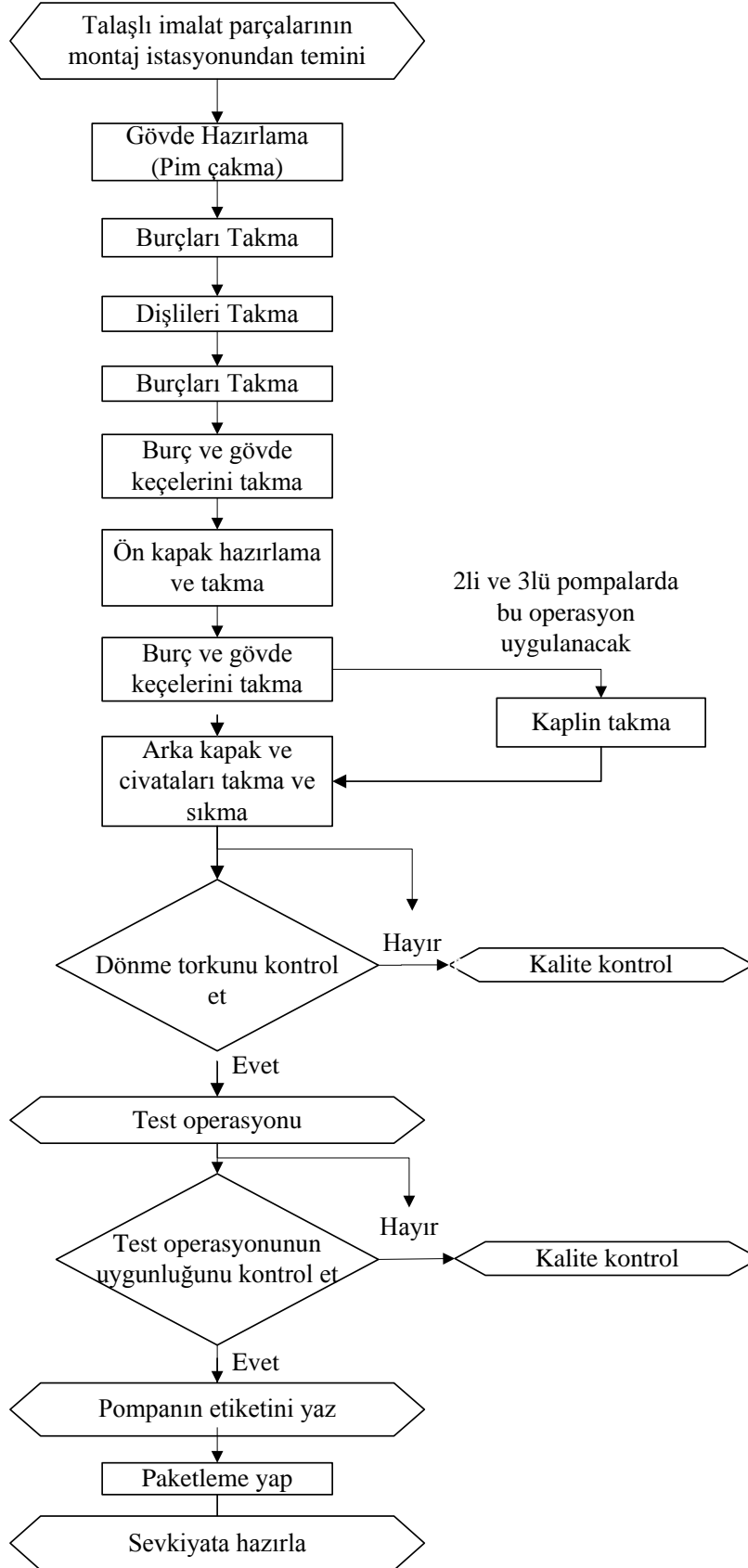
Şekil 4.2. Alüminyum pompa montaj açılımı

Şekil 4.2’de montaj açılımı gösterilen hidrolik pompayı oluşturan ana ve alt parçaların tanımları ve tedarik şekilleri aşağıdaki gibidir.

1. *Gövde*; talaşlı imalat hattında, alüminyum ekstrüzyonların kesilerek işlenmesi ve yıkama operasyonu sonrasında montaj istasyonuna gönderilir.
2. *Ön ve arka kapak*; döküm olarak tedarik edilir. Talaşlı imalat operasyonlarından geçerek montaj istasyonuna getirilir.

3. *Dişliler*; çeşit ve kullanım miktarlarına göre çelik çubuk veya çelik çubuktan oluşturulan dövme malzemelerin (dövme talaş payının düşmesi ve çevrim süresinin azalmasında avantaj sağlamaktadır) imalat süreçlerinden geçişinden sonra montaj istasyonuna getirilir.
4. *Burçlar*; Dişli pompada dişlilerin yataklanması ve yağ akışının düzenlenmesi gibi görevleri gerçekleştirir. Alüminyum döküm olarak tedarik edilir imalat süreci sonrası montaj istasyonuna gönderilir.
5. *Lastik halka, keçe v.b. malzemeler*: Yan sanayiden hazır olarak tedarik edilir, montaj istasyonuna gelir. Dişli pompadaki akışkanın dışa sızmasını, hidrolik sistemde pompanın çıkışından itibaren oluşan sistem basıncının düşmesini engellemek gibi görevleri vardır.

Yukarıda tanımlanan ana parçalar; gövde, dişliler, kapaklar (ön ve arka) ve burçlar firmada talaşlı imalat yöntemleri ile işlenerek imal edilir. İmalat aşamasından geçen tüm parçalar montaj istasyonunda birleştirilir, bu istasyonda lastik halka, keçe v.b. gibi alt parçaları da birleştirilen pompa test operasyonuna geçer. Test operasyonu sonrası müşteriye gitmek üzere paketleme ve sevkiyatı yapılır. Şekil 4.3.'te hidrolik pompa üretim sürecini gösteren bir süreç akış şeması oluşturulmuştur.



Şekil 4.3. Hidrolik pompa süreç akış şeması

4.4.2. Pareto analizi

Çoğu üretici, müşterilerine pek çok sayıda ürün seçeneği sunmakta ve ürünlerini yüksek derecede yapılandırma yeteneğinin onları rakiplerinden ayırdığını, “benzersiz” kıldığını iddia etmektedir. Her biri birbirinden farklı son ürün parça numarasına sahip bu ürün seçenekleri, ürün sunuşlarında artışa sebep olmaktadır. Toplam ürün sunuşları ilk incelemede, mevcutta yüzlerce ya da binlerce ürün gösterebilir.

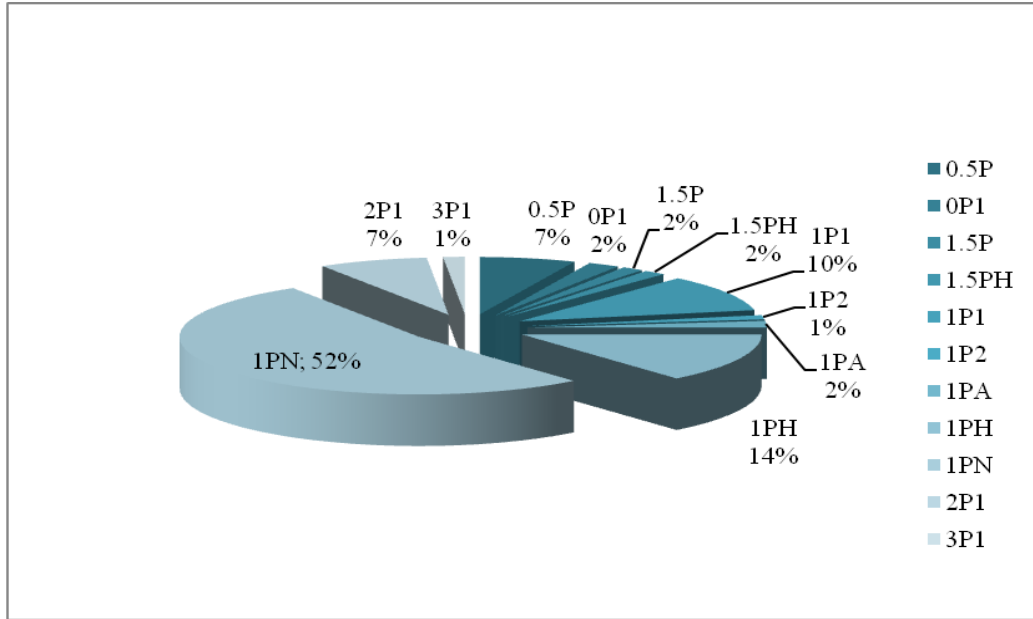
Yalın hat uygulaması için ürün grubu seçiminde asıl soru, üreticinin sıralamaya uygun bir şekilde yüzlerce ya da binlerce benzersiz ürünü kapsayan bu uygulamayı nasıl yönetilebilir hale getireceğidir. Yalın hat tasarımının son halinin ürünlerin tamamını ve permütasyonlarını içermesi gerekmemektedir. Ürünler, bir özet liste, yönetilebilir bir sayı elde etmek için toplam ürün listesinden seçilebilir. Dikkat edilmesi gereken, yalın üretim hat tasarımı sürecinde seçilen ürünlerin üretilen tüm ürünleri temsil etmesidir. Bu nedenle pareto analizinden önce pompa montaj hattındaki pompa ürün grupları ve her bir grubun alt ürün çeşidi miktarları çizelge 4.1 ’deki gibi bir özet tablo haline getirilmiştir.

Çizelge 4.1 Pompa ana ürün gruplarına göre alt ürün çeşitleri ve miktarları

Sıra No	Ürün Grubu	Alt Ürün Çeşidi (Adet)	Pompa türü		
			Tekli	İkili	Üçlü
1	0.5P	80	80		
2	0P1	26	26		
3	1.5P	18	8	9	1
4	1.5PH	18	10	8	
5	1P1	128	89	38	1
6	1P2	15	13	2	
7	1PA	23	23		
8	1PH	171	146	22	3
9	1PN	645	523	108	14
10	2P1	91	67	24	
11	3P1	18	18		
Genel Toplam		1233	1003	211	19

Çizelge 4.1, her bir ürün grubunun alt ürün çeşidi ve pompa türlerinin miktarlarını özetlemektedir. 11 adet hidrolik pompa ürün grubu için toplamda

1233 adet alt ürün çeşidi vardır. Bu ürünlerin 1003 adedi tekli, 211 adedi ikili, 19 adedi üçlü pompa tipindedir. Ayrıca, özet tablodaki bu ürün gruplarına göre alt ürün miktarlarının dağılımı şekil 4.4'te gösterilmiştir. Şekilde, 1PN ürün grubunun % 52'lik oranla diğer ürün gruplarına göre daha yüksek bir ürün karmasına sahip olduğu görülmektedir.



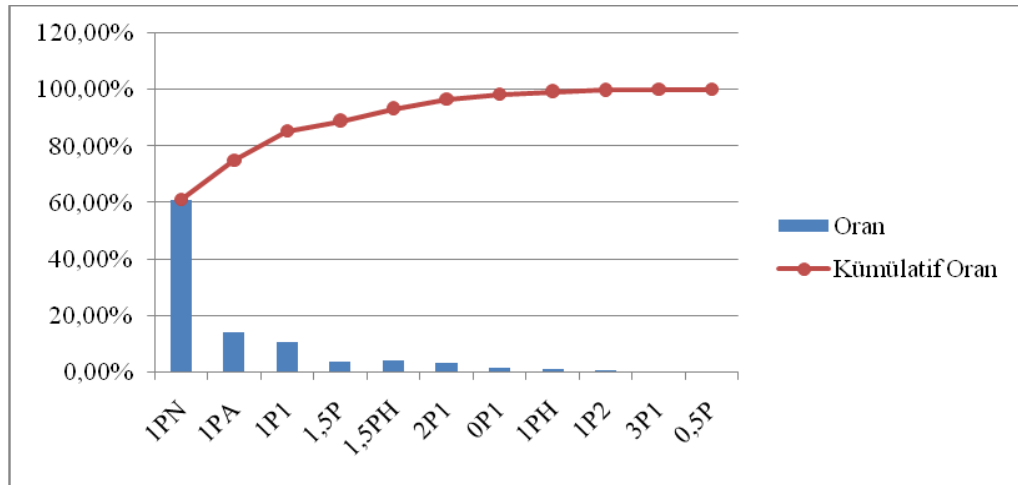
Şekil 4.4. Pompa ürün gruplarına göre alt ürün miktarlarının dağılımı

Pareto analizi teorisine göre, problemlerin %20'si sonuçların %80'ini etkilemektedir. ABC analizi olarak da isimlendirilen Pareto analizi, alışılmış temel ayırım metodu veya önceliklerin belirlenmesi olarak kullanılmaktadır. Bu teoremden yola çıkarak, yalın dönüşümde alınacak sonuçları çok daha fazla etkileyecek ürün grubunu bulmak için her bir ürün grubunun geçmişte yapılan satış miktarlarına dayalı pareto (ABC) analizi gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.2'de hidrolik pompa ürünlerinin üretim miktarlarına göre pareto analizi gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. Ürün gruplarına göre pareto analizi

Hidrolik Pompa Ürün Grupları	Üretim Miktarı	Oran	Kümülatif Oran	ABC
1PN	140.349	61,12%	61,12%	A
1PA	31.914	13,90%	75,02%	A
1P1	23.957	10,43%	85,45%	A
1,5P	8.041	3,50%	88,96%	B
1,5PH	9.928	4,32%	93,28%	B
2P1	7.765	3,38%	96,66%	B
0P1	3.883	1,69%	98,35%	C
1PH	2.295	1,00%	99,35%	C
1P2	1.031	0,45%	99,80%	C
3P1	459	0,20%	100,00%	C
0,5P	0	0,00%	100,00%	C
Toplam	229.622	100,00%	100,00%	ABC

Çizelge 4.2’ deki ilk sütunda alüminyum pompa ürün grupları, ikinci sütunda her ürün grubu için 2009 yılının üretim miktarları yer almaktadır. Üçüncü sütundaki ürün gruplarının bir yıllık üretim miktarları, ikinci sütundaki veriler kullanılarak tahmin edilmiştir. Oran sütunu, her bir ürün grubu için yapılan üretim miktarının toplam üretim miktarına bölünmesiyle oluşturulmuştur. Oran sütunundan yararlanılarak birikimli oranlar elde edilmiştir. Eldeki 11 ürün grubu içinde herhangi bir iyileştirme yapılacak olsa hangi ürün grubu sonuçları daha çok etkiler sorusuna yanıt bulmak için, şekil 4.5’ teki gibi bir pareto diyagramı oluşturulmuştur.



Şekil 4.5. Pompa ürün grupları için pareto diyagramı

Şekil 4.5'teki Pareto diyagramına göre toplam üretimin yüzde 60'ını oluşturan, üretim miktarı diğerlerinden önemli ölçüde farklılık gösteren, 1PN ürün grubu için yapılacak herhangi bir iyileştirme yalın montaj hattı uygulaması sonuçlarını daha çok etkileyecektir. Kümülatif oranlarda % 80 (ya da % 85) oranına ulaşılan noktaya kadar ki ürün grupları (1PN, 1PA, 1P1) A grubunu, %96 oranının ulaşıldığı noktadaki ürün grupları (1.5P, 1.5PH, 2P1) B grubunu, %100 oranının ulaşıldığı noktaya kadar olan ürün grupları (0P1, 1PH, 1P2, 3P1, 0.5P) C grubunu oluşturmaktadır. Sadece 1PN ürün grubuna yapılacak bir iyileştirme toplamda %60'lık bir etki yaratacaktır.

11 ürün grubundan ilk üç tanesi, toplamda cironun %85'ini oluşturmaktadır. Bir iyileştirme yapılacaksa öncelik A grubunu oluşturan üç ürüne verilmelidir, önce 1PN sonra sırasıyla 1PA, 1P1. Diğer ürünlerin tamamı satış cirosunun %14'ünü oluşturmaktadır. A grubunda yapılacak iyileştirme sonuçları maksimum düzeyde etkileyecektir.

4.4.3. Ürün gruplarına göre ana operasyon adımları matrisi

Alüminyum pompa montaj hattında üretilen pompa ürün karması yüksek olduğundan, her ürün grubu için ana proses adımlarının kaç defa tekrarlandığını görmek ve ana operasyon adımları dışında farklı adımların olup olmadığını incelemek gerekir.

Çizelge 4.3'te yatay eksenle ürünlerin, dikey eksenle montaj adımlarının yer aldığı bir matris oluşturulmuştur. Montaj hattında üretimi yapılan 11 adet ürün grubunda aynı operasyon adımlarının tekrar edip etmediği, aynı zamanda kaç kez tekrarlandığı ürün gruplarına göre ana operasyon adımları matrisi ile analiz edilmiştir.

Çizelge 4.3.'e göre pompa üretim sürecinde; 05P, 0P1 tekli, 1PA,1P1 tekli,1P2 tekli, 1PN tekli, 1PH tekli, 1.5PH tekli, 2P1 tekli, 3P1 tekli pompalar için ilk dokuz operasyon adımı ortaktır. 0p1 tanklı üretiminde ilk dokuz işlem adımı ve ayrıca on ikinci işlem adımı, tank montajı uygulanmaktadır. On ikinci operasyon sadece bu ürüne özel bir süreçtir.

Çizelge 4.3. Pompa ürün gruplarına göre ana operasyon adımları matrisi

Ana Operasyon Adımları	0,5P		0P1		1PA		1P1		1P2		1PN		1PH		1,5P		1,5PH		2P1		3P1	
	Tekli	Tanklı	Tekli	Tekli	Tekli	Tekli	İkili	İkili	Tekli	İkili	Tekli	İkili	Üçlü	Tekli	İkili	İkili	Tekli	Tekli	Tekli	İkili	Tekli	İkili
1 Pimleri gövdeye preste çak	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1
2 Burç takma	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1
3 Dişlileri tak	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1
4 Burçları tak	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1
5 Burç takviye keçesi ve lastik halka tak	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1
6 Şaft keçesini ön kapağa tak	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1
7 Ön kapağı gövdeye tak	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1
8 Burç takviye keçesi ve lastik halka tak	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1
9 Arka kapağı gövdeye tak, torla ve kontrol	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	3	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1
10 Ara plaka ve kaplin montajını yap							1		1		1	2		1	1					1		
11 Pompaları birleştir							1		1		1	2		1	1							1
12 Tank montajını yap		1																				

*Sayılar o operasyon adımın kaç defa yapıldığını belirtir.

4.4.4. Pompa montajında alt operasyon adımları ve süreleri

Hidrolik pompa montaj süreci gözlemlendiğinde, her operatörün iş istasyonunda bir çevrimi tamamlamak için belirli iş adımlarını gerçekleştirdiği görülmektedir. Prosesin detay adımlarının tanımlanması kayıpları tanımlamayı ve yok etmeyi kolaylaştırır, toplam çevrim içinde bu kayıpları görmek zordur. Prosesi oluşturan detay adımları iki şekilde elde edilebilir; prosesi gözlemleyerek ve zaman etüdü yaparak, ya da süreci videoya alıp, excel yardımıyla tablollaştırarak.

Standart veriler ve zaman etüdü verilerini kullanmak iş alanındaki yeni durumu yansıtmayacaktır. Süreci yerinde görmek mevcut durumdaki israfı görmeyi kolaylaştırmaktadır. Yazarak süreç takibinde birtakım şeylerin gözden kaçırılması muhtemeldir. Video yöntemi ile prosesin analizinde verimsizlikler gözlemlenebilmekte, çok daha sağlıklı sonuçlar alınabilmektedir.

1PN ürün grubuna ait 1PN119 CB11 / 317 numaralı alt ürün çeşidi (A grubu ürün) pilot ürün olarak alınmıştır. Pompa üretim sürecinin detay adımlarını belirlemek için kullanılan video kayıtları, operatörün el hareketleri görülebilecek şekilde yapılmış ve iş elemanlarının sürelerinin ölçümünde de bu kayıtlardan yararlanılmıştır. Detay adımlar montaj prosesinde tecrübeli takım lideri tarafından tekrar tekrar izlenerek hazırlanmıştır. Çizelge 4.4' teki liste operatörlerle birlikte gözden geçirilmiş ve son şeklini almıştır.

Çizelge 4.4. Pompa montaj hattı mevcut durum alt operasyon adımları ve süreleri

Örnek pompa no: 1PN119 CB11 / 317			Mevcut Durum		
İst. No	Ana Operasyonlar	Alt Operasyonlar (parçalanabilen operasyonlar)	1 adet pompa için (sn.)		
			Toplam işleme Süresi	Değer katan süre (VAT)	Değer katmayan süre (NVA/T)
1	Presleme I	1.Gövdeleri stok alanından al, prese götür	3,20		3,20
		2.Gövdeyi prese al	3,00		3,00
		3.Pimleri yuvaya koy	2,80	2,80	
		4.Pimleri pres ile çak	3,00	3,00	
		5.gövdeyi kenara al	3,00		3,00
		6.Gövdeleri montaj masasına götür	4,00		4,00
2	Burç I takma	1.Burçları stok alanından al	1,80		1,80
		2.Burçları diz	1,80		1,80
		3.Gövdeye yerleştir	3,80	3,80	
3	Dişli takma	1.Dişlileri stok alanından al	6,20		6,20
		2.Gövdeye yerleştir	4,40	4,40	
4	Burç II takma	1.Burçları stok alanından al	3,20		3,20
		2.Gövdeye yerleştir	6,60	6,60	
		3.Burçları tornavida ile düzenle	2,80	2,80	
5	Burç takviye keçesi ve lastik halka takma	1.Keçeleri stok alanından al	5,20		5,20
		2.Gövdeye yerleştir	6,00	6,00	
		3.Gövde keçesini al	2,40		2,40
		4.Gövdeye yerleştir	3,00	3,00	
6	presleme II	1.Kapak alanına git	3,40		3,40
		2.Kapağı prese al	2,00		2,00
		3.Şaft keçesini çak	13,40	13,40	
		4.Kapakları montaj masasına taşı	2,00		2,00
7	Ön kapak takma	1.Ön kapağı temizle	1,40	1,40	
		2.Aparatı al	0,60		0,60
		3.Gövdeye tak	6,00	6,00	
		4.Gövdeyi ters çevir	1,20		1,20
		5.Gövdeyi temizle	1,40	1,40	
8	Burç takviye keçesi ve lastik halka takma	1.Keçeleri stok alanından al	5,00		5,00
		2.Gövdeye yerleştir	5,20	5,20	
		3.Burçları tornavida ile düzenle	2,80	2,80	
		4.Gövde keçesini al	2,60		2,60
		5.Gövdeye yerleştir	1,60	1,60	
9	Arka kapağı gövdeye takma, torklama ve kontrol	1.Arka kapağı stok alanından al	1,80		1,80
		2.Arka kapağı temizle ve gövdeye tak	2,80	2,80	
		3.Emniyet pulu	4,00	4,00	
		4.Civataları al	2,60		2,60
		5.Civataları tak	7,60	7,60	
		6.Civataları loctite sür ve tak	13,80	13,80	
		7.Civataları sık	6,20	6,20	
		8.Civataları torkla	8,80	8,80	
		9.Pompaları ters çevir ve operatör kodunu çak	3,40		3,40
		10.Kamaralı al	1,20		1,20
		11.Kamaları tak	2,80	2,80	
		12.Aparatı al	1,20		1,20
		13.Dönmesini kontrol et	4,40		4,40
		14.Arabaya diz	4,00		4,00
		15.Teste götür	0,40		0,40
1 adet pompa için toplam süre (dakika)			3,00	1,84	1,16

Çizelge 4.4' te görüldüğü gibi bir adet pompa üretim süresi ortalama 3 dakikadır. Bu süre hem değer katan hem de değer katmayan faaliyetleri içermektedir. “Pimleri gövdeye preste çak” ana operasyonunun “ gövdeyi prese al, pimleri yuvaya koy” alt operasyon süreleri gibi, diğer ana operasyonlar ve alt operasyonların süreleri de katma değer yaratan ve yaratmayan iki işleme süresi içerebilmektedir. Gövdeyi prese almada gereksiz bir taşıma söz konusudur, fakat pimleri alıp yuvaya koyma katma değer yaratan bir iştir. Yalın yaklaşımla, montaj prosesini tamamen öğelerine ayırıp detaylandırarak, problemleri görmek daha kolay hale gelmiştir.

4.5.Verilerin Analizi ve Değerlendirilmesi

4.5.1. Mevcut durum değer akış haritası

Pompa montaj hattı mevcut durum verilerine göre, her bir ürün grubu için toplamda 7000 adet farklı parça numarası bulunmaktadır. Bütün ürün gruplarının değer akışını tek bir haritada göstermek oldukça karmaşık ve gereksizdir, zaman israfı yaratır. Bu nedenle, verilerin toplanması bölümünde malzeme ve bilgi akışı haritalandırılacak ürün ailesinin seçimi için ürün gruplarına göre pareto analizi yapılmış ve 1PN,1PA, 1P1 ürün gruplarını içeren bir ürün ailesi seçilmiştir. Her bir pompa ürün grubu için geçmiş satış miktarları incelenmiş ve müşteri talebi yüksek olan 1PN hidrolik pompa için değer akışının haritalandırılmasına karar verilmiştir.

Oluşturulan mevcut durum değer akış haritası şekil 4.6.'da gösterilmektedir. Mevcut durum haritası, pompa üretim sürecinin anlık fotoğrafını temsil etmekte ve iyileştirme fırsatlarını ortaya koymaktadır. Harita, yapılacak bazı iyileştirmeler ve değişiklikler sonucunda sürecin nasıl işleyeceği hakkında bilgi vermektedir.

Montaj hattında 3 vardiya çalışılmaktadır. Vardiyadaki müşteri talebi ortalama 430 pompadır. Vardiyadaki çalışma süresi 8 saattir, eğer gerekirse fazla mesai yapılır. Her vardiyada 20 dakika mola verilir ve yemek süresi 30 dakikadır. Manuel operasyonlar molalarda durdurulur. Bu veriler ile hesaplanan takt

zamanının anlamı şudur; mevcut durumda kullanılabilir çalışma süresi içinde müşteri talebini karşılamak için her 60 saniyede bir pompa üretiliyor olmalıdır.

$$\text{Takt zamanı} = \frac{\text{Kullanılabilir çalışma süresi}}{\text{Müşteri talebi}} = \frac{25.800 \text{ saniye}}{430 \text{ adet sevkiyat}} \cong 60 \text{ saniye}$$

$$\text{Kullanılabilir çalışma süresi} = 8 \times 60 - (30 + 20) = 25.800 \text{ saniye/vardiya}$$

Vardiyada kullanılabilir çalışma süresi, 1 vardiyada kullanılabilen süreden vardiya başına sosyal ihtiyaç süresinin (yemek ve mola) çıkarılmasıyla elde edilmiştir. Bu değer 25.800 saniyedir.

$$\text{Müşteri talebi} = 1290 \div 3 \cong 430 \text{ adet sevkiyat/vardiya}$$

Vardiya başına müşteri talep miktarı, günlük müşteri talebinin vardiya sayısına bölünmesiyle elde edilmiştir. Günlük müşteri talebi ortalama bir değerdir.

Şekil 4.6.'daki mevcut durum haritası kapıdan kapıya değer akış haritası olarak tanımlanmaktadır. Malzeme, hammadde ambarından bitmiş ürün ambarına haritada gösterilen süreçlerden geçerek hareket etmektedir. Haritada süreçler arası stok depolama noktaları üçgen şeklinde gösterilmiştir. Her bir stok üçgeni için hesaplanan süre, stok üçgeni altındaki miktarın günlük müşteri talebine bölünmesi ile elde edilmiştir. Örneğin, Presleme I operasyonunun önündeki stok üçgeni için akış süresi (lead-time) 3,43 gün; üçgenin altındaki stok miktarı 4435'in günlük pompa talep miktarı 1290'a bölünmesi ile elde edilmiştir. Haritanın altında yer alan zaman eksenini iki bileşenden oluşmaktadır; birinci bileşen üretim akış süresi, ikinci bileşen katma değer süresi (VAT) ya da işleme süresidir. Haritada pompa üretiminde gerçekleştirilen tüm operasyonlar gösterilmektedir, fakat uygulama alanı pompa montaj süreci ve test operasyonudur. Yalın üretim uygulaması dışında kalan operasyonlar süreç kutuları içine "proje dışı" yazılarak belirtilmiştir. Tüm operasyon adımları için toplam işleme süresi, her bir sürecin ortalama çevrim süresi toplanarak hesaplanmıştır.

4.5.2. Mevcut durum analizi

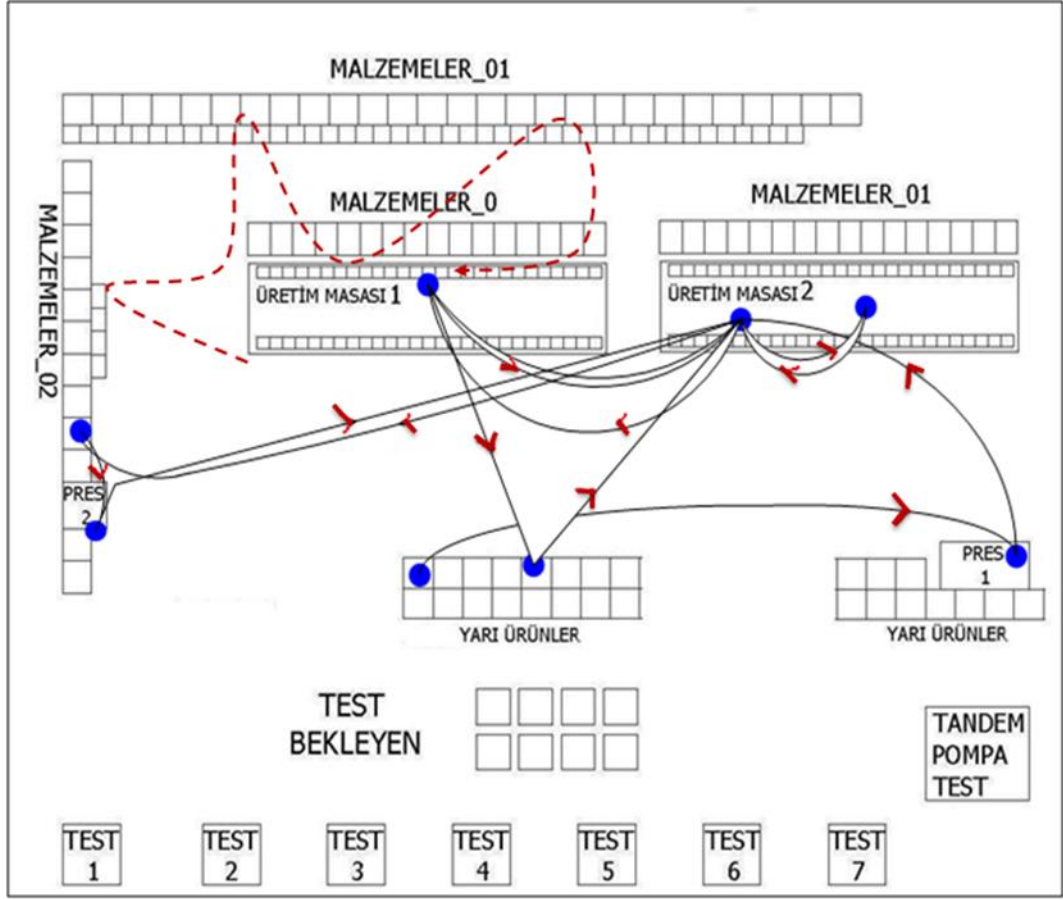
Mevcut durum değer akış haritası incelendiğinde (Bkz, Şekil 4.6.) toplam üretim akış süresinin 13,46 gün ve bu süre içindeki toplam işleme süresinin 989,8 saniye olduğu görülmüştür. Uygulama alanı olarak seçilen pompa montaj hattı için ise üretim akış süresi 6,87 gün, işleme süresi 480 saniyedir. Yani akış süresinin çok büyük bir kısmı değer katmayan faaliyet süresi içermektedir. Haritalandırılan operasyon adımları için hesaplanan çevrim süreleri katma değer yaratan ve yaratmayan iki süreyi de içermektedir. Bu nedenle her bir alt operasyon adımı için değer katmayan süreler de haritalandırılmıştır. Pompa üretiminde değer katan süre, montaj ve test operasyonunun toplam çevrim süresinden değer katmayan sürelerin çıkarılmasıyla hesaplanmıştır. Bu süre 410 saniyedir.

4.5.2.1. İsrif analizi

Pompa üretim alanında, montaj hattı mevcut durum değer akış haritası oluşturma sürecinde ve sonrasında akış süresini uzatan israf türleri ve nedenleri tespit edilmiştir. İsrif, spagetti diyagramı ve israf analiz formu gibi araçlar kullanılarak görselleştirilmiştir.

Üretim alanında, problemlerin olduğu anda görülmesini engelleyen stok israfı oldukça fazladır. Yüksek ürün çeşitliliği, iş istasyonlarının düzensiz yerleşimi ve darboğaz yaratan faaliyetler süreçler arası stok miktarını önemli ölçüde arttırmaktadır. Montajda kullanılan parçaların eksik olması ya da test makineleri çalışırken operatörün beklemesi gibi durumlar bekleme israfına neden olmaktadır. Torklama ve kontrol operasyonunun operatör tarafından gerçekleştirilmesi, kalite problemlerini beraberinde getirmektedir.

Mevcut durumda operatör, üretim hattının arkasında stoklanan parçaları almak için yürümekte ve parçaları aldıktan sonra montajı yapmak yerine önce parçaları montaj hattının üzerine dizmektedir. Operatör aynı işlemi birkaç kez tekrarladıktan sonra montajı gerçekleştirmektedir. Pompa üretim alanındaki bu hareket israfını görünür hale getirmek için şekil 4.7'deki gibi bir spagetti diyagramı oluşturulmuştur.



* Düz çizgi : Operatörün süreçler arasındaki hareketi
 * Kesik çizgi : Yan sanayi malzemeleri hareketi

Şekil 4.7. Pompa montaj alanı spagetti diyagramı

Spagetti diyagramı, üzerinde çalışılan alanın üstten görünümüne ve yakın çevresine odaklanmış bir yerleşim planında montajı gerçekleştiren operatörün süreçler arasındaki hareketini göstermek için kullanılmıştır. Uygulama sonrası yapılacak iyileştirmelerde israf kaynağı olan bu operatör gidiş gelişleri yok edilecektir.

Yukarıda açıklanan israf ve türleri çizelge 4.5'teki gibi bir israf analiz formu ile daha ayrıntılı hale getirilmiştir. Pompa üretim sürecinde gerçekleştirilen her bir alt operasyon adımı için değer katan ve değer katmayan faaliyet süreleri israf türleriyle birlikte tablolaştırılmıştır. Pompa montajı için harcanan sürenin yaklaşık %40'ının (1,16 dakika) ürüne hiçbir değer katmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.5. Pompa montaj hattı mevcut durum israf analiz formu

Örnek pompa no: IPN119 CB11 / 317		Mevcut Durum			
Ana Operasyonlar	Alt Operasyonlar (parçalanabilen operasyonlar)	1 adet pompa için (sn.)			Açıklama
		Toplam İşleme Süresi	Değer katan süre (VAT)	Değer katmayan süre (NVA/T)	
Presleme I	1.Gövdeleri stok alanından al, prese götür	3,20		3,20	*Gereksiz taşıma, gereksiz hareket
	2.Gövdeyi prese al	3,00		3,00	*Gereksiz hareket
	3.Pimleri yuvaya koy	2,80	2,80		
	4.Pimleri pres ile çak	3,00	3,00		
	5.gövdeyi kenara al	3,00		3,00	*Gereksiz hareket
	6.Gövdeleri montaj masasına götür	4,00		4,00	*Gereksiz taşıma
Burç I takma	1.Burçları stok alanından al	1,80		1,80	*Gereksiz taşıma
	2.Burçları diz	1,80		1,80	*Gereksiz hareket
	3.Gövdeye yerleştir	3,80	3,80		
Dişli takma	1.Dişlileri stok alanından al	6,20		6,20	*Gereksiz hareket
	2.Gövdeye yerleştir	4,40	4,40		
Burç II takma	1.Burçları stok alanından al	3,20		3,20	*Gereksiz hareket
	2.Gövdeye yerleştir	6,60	6,60		
	3.Burçları tornavida ile düzenle	2,80	2,80		*Parçalar uygun takılmadığı için düzeltme yapılması
Burç takviye keçesi ve lastik halka takma	1.Keçeleri stok alanından al	5,20		5,20	*Gereksiz hareket
	2.Gövdeye yerleştir	6,00	6,00		
	3.Gövde keçesini al	2,40		2,40	*Gereksiz hareket
	4.Gövdeye yerleştir	3,00	3,00		
Presleme II	1.Kapak alanına git	3,40		3,40	*Gereksiz hareket
	2.Kapağı prese al	2,00		2,00	*Gereksiz Taşıma
	3.Şaft keçesini çak	13,40	13,40		
	4.Kapakları montaj masasına taşı	2,00		2,00	*Gereksiz Taşıma
Ön kapak takma	1.Ön kapağı temizle	1,40	1,40		*Parçalar uygun gelmediği için düzeltme yapılması
	2.Aparatı al	0,60		0,60	*Gereksiz hareket
	3.Gövdeye tak	6,00	6,00		
	4.Gövdeyi ters çevir	1,20		1,20	*Sonraki operasyona devam edebilmek için yapılır
	5.Gövdeyi temizle	1,40	1,40		
Burç takviye keçesi ve lastik halka takma	1.Keçeleri stok alanından al	5,00		5,00	*Gereksiz hareket
	2.Gövdeye yerleştir	5,20	5,20		
	3.Burçları tornavida ile düzenle	2,80	2,80		*Parçalar uygun takılmadığı için düzeltme yapılması
	4.Gövde keçesini al	2,60		2,60	*Gereksiz hareket
	5.Gövdeye yerleştir	1,60	1,60		
Arka kapak takma, torklama ve kontrol	1.Arka kapağı stok alanından al	1,80		1,80	*Gereksiz hareket
	2.Arka kapağı temizle ve gövdeye tak	2,80	2,80		
	3.Emniyet pulu	4,00	4,00		
	4.Civataları al	2,60		2,60	*Gereksiz hareket
	5.Civataları tak	7,60	7,60		
	6.Civataları loctite sür ve tak	13,80	13,80		
	7.Civataları sık	6,20	6,20		
	8.Civatanı torkla	8,80	8,80		
	9.Pompa ters çevir ve operatör kodunu çak	3,40		3,40	*Sonraki operasyona devam ve operatör kodu izlemenin yapılabilmesi için
	10.Kamaralı al	1,20		1,20	*Gereksiz hareket
	11.Kamaları tak	2,80	2,80		*Gereksiz hareket
	12.Aparatı al	1,20		1,20	
	13.Dönmesini kontrol et	4,40		4,40	*Parçanın uygun olup olmadığını kontrol edilmesi
	14.Arabaya diz	4,00		4,00	*Gereksiz hareket
	15.Teste götür	0,40		0,40	*Gereksiz Taşıma
<i>1 adet pompa için toplam süre (dakika)</i>		3,00	1,84	1,16	

4.5.3. Gelecek durum değer akış haritası

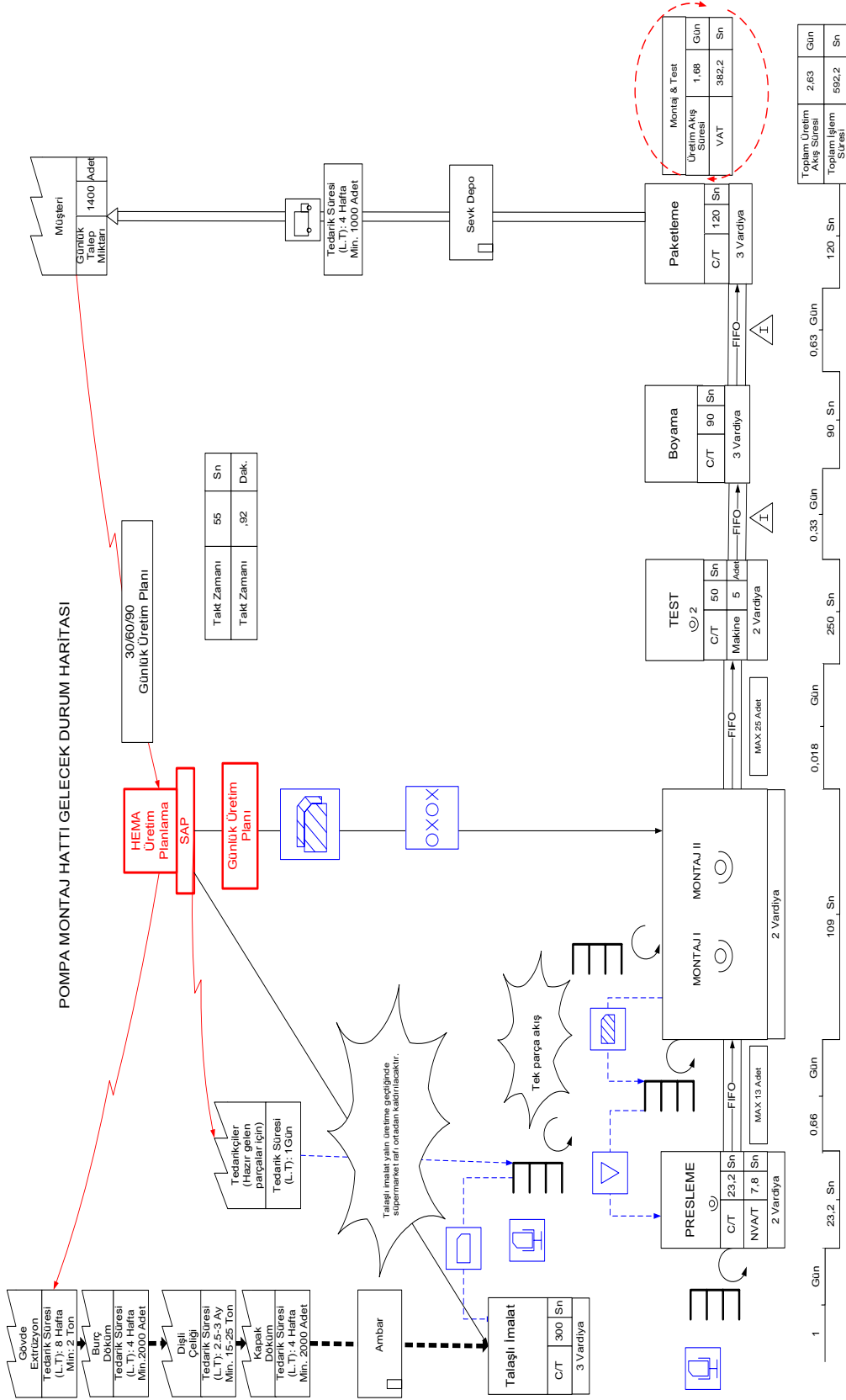
Yedi israf türünü yok etmeyi hedefleyen yalın üretim ile üretim akış süresini azaltmak için görünen israfı ortadan kaldırmaktan daha fazlasını yapmak gerekmektedir. Gelecek durum haritasını oluşturmanın asıl amacı, bu israfın kök nedenlerini ortadan kaldırmaktır.

Yığın üretim problemlerinin esas nedenlerinin görünür hale gelmesi ile birlikte gelecek durum için çözümler üretilmiştir. Çizelge 4.6'da mevcut durumdaki sorunlar ve gelecek durum için planlanan çözümler gösterilmektedir.

Çizelge 4.6. Mevcut durum sorunlar ve gelecek durum için çözümler

Problemler	Çözümler
Üretim alanında yüksek malzeme stoğu	Çekme sistemi, süpermarket
Üretim alanında yüksek yarı mamül stoğu	Tek parça akış
Montaj operatörü yürüme	Yeni yerleşim planı
Montaj operatörü iletişim	Kanban
Montaj üretiminin görselliği	5S
Montaj operatörü çalışma ergonomisi	Ergonomik raf ve hat tasarımı
Kalite	Otonomasyon- Foolproofing

Üretim alanındaki yüksek malzeme stoğu süpermarket rafları ile ortadan kaldırılacaktır. Malzeme yenilenmesini planlamak için çekme sistemi kullanılacak ve operatörler arasındaki iletişim kanban kartları ile sağlanacaktır. Üretim alanında yarı mamul stoğunu azaltmak için tek parça akış sistemi ile birlikte hareketli montaj hatları kullanılacaktır. Operatörün çalışma ortamının ergonomisi için yarı mamül/malzemelerin bulunduğu raflar yeniden tasarlanacak ve bunlar kanban rafı (süpermarket) haline getirilecektir. Montaj hattındaki gereksiz hareket ve taşıma israfı, yeni yerleşim planı ve süreçlerin yeniden düzenlemesiyle giderilecektir. Üretim dengeleme ile üretim adedi standart hale getirilecektir. Montaj hattında 5s çalışması yapılarak montaj üretim alanının görselliği ve çalışma ortamı iyileştirilecektir. Tüm bu iyileştirmelerin görselleştirildiği gelecek durum değer akış haritası şekil 4.8'deki gibidir.



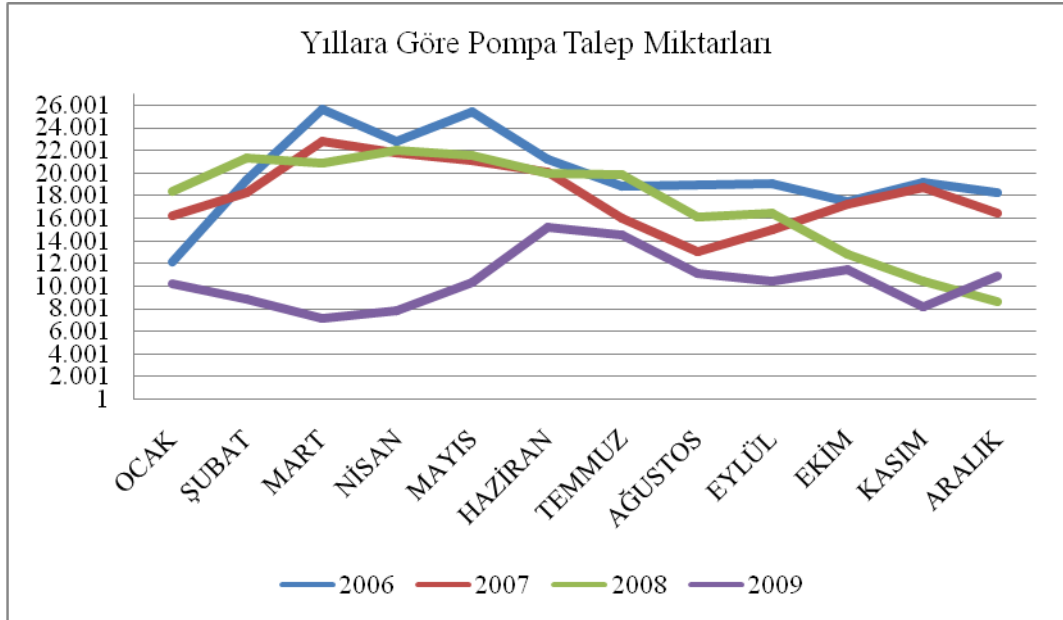
Şekil 4.8. Pompa montaj hattı gelecek durum değer akış haritası

4.5.4. Gelecek durum analizi

Mevcut durum analizinden sonra pompa montaj alanının yeniden tasarımı için gerçekleştirilmesi planlanan çözüm önerileri şekil 4.8.'deki gelecek durum değer akış haritası ile görselleştirilmiştir. Pompa montaj alanında etkili olacağı düşünülen yalın teknik ve araçların kullanımı ile yeni durumda montaj ve test operasyonlarını kapsayan işleme süresi 480 saniyeden 382,2 saniyeye, üretim akış süresi 6,87 günden 1,68 güne düşürülmüştür. Yalnızca montaj ve testteki yalın üretim uygulaması ile tüm süreci kapsayan üretim akış süresi 13,46 günden 2,63 güne düşürülmüştür.

4.5.4.1. Talep değişimi ve takt zamanı analizi

İşletmenin yalın üretime geçiş düşüncesi 2009 yılında Amerika'da meydana gelen ve tüm dünyayı etkisi altına alan ekonomik kriz ile ortaya çıkmıştır. Bu durumun 2009 yılı pompa satış miktarına yaptığı etki şekil 4.9'da gösterilmektedir.



Şekil 4.9. Yıllara göre pompa talebi gelişimi

Şekil 4.9 incelendiğinde pompa talebinin yıllara ve aylara göre değişim gösterdiği görülmektedir. Talepteki bu belirsizliğin yanında pompa talebinin en

düşük olduğu yıl 2009 yılıdır. Üretim alanında stok tutma nedenlerinden biri olan talep belirsizliği yalın üretim ile ortadan kaldırılmaya çalışılacaktır.

Gelecek durumda müşterinin satın alma temposunu belirleyen takt zamanı referans alınarak üretim yapılacaktır. Gelecek durumda kriz öncesi satış miktarları ve yeni müşteri kazanma potansiyeli de göz önünde bulundurularak günlük ortalama talep miktarında artış olacağı öngörülmüştür. Mevcut durumda 1290 adet/gün olan pompa talebi yeni durumda 1400 adet/gün olarak kabul edilecektir. Yeni durum için takt zamanı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Takt zamanı} = \frac{\text{Kullanılabilir çalışma süresi}}{\text{Müşteri talebi}} = \frac{25.800 \text{ saniye}}{467 \text{ adet /vardiya}} \cong 55 \text{ saniye}$$

Gelecek durumda pompa talebini karşılayabilmek için her 55 saniyede bir pompa üretilmelidir.

4.5.5. Yeni hat tasarımına geçişte kullanılan yalın üretim uygulamaları

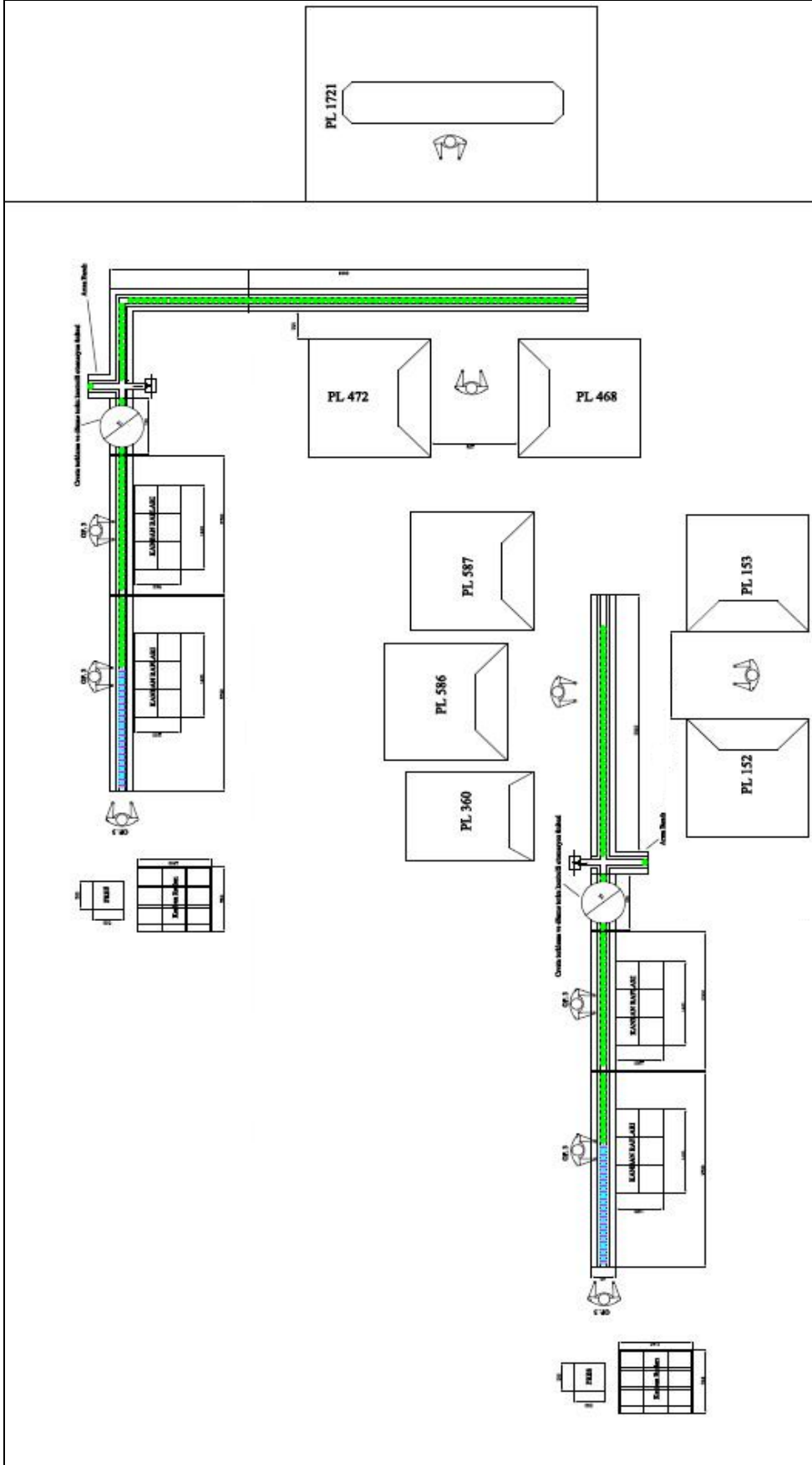
4.5.5.1. Montaj hattı yeni yerleşim planı

Yalın süreçlerin yalın bir yerleşim planı ile desteklenmesi gerekmektedir. Süreçler arası mesafe önemsiz olarak görülse bile büyük bir parti miktarının süreçler arasındaki hareketi bu parti miktarını küçük parçalar halinde taşımak gerektiğinde gerçek bir problem haline gelecektir. Yalın bir yerleşim planı olmadıkça, azaltılmış parti büyüklüğü ile hareket önemli bir ölçüde artmaktadır. Bu nedenle, küçük parti miktarlarının bir süreç boyunca hızlı ve etkili bir şekilde hareket etmesi için süreç adımlarının yan yana yerleştirilmesi kritik bir öneme sahiptir (Allen ve Wigglesworth, 2009).

Pompa montaj alanı mevcut yerleşim planı, operatörün malzemeleri almak için uzun mesafe yürümesi, makine çalışırken beklemesi, çevrimdışı işleri yapmak için iş istasyonunu terk etmesi gibi müşteriye ya da ürüne hiçbir değer katmayan, akışı kesen ve tümüyle israf yaratan eylemlere neden olmaktadır. Şekil 4.10.'da

gösterilen pompa montaj alanı yeni yerleşim planı tüm bu sorunların önüne geçme amacı ile oluşturulmuştur. Yapılan iyileştirmeler aşağıdaki gibidir.

- Mevcut durumda pompa montajı için üç montaj hattı kullanılırken yeni durumda hat sayısı ikiye düşürülmüştür. Ürünü transfer etmek ve böylece akışı sağlamak için hareketli (konveyörlü) montaj hattı kullanımına geçilmiştir.
- Hatlar, operatörün operasyon adımlarını efektif montaj işleyişine göre birbiri ardına gerçekleştirebileceği şekilde tasarlanmıştır.
- Her bir istasyonun kanban rafı (süpermarket) operatörün önüne konumlandırılmıştır. Malzeme taşıma, yürüme, süreçler arası stok, malzeme bekleme, ürünün hazır halde beklemesi gibi israf yaratan işlemler ortadan kaldırılmıştır.
- Test makineleri montajı yapılacak ürün grubuna göre oluşturulan iki ayrı hatta paylaştırılmıştır. Bu makineler montaj hatlarına paralel konumlandırılmıştır. İşlem içi stok biriktirilebilecek alan bırakılmamıştır.
- El aletleri, operatörlerin kullanacağı yöne ve kullandığı noktaya yerleştirilmiştir.

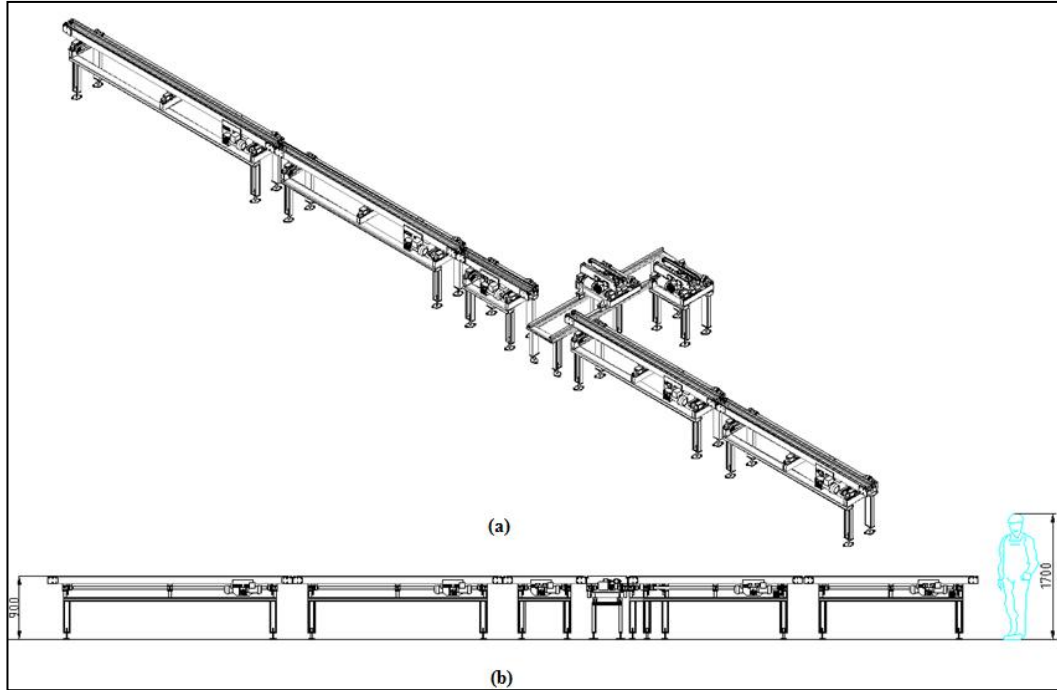


Şekil 4.10. Pompa montaj hattı yeni yerleşim planı

4.5.5.2. Hareketli montaj hattı tasarımı

Uygulamada amaç, üretim temposu arttığında müşteri talebini tam zamanında karşılayabilecek yalın bir hat tasarlamak olduğundan, sürekli akışı sağlamak için güçlü bir tempo mekanizması olan hareketli konveyör hatlarının kullanımına karar verilmiştir. Hareketli konveyör hatlarının (üretim bantları) farkı, talep değişimi karşısında operatör sayısını değiştirme durumunda ortaya çıkmaktadır. Üretim bantlarında da hücresel üretimin büyük avantajlarından biri, talebe göre çıktı esnekliği sağlanabilmektedir (Rother ve Harris, 2001).

Talep edilen pompa tipleri sabit olmadığından hatta sürekli olarak bir üründen diğerine dönüş yapmak, malzeme aktarma ve üretkenlik problemlerine yol açacağından 11 ürün grubu için iki ayrı montaj hattı tasarlanmıştır. Şekil 4.11.'de pilot ürün grubu 1PN'nin de üretileceği montaj hattı gösterilmektedir.



Şekil 4.11. Konveyörlü montaj hattı (a) konveyörlü montaj hattı izometrik görünümü (b) konveyörün yerden yüksekliği

Hareketli bant sistemi (konveyör) ile operatörün parça taşınması, gereksiz hareket, süreçler arası stok gibi israf yaratan faaliyetler minimum düzeye indirilmiştir. Yeni tasarım ile izleme sağlanabilecek, montaj sürecinde oluşabilecek hatalara anında müdahale edilecek ve böylece üretimde sıfır hata

hedefi gerçekleştirilebilecektir. Ayrıca operasyonlar arası iletim kolaylığı sağlanmış, tek parça akış ve kanban sistemi için altyapı hazırlanmıştır. Yeni durumda ilk operasyon adımından harekete geçen ilk yarı ürün montaj sürecinden geçip teste girecek ve ilk ürün olarak çıkacaktır. (Parti üretiminde tek bir üründe yapılan hatanın tüm partide devam etme olasılığı yüksektir).

Ürün grupları incelenerek ürün montajı esnasında ihtiyaç duyulan sıkma uygulamasının (Pompa gövdesinin sabitlenmesi için iki tarafından sıkılması) yapılabilmesi için ürünlerin değişken genişlik değerleri de göz önüne alınarak, iki farklı gruba ayrılmıştır (0.5P, 0P, 1PN, 1P1, 1PA, 1P2, 1PH bir grup, 2P, 1.5PH, 1.5P, 3P farklı bir grup). Bu farklı iki grup 2 farklı konveyör hattında montajlanacaktır.

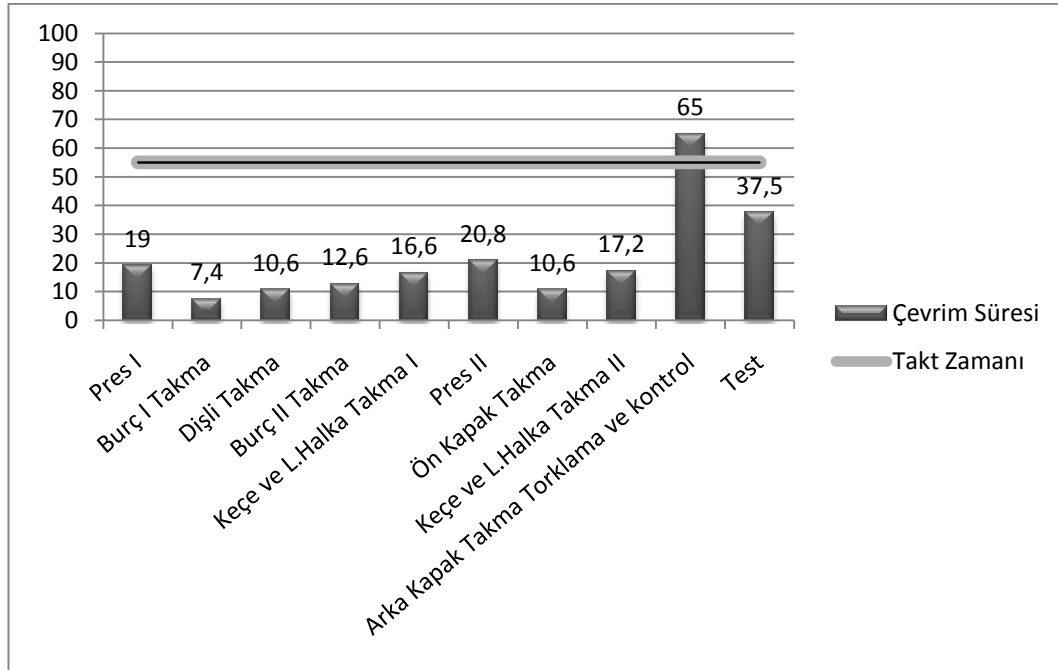
4.5.5.3. Tek parça akışa geçişte hat dengeleme

Ürün çeşitliliğinin yüksek olduğu bir montaj hattında, sürekli akış/tek parça akışın sağlanabilmesi için her bir operatörün birden fazla bileşenin montajını yaptığı iş istasyonlarına ilişkin işlem sürelerinin dengelenmesi oldukça önemlidir. Hat dengeleme, tek bir ürün üretmek için gereken işlerin montaj istasyonlarına kayıp süreleri en aza indirecek şekilde atanması olarak tanımlanmaktadır.

Amaç, kurulan montaj hattının verimli olarak çalışabilmesi için üretim süresi içindeki her bir operatöre, montaj hattında çok az atıl süre bırakılacak veya hiç boş süre bırakılmayacak şekilde operasyonların istasyonlara dağıtılmasıdır. Böylece işlem sayısının çok ve üretim hızının yüksek olması nedeniyle iş istasyonları arasındaki işlem süresi farklarının toplamı minimize edilecektir. Pompa montaj hattında sürekli akışın kurulacağı yere karar vermeden önce montaj hattını dengelemek için yapılan işlemler aşağıdaki gibidir:

- Her bir operasyon adımı için toplam çevrim süreleri özetlenmiş ve takt zamanı ile karşılaştırılmıştır (Bkz. Şekil.4.12.) Bu karşılaştırmadan hareketle pompa montajı için gerekli iş adımları yeniden düzenlenmiştir.

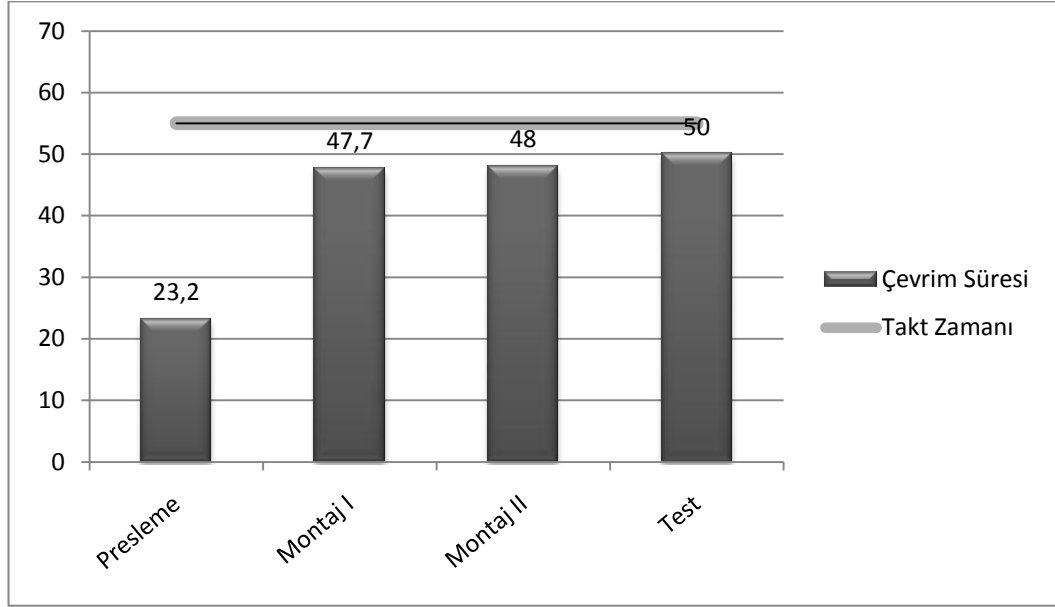
- Mevcut pompa üretim sürecinde gerçekleştirilen operasyonların ayrıntılı olarak analizinden sonra darboğaz yaratan operasyon adımları tanımlanmıştır. Bu israfı minimize etmek için operasyon sırası değiştirilmiş ve bazı operasyon adımları birleştirilerek yeni bir üretim akışı elde edilmiştir (Bkz. Şekil 4.13.).
- Gelecek durumda hattı dengeleme sonrası süreçte meydana gelecek değişiklikleri gösteren ve israf yaratan sürelerin ortadan kaldırıldığı ya da iyileştirildiği bir süreç analiz formu oluşturulmuştur. Tüm bu iyileştirmelerden sonra pompa montaj süresi 3 dakikadan 2,19 dakikaya düşürülmüştür (Bkz. Çizelge 4.7.).



Şekil 4.12. İyileştirme öncesi operasyon adımları ve çevrim süreleri

Şekil.4.12.'de mevcut durumda tek bir operatör tarafından gerçekleştirilen 11 operasyon adımının çevrim süreleri takt zamanı ile karşılaştırılmıştır. Mevcut pompa üretiminde takt zamanından çok daha kısa çevrim süresi ile çalışıldığı görülmektedir. Arka kapak takma torklama ve kontrol operasyonu darboğaz operasyondur. Yeni operasyon adımlarının iş istasyonlarına atanmasında, işlem sayısının çok ve üretim hızının yüksek olması nedeniyle ortaya çıkan bu çevrim

süresi farkları toplamı minimize edilmeye çalışılmıştır. Yeni operasyon adımları ve çevrim süreleri Şekil 4.13.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.13. İyileştirme sonrası operasyon adımları ve çevrim süreleri

İyileştirme sonrası presleme dışındaki diğer montaj operasyon adımları hareketli hatta tasarlanan iki istasyona atanmıştır. Böylece yeni durumdaki 10 operasyon adımı 4'e düşürülmüştür. Torklama operasyonunda operatör müdahalesi olmadığından şekilde gösterilmemiştir. Her bir operasyon adımı incelendiğinde presleme operasyonunun çevrim süresinin diğer operasyon adımlarından daha kısa olduğu görülmektedir. Yeni operasyon adımları istasyonlara atanırken tek parça akışı engelleyeceği düşünülen bu operasyon adımı hareketli montaj hattından ayrı konumlandırılmıştır. Montaj I, Montaj II ve Test operasyonları tek parça akış hattında yer alan yeni operasyon adımlarıdır.

Çizelge 4.7..İyileştirme sonrası süreç analiz formu

	Örnek pompa no: Tekli pompa			! Hat tasarımı sonrası				
	İst. No	Ana Operasyonlar	Alt Operasyonlar (parçalanabilen operasyonlar)	1 adet pompa için (sn.)				
				Toplam Süre	Değer katan süre (VAT)	Değer katmayan süre (NVA/T)	Açıklama	
PRESLEME	23,20	1	Pimleri gövdeye preste çak	1.Gövdeleri stok alanından al, prese götür	0,00		0,00	Stok alanı yok
				2.Gövdeyi prese al	1,00		1,00	
				3.Pimleri yuvaya koy	2,80	2,80		
				4.Pimleri pres ile çak	3,00	3,00		
				5.gövdeyi kenara al	0,50		0,50	Gövdeyi hatta bırak
				6.Gövdeleri montaj masasına götür	0,00		0,00	Taşıma yok
	2	Şaft keçesini ön kapağa tak	1.Kapak alanına git	0,00		0,00	Stok alanı yok	
			2.Kapağı prese al	2,00		2,00		
			3.Şaft keçesini çak	13,40	13,40			
			4.Kapakları montaj masasına taşı	0,50		0,50	Kapağı hatta bırak	
MONTAJ I	47,70	3	Burç tak	1.Burçları stok alanından al	1,80		1,80	Burçları raftan al
				2.Burçları diz	1,80		1,80	
				3.Gövdeye yerleştir	3,80	3,80		
	4	Dişlileri tak	1.Dişlileri stok alanından al	1,70		1,70	Dişlileri raftan al	
			2.Gövdeye yerleştir	4,40	4,40			
	5	Burçları tak	1.Burçları stok alanından al	1,80		1,80	Burçları raftan al	
			2.Gövdeye yerleştir	6,60	6,60			
			3.Burçları tomavida ile düzenle	2,80	2,80			
	6	Burç takviye keçesi ve lastik halka tak	1.Keçeleri stok alanından al	1,70		1,70	Keçeleri raftan al	
			2.Gövdeye yerleştir	6,00	6,00			
			3.Gövde keçesini al	1,70		1,70	Keçeleri raftan al	
			4.Gövdeye yerleştir	3,00	3,00			
	7	Ön kapağı gövdeye tak	1.Ön kapağı temizle	1,40	1,40			
			2.Aparatı al	0,60		0,60		
3.Gövdeye tak			6,00	6,00				
4.Gövdeyi ters çevir			1,20		1,20			
5.Gövdeyi temizle			1,40	1,40				
MONTAJ II	49,50	8	Burç takviye keçesi ve lastik halka tak	1.Keçeleri stok alanından al	1,70		1,70	Keçeleri raftan al
				2.Gövdeye yerleştir	5,20	5,20		
				3.Burçları tomavida ile düzenle	2,80	2,80		
				4.Gövde keçesini al	1,70		1,70	Keçeleri raftan al
				5.Gövdeye yerleştir	1,60	1,60		
	9	Arka kapağı gövdeye tak	1.Arka kapağı stok alanından al	1,70		1,70	Kapağı raftan al	
			2.Arka kapağı temizle ve gövdeye tak	2,80	2,80			
			3.Enniyet pulu	4,00	4,00			
			4.Civataları al	2,60		2,60		
			5.Civataları tak	7,60	7,60			
6.Civataları loctite sür ve tak	13,80	13,80						
10.Kamaralı al	1,20		1,20					
11.Kamaları tak	2,80	2,80						
12.Aparatı al	0,00		0,00	Aparat kullanılmayacak				
TORKLAMA (otomasyon)	11,20	10	Pompa torklama	1.Pompayı sık	0,00	0,00		
				2.Civataları sık	1,50		1,50	
				3.Civataları torkla	5,20	5,20		Otomatik torklama
				4.Pompaları ters çevir ve operatör kodunu çak	0,00		0,00	Tek parça akışına geçilmiştir. Operatör kodu kaldırılmıştır
				5.Dönmesini kontrol et	3,00		3,00	
				6.Pompayı bırak	1,50		1,50	
				7.Arabaya diz	0,00		0,00	Bitmiş pompayı konveyöre bırakır, test operasyonuna gönderir
				8.Teste götür	0,00		0,00	
				1 adet pompa için toplam süre (dakika)				2,19

4.5.5.4.Pompa montaj hattı yeni operasyon adımları

Yeni operasyon adımlarını oluştururken üretim sürecinde yapılan değişiklikler aşağıdaki gibidir.

Presleme: Mevcut durumdaki 1. ve 6. operasyon adımları (Pres I, Pres II), ürün montaj operasyonu içerisinde yarı montajlama operasyonu gibi görev yapmaktadır. Yani ürün montajına etkisi diğer operasyonlardan farklıdır, iki veya daha fazla ürün montajı yapıldıktan sonra ürün montajına direk etkisi olmaktadır (Ör; Şaft keçesinin ön kapağa preslenmesi, burada direk ürüne etki eden ön kapaktır keçe değildir). Yeni durumda bu operasyon adımları yani ön ve arka kapak hazırlama işlemleri birleştirilmiştir. Presleme operasyonu diye adlandırılacak bu montaj sürecinde kullanılacak pres makinesi konveyörlü montaj hattının başına yerleştirilecek ve süpermarket kullanılarak sürekli akış hattına bağlanacaktır. Yeni durumda presleme operasyonu akışı kesmemek için montaj operasyonundan ayrı olarak yapılacaktır. Çevrim süresi diğer istasyonlara göre daha kısa olduğundan, yeni bir çözüm bulunana kadar bu operasyon parti üretimine devam edecektir. Presleme operasyonu tek bir operatör tarafından gerçekleştirilecektir. Amaç yüksek ürün karmaşıklığı nedeniyle süreçte meydana gelebilecek karmaşıklığı engellemek, zaman kaybını ortadan kaldırmaktır. (operatörün hem presleme hem de montaj operasyonuna atanması süreçte aksamalara neden olabilir.) Yeni durumda presleme operasyonu için çevrim süresi 23,2 saniye ve önündeki konveyör kapasitesi 13 adet yarı üründür. Buna göre,

13 yarı ürün için presleme süresi: 13 adet x 23,2 sn = 5,03 dakika.

Montaj 1 operasyonu için çevrim süresi 48 saniyedir. Montaj I operasyonunun 13 adet preslenmiş yarı ürünü tüketme süresi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

13 adet yarı ürün tüketme süresi: 13 adet x 47,7 sn = 620,1 sn = 10,335 dakika

Bu hesaplardan yola çıkarak presleme operatörünün maksimum 5,305 dakikada bir hattı beslemesi gerekmektedir. Presleme operasyonundaki operatörün yaklaşık %50'lik zamanı bir sonraki operasyonu beslemek için kullanılmaktadır. Geriye kalan %50' lik zamanı için diğer montaj ünitelerine ait rafların malzeme

ihtiyaçlarını karşılama görevi verilmiştir, bu şekilde malzeme ihtiyaçları için ayrı bir örümcek adam atanması gerektiği yeni bir iyileştirme gerçekleştirilene kadar ortadan kaldırılmıştır. Pres operasyonu için gerekli malzemeler pres için tasarlanmış kanban raflarında bulundurulacak ve kasası boşalan operatör alan boşluğundan boş kasayı bırakacak ve zamanı geldiğinde malzeme beslemesi yapılacaktır.

Montaj I ve Montaj II: Montaj I operasyonu mevcut durumdaki Burç I takma, Dişli takma, Burç II takma, Keçe ve halka takma I, Ön kapak takma operasyon adımlarının birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Montaj II operasyonunda ise mevcut durumdaki burç takviye keçesi ve lastik halka takma II ve Arka kapak takma operasyonları birleştirilmiştir. Yeni durumdaki Montaj I ve Montaj II operasyonları hareketli bir montaj hattında iki istasyon halinde yan yana yerleştirilmiş ve çevrim süreleri dengelenmiştir. Böylece hatta ortaya çıkabilecek problemlere anında müdahale edilebilecek ve tek parça akışı gerçekleştirilebilecektir.

Test: Mevcut durumda montaj alanının dışında yan yana yerleştirilmiş 8 adet test tezgahı yeni durumda, farklı ürün gruplarına hizmet edecek şekilde iki ayrı montaj hattına paylaştırılmış ve montaj hattının sonuna yerleştirilmiştir. Pilot ürün grubu IPN ve benzer pompa tiplerinin üretileceği hatta 5 adet test tezgahı kullanılacaktır. Yeni durumda test operasyon çevrim süresi 60 saniye olmuştur. Fakat üretimin dengelenebilmesi için arge çalışmaları yapılmış ve bir pompanın test süresi 50 saniyeye indirilmiştir.

Mevcut durumda toplam test süresi 5 dakikadır. Bu süre içerisinde 4 dakikada maksimum basınç değerine kadar çalıştırılır. Debi kontrol süresi ise 1 dakikadır. Yapılan arge prototip denemeleri sonucu 4 dakikalık süre ile 3 dakika 15 saniyelik sürenin eşit değerleri verdiği görülmüştür. Böylece mevcut durumdaki test süresi 4 dakikadan 3 dakika 15 saniyeye düşürülmüştür. Yeni durumdaki pompa test süresi ise, debi kontrol süresi ile birlikte toplam 4 dakika 15 saniyedir.

4.5.5.5.Otomatik torklama

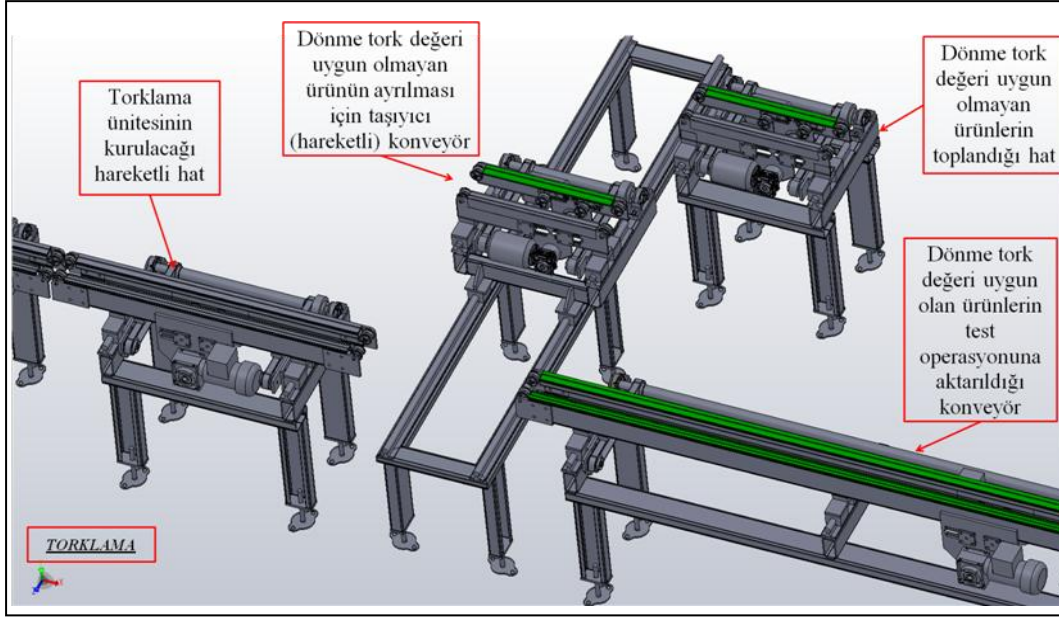
Yalın bir hat tasarımında sürekli akışın sağlanabilmesi için ürünün, hat boyunca akışını kesecek bir problem ile karşılaşmaması gerekmektedir. Eski sistemde pompa torklama işlemi operatör tarafından gerçekleştirilmekteydi. Bu durumda doğru tork değerinde olmayan/hatalı pompa test sürecine doğrudan geçebilmekteydi. Bu kalite sorununu engellemek için yeni durumda, şekil 4.14 (b)'de gösterilen torklama ünitesinin kullanımına karar verilmiştir.



Şekil 4.14. Torklama operasyonu eski ve yeni durum (a) eski durumda torklama operasyonu (b) yeni durumda kullanılacak torklama ünitesi

Konveyör ağına entegre çalışacak olan torklama ünitesi insan faktörünü en az seviyeye indirerek üretimde hata riskini düşürmekte ve bu sayede ürün kalitesinin artışında katkıda bulunmaktadır. Montaj bandından hatalı pompa gelmişse, torklama istasyonu arıza bandına ürünü attığı anda operatör, bandı durdurarak söz konusu işlevsizliğe müdahale etmek zorundadır. Böylece hatalı pompanın bir sonraki sürece geçişi önlenmiştir.

Pompa, Montaj II istasyonunda işlem gördükten sonra hareketli banttan şekil 4.15.'te izometrik görünümü gösterilen torklama istasyonuna gelmektedir.



Şekil 4.15. Pompa montaj hattı torklama istasyonu

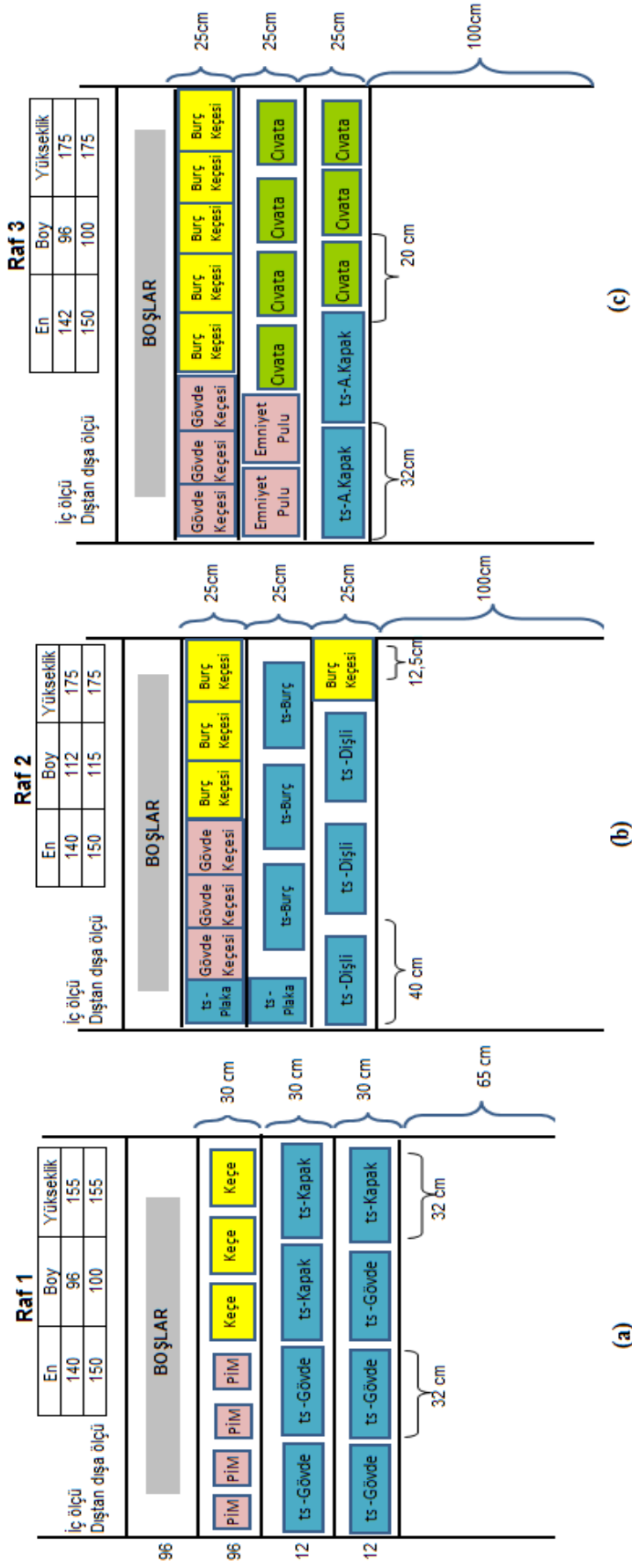
Torklama ünitesi ürünü, yapısındaki sensörler vasıtasıyla görmektedir. Dönme tork değeri montajı yapılan ürüne göre değiştiğinden üniteye montajlanacak ürün bilgileri daha önceden girilmektedir. Torklama ünitesi, ürün geldikten sonra pompanın iki port düzeyinden sıkma yapar. Bu durumda pompa, civatalar üst tarafta, şaft alt tarafta olacak şekilde konumlandırılır. Pompa sıkıldıktan sonra üst taraftan dört civata sıkma kafası iner ve civataları merkezler, aynı anda pompanın alt kısmından şaft kısmını çevirecek mekanizma gelir ve yerine oturur. Torklama yapıldıktan sonra, şaftı tutan mekanizma şaftı çevirir ve pompanın dönmesini kontrol eder. Dönme tork değeri, önceden tanımlanan maksimum tork değerinin altında ise ürün konveyör ile test tezgahına aktarılır, tork değerinin maksimum değeri geçmesi halinde torklama sonrasında dönme tork değeri uygun olmayan ürünler otomatik olarak pompa arıza hattına ayrılmaktadır. Böyle bir durum üretim akışını bozacağından sistem montaj hattını otomatik olarak durdurmaktadır.

4.5.5.6. Kanban sistemine geçişte kullanılan süpermarket tasarımları

Yeni durumda merkezi planlama sisteminden tüm aşamalara üretim planı göndermek yerine tek bir aşamaya plan gönderilecektir. Bu aşama üretim ritmini belirleyen (pacemaker process) sürekli akış hattı (Montaj I, Montaj II, Test) olacaktır. Üretim aşamaları kanban aracılığıyla birbirine bağlanacak ve gereken parçalar sadece gerektiği miktarda ve zamanda montaj hattına getirilecek, gerektiği zaman üretim yapılacak böylelikle aşamalar arasında ara stoklara ihtiyaç kalmayacaktır. Ana montaj parçaları talaşlı imalat hattından çekileceğinden, bu durum hattın çekilen miktar kadar üretim yapabilmesi için gerçekleştireceği yalın üretim uygulamalarını hızlandıracaktır. Pompa montaj hattında kanban sistemine geçmeden önce gerçekleştirilen uygulamalar aşağıdaki gibidir.

- Üretim hızının belirlenmesi (takt zamanı),
- Süreçlere ilişkin yerleşim planının yenilenmesi,
- Tek parça akış,
- İş standartlaştırılma, çok fonksiyonlu iş gücü,
- Hatalı parçaların bir sonraki üretim sürecine geçişinin engellenmesi.

Üretim çizelgesine göre talaşlı imalat hattından gelen ve montaj alanına stoklanan ana parçalar, süreçler arasında stoklanan yan sanayi malzemeleri ve test operasyonunun önüne yığılan pompa, üretim akış süresinin uzamasının asıl nedenleridir. Bu stok israfını ortadan kaldırmak için bir stok kontrol sistemi olan süpermarketler kullanılacaktır. Süpermarketlerin uygulamadaki katkısı iki proses alanındaki stok miktarını azaltma yönündedir. Süpermarketin felsefesi çok çeşitliliklidir. Fakat montajı yapılan pompa ürün karmaşıklık çok çeşitli ürün gerektirdiğinden süpermarket için kullanılacak alan büyümekte ve gereksiz stok oluşturmaktadır. Pompa alt parçaları ve yan sanayi malzemeleri için süpermarket rafları tasarlanırken süpermarket kapasitesi de göz önünde bulundurulmuş ve raf alanları küçültülmüştür. Bu durum talepte bir artış ile karşılaşıldığında sık sık yenileme yapmayı gerektirecektir. Malzeme yenilemesi yapacak kişinin stok seviyesindeki düşüşü algılayabilmesi için kanban kartları kullanılacaktır. Montaj hattında kullanılacak süpermarket raf tasarımları şekil 4.16'daki gibidir.



Şekil 4.16. Montaj hattı süpermarket raf tasarımları

Şekil 4.16. montaj hattındaki presleme, montaj I ve montaj II operasyonları için tasarlanmış kanban raflarıdır. Raflar ürün çeşitliliği de göz önüne alınarak x zaman süresine yetecek kadar malzeme stoklanacak boyutta tasarlanmıştır.

Raf 1, Presleme operasyonu için kullanılacak kanban rafıdır. Presleme sonrası Montaj I operasyonuna yarı montajlı ürünün iletimi yine süpermarketten çekiş ile sağlanacaktır. Raf 2 ve Raf 3 sırası ile sürekli akış operasyonları Montaj I ve Montaj II'nin önündeki malzeme raflardır. Raflar operatörün sabit durduğu esnada ihtiyacı olan her şeye kolayca ulaşabileceği şekilde konumlandırılmıştır. Pompa montajının gerçekleştirileceği iki hat için malzeme beslemesi talaşlı imalat hattının önünde konumlandırılacak süpermarketten karşılanacaktır. Gelecekte, talaşlı imalat hattının da yalın üretime geçişi ile ana montaj parçaları ve yan sanayi ürünlerinin bulunduğu bu süpermarket ortadan kaldırılacaktır. Çizelge 4.8.'de bu üç rafta bulundurulacak malzeme çeşitleri, kasa adetleri ve takt zamanına göre malzemelerin tüketim süresinin hesaplanması gösterilmiştir.

Çizelge 4.8.Süpermarkette bulundurulacak malzemeler ve tüketim süreleri

Parçalar	Kasa adedi	Kasadaki parça adedi	Pompa başına parça kullanım miktarı/ adet	Takt zamanı (sn)	Toplam süre (sn)	Toplam süre (saat)
Şaft keçesi	3	366	1	55	60390	16,17
Pim	4	250	2	55	27500	7,36
Ön kapak	3	40	1	55	6600	1,77
Gövde	5	14	1	55	3850	1,03
Plaka	2	40	1	55	4400	1,18
Burç keçesi	4	183	2	55	20130	5,39
Burç	3	60	4	55	2475	0,66
Dişli	3	40	2	55	3300	0,88
Gövde keçesi	3	300	2	55	24750	6,63
Gövde keçesi	3	300	2	55	24750	6,63
Burç keçesi	5	183	2	55	25162,5	6,74
Arka kapak	2	40	1	55	4400	1,18
Emniyet pulu	2	300	4	55	8250	2,21
Civata	7	250	4	55	24062,5	6,44
süpermarketteki malzemelerin tüketim süresi (saat)						16,17

Üretimde kullanılan her bir parça için hesaplanan toplam süreler içinde en uzun süre olan 16,17 saat malzemelerin süpermarket raflarında kalma süresidir. Her bir parçanın tüketim süresi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Malzeme tüketim süresi} = \left(\frac{\text{Kasa adedi} \times \text{Kasadaki parça adedi} \times \text{Takt zamanı}}{\text{Pompa başına parça kullanım miktarı}} \right)$$

Süpermarketler maksimum kapasitede kullanıldığında ortaya çıkan bu süre raf alanlarının daha da küçültülmesi gibi yapılacak daha sonraki iyileştirmelerle ortadan kaldırılacaktır.

4.5.5.7. Üretim dengeleme

Yalın üretim sistemi ile seri üretim sistemi arasında fark yaratan başlıca özelliklerden biri üretim dengelemedir. Tek bir modelden yüksek miktarlarda üretime odaklanmış seri üretim sistemini benimseyen bir karma modelli montaj hattının farklı modellerin küçük miktarlarda üretimini temel alan yalın bir montaj hattına dönüşümünde amaç her geçen gün daha belirgin bir biçimde kendini gösteren talep çeşitliliğine daha iyi yanıt verebilmektir. Fakat ürün çeşitliliği ve beraberinde parça çeşitliliği de arttıkça üretimi dengelemek daha da zorlaşmaktadır. Yüksek ürün karmasına sahip montaj hatlarında yaşanan problemlerden biri de budur.

Ürün karması yüksek bir hatta üretim dengelemeyi sağlayabilmek ve böylece müşterinin çeşitlilik talebini karşılayabilmek üretim sürecinin ayrıntılı olarak analiz edilmesi ile mümkün hale gelebilir. Pompa montaj hattında üretimi dengelerken göz önünde bulundurulmuş koşullar aşağıdaki gibidir.

- Üretim dengeleme daha önce hatlara atanan ürün grupları da dikkate alınarak yapılmıştır. Birinci hatta 0.5P, 0P, 1PN, 1P1,1PA,1P2,1PH ürün grupları, ikinci hatta 2P1, 1.5PH, 1.5P,3P1 ürün gruplarının montajı gerçekleştirilecektir.
- 11 ürün grubunun her birinin alt ürün çeşitlerini aynı günde küçük miktarlarda üretmek değişik parça numaraları ile çalışacak olan operatörler

açısından karmaşıklık yaratacağından pareto analizinde elde edilen sonuçlar da göz önünde bulundurulmuştur. Öncelik yüksek hacimli ürünlere verilmiştir

- Her bir ürün grubunu aynı günde üretmede sorun yaratacak şeylerden biri de talaşlı imalat hattıdır. Yeni durumda imalat hattı süpermarketten çekilen ana parçaları ilk giren ilk çıkar kuralına göre üretecektir. Her ürün grubunun alt ürün çeşitleri için parça üretimi şimdilik mümkün olmadığından hat yalın üretime geçiş yaptığı zaman üretim dengeleme daha kolay hale gelecektir.

Tüm bu açıklamalar ile birlikte çizelge 4.9'da pompa montaj hattı için dengelenmiş günlük üretim planı örneği verilmiştir.

Çizelge 4.9.. Dengelenmiş günlük üretim planı örneği

Aylık Çıktı		
Grup	Adet	ABC
0.5P	850	C
0P	2800	C
1PN	19500	A
1P1	2200	A
1P2	900	C
1PA	5100	A
1PH	950	C
1.5P	2100	B
1.5PH	1500	B
2P	950	B
3P	850	C
Toplam	37700	

Aylık çalışma süresi: 25 Gün



Günlük Çıktı		
Grup	Adet	ABC
1PN	720	A
1PA	280	A
1.5PH	150	B
2P	240	B
3P	125	C
Toplam	1515	

Günlük çalışma süresi: 430 dk.

Dengelenmiş Günlük Üretim Planı		
---------------------------------	--	--

1.Hat/ Pompa No	Adet	ABC
1PN.082.AB11	240	A
1PN.119.AB11	240	A
1PN.120.CB11	240	A
1PA.082.AB11	130	A
1PA.119.CB11	150	A
Toplam	1000	

2.Hat/ Pompa No	Adet	ABC
1.5PH.280.CGS	150	B
2P1.3180.AB12	80	B
2P1.3120.CB11	80	B
2P1.3155.CG20	80	B
3P1.2105.CG15	75	C
3P1.2215.AB20	50	C
Toplam	515	

Üretim dengeleme çalışmasının işlerlik kazanabilmesi için gerekli ön koşullardan ilki iş talimat (Standart iş) çizelgesidir. Yapılacak işin standart hale getirilmesi operatörün belirlenen sürede montajı gerçekleştirebilmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Toplamda 7000 alt parça ile çalışacak olan operatöre sadece şekil 4.16'daki bilgileri içeren bir planın verilmesi yeterli değildir. İş planı montajı yapılacak üründe kullanılacak her bir parçanın numaralarını da içermelidir.

Pompa montaj hattında üretimin tam zamanında gerçekleştirilebilmesinde talaşlı imalat hattı ve yan sanayilerin rolü de büyüktür. Etkili bir tam zamanında üretim stok sistemi ile sadece üretim için gerekli parçaları doğru sırada ve zamanda montaj hattına teslim etme yeteneği, montaj alanındaki olası tüm parça stoklarını en az seviyeye indirir ya da ortadan kaldırır. Lojistik açıdan karmaşa yaratsa da parça tanımlarını basitleştirdiğinden montaj operatörleri açısından üretimdeki karmaşıklığı büyük ölçüde azaltır.

4.6. Uygulama Sonrası Kazanımlar

Yüksek ürün karmasına sahip pompa montaj hattında gerçekleştirilen yalın üretim uygulaması sonucunda elde edilen kazanımlar çizelge 4.10'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.10. Pompa montaj hattı eski ve yeni durum karşılaştırma

	Mevcut Durum		Yeni Durum		Kazanç
Net Üretim Süresi	430	Dakika/vardiya	430	Dakika/vardiya	
Plansız Üretim Kayıpları	29	Dakika/vardiya	9	Dakika/vardiya	70% ↓
Üretim Süresi/Pompa	3,00	Dakika/pompa	2,19	Dakika/pompa	27% ↓
Operatör Sayısı	9	Kişi/vardiya	9	Kişi/vardiya	-
Üretim Miktarı	430	Adet/vardiya	515	Adet/vardiya	%20 ↑
Vardiya Sayısı	3	Vardiya/gün	2	Vardiya/gün	1 ↓
Hat Sayısı	3	Vardiya/gün	2	Vardiya/gün	1 ↓

$$\text{Yıllık işçilik kazancı} = 0,81 \text{ dk} \times 440.000 \text{ pompa/yıl} \times 0,3 \text{ €} = 106.920\text{€}$$

$$\text{Toplam yatırım} = 110.000\text{€}$$

$$\text{Toplam kazanç} = 106.920\text{€}$$

Mevcut durumdaki pompa talebini karşılayabilmek için günde 3 vardiya ve 3 hatta çalışılırken yeni durumda günde 2 vardiya ve 2 hat ile aynı pompa talebi karşılanabilmektedir. Mevcut durumda vardiyadaki üretim adedi: 430 pompa/vardiya'dır. Yeni durumda vardiyadaki üretim adedi: 515 pompa/vardiya'dır. Yalın üretim uygulaması ile üretimde %20 oranında kapasite artışı sağlanmıştır. Mevcut durumda pompa başına montaj süresi: 3.00 dakika/pompa'dır. Yeni durumda ise montaj süresi toplam 2.19 dakika/pompa'ya düşürülmüştür. Eski ve yeni pompa montaj süresi arasındaki fark ile birim parça başına işçilik kazancı 0.24 Euro (0,3€ x 0,81dk.)'dur. Hedef pompa üretim adedi 440.000 pompa/yıl olduğunda ise yıllık işçilik kazancı 106.920 Euro olacaktır. Yalın üretim uygulaması ile ilgili diğer kazanımlar ise aşağıdaki gibidir:

- Eski durumda parti üretimi yapılırken, yeni durumda tek parça akışa geçilmiştir.
- Dengelenmiş günlük üretim planları ve iş standartlaştırma, kanban ile montaj operatörlerini aynı dil ve düzen ile yönlendirme hedefine ulaşılmıştır. Böylece montaj çalışanlarının yüksek parça çeşitliliği nedeniyle hata yapma olasılığı en aza indirilmiştir.
- Yeni durumda operatör hatasının en yüksek olduğu torklama operasyonunda otomasyona geçilmiştir. Yeni torklama ünitesi yapısındaki dedektörler sayesinde üretimde bir hata ortaya çıktığında hattı durdurma özelliğine sahip olduğundan ürün kalite problemlerine anında müdahale edilebilir hale gelinmiştir.
- Ergonomik raf ve hat tasarımları ile operatörün malzeme arama, uzanma, eğilme, yürüme gibi gereksiz hareketleri ortadan kaldırılmıştır.
- Mevcut durumda malzeme taşımadan tüm operatörler sorumluyken bu lojistik iş yükü tek bir operatöre atanmıştır. Gereksiz hareket ve taşıma israfının önüne geçilmiştir.
- Yeni durumda mevcut müşteri talebi 2 vardiyalık üretim ile karşılanabileceğinden talepte meydana gelecek herhangi bir artışta vardiya sayısı artırılarak müşteriye kısa sürede cevap verme esnekliği sağlanmıştır. Böylece yeni müşteri kazanma potansiyeli artmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, tek bir modelden yüksek miktarlarda üretime odaklanmış seri üretim sistemini benimseyen bir karma modellenli montaj hattının farklı modellerin küçük miktarlarda üretimini temel alan yalın bir montaj hattına dönüşümü başarıyla gerçekleştirilmiştir. Uygulama sonucunda talepteki değişime uyum sağlayacak esneklikte bir hat tasarlanmış ve üretim kapasitesinde % 20 oranında artış sağlanmıştır. Plansız üretim kayıpları azaltılmış ve üretimde kalite arttırılmıştır.

Bir işletmede ürün karması ve seçenek çeşitliliği arttıkça montaj hattı dengeleme, parça planlama ve üretim planlama daha problemlili ve karmaşık hale gelmektedir. Çalışmada ürün çeşitliliğindeki artışın işletme performansı üzerindeki olumsuz etkisi kullanılan teknikleri farklı analiz yöntemleriyle destekleyerek ortadan kaldırılmıştır.

Yalın üretim sisteminin gelişim sürecinde birçok yalın teknik yaratılmış, uygulanmış ve etkileri kanıtlamıştır. Buradaki esas sorun, işletmenin yalın üretime dönüşüm sürecinde hangi tekniklerin kullanılacağına karar verme güçlüğüdür. İşletmelerin diğer işletmelerin başarısını dikkate alarak üretim şekillerine uygun olmayan teknikleri alıp kullanmaları başarısızlıklarının en büyük nedenidir. Bu noktada yapılacak tek şey, değer akışındaki israfı tanımlamada ve yok etmede etkili bir takım araç ve tekniklerin bir araya getirilip uygulanmasında yol gösterici olan değer akış haritası çizmek ve işletme için uygun teknikleri, değer akış haritalama sonuçlarına göre belirlemektir.

Yüksek ürün karmasına sahip işletmeler tam zamanında üretim sistemlerini etkin bir biçimde yönetebilmek için lojistik ve üretim kontrol yeteneklerini iyi geliştirmek zorundadır. Yüksek ürün çeşitliliği nedeniyle ortaya çıkabilecek maliyet ancak bu şekilde en aza indirilebilir.

Çalışma grupları, standart iş ve çok fonksiyonlu işgücü yaratmak adına çalışanlara verilen eğitimler, çalışanların yüksek parça çeşitliliği ve ürün seçeneklerindeki karmaşıklıkla başa çıkma yeteneğini arttırır ve talepte meydana gelebilecek değişiklikler karşısında görevleri iş istasyonlarına tekrar dağıtarak hat dengeleme probleminin önüne geçilebilir.

KAYNAKLAR

- Allen, M. ve Wigglesworth, M. J. (2009), "Innovation leading the way: Application of lean manufacturing to sample management", *Journal of Biomolecular Screening*, 14(5): 515-522.
- Acar, N. (1995), *Tam zamanında üretim*, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Mert Matbaacılık, Ankara.
- Baggaley, B. ve Maskell B. (2003), "Value stream management for lean companies", *Journal of Cost Management*, Part I, 23-27.
- Bedir, A. (2002), *Türkiye'de otomotiv sanayii gelişme perspektifi*. DPT Raporu, No: 2660, Ankara. 30.08.2010 tarihinde [http://ekutup.dpt.gov.tr/imalatsa/otomotiv/i bedira/gelisme.pdf](http://ekutup.dpt.gov.tr/imalatsa/otomotiv/i%20bedira/gelisme.pdf) adresinden alınmıştır.
- Carreira, B. (2005), *Lean manufacturing that works: powerful tools for dramatically reducing waste and maximizing profits*, Amacom, NY, ABD.
- Chen, L. ve Meng, B. (2010), "The application of value stream mapping based lean production system", *International Journal of Business and Management*, 6, 203-209.
- Chen, J.C., Li, Y. ve Shady, B. D. (2010), "From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: an industrial case study", *International Journal of Production Research*, 48(4): 1069-1086.
- Detty, R.B. ve Yingling, J.C. (2000), "Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: a case study", *International Journal of Production Research*, 38(2):429-445.
- Duggan, K. J., (2002), *Creating mixed model in value streams*, Productivity Press, New York.
- Elliott, R. (2004), *Lean manufacturing assessment-developing a quantitative approach*. The Institute of Industrial Engineers Annual Conference and Exhibition, Houston.
- Ferdousi, F. ve Ahmed, A. (2010), "A manufacturing strategy: an overview of related concepts, principles and techniques", *Asian Journal of Business Management*, 2(2): 35-40.

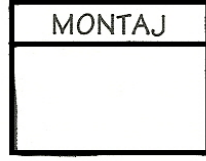
- Forza, C. (1996), "Work organization in lean production and traditional plants :What are the differences?", *International Journal of Operations and Production Management*, 16, 42-62.
- Green, J.C., Lee, J. ve Kozman, T.A. (2010), "Managing lean manufacturing in material handling operations", *International Journal of Production Research*, 48(10):2975-2993.
- Hobbs, D.P. (2004), *Lean manufacturing implementation*, J.Ross Publishing, The Educational Society For Resource Management, USA.
- Imai, M. (1994), *Kaizen: Japonya'nın rekabetteki başarısının anahtarı*, BriSa yayınları.
- İpbüken, Y. (2009), *Kitlesel ve yalın üretim sistemleri arasında bir karşılaştırma*.
http://www.lean.org.tr/index.php?option=com_content&task=view&id=91&Itemid=14
- Karlsson, C. ve Åhlström, P. (1996), "Assessing changes towards lean production", *International Journal of Operations & Production Management*, 16(2): 24-41.
- Kocakoç, M. (2008), *Montaj süreçlerinde yalın üretim verileri analizi*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Leverich, J. (2008), "Improving your processes through lean thinking" Copyright of Enterprise, 22-28.
- Liker, J.K. (2005), *Toyota tarzı 14 yönetim ilkesi (Ümit Şensoy, Çeviren)*, Orhan Holding Yayınları, İstanbul.
- Liu, C.M. ve Chiang, M.S. (2009), "Systematic lean techniques for improving honeycomb bonding process", *Global Perspective for Competitive Enterprise*, *Advanced Concurrent Engineering*, 267-279.
- Manos, T. (2006), "Value stream mapping-an introduction", *Quality Progress*, 64-69.
- Marin, J.A. ve Poveda, Y.B (2010), "The implementation of a continuous improvement project at a spanish marketing company: a case study", *International Journal of Management*", Part 2, 27(3): 593-606.
- Mascitelli, R. (2004), *The lean design guidebook*, Technology Perspectives, Northridge, USA.

- Melton, T. (2005), "The benefits of lean manufacturing: what lean thinking has to offer the process industries", Trans IChemE, Part A, Chemical Engineering Research and Design, 83, 662–673.
- Monden, Y. (1998), *Toyota production system*, Engineering and Management Press, USA.
- Morgan, J.M. ve Liker, J.K. (2007), *Toyota ürün geliştirme sistemi (Aysel Yılmaz, çeviren)*, Bzd Yayıncılık, İstanbul.
- Oliver, N., Delbridge, R., Jones, D. ve Lowe, J. (1994), "World class manufacturing: Further evidence in the lean production debate", British Journal of Management, 5, 53-65.
- Ohno, T. (1996), *Toyota ruhu (Canan Feyyat, çeviren)*, Scala Yayıncılık, İstanbul.
- Ohno, T. (1988), *Toyota production system*, Productivity Press, NY, ABD.
- Okur, S.A. (1997), *Yalın üretim: 2000'li yıllara doğru Türkiye sanayisi için yapılanma modeli*, Söz Yayınları, İstanbul.
- Orbak, A.Y. ve Bilgin, S. (2005) *Kanban sisteminin bir uygulama örneği*, V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul, 289-293.
- Pavnaskar, S.J., Gershenson, J.K. ve Jambekar, A.B. (2003), "Classification scheme for lean manufacturing tools", International Journal of Production Research, 41(13): 3075-3090.
- Poppendieck, M. (2002), "Principles of lean thinking", Poppendieck LLC. 18.01.2010 tarihinde <http://meidling.jvpwien.at/uploads/media/LeanThinking.pdf> adresinden alınmıştır.
- Rivera, L., ve Chen, F. (2007), "Measuring the impact of lean tools on the cost-time investment of a product using cost-time profiles", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 23, 684-689.
- Rother, M. ve Harris, R. (2001), *Sürekli akış yaratmak (Ülkü Kulaç, çeviren)*, Yalın Enstitü Yayınları, Versiyon 1.0, İstanbul.
- Rother, M ve Shook, J. (1999), *Görmeyi öğrenmek (Ayşe Soydan, çeviren)*, Yalın Enstitü Yayınları, Versiyon 1.2, İstanbul.
- Sakai, H. ve Amasaka, K. (2008), "Demonstrative verification study for the next generation production model: Application of the advanced Toyota

- production system”, *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, 7(2): 195–219.
- Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A. ve Minkarah, I. (2006), “Lean construction: from theory to implementation”, *Journal of Management in Engineering*, 22(4): 168-175.
- Schiele, J.J. (2009), “Lean thinking”. *Government Procurement*, 17(4): 10-12.
- Singh, B. ve Sharma, S.K., (2009), “Value stream mapping as a versatile tool for lean implementation: an Indian case study of a manufacturing firm”, *Measuring Business Excellence*, 13(3): 58-68.
- Sullivan, W.G., McDonald, T.N. ve Aken, M.E. (2002), “Equipment replacement decisions and lean manufacturing”, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 18, 255-265.
- Şen S. (2008), *Yalın üretim: Japon modeli*, Turhan Kitabevi Yayınları, Ankara.
- Thun, J.H, Drüke, M. ve Grübner, A. (2010), “Empowering kanban through TPS principles: an empirical analysis of the Toyota production system”, *International Journal of Production Research*, 48(23): 7089 -7106.
- Womack, P.J. ve Jones, T.D. (2002), *Yalın düşünce (Nesime Aras, çeviren)*, Sistem Yayıncılık, İstanbul.
- Womack, P.J, Jones, T.D. ve Roos, D. (1990), *Dünyayı değiştiren makine (Osman Kabak, çeviren)*, Otomotiv Sanayi Derneği Yayınları, İstanbul.

Ek-1 Değer Akış Haritalama Sembolleri

Malzeme sembolleri

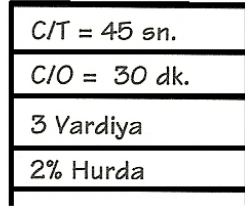


Tanımı

Üretim Prosesi



Dış Kaynaklar

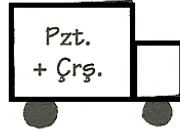


Bilgi Kutusu

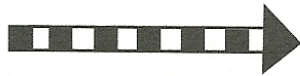


Stok

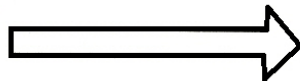
300 adet
1 Gün



Kamyolla sevkyyat



Üretilen malzemenin
itme hareketi



Bitmiş ürünün
müşteriye hareketi



Süpermarket

Malzeme sembolleri



Tanımı

Çekiş

Süreçler arasında “ilk giren ilk çıkar” prensibine göre kontrollü miktarda malzeme transferi

Bilgi sembolleri

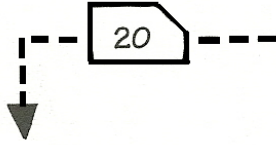


Tanımı

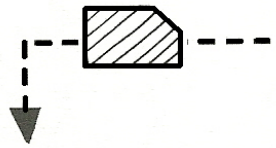
Manuel bilgi akışı

Elektronik bilgi akışı

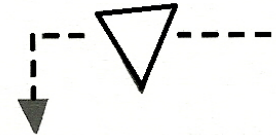
Bilgi



Üretim kanbanı (kesikli çizgiler kanban akışını gösterir.)

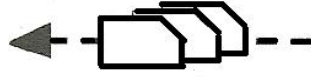
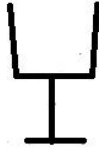


Çekme kanbanı



Sinyal kanbanı (yeniden sipariş noktasına ulaşıldığında sipariş verir ve yeni bir parti üretilir.)

Bilgi sembolleri



Genel semboller



Tanımı

Sıralı-çekme topu (daha önceden belirlenmiş tip ve miktarda hemen üretim yapma emrini verir.)

Kanban kutusu

Kanban kutusu (kanbanların toplandığı ve dağıtım için tutulduğu yer.)

Yük seviyelendirme (bir zaman dilimi içinde üretim hacmini ve ürün karmasını seviyelendiren araç)

Gör üretim çizelgeleme (Stok seviyelerini kontrol ederek çizelge düzeltme.)

Tanımı

Kaizen iyileştirmeleri

Tampon veya emniyet stoğu

Operatör