
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

YALIN ÜRETİM VE İMALAT SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Aycan KOLOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞUBAT 2016

Aycan KOLOĞLU tarafından hazırlanan "YALIN ÜRETİM VE İMALAT SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ramazan ŞAHİN

Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum ...……

Başkan: Prof. Dr. Ergün ERASLAN

Endüstri Mühendisliği, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum ……...

Üye: Doç. Dr. Selçuk Kürşat İŞLEYEN

Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum ……...

Tez Savunma Tarihi: 16/02/2016

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

…….…….

Prof. Dr. Metin GÜRÜ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

.....

Aycan KOLOĞLU

16/02/2016

YALIN ÜRETİM VE İMALAT SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

(Yüksek Lisans Tezi)

Aycan KOLOĞLU

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2016

ÖZET

Günümüzde, artan rekabet koşullarına bağlı olarak, firmalar artık ürettikleri ürünün satış fiyatını kendileri belirleyemez duruma gelmişlerdir. Mevcut durumda, satış fiyatları çok büyük oranda müşteriler tarafından pazarda belirlenmektedir. Böylesine rekabetçi bir piyasada, faaliyet gösteren şirketlerin kâr edebilmek, pazar payını koruyabilmek, hatta ayakta kalabilmek için maliyetlerini en etkili şekilde yönetmeleri bir zorunluluk haline gelmiştir. 1974 yılındaki dünya petrol krizinden sonra başarısı ön plana çıkan TOYOTA firmasının üretim sistemi 1980'lerde "yalın üretim sistemi" olarak isimlendirilmiş ve tüm dünya şirketlerinin üretim sistemlerine ilham kaynağı olmuştur. Yalın üretim sistemi temelde sistemdeki israf kaynaklarını öncelikle fark etme sonrasında da yok etme felsefesi üzerine kuruludur. Bu yeni sistemle en yüksek düzeyde karın elde edilebilmesi için üretim düzeyini artırma yoluyla maliyetlerin düşmesini öneren geleneksel üretim sistemine alternatif olarak mevcut kaynakların verimli kullanılması üzerinde durulur. Bu çalışmada öncelikle yalın üretim sisteminin tanımı yapılmış, ardından tarihsel gelişimi üzerinde durulmuş ve ilgili tekniklerinden bahsedilmiştir. Yalın üretim tekniklerinden biri olan SMED tekniği ile ilgili olarak bir uygulama yapılmış ardından uygulamanın kazançları ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Bilim Kodu	:	906.1.141
Anahtar Kelimeler	:	Yalın, Yalın Üretim, SMED, Kalıp Değiştirme, Ayar Zamanı, Kanban, 5S
Sayfa Adedi	:	93
Danışman	:	Yrd. Doç. Dr. Ramazan ŞAHİN

LEAN MANUFACTURING AND AN APPLICATION IN MANUFACTURING INDUSTRY

(M. Sc. Thesis)

Aycan KOLOĞLU

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

February 2016

ABSTRACT

Nowadays, with the expansion of competition, firms cannot determine the market price of the product that they produce anymore. Currently, sale prices are substantially determined by the consumers in the market. In such a competitive environment, firms have to manage their costs efficiently in order to make profit, to reserve market share, even to survive. The Production system of TOYOTA, which was recognised after the 1974 Oil Crises, was named as “lean manufacturing system” during 1980’s and inspired the production systems of firms around the world. Mainly, lean manufacturing system is established on a philosophy of discovering the causes of shrinkage at first and eliminating them in the end. As an alternative to the traditional production system which recommends increasing the production in order to reduce the costs while reaching the maximum profit, this new system proposes efficient usage of the current resources. In this paper, lean manufacturing has been described, historical development of the concept has been presented and its relevant technical details have been stated. SMED technic, which is one of the technics of lean manufacturing, is studied and then the gains and the consequences of the study are evaluated.

Science Code	:	906.1.141
Key Words	:	Lean, Lean Manufacturing, SMED, Exchange of Die, Setup Time, Kanban, 5S
Page Number	:	93
Supervisor	:	Assist. Prof. Dr. Ramazan ŞAHİN

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanmasında yardım ve desteğini esirgemeyen, beni yönlendiren tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Ramazan Şahin'e teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans eğitimim boyunca beni maddi manevi destekleyen ve motive eden aileme ve tüm dostlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ x

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xi

RESİMLERİN LİSTESİ xii

SİMGELER VE KISALTMALAR xiii

1. GİRİŞ 1

2. YALIN ÜRETİM 3

2.1. Yalın Üretim Tanımı 3

2.2. Yalın Üretimin Tarihsel Gelişimi 5

2.3. Yalın Üretim Sisteminin Diğer Üretim Sistemleri İle Karşılaştırılması 8

2.4. Yalın Üretimin Amacı 12

2.4.1. Sıfır stok 12

2.4.2. Sıfır hata 13

2.4.3. İsraf 16

2.5. Yalın Üretim İlkeleri 18

2.5.1. Değer 19

2.5.2. Değer akışı 19

2.5.3. Sürekli akış 20

2.5.4. Çekme 22

2.5.5. Mükemmellik 22

Sayfa

3. YALIN ÜRETİM TEKNİKLERİ 25
3.1. Tam Zamanında Üretim 25
3.2. Kanban 27
3.2.1. Kanban sisteminin kuralları 30
3.2.2. Kanban sisteminin işleyişi 31
3.2.3. Kanbanın avantajları 32
3.3. 5S 33
3.3.1. 5S adımları 33
3.3.2. 5S tekniğinin yararları 36
3.4. Poka – Yoke 38
3.5. Toplam Üretken Bakım (TPM) 39
3.5.1. Toplam üretken bakım ile yalın üretim ilişkisi 40
3.5.2. Toplam üretken bakım uygulama adımları 41
3.5.3. Toplam üretken bakım uygulamasının amaçları ve yararları 42
3.6. Jidoka 43
3.6.1. Andon sistemi 44
3.7. Kaizen 46
3.8. Heijunka 50
3.9. Tek Parça Akışı 52
3.10. SMED (Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi) 54
3.10.1. Ayar işleminin temel adımları 56
3.10.2. SMED ilkeleri 57
3.10.3. SMED uygulama adımları 59
3.10.4. SMED'in faydaları 61

Sayfa

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 65

5. YALIN ÜRETİM UYGULAMASI 69

5.1. SMED Ekibinin Oluşturulması 71

5.2. SMED Uygulamasının Yapılması 72

5.2.1. Tip değişikliği ayar analizi 72

5.2.2. İç ve dış ayarın birbirinden ayrılması 73

5.2.3. İç ayar faaliyetlerinin dış ayara dönüştürülmesi 73

5.2.4. Tüm ayar faaliyetlerin incelenerek iyileştirilmesi 78

6. SONUÇ VE ÖNERİLER 85

KAYNAKLAR 89

ÖZGEÇMİŞ 93

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1. Yıllar itibariyle üretim sisteminin özellikleri 8

Çizelge 2.2. Yalın üretim ve seri üretim arasındaki farklılıklar 11

Çizelge 3.1. Kaizen ve yenilik yaklaşımları arasındaki farklar 48

Çizelge 5.1. SMED ekibi 71

Çizelge 5.2. Uçların maliyet ömür karşılaştırması 76

Çizelge 5.3. SMED toplam kazanç tablosu 82

Çizelge 5.4. Ayarcı operatörlerin iş yüklerinin dengelenmesi 83

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Seri üretim ve yalın üretim fiyat. 16

Şekil 2.2. Yalın üretimin 7 israf kaynağı 18

Şekil 2.3. Değer çemberi 20

Şekil 3.1. Çekme kanbanı 29

Şekil 3.2. Üretim kanbanı 29

Şekil 3.3. Kanban kart akışı 32

Şekil 3.4. 5S'de s harflerinin anlamı 34

Şekil 3.5. Yalın üretim 5S denetleme formu 37

Şekil 3.6. Toplam üretken bakım (TPM) ile yalın üretim arasındaki ilişki 40

Şekil 3.7. Andon sistemi 45

Şekil 3.8. Kaizen yaklaşımı ve yenilik yaklaşımının karşılaştırılması 47

Şekil 3.9. PUKÖ çevrimi 49

Şekil 3.10. Geleneksel kitle üretimi ve Heijunka tipi üretim 51

Şekil 3.11. Çok parçalı akış 53

Şekil 3.12. Tek parçalı akış 53

Şekil 3.13. Tip değişikliği ayar zamanının gösterimi 56

Şekil 3.14. SMED uygulamayan işletmelerde ayar işlemlerinin oranları 57

Şekil 5.1. Operasyon bazında tezgâh ayar kaybı oranları 69

Şekil 5.2. Trepan tezgâhlarının yıllık ayar sayısı adedi 70

Şekil 5.3. 3 numaralı trepan hattı yerleşim planı 71

Şekil 5.4. Ayarda yapılan faaliyetlerin gruplandırılması ve oranı 73

Şekil 5.5. Ölçüm parametreleri 80

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 3.1. Toyota fabrikasından andon uygulaması örneği 45

Resim 5.1. Tezgâh takımları 74

Resim 5.2. Kalem ucun bilemeden önceki ve bilemeden sonraki görseli 75

Resim 5.3. Yurtdışından alınan uçlar ile firmada bilenen uçların görselleri 76

Resim 5.4. Eski ve yeni katerler 77

Resim 5.5. Trepan ucu bileme..... 77

Resim 5.6. Yolluklar için eski yeni aparat görselleri..... 78

Resim 5.7. Ayarlama için eski yeni aparat görselleri 79

Resim 5.8. Pah mesafesi ölçme aleti 81

Resim 5.9. Ayarcı arabalarının öncesi ve sonrası 82

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	**Açıklamalar**
SMED	Tekli dakikalarda kalıp değişimi
TPM	Toplam üretken bakım
PM	Üretken bakım

1. GİRİŞ

Günümüzde küreselleşme ile beraber gelişen rekabet koşullarında, şirketler varlıklarını sürdürebilmek aynı zamanda da kar edebilmek için, müşterilerinin talep ettiği çok çeşitli ürünleri en kısa zamanda, en iyi kalitede ve en uygun fiyatta üretmeleri gerekmektedir. Gelişen teknoloji ile sınır tanımayan bu rekabette dünya küçülmüş, müşteriler istedikleri ürünü istedikleri ülkeden alabildikleri gibi, üreticilerde istedikleri hammaddeyi istedikleri ülkeden tedarik edebilir duruma gelmişlerdir. Artık ürünü satın alacak taraf istediği ürünü değil istediği ürünü/hizmeti ucuza almanın peşindedir. Şirketlerin istedikleri karı elde edebilmek için, ürünün fiyatını artırmak yerine maliyetini azaltmaya odaklanmaktan başka bir seçenekleri kalmamaktadır.

Bu aşamada öncelikle mevcut sistemin aksaklıkları ortaya çıkartan daha sonrasında da gelecek için mükemmeli amaçlayan ve hiç durmadan sistemi sürekli iyileştirmeyi destekleyen yalın üretim sistemi, iyileştirmeden çok şirketlerin varlığını korumaları için zorunluluk haline gelmektedir.

Yalın üretim, en az kaynakla en kısa zamanda, en ucuz ve hatasız üretimi, müşteri talebine de birebir yanıt verecek şekilde, an az israfla ve üretim faktörlerinin tümünü en esnek şekilde kullanarak, potansiyellerinin tümünden yararlanarak nasıl gerçekleştirilebileceği arayışının bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tezin ikinci, üçüncü ve dördüncü bölümünde yalın üretim tanımı yapılmış, tarihsel gelişimi anlatılmış ve diğer üretim sistemleri ile karşılaştırılarak farklar ortaya konmuştur.

Beşinci bölümde yalın üretimin amaçlarından bahsedilmiştir. Sıfır stok, sıfır hata amaçlarının ne anlama geldiği anlatılmıştır. Bu amaçların yanında yok edilmesi hedeflenen israfların neler olduğu ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

Altıncı bölümde yalın üretimin değer, değer akışı, sürekli akış, çekme ve mükemmellik olan beş ilkesi detaylı olarak açıklanmıştır.

Tezin yedinci bölümünde yalın üretim tekniklerinin neler olduğu, bu tekniklerin kuralları, amaçları, faydaları, uygulama adımları, ilkeleri anlatılmış ve detaylandırılmıştır.

Sekizinci bölümde yalın üretim tekniklerinden uygulaması yapılacak olan SMED tekniği ile ilgili literatür taramasına yer verilmiştir.

Tezin dokuzuncu bölümünde SMED tekniğinin uygulaması yapılmış, nasıl uygulandığı bu uygulama sonucunda hangi faydaların ve kazançların sağlandığı ortaya konmuştur.

Sonuç bölümünde ise yapılan bu çalışmanın sonuçları ele alınmış, geniş çaplı olarak yaygınlaştırılması ile ne kadar kazanç elde edileceği üzerine hesaplamalar ortaya konmuştur.

2. YALIN ÜRETİM

2.1. Yalın Üretim Tanımı

Bugün yalın üretim olarak adlandırılan üretim ve yönetim sisteminin temelleri 1950'li yıllarda Toyoda ailesinden Eiji Toyoda ve beraber çalıştığı mühendis Taiichi Ohno'nun öncülüğünde Nagoya'daki Toyota Motor İşletmesi'nde atılmıştır.

Toyota Üretim Sistemi'nin babası olarak kabul edilen Taiichi Ohno'ya göre yalın üretim, sistemdeki israfları ortadan kaldırmak ve sürekli olarak sistem etkinliğini artırmak temeline dayanan bütünsel bir yaklaşımdır. Taiichi Ohno israfı "kaynak tüketen fakat değer yaratmayan bir faaliyet" olarak tanımlamıştır; başka deyişle, değer katmayan ama maliyet yaratan bir faaliyettir [1].

"Yalın Üretim" terimi 1980'lerin sonunda John Krafcik tarafından icat edilmiştir. John Krafcik yalın üretimi; yapısında hiçbir gereksiz unsur taşımayan ve hata, maliyet, stok, işçilik, geliştirme süreci, üretim alanı, fire, müşteri memnuniyetsizliği gibi unsurların en aza indirgendiği üretim sistemi olarak tanımlamaktadır [2].

Yalın üretim için en kapsamlı tanım Womack ve arkadaşlarının çalışmasında yapılmıştır. Womack ve arkadaşları, Yalın üretimin evrensel bir süreç olduğunu, emek yoğun bağımlı üretim ile seri üretimin avantajlı yanlarını birleştirdiğini savunur ve yalın üretimi; emek yoğun bağımlı üretimin yüksek maliyetinden ve seri üretimin katılığından arındırılmış üretim biçimi olarak tanımlar. Yalın üretimde çok fazla çeşitlilikte ürün kafileleri üretmek için işletmenin her seviyesinde kalifiye işçi ekipleri çalıştırırlar ve esnekliği yüksek düzeyde olan makineler kullanılır [3].

Yalın üretim müşterilerden gelebilecek talepleri anında karşılayabilmek için, üst yönetimden işçisine, tedarikçisinden fason imalatçısına kadar işletmenin işbirliği yaptığı herkesi bir bütün olarak düşünür.

Yalın üretimde beyin gücü olarak insan kaynakları, hamallık olarak ise makineler düşünülmektedir. Tüm sistemde katma değeri olmayan faaliyetler ayıklandıktan sonra mümkün olduğunda otomasyona geçilmektedir.

Yalın üretim daha fazla profesyonel yeteneklerin öğrenilmesini ve bunların katı bir hiyerarşiden ziyade, yaratıcı bir şekilde ekip ruhu içinde uygulanmasını gerektirmektedir. Ekipler bazı ürünler için üretim hatları kadar etkin olmalarının yanında, kendi çalışma organizasyonlarının yeniden tasarımını yapabilmekte ve ürünlerdeki çeşitlendirmeye karar verebilmektedirler. Değişen taleplere daha hızla cevap verilmesi, üreticilere müşterilerin ihtiyaçlarını ve isteklerini daha yakından takip etme fırsatı sunmaktadır. Yalın üretim sisteminde, işçilerin sorumluluk alanı daha fazla olduğu için, daha geniş vasıflara ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun dışında her işçi daha yüksek otonomiye sahip olmaktadır. Çünkü iş akışı, üretim hattı tarafından değil işçiler tarafından idare edilen bir sistemdir [4].

Yalın üretimde öncelikle işçilerin uzun süredir devam eden davranışlarının değiştirilmesi gerekmektedir. Bireysellik yerine ekip çalışmasına önem verilmeli, ödül sistemi ve kalite çemberleri geliştirilmelidir. Yalın üretimde tam zamanında müşteri taleplerini karşılamak için, malzeme akışından katma değeri olmayan süreçlerin çıkarılmasını gerekmektedir. Süreç sayısı azaldıkça hem maliyet düşer, hem hız artar, hem de hata meydana gelme ihtimali azalır [5].

Geleneksel üretim sistemlerinin aksine yalın üretimde hata oluşumu, hata oluşmadan önce önlem alınarak giderilmeye çalışılır. Yalın üretimde makine ve teçhizat arızaları istatistiki yöntemler kullanılarak önceden tahmin edilerek makine arızalanmadan tedbir alınmaya çalışılır. Beklenmedik olağan dışı arızalar olabilir, fakat bunlar için yapılacak işler önceden bellidir. Böylece üretimin durmasına fırsat verilmez ve müşteri taleplerini zamanında karşılamanın işletme üzerindeki olumlu etkilerinden faydalanmayı sağlamaktadır.

Yalın üretimin ana stratejisi; hızı artırıp, akış süresini azaltarak, kalite, maliyet, teslimat performansını aynı anda iyileştirmektir. Yalın üretim, müşteri ihtiyaçları doğrultusunda malzeme veya bilgiyi dönüştüren veya şekillendiren ve katma değer yaratan faaliyet ile zaman ve kaynak kullanan, ancak ürün üstüne müşteri ihtiyaçları doğrultusunda değer ilave etmeyen ve katma değer yaratmayan faaliyeti ayırt etmeye yarar [6].

Yalın düşüncenin temel amacı, değerin ilk hammaddeden başlayarak değer oluşturma süresi boyunca hiç kesintisiz akıtılarak, hızla müşteriye ulaştırılmasıdır. Bunu başarabilmek için tüm değer zincirine bütünlük çerçevesinde bakmak, israfları yok etmek ve tüm faaliyetleri müşteri için mükemmel değer oluşturmak amacına yönlendirmek gerekir .

2.2. Yalın Üretimin Tarihsel Gelişimi

Yalın üretimin tarihsel gelişimini incelemek için öncelikle Toyota firmasından başlamak gerekmektedir.

Toyota Motor Company 1937'de ilk faaliyet alanı tekstil olan Toyoda ailesi tarafından kurulmuştur. Ailenin soyadı pazarlama açısından uygun olmadığı için şirket ismi Toyota olarak belirlenmiştir. 1950 yılına kadar geçen 13 yıllık sürede, toplam üretimi 2.685 adet olmasına rağmen Amerika'da Ford'un sadece Rouge fabrikasında günlük üretim 7.000 adedi bulmaktadır. 1949 yılında yaşanan satışlardaki çöküş sebebiyle şirket zor duruma düşmüş ilk başkanları istifa etmiştir [3].

1950 yılında Toyoda ailesinin üyelerinden genç bir mühendis olan Eiji Toyoda, Ford'un Detroit Rouge'daki fabrikasını incelemek üzere Amerika'ya gitmiştir. Dönüşünde beraber çalıştığı Taiichi Ohno öncülüğünde seyahatinde edindiği bilgileri irdelemişler. Sonuç olarak bu ikili, Ford'un yüzyılın başlarından itibaren öncülük ettiği kitle üretim sisteminin Japonya için hiç de uygun olmadığına karar vermişlerdir. Bu karar yepyeni bir üretim ve yönetim anlayışının ilk adımlarının atılmasına yol açmıştır [7].

İkilinin saptamaları şu şekildedir; kitle üretiminde her üretim faktörü olabildiğince çok sayıda kullanıldığı için üretim pek çok israf içermektedir. İsrafların kaynağı genelde sistemin aşırı bir iş bölümüne dayanması yani gerek makineler gerek işçilerin çoğu kez sadece tek bir ürün için tek bir operasyon gerçekleştirecek şekilde organize edilmeleridir. Başka bir deyişle, işçilerin tek bir işe yada tek bir operasyona adanmaları israfların kaynağını oluşturmaktadır. Bu adanmışlık makinelerin yerleşim düzenlerine bile yansımaktadır. Organizasyona bu şekilde yaklaşmak, üretim faktörlerinin gereksiz yere kitlesel boyutta kullanılmasına yol açmaktadır, ayrıca büyük fabrika alanları düşünüldüğünde binlerce işçi ve pahalı makine, aynı işlemi aylarca yıllarca sürdürebilmektedir. Bunların dışında da üretime gereğinden fazla bir hiyerarşi getirip üretimde esnekliğe set çekmektedir. İşçilerin

birer el gücü olarak algılanıp beyin güçleri üretimin iyileştirilmesine odaklandırılmamakta, en kötüsü de işçiler değişken maliyet olarak görülüp işlerin yolunda gitmediği durumlarda işten kolaylıkla çıkarılmaktadırlar. Sonuç olarak bakıldığında üretim faktörleri verimli bir şekilde kullanılmamaktadır [7].

Ama bu kitlesel israf 1950'lerin Amerika'sında bir sorun yaratmamaktadır. Amerika 1950'lerde kısıtlı özellikteki aracın çok sayıda satılabileceği, çoğunluğunu elinde harcayacak parası olan orta sınıfın oluşturduğu henüz doymamış bir pazardır. Sadece üç firmadan oluşan bir otomobil pazarı vardır. Dolayısıyla kitlesellik ve israf, şirketlerce bir sorun olarak düşünülmediği gibi aksine aşırı iş bölümüne ve her şeyin bonkörce kullanılmasına dayalı bu sistemde, üretim adetleri olabilecek en yüksek düzeyde tutulabildiği ve pahalı makineler uzun süre tam kapasite çalışabildiği sürece ölçek ekonomilerine ulaşılmaktadır. Yani birim maliyetler çok düşük tutulup, karlar azami düzeye çıkabilmektedir [7].

Aynı yıllarda Japonya'ya bakıldığında durum çok farklıydı. Japonya'da pazar oldukça küçüktür, fakat bu pazarın içeriğine bakıldığında tek tip değil farklı tip araçlara ihtiyaç vardır ve Amerika ile kıyaslandığında rekabet daha üst seviyededir. 1950'lerde Amerika'da otomobil piyasasında sadece üç firma rekabet ederken, Japonya'da bu rakam 12'dir. İkinci Dünya Savaşı'ndan çıkmış bir ülke olarak ekonomi büyük ölçüde zarar görmüş, milli gelir çok düşük ve sermaye birikimi yetersizdir. Bu nedenden dolayı batı teknolojilerini satın alma gibi bir alternatif gündem dışı kalmaktadır. Amerikan işgali sonrasında çıkarılan yasalarla, hem işçi sınıfı hem de yan sanayiciler önemli bir pazarlık gücü elde etmişlerdir. Amerika'da olduğu gibi istenildiği zaman işten çıkarılacak yada sözleşmesi feshedilecek birer değişken maliyet olarak algılanmaya karşı çıkmışlardır [8].

1950'lerde Japonya'da üreticilerin amacı, farklı tipteki araçları aynı anda ve çok düşük sayılarda üretip düşük maliyetler elde etmek, kısıtlı sayıdaki üretim faktörlerini esnek ve etkin kullanmanın yollarını bulmaktır. Toyota üretim sisteminin kurucusu Taiichi Ohno'nun amacı, maliyeti arttırmadan küçük miktarlarda üretimi sağlayacak teknik örgütlenmeyi oluşturmak ve makine donanımlarının değiştirilmesi için harcanan süreyi azaltabilmekti. Bu amaçlar Toyota üretim sisteminin temel fikirleridir [7].

1974 yılında yaşanan petrol krizi sonunda, Dünya otomobil pazarı çok küçülmüştür. Bu dönemde Toyota Üretim Sistemi dünyanın ilgisini çekmiştir. Petrol krizi sonunda, büyük kitle üretimi yapan endüstriler maliyetleri düşürmek zorunda kalmışlar ve bunu da ürün çeşidini artırıp, üretim miktarını azaltarak yapmak zorunda olduklarının farkına varmışlardır. Japon sanayinin bu petrol krizinden başarıyla çıkması, dünya ülkelerinin dikkatini çekmeye sebep olmuştur. Japonya'nın başarısına ilk önce Amerika ve İngiltere ilgi göstermiştir. Sonrasında 1980'lerin başında da Japon tehlikesine karşı harekete geçmişlerdir. Avrupa'da ise karşı hareket, 1990'ların başında Japon tehlikesi iyice belirginleşince olmuştur.

Toyota Motor Company 1980'li yılların başında piyasaya sürdüğü 3,5 milyon otomobille, dünya üreticileri arasında bir anda ikinci sıraya yerleşmiştir. Bu aynı zamanda, Japon otomobil endüstrisinin Amerikan otomobil endüstrisini geçtiği tarihi andır. Amerika'nın toplam 8 milyon adet otomobiline karşılık, Japon otomobil endüstrisi 11 milyonu bulan olağanüstü bir performans sergiliyordu ve bu başarıya en büyük katkıyı sağlayan şirket Toyota Motor Company'idi [1].

Toyota üretim sisteminin başarısını bazı rakamlarla ifade edecek olursak; 1980'de Toyota'da bir işçi yılda 2150 saat, Amerika'da ise bir işçi yılda 1920 saat çalışıyordu. 1982'de Toyota'da bir işçi yılda 56 otomobil, Amerika'nın önde gelen otomobil firması Chrysler'de bir işçi yılda 16 otomobil üretiyordu. 1987'de Toyota'da bir otomobil montajı 16 saat, General Motors'da bir otomobil montajı 31 saatte yapılıyordu. En önemli başarı ise kalıp değiştirme süresinin inanılmaz düzeyde azaltılmasıdır. Bu süre 8 saatten 3 dakikaya indirilmiştir [1].

1940'lı yıllarda Toyota, Amerikan otomobil firmaları ile rekabet etmeyi düşünürken, 1980'lerde ise Amerika, Japonlar ile rekabeti düşünmeye başlamıştır. Amerika'da Toyota referans alınarak yapılan çalışmaların sonucunda Dünyayı Değiştiren Makine (The Machine That Changed The World)isimli kitap yayınlanmıştır. Bu kitap Amerika'daki yalın üretim teknikleri için yapılan çalışmaların ilk adımı olmuştur [5].

2.3. Yalın Üretim Sisteminin Diğer Üretim Sistemleri İle Karşılaştırılması

Günümüzde üretici ile tüketici arasındaki ilişki geçmiş ilişkiler düşünüldüğünde çok farklı boyutlara gelmiştir. Artık müşteri memnuniyeti daha ön plana çıkmıştır. Müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak için firmalar arasındaki rekabet, 1980'li yıllara oranla çok daha yoğunlaşmıştır. Böyle bir ortamda üretim sistemlerinin ve yönetim düşünce tarzlarının sürekli yenilenmesi ve gelişmesi normal bir ihtiyaç haline gelmiştir.

Çizelge 2.1'de bu değişim sürecinde üretim sistemlerinin bazı özellikler açısından karşılaştırılmasını gösterilmektedir.

Çizelge 2.1. Yıllar itibariyle üretim sisteminin özellikleri [9]

Üretim	Zanaatlar Dönemi (1900+)	Saf Fordizm (1920'li yıllar)	Fordizm Sonrası (1960'lı yıllar)	Yalın Üretim (1980+)
İş Standardizasyonu	Düşük	Yüksek, yöneticiler tarafından	Yüksek, yöneticiler tarafından	Yüksek, ekipler tarafından
Kontrol Alanı	Geniş	Dar	Dar	Orta
Stoklar	Büyük	Orta	Büyük	Küçük
Üretim Yapısındaki Gereksiz Unsurlar	Büyük	Büyük	Büyük	Küçük
Onarım Alanları	Küçük	Küçük	Büyük	Çok Küçük
Ekip Çalışması	Orta	Düşük	Düşük	Yüksek

Yalın üretim, çok daha fazla profesyonel yeteneğin öğrenilmesini ve bunların katı bir hiyerarşiden ziyade yaratıcı bir şekilde bir takım atmosferi içerisinde uygulanmasını gerektirmektedir. Bunun bir sonucu olarak da yalın üretimde herkes, bilgi ve yeteneklerini ortaya koymak ve başkaları ile paylaşmak durumundadır. Bu ve buna benzer özellikler yalın üretimi seri üretime göre daha esnek, yeniliklere açık ve üretken bir sistem haline dönüştürmektedir [10].

Çalışanların üretim ve yönetime katılmasının büyük önem taşıdığı yalın üretim; kalite çemberlerinin oluşturulmasını gerektirir. Aynı alanda çalışan ve düzenli aralıklarla

toplanarak işleriyle ilgili sorunları çözmeye çalışan bu çalışma grupları yalın üretim felsefesinin köşe taşlarından birini oluşturmaktadır [10].

Seri üretim ile kıyaslandığında, yalın üretim ile en büyük fark amaçlarında olduğu görülmektedir. Seri üreticiler "yeterince iyi" olarak özetlenebilecek statik hedefler tayin etmektedir. Bu da kabul edilebilir sayıda hurda, azami kabul edilebilir seviyede stoklar, standardize edilmiş az sayıda çeşitliliği olan ürünler anlamında gelmektedir. Yalın üreticiler ise devamlı azalan maliyetler, sıfır bozuk mal, sıfır stok ve sonu gelmeyen ürün çeşitliliği gibi hedefleri içeren kesin olarak kusursuzluğu hedef almaktadırlar [11].

Seri üretimde üretim, tesisin üretim kapasitesine göre planlanmaktadır. Talep tahmini, müşteri ihtiyaçları dikkate alınmamış, imalatı biten ürünler satıcılara gönderilmiş ve satıcılarda stoklar oluşmuştur. Yalın üretimde ise üretim müşterinin ürünü alış hızına göre belirlenmektedir [12].

Kitle üretiminin temel özelliği olan üretimin devamlılığının her koşulda sürdürülmesi ilkesinin yerine, yalın üretim sisteminde bir hata ya da sorun tespit edildiğinde, hattın durması prensibi benimsenmiştir. İş süreci içerisinde, hatanın oluştuğu anda müdahale imkânı tanıyan bu prensip ile her işçiye hattı durdurabilme yetkisi sağlanmaktadır. Böylece seri üretimin karar alma mekanizmasını atölye dışına taşıyan felsefesinin yerine, yalın üretim sisteminde insan faktörü ön plana çıkarılmakta ve karar alma sürecine atölye de dâhil edilmektedir [13].

Yalın üretim ile diğer üretimler arasında fiyat oluşumu açısından da fark vardır. Giriş kısmında da bahsedildiği gibi, yalın üretimde ürünün pazarda satın alınabileceği fiyat belirlenir ve istenilen karı sağlayabilmek için katlanılacak maliyetler hesaplanır. Seri üretimde maliyetin üzerine istenilen kar konularak ürün fiyatı hesaplanmaktadır. En önemli fark yalın üretimde fiyatı müşterinin belirlemesidir [14].

Seri üretimde bilgilendirme ve iletişim, hiyerarşik ve bürokratik zincir içinde üst yönetimden tabana kadar yayılmaktadır. Seri üretimde mavi yaka birbiriyle konuşma ihtiyacı hissetmez ve beyaz yaka sık sık atölyeye inmez. Yalın üretimde ise iletişim tabandan tavana doğru gelişmektedir. İşçiler arasındaki iletişimin daha kolay olabilmesi için mümkün olan en az

alan kullanılır. Çalışanların üretim problemlerini çözmek ve sürece ilişkin iyileştirmeler geliştirebilmek için sürekli birbirleriyle iletişimde bulunmaları temel bir gereklililiktir.

Seri üretimde tedarikçiler; makinelerin esnekliğe sahip olmaması, ana firmanın düzensiz talepleri ve ana firmanın teslimattaki gecikme şikâyetlerine yol açmamak için depoda büyük miktarda bitmiş parça stoku bulundurmaktaydı. Yalın üretim de ise mümkün olan en az stokla, esnek teknoloji ve öngörülebilen gerçekçi siparişlerle çalışmaktadır. Seri üretimin itme sistemlerinde talep değişimlerine cevap verebilmek için stoklar kullanırken, yalın üretimde bu uyumu kanban sistemi sağlamaktadır [15].

Yalın üretimde yan sanayiciler, seri üretimde görülen ana sanayi uydusu konumlarından çıkıp, ana sanayinin ortağı haline gelmektedir. Ana sanayide yaşanan teknik gelişmelerin, iş güvenliği ve karlılıkların yan sanayilere de yayılması sonucunda, çalışma koşulları iyileştirilmiş ve ana sanayi işçilerinin tüm hak ve sorumluluklarına yan sanayi işçileri de sahip olmuşlardır. Sistemi bütün olarak düşündüğümüzde, hedefimiz olan müşteriler bütçelerine uygun sürekli ucuzlayan kalitesi giderek artan ürünleri olabilecek en kısa sürede edinebilme ayrıcalığına sahip olmuşlardır. Yalın üretim ile seri üretim arasındaki farklılıklar detaylı olarak Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Seri üretim ile yalın üretim arasındaki farklılıklar olmakla beraber, her ikisi de iş akışı üzerine kurulmuştur. Her iki sistemde, israfların önlenmesine çalışmış ve senkronize bir fabrika hayali kurmuşlardır.

Çizelge 2.2. Yalın üretim ve seri üretim arasındaki farklılıklar [10]

	Seri Üretim	Yalın Üretim
Müşteri Tatmini	Mühendislerin istediği; büyük miktarda ve istatistiksel olarak kabul edilebilir bir kalite seviyesinde üretim	Müşterinin istediği; sıfır hata, zamanında ve sipariş ettikleri miktarda üretim
Liderlik	Yetkililerin komutasında ve baskısıyla sağlanan bir liderlik	Geniş vizyon ve geniş bir katılımla sağlanan bir liderlik
Organizasyon	Bireycilik ve askeri-tip bürokrasi	Takım-bazlı operasyonlar ve düz hiyerarşiler
Dış İlişkiler	Ücrete dayalı	Uzun dönemli ilişkilere dayalı
Bilgi Yönetimi	Müdürler tarafından ve yine kendileri tarafından üretilen soyut raporlara dayalı, zayıf bilgi yönetimi	Tüm personel tarafından sağlanan görsel kontrol sistemine dayalı, zengin bilgi yönetimi
Kültür	Sadakat kültürü ve itaat; yabancılaşma ve çalışanların çekişmesinin alt kültürü	İnsan kaynaklarının uzun dönemli gelişimine bağlı uyumlu bir kültür
Üretim	Büyük ölçekli makineler, fonksiyonel çıktı, minimal yetenek, uzun üretim periyotları, büyük envanter	İnsan ölçekli makineler, hücre tipi çıktılar çoklu yetenek, tek parça akış, sıfır envanter
Bakım	Bakım uzmanları tarafından yapılan bakım	Üretim, bakım ve mühendislikte ekipman yönetimi
Mühendislik	Müşterilerden gelen az bir katkı, üretim gerçeklerine çok az uyan izole edilmiş deha	Müşterilerden gelen büyük katkı, ürün ve üretim prosesinin dizaynının sürekli gelişimi, takım-bazlı model

2.4. Yalın Üretimin Amacı

Yalın üretimde temel amaç, işletme genelinde tüm israfları ortadan kaldırmaktır. İsraf (Japonca: Muda) ürüne değer kazandırmayan tüm unsurlar olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle, müşterinin fiyatların içine dâhil edilmesini istemediği unsurlar olarak tanımlayabiliriz. Üretimin her aşamasındaki yarı mamul, mamul ve hammaddelerdeki kalitesizlik, en önemli israf unsuru olarak belirlenmiştir. Yalın üretimde, üretimin her aşamasındaki israfı ortadan kaldırmak için iki temel hedef vardır [16];

- Sıfır stok
- Sıfır hata

Fakat bu hedefler idealize edilmiş hedefler olup, gerçekte gerçekleştirilmesi mümkün olmayan hedeflerdir. Önemli olan bu hedefler doğrultusunda sürekli iyileştirme faaliyetlerine odaklanmak ve bu yolda israfı önleyip maliyetleri azaltmaktır [16].

2.4.1. Sıfır stok

Stok, zamanından önce ve ihtiyaçtan fazla üretmek demektir. Önceden ve ihtiyaçtan fazla üretmek, gerektiğinden fazla kaynağın ya da başka bir deyişle üretim faktörlerinin kullanılması anlamına gelir. Stok üründe yaşanabilecek herhangi bir aksaklığa karşı, müşteri siparişini karşılamak için bir sigorta olarak görüldüğü gibi, hammadde de stok tedarikçinin malzemeyi geciktirmesinden kaynaklı olarak, imalatta yaşanacak gecikmenin önlenmesi için bir sigortadır. Stokları indirmeye çalışan çoğu firmanın ilk kaygılandığı konu bu noktadır.

Stok, üretim sürecinin tümü içinde bir beklemeyi ifade etmektedir. Gerek yarı mamullerin gerek tedarikçiden (iç-dış) gelen parçaların gerekse bitmiş ürünlerin stoklanması, hiçbir yerde işlem görmeden beklemeleri anlamına gelmektedir. Fakat üretim akışının hangi aşamasında olursa olsun, bekleme ürüne değer katmayan, üretkenliği düşürücü, maliyetleri arttırıcı, üretim sürelerini uzatıcı bir faktördür [9].

Stokun en önemli sakıncası, sermaye dönüşüm hızını ve buna bağlı olarak karlılığı düşürmesidir. Çünkü stok bir yatırım türüdür ve bu yatırım stokta kalma süresi boyunca geri gelmeyen ölü bir yatırımdır. Stoka yapılan yatırım ne kadar kısa sürede geri dönerse firmanın

karlılığı o kadar yükselir. Bu ölü yatırım başka fırsatların kaçırılmasına neden olacaktır. Örneğin stoka yatırılan bir nakit, bankaya ya da başka bir girişime yatırılmış olsa, faiz ya da kar şeklinde bir getiri sağlayabilir [17].

Seri üretimde stoklu çalışılmasının nedeni, üretimde bir hata oluştuğunda stoktan hatasız ürünün takviye edilmesidir. Aslında baştan stoklu çalışarak, yapılacak olan hata kabul edilmiş olunmaktadır. Bu sakınca nedeniyle, stoku hatasız üretimi kısıtlayıcı, üretime gevşeklik getiren bir unsur olarak nitelendirebiliriz.

Stok müşteri taleplerindeki değişkenliğe uyum sağlamayı ve talebe anında cevap verme süresini uzatmaktadır. Talep ne olursa olsun, stoktaki ürünün kullanılmasını veya satılmasını gerekli kılar. Yaşanan yoğun rekabet sebebiyle, pazarın satıcı pazarından çıkıp alıcı pazarına döndüğü günümüzde, stoklu çalışmak firmanın risk alması demektir. Bu durumda daha kısa sürede, yani daha az stokla çalışan firmalar fiyat kalite aynı olsa dahi, kısa sürede tedarik edebildikleri için tercih edilecektir.

Belirtilen tüm sakıncalar yalın üretimde neden sıfır stok hedef verildiğinin bir cevabıdır.

2.4.2. Sıfır hata

Klasik üretim sistemlerinde kalite için sınırlı, kabul edilebilir bir hedef belirlenir, bu kalite seviyesine ulaşılmaya çalışılır, sıfır hata düşüncesi pek düşünülmez. Genellikle önem verilen düşünce, belli seviyelerde (yeterince iyi) kabul edilemez bir ürünün kaçınılmaz olduğu, müşteri beklentisine ve sözleşmeye uygun erişilebilir bir kalite seviyesine ulaşmanın yeterli olacağıdır. Bu düşünce, üretimin tüm süreçlerinde mükemmelliğe ulaşmaya çalışan yalın üretimin felsefesine ters düşer.

Yalın üretimde sıfır hata, sıfır stok temel hedeflerine ulaşabilmek için aşağıdaki ikincil hedeflerinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir;

- Miktar ve çeşit açısından talepteki dalgalanmalara karşı, sistemin adaptasyonunu sağlamak üzere üretim kontrol fonksiyonunun geliştirilmesi,
- Her sürecin bir sonraki sürece sadece iyi (hatasız) parçaları göndermesini sağlamak üzere, kalite güvence sisteminin kurulması,

- Sistemin insan kaynağını kullanarak, maliyet azaltma hedefine ulaşabilmesini sağlamak üzere, insana saygının egemen olduğu bir örgüt kültürünün oluşması [18].

Yalın üretimde kalite konusunda "hata payı" anlayışı yoktur; sıfır hata üretimini hedefler. Toyota Kentucky fabrikasında, üretilen modelin kalitesini garanti edebilmek için, gerçekten de günde sadece bir araba üretilmiştir ve kalite standartlarına uyuyorsa sayı arttırılmıştır [19]. Toyota 2003 yılında, ABD'de sayıca Ford'dan %79 ve Chrysler'den de %92 daha az aracı geri çağırmıştır. Consumer Reports'da yayımlanan 2003 tarihli bir araştırmaya göre, son yedi yıl içinde en güvenilir 38 modelden 15'i Toyota/Lexus tarafından geliştirilmiştir [20].

Yalın üretim, üretimi israflardan arınmayı hedef alan çağdaş bir üretim yönetimi yaklaşımıdır. Yalın üretimde, hammadde, malzeme, yer ve işçilik israflarından sürekli olarak kaçınılır. İsraflara yol açacak problemler belirlenmeye ve yok edilmeye çalışılır. Mevcut üretim sistemi, var olan israfları azaltmak ya da elimine etmek için sürekli bir iyileştirmeye tabi tutulur.

Yalın üretimde, üretim sisteminin tüm süreçleri mükemmelliği elde edecek şekilde tasarlanır. Yüzde yüz kaliteli ürünleri, istenilen zamanda ve istenilen miktarda üretmeyi hedefler. Yalın üretimde tek bir amaç, tek bir aksiyon ile gerçekleştirilmez. Bir amaca ulaşmak için, öncelikle başka bir amaca ulaşılması gerekir. Ana hedef mükemmelliği elde etmektir. Bunun için, yüksek kalite ve düşük maliyetle müşteri talebini zamanında karşılayabilen bir üretim sisteminin varlığı gerekir. Bu üretim sisteminde, kalitede sıfır hata, üretimde sıfır stok amaçları olmalı, yani kaliteyi düşürücü, maliyetleri arttırıcı her türlü israfla mücadele edilmelidir. Bu mücadele, üretim sisteminin amaca uygun şekilde tasarımı ile mümkün olur. Bunun için, öncelikle insan kaynağı, katılımlı ve çok fonksiyonlu olarak kullanılmalı, üretim fonksiyonu talebe yanıt verecek şekilde geliştirilmelidir. Bu aşamada önemli olan ise, tüm bu çabaların sürekli olmasıdır. Çünkü yalın üretim bir proje ya da bir moda değildir. Başlayınca devam ettirilmesi gereken bir felsefedir. Ancak mükemmelliğe ulaşmak çok idealize bir amaç olup, tam anlamıyla ulaşılması mümkün değildir. Yapılması gereken, bu hedef doğrultusunda sürekli iyileştirme çabalarını yoğunlaştırmaktır.

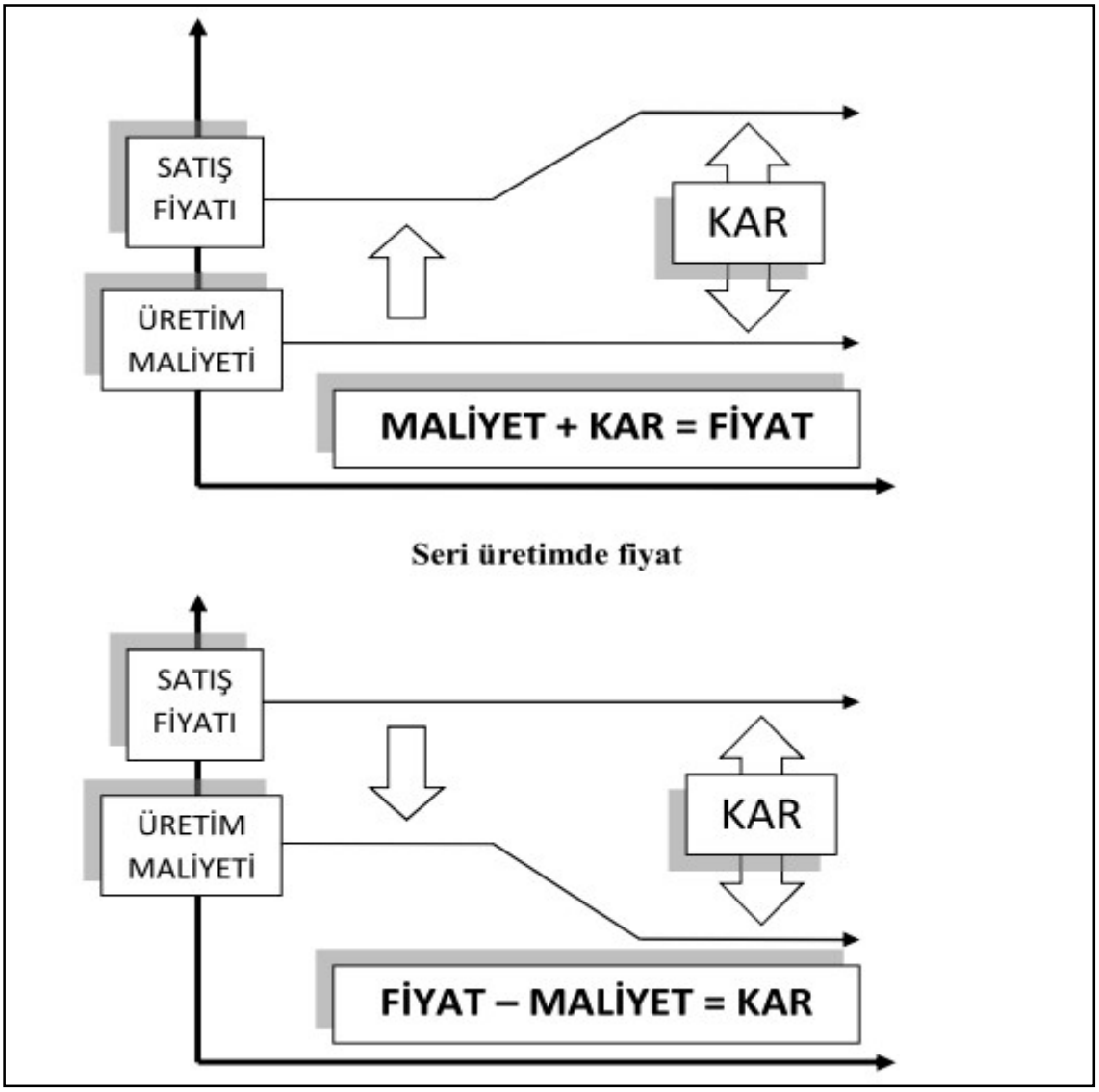
Yalın üretim sisteminin amaçları temelde; üretimdeki gereksiz ve verimliliği düşüren işleri elimine ederek, toplam üretim sisteminin optimizasyonuna yönelik politika ve yöntemlerin geliştirilmesidir.

Bu amaçlar şu şekilde özetlenebilir;

- Optimum kalite, maliyet ve üretim için sistem tasarımı,
- Ürünün üretim ve tasarımında kullanılan kaynak miktarını en aza indirme,
- Alıcının isteklerini anlama ve zamanında karşılayabilme,
- Tedarikçi ve alıcılarla açık ve güvene dayalı ilişkiler geliştirme,
- Toplam üretim sistemini geliştirmek için, herkesin katılacağı gelişim politikasını oluşturma.

Yalın üretimde, en az donanım, malzeme, yer, zaman, insan, stok, hata, gereksiz tekrar, taşıma, arıza, ıskarta hedeflenir. Bu hedefe sürekli gelişme ile ve satıcılar ile birlikte bir takım ruhu ile çalışılarak ulaşılabilir. Üretim ve satış sürecini en aza indirerek, yüksek kaliteli ve mümkün olan en az maliyetle üretim yapmak için çaba harcanır. Günümüzde, son derece dinamik pazar talepleri, artan rekabet, dünya çapında ekonomik problemler, ürün maliyetleri gibi etkenler düşünüldüğünde yukarıda sıralanan amaçların gerçekleştirilmesinin zor olduğu söylenebilir.

Ancak yalın üretim, maliyet-kar ilişkisine yeni bir bakış açısı getirerek, amaçlarına ulaşmaya çalışmaktadır. Klasik üretimlerde; SATIŞ FİYATI = MALİYET + KAR denklemi, yalın üretimde; KAR = SATIŞ FİYATI - MALİYET olarak yorumlanmaktadır. Yani, yalın üretimde kar artışı maliyetin azaltılması ile mümkün olmaktadır. Şekil 2.1'de bu durum açıklanmıştır.



Şekil 2.1. Seri üretim ve yalın üretim fiyat [14]

2.4.3. İsraf

Yalın üretim sisteminde ürün üzerinde değer yaratmayan, fakat bunun aksine kaynakları tüketen faaliyetlerin tümü israf olarak tanımlanmaktadır. İsraf Japonca da "MUDA" olarak adlandırılır. İsraf 3M olarak bilinen MUDA, MARİ ve MURA'nın toplamıdır. Üretimdeki israfları da iki ayrı grupta sınıflandırılmaktadır;

- Üretimde değer yaratmayan fakat üretim süreci için zorunluluk olan israflar: Üretim sürecinde ürün üzerinde katma değeri olmayan kaçınılmaz olan israflardır, kalite için yapılan ölçümler örnek olarak gösterilebilir.

- Üretimde değer yaratmayan üretim sürecinden kaldırılabilecek israflar: Üretim sürecinde yapılacak çalışmalar ve iyileştirmelerle ortadan kaldırılabilecek ya da azaltılabilecek israflardır.

Şekil 2.2'de görüldüğü gibi üretimde 7 temel israf kaynağı vardır;

Fazla üretim (Aşırı üretim): İhtiyaçtan fazla üretmek, bir sonraki prosesin ihtiyacından ya da müşteri siparişinden fazla üretim yapmak anlamına gelmektedir. İşletmeler genellikle üretim hattında yaşanacak sıkıntıları (hattın durması, müşterinin siparişinin karşılanmaması) çözmek yerine, fazladan üretim getirmeyi tercih ettikleri durumda karşılaşılır. Gereksiz üretim yapmak, ürüne katma değer sağlamayıp ürün üzerinde oluşan maliyetleri artırmaktadır.

Bekleme: Üretim sürecinde değer katan herhangi bir işin yapılmamasıdır, insan veya makinenin beklemesidir. Malzeme taşıma, makinelerdeki arıza ya da hızlı / yavaş çalışan operatörlerden kaynaklanmaktadır.

Taşıma: Malzemelerin bir yerden başka bir yere herhangi bir sebepten dolayı taşınması, ürüne değer katmayan bir faaliyettir. Aşırı stok malzeme taşınmasını zorunlu kılmaktadır. Malzeme taşıma ek iş gücü, depolama alanı ve fazladan maliyeti beraberinde getirmektedir.

Gereksiz işlem: Bir ürünün üretim sürecinde fazladan yapılan işlem / operasyonlar başlı başına israftır. Üretim sürecinde, proseslerde yapılacak olan iyileştirme ya da elemeler üründeki maliyeti azaltacak ve kaliteyi artıracaktır ve böylece üründeki en önemli israf adımı yok edilecektir.

Gereksiz hareket: Üretim sürecinde çalışan işçilerin, ürüne değer katmayan gereksiz hareketleriyle oluşan israf türüdür. İşçinin malzeme arama, yürüme ya da el kol hareketleri gereksiz fazladan yapılan hareketlerdir. İş basitleştirme ve iş etütleriyle bu fazladan hareketler iyileştirilebilir.

Tamir ve fireler: Hatalı ürünler, üretim süreci için önemli bir israf kaynağıdır. Hatalı ürünleri onarmak ya da yeniden yapmak, maliyetleri artıracağı gibi hatalı ürünlerin müşteriye gönderilmesi ve bu hatanın müşteri tarafından anlaşılması ciddi sorunlara yol açabileceği

gibi, itibar kaybına da neden olmaktadır. Firelerin çok olması durumunda bunları engellemek için kuracağınız sistem (kalite kontrol) ek maliyetlere sebep olacaktır.

Stok: Stok, aşırı üretimin bir sonucu olarak düşünüldüğü gibi, aslında işletmelerde birçok eksikliği gizlemek için kullanılmaktadır. Bu eksiklikler, makine arızalanmaları, uzun hazırlık zamanları, yüksek hacimdeki üretimlerde işlemler arasındaki koordinasyon farklıdır. Aslında eksiklikleri/sorunları ortaya çıkarmaya çalışmak, çözmek için uygulanacak ilk adımdır. Bu sorunları örtmek için işletmeler stoklu çalışmayı tercih etmektedirler. Buda fazladan maliyet/israf demektir.



Şekil 2.2. Yalın üretimin 7 israf kaynağı

2.5. Yalın Üretim İlkeleri

Yalın üretim, israfı değere dönüştürmeye yönelik çabalara anında geri bildirim sağlayarak, daha tatmin edici iş çıkarılmasının bir yolunu da gösterir. İsrafı önlemeyi hedefleyen yalın üretim sisteminin ilkelerini kısaca beş sınıf altında toplayabiliriz. Bir ürün için değeri kesin olarak belirlemek, her ürünün değer akışını saptamak, değerin kesintisiz akışını sağlamak, müşterinin değeri üreticiden çekmesini sağlamak ve mükemmellik peşinde koşmak [21].

2.5.1. Değer

Yalın düşüncenin başlangıç noktası değerdir, değeri üretici yaratır fakat değer ancak nihai müşteri tarafından tanımlanabilir [7]. Değer, ürünün fiyat ve diğer özellikler bakımından müşterinin ihtiyaçlarına cevap verip verememesinin bir ölçüsüdür [3].

Değer tanımının firmalar için bir anlam ifade edebilmesi için, müşterilerin ihtiyaçlarını, belli bir zamanda ve belli bir fiyattan karşılayan belli bir ürün ya da hizmet olarak ifade edilmesi gerekmektedir. Bu durum, her firma için farklı değer tanımları olduğunu göstermektedir. Örneğin Amerikan firmaları, kısa vadede rekabet taktikleri ile değer yarattıkları düşünürken, Alman firmaları, üründeki tekniğe karmaşıklığa göre değeri tanımlarlar. Japon firmalarında ise değer tanımında, nerede yaratıldığı konusu önem kazanmaktadır [7].

Yalın üretimin yaratıcı firması olarak düşünülen TOYOTA firmasında, satış ekipleri müşterinin ihtiyaçlarını anlayabilmek ve değeri doğru tanımlayabilmek için bayilerinin etrafındaki evleri ziyaret ederek, müşterilerin profilini belirlemeye çalışmışlardır. Ziyaretlerde yapılan çalışmalar, ailenin kaç otomobili olduğundan park genişliğine kadar, müşterinin otomobil için vereceği bilgilerle tam olarak müşterinin neye ihtiyacı olduğu çıkarılır. Hatta bu ihtiyaçları karşılayan bir model önerilip, gerekirse de deneme sürüşü teklif edilmektedir. Bu uygulamaya bakıldığında, firmanın üreteceği ürünü satacağı müşteriyi, üretim sürecinin bir parçası olarak görmektedir ve müşteriden elde edilen bilgileri, ürün geliştirme ya da tasarım ekiplerine iletmektedir. Bu şekilde değer tanımlaması, müşterinin ihtiyaçları doğrultusunda yapılmaktadır.

2.5.2. Değer akışı

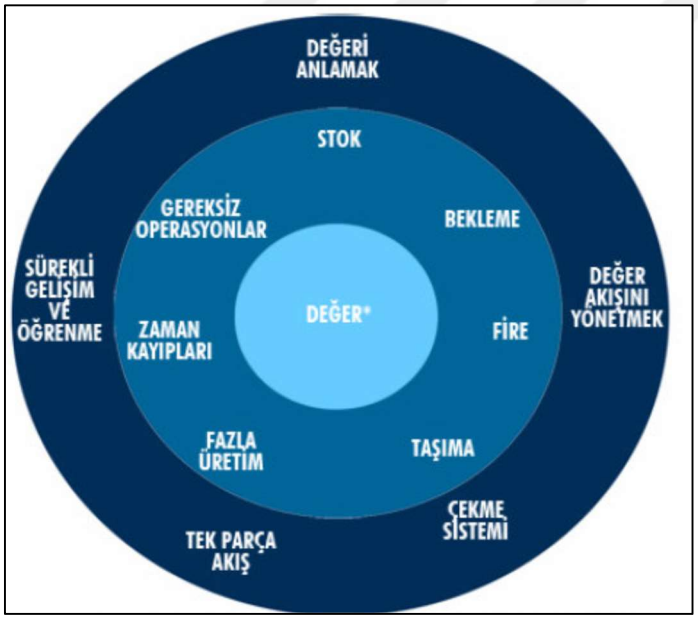
Yalın üretimin ikinci ilkesi değer akışıdır. Değer akışı bir ürünün hammaddeden son tüketicinin eline ulaşmasına kadar geçen tüm faaliyetleri kapsamaktadır. Yalın düşünce bir kavramın somut ürün tasarımına, hammaddenin ürüne dönüşümünün gerçekleştiği, ürün yaratma sürecindeki tüm faaliyetlerin bütününe bakabilmeyi gerektirmektedir.

Üretim sürecinde üç tip faaliyet grubu vardır;

- Müşterinin istediği yönde dönüşüm sağlayan, “değer yaratan” faaliyetler (boyama montaj dokuma vs.),
- Müşteri açısından bir anlam ifade etmeyen “değer yaratmayan”, fakat işin yapılması için zorunlu olan faaliyetler (kalıp bağlama, ayar, nakliye vs.),
- Müşteri açısından değer yaratmayan ve kaçınılabilir faaliyetler (israflar).

Değer akışları incelendiğinde üretim sürecinin neredeyse her aşamasında, ilk iki grup kaçınılamaz faaliyetin yanında, üçüncü grup faaliyetlerin (israfların) fazlasıyla kaynakları tükettiğini görülmektedir. Bu israfların yok edilmesi ya da azaltılması ile üretim sürecinde zaman ve maliyet boyutunda radikal iyileştirmeleri beraberinde getirecektir.

Değer tanımlanıp değer akışındaki israflar ayıklandıktan sonra, geride kalan değer yaratan aşamaların art arda sürekli akış halinde gerçekleştirilmesini sağlamak, Yalın Düşünce’nin bir diğer ilkesi ve önemli boyutta tasarruf potansiyeli taşıyan aşamasıdır.



Şekil 2.3. Değer çemberi

2.5.3. Sürekli akış

Akış, malzemenin üretim süreçleri boyunca ve müşteriye doğru sürekli hareketi olarak da ifade edilmektedir. Mükemmel bir akışa sahip bir süreç yapılırsa stok, depolama alanı, taşıma ile ilişkili neredeyse tüm israflar ortadan kalkmış olabilmektedir [22].

Akış ilkesinin potansiyelini ilk algılayanlar Henry Ford ve ortakları olmuştur. 1913 yılında T model arabanın üretimi için gerekli çaba, son montaj hattında sürekli akış uygulanarak %90 oranında azaltılmıştır. Ancak bu yaklaşım özel koşullarla sınırlı kalmıştır. Çünkü 19 yıl boyunca hep aynı modelden çok yüksek miktarlarda üretim yapmak, ancak o günün pazar koşullarında mümkün olmuştur.

Günümüzde ise, bir üründen milyonlarca yerine sadece onlarca veya yüzlerce talep edilen küçük parti üretim ortamında, tüm ürün çeşitleri için sürekli akışı gerçekleştirmek ve bunu müşteri talebindeki dalgalanmalara uydurmak gerekmektedir. Bunu başaran işletmelerde, üretkenlik ve kalite düzeyinde ciddi sıçramalar sağlanabilmiştir.

Klasik Kitle Üretimi'nde tasarım, üretim ya da satış faaliyetleri için yapılması gereken işlemler, tiplerine göre gruplandırılarak her iş tipi için bölümler oluşturulur. Ürün bu bölümler arasında ve işlem gören diğer ürünler arasında sırasını bekleyerek dolaşmaya başlar. Sonuç gecikmeler, geriye dönüşler, gözden kaçan problemler ve pek çok israftır.

Ancak akışın sağlanması yeterli değildir. İstenmeyen ürünleri hızla akıtmak sonuçta sadece israf olacaktır. Müşteriye istemediği ürünlerin itilmesi yerine, müşteri istediğinde ürünü çekmesini sağlamak pek çok israf kaynağını ortadan kaldıracaktır. Sürekli akış uygulandığında ürün geliştirme, sipariş alma, fiziksel üretim işleri çok kısa sürede tamamlanabilir hale gelecektir. Bu müşterinin gerçekten istediği şeyleri, tam istediği zamanda tasarlayabilme, planlayabilme ve üretebilme imkânını verdiğinden, satış tahmini yapmak, karmaşık planlama yazılımları kullanmak, stokta kalan ürünleri itmek için kampanyalar düzenlemek zorunluluklarını ortadan kaldırarak, sadece istenen şeylerin daha iyi üretilmesine odaklanabilmeyi de sağlayacaktır.

Yalın üretimde yapılmaya çalışılan şey, bir prosesin bir sonraki prosesin ihtiyacı olan ürünü, ihtiyacı olduğu zaman üretmesidir. Hammaddeden müşteriye kadar bütün prosesleri en kısa akış süresi, en yüksek kalite ve en düşük maliyeti sağlayacak düzgün bir akış ile birbirine bağlamaya çalışmaktır.

2.5.4. Çekme

Çekme ilkesi, değerin müşteri tarafından kaynağından çekilmesini öngörür. Üretim sürecinde yer alan tüm süreçlerde, sonraki süreç (iç müşteri) talep etmeden hiçbir şekilde üretimin başlamaması anlamına gelmektedir.

Çekme ilkesi, nihai müşterinin belli bir ürün için yaptığı taleple başlar, ürün müşteriye ulaşana kadar geçen tüm aşamaları geriye doğru izleyip, her aşamanın bir öncekinden talep etmesiyle üretimi başlatmak şeklinde uygulanır.

Çekme sistemi aşağıdaki amaçlara ulaşmak için uygulanır;

- Ara stoklardaki değişkenliği azaltarak, stokları daha kolay yönetilebilir hale getirmek,
- Üretimin kontrolünü üretim süreciyle ilgili birimlere dağıtarak, üretim sistemini basitleştirmek,
- Sonraki aşamaların talebinde olabilecek dalgalanmaları önceki aşamalara aktarabilmek.

Çekme sistemi ile sadece ara stokların azaltılması ya da yok edilmesi sağlanmaz, aynı zamanda da talebin değişmesi durumunda, önceki proseslerin çizelgelerini değiştirme zorunluluğu da ortadan kalkar. Yalnızca son sürecin (genellikle montaj) çizelgesi değiştirilir. Önceki proseslerin bu çizelgeden beslenmesi için, kanban denilen ve bilgi akışını sağlayan kartlar kullanılır [23].

Organizasyonlar yalın üretimin ilkelerini süreçlerinde uyguladıklarında, üretim süresini, maliyeti ve hataları azaltmanın bir sınırı olmadığını fark etmektedirler. Başka bir deyişle, iyileştirmeler ile her defasında israfı daha da azaltacak yeni yöntemler bulunabilmektedir. Bu da yalın üretimin son ilkesi olan mükemmelliğin hiç de hayal olmadığını göstermektedir.

2.5.5. Mükemmellik

Yalın üretimin beşinci ilkesi mükemmelliktir. Mükemmellik hayal edilmeli ve hedeflenmelidir. Bu yaklaşım ile yapılacak olan iyileştirmelerin, hiçbir zaman sonunun olmayacağı ve her zaman sistemi daha da iyileştirmenin mümkün olduğu kabul edilir. Sonuç olarak, işletmedeki israfların sürekli iyileştirmeler ile azalmasıyla, işletme maliyetleri de

azaltılacaktır. Bu süreçlerin sistematik olarak geliştirilmesi ile en düşük maliyette ve en yüksek müşteri memnuniyeti sağlanmış olacaktır.

Mükemmelliğe ulaşmak için, sürece en çok yardım eden özellik şeffaflıktır. Yalın üretimde çalışanlardan bayilere, müşterilerden tedarikçilere, üretim sisteminin tüm üyeleri sistemin bütününü görebilmektedir. Bu durum, sistemi oluşturan üyelerin birbirlerine anında geri bildirim imkânı nedeniyle, daha iyi değer yaratma yöntemlerinin bulunması kolaylaşır.

Yalın üretim, sürecin içindeki ilgili tüm tarafların ayrı ayrı bu süreçten fayda sağladığı bir çalışma kültürünü mümkün kılmaktadır. Firma açısından bakıldığında, firmanın karlılıkları artmaktadır. Çalışanlar açısından bakıldığında, hem ücret bakımından yüksek maaş alırlar, hem alınan kararlarda daha çok söz sahibi olurlar, hem de kendi gelişimleri için birden çok vasfa sahip olmaktadırlar. Müşteri tarafından bakacak olursak, ihtiyaç duydukları ürünü uygun fiyata, yüksek kalitede ve en kısa sürede sahip olmanın memnuniyetini yaşarlar. Tedarikçiler tarafından bakıldığında, sürekli bir fiyat baskısına maruz kalma yerine, kendini geliştirmesine yardım edilen bir iş ortağı durumuna gelirler. Bunların hepsinin dışında, daha global olarak düşünüldüğünde, üretim sistemlerinin ortak kullandıkları dünya kaynaklarının daha verimli, etkin kullanılması sağlanmış olmaktadır.

Yalın üretimi uygulayan şirketlerin deneyimi, üretim akış süresinde %90 azalma, üretkenlikte %100 artış, stoklarda %80 azalma, ürün geliştirme süresinde dört misli hızlanma ve kapasitede %30 artış sağlanabildiğini göstermektedir.

3. YALIN ÜRETİM TEKNİKLERİ

Yalın üretimin temel amacı, işletmelerdeki yedi temel israfı azaltmak ya da yok etmektir. Bu amaca ulaşabilmek için bazı teknikler geliştirilmiştir. Bu teknikler, üretim sisteminde farklı süreçlerde iyileştirmeler yaparak israfların önlenmesine katkıda bulunmaktadır.

3.1. Tam Zamanında Üretim

Tam zamanında üretim, gereken parçaların gereken zamanda, gerektiği miktarda, üretilmesi olarak tanımlanmaktadır. Ürünlerin tasarımından hammadde tedarikine, üretimden müşteriye sevk edilene kadar geçen tüm süreci kapsayan bir sistem olarak düşünülmelidir. Bu süreci oluşturan parçalar doğru tasarlanmadığında veya doğru planlanmadığında, tam zamanında üretimin gerçekleşmesi olanaksızdır.

Tam zamanında üretimin amaçları;

- Sıfır stok
- Sıfır bekleme zamanı
- Sıfır hazırlık (ayar) zamanı
- Sıfır hata
- Sıfır temin süresi
- Sıfır malzeme taşıma

Yukarıdaki amaçlar düşünüldüğünde, gerçekleşmesi kolay olmayan fakat idealize edilmiş amaçlar olduğu görülmektedir. Bir işletmenin üretimi sıfır stok ile yapması ya da sıfır hatasız ürün çıkarması ya da malzeme taşıma yapmadan malzemenin akışını sağlaması inandırıcı değildir. Fakat bu hedefler ne kadar minimize edilirse, israfın önlenmesinde, maliyetlerin azaltılmasında, verimliliğinde artmasında bir o kadar iyileştirme yapılmış olur.

Tam zamanında üretim ile yapılmak istenen şey, aksaklıkların telafi edilmeyeceği bir akış ya da bir sistem kurmak, bu sistemi sürekli iyileştirmelerle istenilen hedeflere ulaştırmaktır. Bu şekilde aksaklıkların hemen giderilmesi, felsefesinin işletmeye aktarılması ve çalışanların bunun bilincinde hareket etmeleri hedeflemektedir. Çünkü tam zamanında

üretimin başarı ile uygulanması için yönetimin kararlılığı kadar işçilerin de kararlı olması, bir işten diğer işe geçmek ve bir sorun çıktığında çalışma konusunda istekli olmaları gerekmektedir.

Sistemin yukarıda geçen hedeflere ulaşması için, uygulaması gereken faaliyetler aşağıdadır [24];

- Toplam Kalite Yönetimi
- Tam Zamanında Tedarik
- Kanban Sistemi

Tam zamanında üretim için yapılacakları özetleyecek olursak; ürünleri, israfın yok edildiği üretim sistemine yönelik olarak tasarlamak için kaynaklar göz önünde bulundurulmalıdır. İmalatın sadece daha önceki bölümlerde bahsedilen değerlerden oluşan bir akış içerisinde devamını sağlamak için, tesis yerleşimini yeniden tasarlamak gerekebilir. Özellikle fazla taşımayı malzeme hareketlerini en aza indirecek bir düzenleme düşünülmelidir. Beyaz yaka ya da mavi yaka çalışanların hepsinin katılımını sağlayacak bir program oluşturulur. Kolayca kopyalanacağından ve güncelliğini kaybedeceğinden mümkün olduğunca kâğıt üzerinde çalışmadan kaçınılır. Hurda ya da yeniden işlenecek parça sayısı azaltılır. Bütün alanlarda sürekli gelişme sağlanmaya çalışılır. İhtiyaçtan fazla stok yok edilmeye çalışılır [25].

Tam zamanında üretimin özellikleri şunlardır;

- Operasyon sırasına göre dizilmiş makineler
- Küçük ve ucuz teçhizat
- Tek parça akış üretimi
- Çok yönlü iş gücü
- Kolay devreye alınabilen ya da çıkartılabilen operasyonlar
- U tipi hücresel yerleşim planları
- Takt zamanına göre şekillendirilmiş üretim
- Tanımlı standart operasyonlar

İşletmelerde tam zamanında üretim sisteminin uygulanabilirliğinin önünde bazı engeller vardır. Başka bir deyişle, uygulanması için daha öncesinde işletmelerin tam zamanında üretime hazır olmaları için, bazı yapması gereken süreçler vardır.

Öncelikle çeşit olarak az, miktar olarak çok olan düşük maliyetli ve iyi kaliteli mamullerin üretildiği fabrikalarda bu sistem uygulanabilir. Fabrikanın kapasite olarak birden çok ürünü üretebilecek esnekliği sahip olması gerekir. Üretim, yalın üretimin ilkelerinde de belirtildiği üzere, sürekli akış halinde olması mümkün olduğunca az alan kullanılması ve malzemelerin taşınmasında uzaklıkların çok fazla olmaması gerekir. Birçok farklı yeteneği olan, birçok farklı iş yapabilen işgücüne sahip, ekip çalışması yapabilecek, etkin olarak kullanılabilen bir öneri sistemi olan, birey olarak fabrikaya ve müşterilere karşı sorumluluğunun farkında olan, bir iş gücü topluluğunun oluşturduğu bir çalışma ortamının sağlanması gerekmektedir. Bunun dışında, üretimin küçük partiler halinde yapılması ve buna bağlı olarak ayar sürelerinin çok olmaması, bu sayede de operasyonlar arası stokların azaltıldığı işletmelerde bu sistem uygulanabilir. Stokların azaltılması tabi ki çok sağlam bir tedarik ağını da beraberinde getirmektedir. Tedarikçi ilişkileri gelişmiş, az sayıda tedarikçi ile çalışan ve tedarik kaynaklarının firmaya yakınlığı da ayrıca önemlidir. Hurda oranın az olması, için proses kontrolünün etkin bir şekilde yapılması, mümkün olduğunca üretimin destek faaliyetlerinden olan kalite kontrolün seyrek yapıldığı bir sistemde, tam zamanında üretim daha kolay uygulanabilir. Tezgâh başı yapılan bakımlar genellikle işçiye verilir, koruyucu önleyici bakım ağırlık taşır. Yukarıda bahsedilen uygulamaları devreye almadan, tam zamanında üretim sistemine geçilmesi halinde, sistemin başarısız olma ihtimali artacaktır [26].

3.2. Kanban

Kanban sistemi, Taiichi Ohno'nun Amerika'yı ziyaretinde gördüğü süpermarketlerden esinlenerek, bu sistemi üretime uygulamaya çalışmasıyla başlamıştır. Montaj hattının kullandığı parçaların yerine yenisi talep ettiğini, bir önceki süreçlere bildirmesinin bir yolunu araması sonucunda ortaya çıkmıştır. Kanban, Japonca sinyal kartı anlamına gelmektedir [27]. Kanban sistemi, temelde çok basit bir sistemdir. Bir sonraki üretim aşamasındaki işçinin, bir önceki aşamaya gidip kendi operasyonunda üreteceği ve o an için gerekli olan miktarda parçayı çekmesine dayanmaktadır. İşçinin bu parçaları bir önceki operasyondan çekmesi, hem bir önceki operasyonun üretim yapmasını tetikler hem de kendi

operasyonunda hangi üründen ne kadar üretim yapılacağını bildirir. Tüm operasyonlar arasında bu şekilde bir sistem kurulduğunda, hiçbir operasyonda parçalar bir sonraki operasyondan çekilmediği sürece, yeni üretime başlayamaz ve bir sonraki operasyonun istediğinden farklı çeşitlilikte ve adette üretim yapamaz. Kanban ilk olarak, TOYOTA Honsha fabrikasında uygulanmaya başlanmış ve geliştirilmiştir. Daha sonrasında, 1962 yılında TOYOTA fabrikalarında ve tedarikçilerinde uygulamaya geçilmiştir.

Kanban kartlarının üzerinde aşağıdaki bilgiler yer almaktadır [18, 25];

- Kullanıldığı yer
- Parça numarası
- Parça adı
- Parçanın tanımı
- Kanban numarası
- Parça sayısı / kanban oranı (ana parçanın her üretim birimi için, bu kanban tarafından siparişi açılan parça miktarı)
- Kanbanın düzenli olarak konulduğu kutunun tanımlayıcı kod numarası
- Kanbanın teslim edileceği iş istasyonunun yeri (kod numarası veya tanımı)

Kanban sisteminin uygulanmasında genellikle 2 tip kanban kullanılmaktadır;

Çekme Kanbanı: Bir sonraki operasyonun, bir önceki operasyondan çekmek istediği malzeme miktarını ve çeşidini belirleyen ve malzemeyi çekmek amacıyla kullanılan karttır [28]. Örnek bir çekme kanbanı, Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

Bu çekme kanbanını incelediğimizde, M-6 Talaşlı İmalat operasyonu için, bir önceki operasyon olan Dövme B-2 operasyonundan malzeme çekilmesi gerekmektedir. Talaşlı imalat M-6 için, malzeme taşımaktan sorumlu operatörünü gerekli olan tahrik pimini çekmesi için, B-2 Dövme operasyonuna gidecektir. Çekeceği malzeme B kutu tipindedir ve kutu kapasitesi 20 adettir. Bu kanban, daha önceki yayınlanan 8 adet kanbanın dördüncüsüdür.

Stok Raf No: 5E215			Önceki Operasyon
Parça No: 365 70 S 07			Dövme
Parça Adı: Tahrik Pimi			B2
Araba Tipi: Sx50 BC			Sonraki Operasyon
Kutu Kapasitesi 20	Kutu Tipi B	Sayı 4/8	Talaşlı İmalat B6

Şekil 3.1. Çekme kanbanı [28]

Üretim Kanbanı: Üretilmesi gereken parçanın miktar ve çeşidini gösteren kanban kartıdır [28]. Örnek bir çekme kanbanı Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

Stok Raf No: F26 – 18	Operasyon
Parça No: 56790-321	Talaşlı İmalat
Parça Adı: Krank Mili	SB-8
Araba Tipi: Sx50BC - 150	

Şekil 3.2. Üretim kanbanı [28]

Üretim kanbanı incelediğinde, SB-8 Talaşlı imalat operasyonunda Sx50BC – 150 araba tipi için Krank mili üretilecektir. Üretilen krank mili (parça no: 56790 -321), ambarda F26-18 stok alanına taşınacaktır.

Başlıca kanbanlar, üretim ve çekme kanbanıdır. Fakat bunun dışında da kullanılan kanbanlar vardır. Tedarikçi kanbanı, Acil İhtiyaç Kanbanı, Özel Kanban, İşaret Kanbanı, Malzeme Kanbanları da nadir olarak da olsa kullanılmaktadır.

3.2.1. Kanban sisteminin kuralları

Kanban sisteminin uygulamasının başarılı olabilmesi için, bazı kurallara uyulması gerekmektedir. Bunlar aşağıda sıralanmıştır [18, 28];

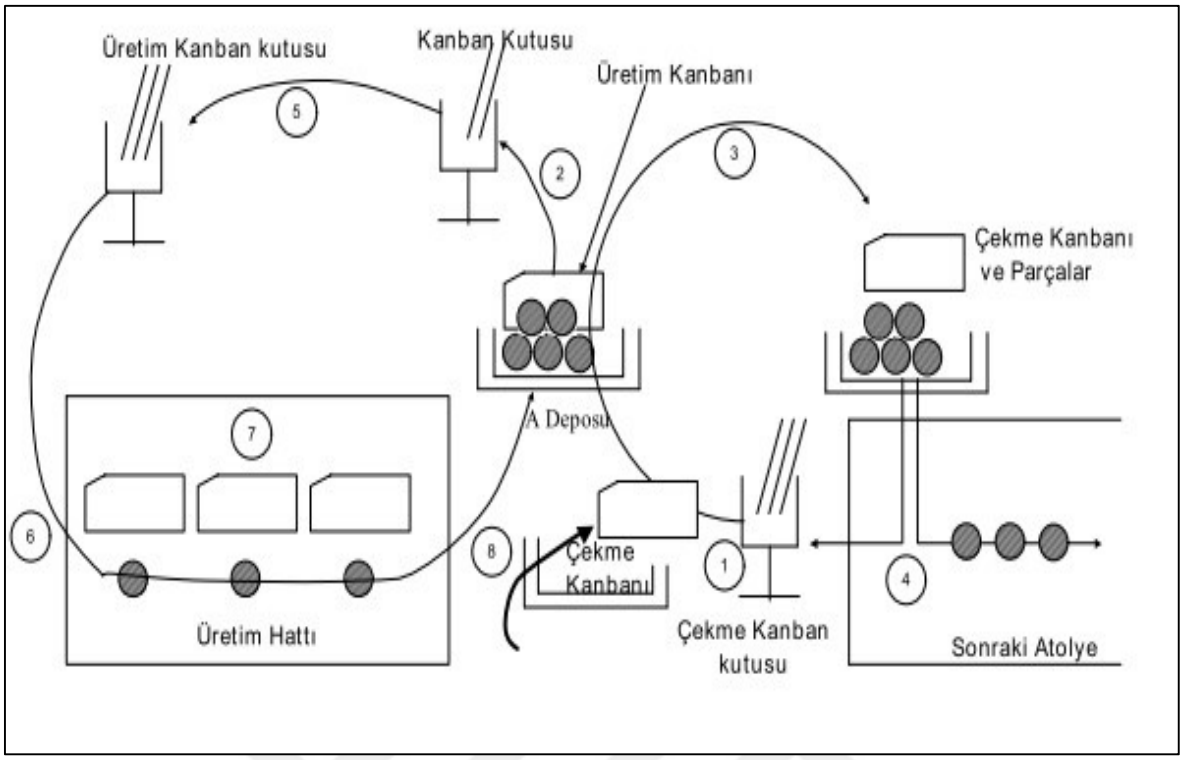
- Sonraki üretim süreci, önceki üretim sürecinden gerekli parçaları gereken miktarda ve gereken zamanda çekmelidir. Bu kural için sistemin değiştirilmesi, bazı uygulamaların sisteme adapte edilmesine ihtiyaç vardır. Üretim sistemi içinde kanban kartı olmayan bir ürüne izin verilmemesi gerekmektedir. Kanban kartı olmadan, herhangi bir ürünün çekilmesine veya kanban sayısından fazla miktarda malzeme çekilmesine izin verilmemelidir.
- Önceki üretim süreci, sonraki üretim sürecinden çekilen miktar kadar üretim gerçekleştirmelidir. Bu iki kural eksiksiz olarak uygulanmaya başlandığında, tüm süreç bir hatmış gibi birleşmiş olacaktır. Hat sistemi gibi düşünüldüğünde, tüm süreçlerdeki üretim zamanlarının dengelenmesi, bu iki kurala uyularak yapılabilir. Süreçler arasında dengelenme yapılmadığı durumda beklemeler oluşacaktır. Bunun haricinde, dengeleme yapılarak da bir süreçte meydana gelen bir problemin tüm süreci etkilemesi söz konusu olacaktır. Bu kuralın uygulanabilmesi içinde, kanbanların sayısından fazla üretim yapılmamalı ve üretimin kanbanların geliş sırasına göre yapılması gerekmektedir.
- Hatalı parçaların hiçbir zaman sonraki üretim sürecine geçirilmemesi gerekmektedir. Yalın üretimin temel amacı, sıfır stok ve sıfır hata dır. Hedefinizin sıfır stok olduğu bu ortamda, üretim hattında hatalı parçaların bulunması, tüm üretim akışını durduracaktır. Sıfır hata amacına ulaşabilmek adına, otonomasyon uygulamalarından yararlanmakta fayda vardır. Bu uygulamanın özünde, hataların tekrarını engellemek anlayışı yer alır. Bunun içinde toplam kalite anlayışını tüm sisteme adapte ederek, hatalı ürünün üreten tarafından tespit edilmesi sağlanır.
- Sistemdeki toplam kanban kartı sayısı, aslında sistemdeki stoku belirlemektedir ve en aza indirgenmelidir.
- Kanban talepteki küçük değişiklikler karşısında, üretim hızını ayarlamak için kullanılmalıdır. Üretim hızının kanban ile ayarı, bu sistemin en önemli avantajlarından biridir. Kanban sisteminin kullanıldığı ortamda, üretim çizelgeleri sadece son operasyona iletilir. Bu operasyondan kanban kartları aracılığıyla önceki süreçlere yansıtılır. Kanbanlar ile üretim hızının düzenlenmesi, çok büyük miktarlar için geçerli değildir. En fazla %10'luk bir değişme olduğunda, toplam kanban sayısını değiştirmeden sadede

kanbanların aktarım hızını değiştirerek, üretim hızını ayarlamak mümkün olabilmektedir. Eğer talepte %10'un üzerinde bir değişiklik olursa, tamamen üretim hatlarını yeniden düzenlenmek gerekecektir.

3.2.2. Kanban sisteminin işleyişi

Çekme kanbanı ile üretim kanbanı, üretim sistemi içerisinde birbirini tamamlayan ve tetikleyen bir rol üstlenmektedir. Çekme kanbanı, son operasyondan başlayarak önceki süreçlerden malzeme çekilmesinde kullanılırken, üretim kanbanı, çekilen malzemenin yerine yenisini koyabilmek için üretimi tetikler. Şekil 3.3'de kanban sisteminin işleyişi gösterilmiştir. Kanban sisteminin işleyişini aşağıda verilen akıştan daha iyi anlayabiliriz [28]:

- Önceki üretim süreçlerinden son üretim sürecine gelen parçaların üzerinde, çekme kanban kartları bulunmaktadır. Bu kartlar, son süreçte üretim yapıldıkça boşa çıkmakta ve üzerindeki çekme kanbanları bir kutuya konulmaktadır.
- Kutuda biriken kanbanlar, daha önceden belirlenen sayıya ulaştığında ya da belli bir zaman dilimi içerisinde, bir operatör tarafından alınıp malzeme çekmek için boşalmış paletlerle ve taşıyıcı bir forklift ile beraber önceki operasyona götürülür.
- Önceki operasyona geldiğinde, öncelikle elindeki boş paletleri bir yere bırakır. Sonrasında atölyenin stok alanında üretim sonrasında işlenmiş parçalara yönelir. Elindeki kanban sayısı kadar paleti alıp forklifte yerleştirir.
- İşlenmiş parçaların olduğu paletlerdeki üretim kanbanlarını çıkarır ve yerine kendisinin bir sonraki süreçten getirdiği çekme kanbanlarını koyar. İşlenmiş parça paletlerinden çıkardığı üretim kanbanlarını da, o atölyedeki üretim kanbanları kutusuna koyar ve kendi atölyesine geri döner. Bu şekilde hem çekeceği malzemeyi çeker, hemde üretim kanbanı kartlarını kutuya koyarak üretim yapılmasını tetiklemiş olur.
- Üretim kanbanları da belli bir sayıya ulaştığında, bu sefer o atölyenin bir operatörü tarafından alınıp, hem bu kanban sayısı kadar hemde kanbanların sırasına uyularak üretime geçilir. Üretim bittiğinde de bir sonraki sürecin malzemecisinin tekrar çekme kanbanı ile gelip alması için üretim stok alanına üretim kanbanı işlenmiş parçalar koyulur. Bu şekilde döngü tamamlanır.



Şekil 3.3. Kanban kart akışı [28]

3.2.3. Kanbanın avantajları

Kanban sisteminin işletmeye getirdiği avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir [26];

- Basit anlaşılabilir ve hızlı bir bilgi akışı sağlar.
- Üretim sistemi için değerli bilgi akışı sağlar.
- Hatta çalışan operatöre sorumluluk sağlar.
- İsrafları azaltır.
- İhtiyaçtan fazla (aşırı) üretimi önler.
- Küçük değişikliklere kolay uyum sağlar.
- Görsel kontrol kolaylaşır.

3.3. 5S

5S, işçinin kullanması gereken ekipman, doküman ve bilginin kullanacağı yerde olmasını, yakınına getirmeyi amaçlayan bir yalın üretim tekniğidir. İşçinin bu süreç için, zaman kaybı yaşayarak işletmedeki israfların azaltılması amaçlamaktadır [29].

5S tekniğinin amacı, çalışanlar için daha kolay ve daha az yorucu bir çalışma ortamı yaratmak ya da var olanı da bu şekilde düzenlemektir. Bu teknik ile hem çalışanların motivasyonlarının artması hem iş güvenliğinin artması hemde yapılan işin etkinliğinin artması sağlanmaktadır[30].

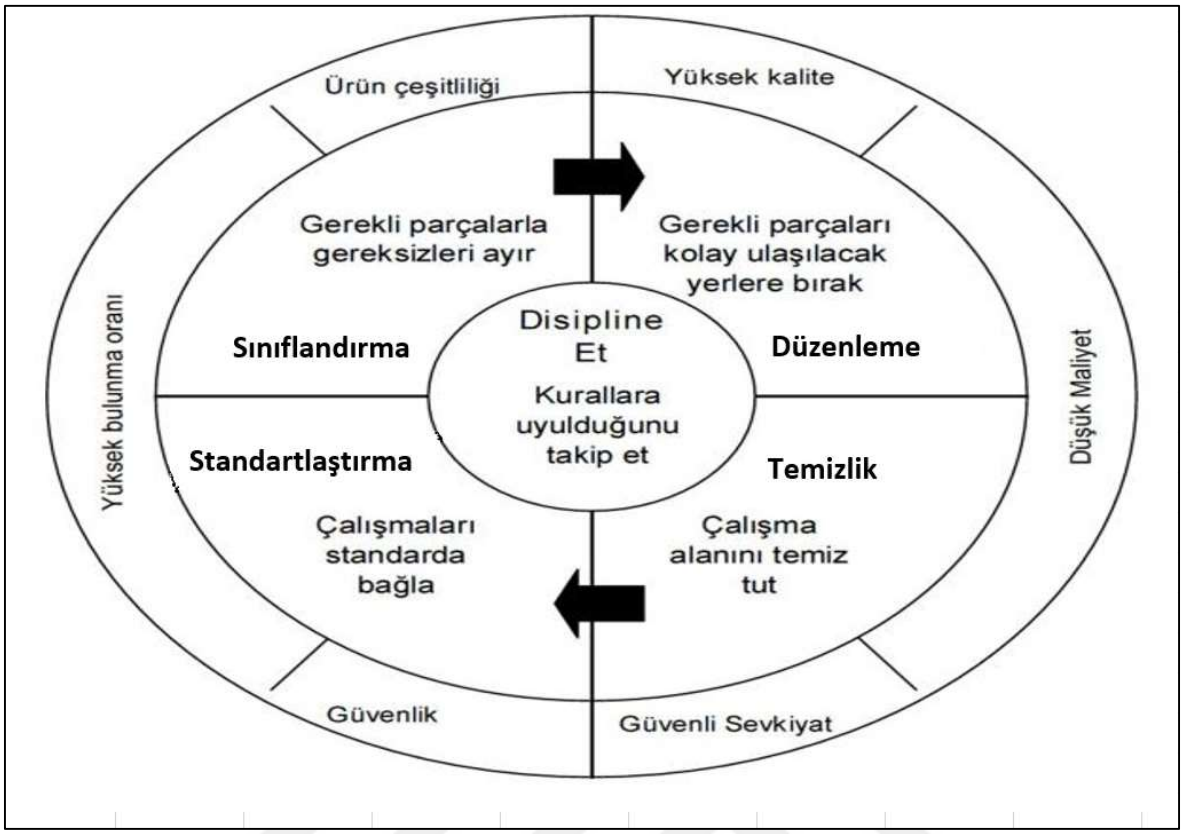
5S terimi Japonca'dan gelmektedir. 5 tane Japonca kelimenin baş harflerinin birleşmesinden oluşur ve bunlar SEIRI, SEITON, SEISO, SEIKETSU, SHITSUKE kelimeleridir. Bu kelimeler aynı zamanda 5S'in adımlarını simgelemektedir.

3.3.1. 5S adımları

5S'i oluşturan kelimeler ve kısaca anlamları Şekil 3.4'de verilmiştir;

Seiri (Sınıflandırma)

Çalışma ortamında gerekli olan (ihtiyaç duyulan) malzeme ile gerekli olmayan malzemenin ayrılması, sınıflandırılmasıdır. Malzemeler bulunduğu yere, kullanım sıklığına ve kullanıcıya göre ayıklanmalıdır. Sınıflandırma işleminde "kırmızı kart tekniği" kullanılabilir. Kırmızı kart tekniği, ihtiyaç olmayan malzemenin görsel olarak tanımlanmasında kullanılır. Gereksiz olan malzeme tanımlandıktan sonra, malzeme başka bir alana geçici olarak gönderilir. Bütün malzemeleri bu şekilde etiketleyip, ne yapılacağına dair karar verilecek alana gönderildikten sonra bu malzemelerin alanda değerlendirilmesi ve sonucunun yapılması gerekmektedir. Başka bir süreç için kullanılabiliyorsa, başka bir çalışma alanına gönderilir ya da bu alternatif geçerli değilse, malzeme hurdaya atılacaktır.



Şekil 3.4. 5S'de s harflerinin anlamı [23]

Bu adımda aşağıdaki sorulara verilen cevaplara göre sınıflandırma yapılabilir.

- Çalışma sahasında dağınıklık oluşturan gereksiz bir ekipman var mı?
- Olduğu gibi bırakılan kablo, boru gibi gereksiz malzemeler var mı?
- Zeminde duran el aleti ve teçhizat var mı?
- Tüm malzemeler sınıflandırıldı mı? Depolandı mı? Etiketlendi mi?
- Tüm el aletleri, ekipmanlar, ölçü aletleri, malzeme ve evrak sınıflandırılıp kendi yerlerine konuldu mu?

Yukarıdaki sorulara sırayla verilen cevaplara göre sınıflandırma yapılmalıdır. Fakat sıklıkla görüldüğü üzere, gerekli gereksiz ayrımının yapılmasında bazı karışıklıklar yaşanmaktadır. Böyle bir karışıklık yaşandığında, bu malzemenin gereksizler sınıfına konulması tavsiye edilmektedir [30].

Seiton (Düzenleme)

Bu adımda, “her şeyin bir yeri olmalı ve her şey yerli yerinde olmalı” ilkesini temel alarak uygulama yapılmaktadır. Gereksiz malzemeler ilk adımda sistemden çıkarıldı. Bu adımda ise kalan malzemelere ihtiyaç duyulduğu anda kolayca ulaşabilmek için, malzemelerin nerede nasıl tutulacağına karar verilecektir. Düzenleme adımının başarı ile uygulanması için, yerleşim planları yapmak, malzemenin saklanacağı yerleri tanımlamak, sınıflandırmak ve işaretlemek, uyarı levhaları koymak gibi yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemleri mümkün olduğu kadar sistemdeki tüm çalışanlar ile beraber yapmak, işin daha etkin yapılmasını sağlayacaktır[30].

Shine (Temizleme)

Üretim sisteminde genel temizlik işlerinin günlük olarak, bir aksama olmadan yapılmasını kapsar. İşyerindeki toz, pislik, kir, pas ve atıklar dağınıklığın, disiplinsizliğin, verimsizliğin ve hataların, iş kazalarının kaynağı olarak görülmektedir. Bunların dışında sağlık açısından da tehlike oluşturmaktadır. Bu aşamada, günlük olarak 3-5 dakika çalışanların çalışma ortamını temizlemesi önerilmektedir. Temizlik görünürlük sağladığı içinde arama zamanında kısalmalar olacaktır. Çalışanlar, çalışma sonunda ya da başında 3-5 dakika ayırarak ortamın, ekipmanın temizliğini sağlarsa, temizlik süreklilik kazanır. Temizlik çizelgelerinin oluşturularak hangi alanların hangi gün ve saatte kimin sorumluluğunda temizleneceği belirlenmeli ve denetlenmelidir [31].

Seiketsu (Standartlaşma)

Standartlaşmada amaç, önceki üç aşamada uygulanan faaliyetlerin ve sağlanan iyileştirmelerin kalıcı olabilmesini sağlamaktır. Bu kalıcılığın sağlanabilmesi için, sınıflama, düzenleme ve temizlik için belirli standartlar, kurallar ve sorumlular belirlenmelidir. Bu noktada belirlenen standartlar, kurallar anlaşılabilir, basit, mümkünse görsel olmalıdır [32]. Standartlaştırma yapılmadığı takdirde, kısa sürede eski atölye ortamına geri dönülür. Çünkü 5S’i uygulamak zor ve zaman isteyen bir süreçtir. Fakat kaybetmek ise çok kolay ve kısa zamanlıdır. Standartlaşmanın olabilmesi için öncelikle çalışma ortamında analizler yapılarak eksiklerin tespit edilmesi gerekmektedir. Sonrasında, eksikler ve olması gerekenler

belirlendikten sonra, problemin ne olduğu araştırılmalıdır. En son problemler de çözüldükten sonra kontrol noktaları belirlenerek bu noktalara odaklanılmalıdır [33].

Shitsuke (Disiplin)

Disiplin, kuralların ve standartların herkes için bir alışkanlık haline gelmesini sağlamaktır. Bu disiplini sağlamak için, önceki aşamalarda kazanılan iyileştirmelerin alışkanlık haline gelmesi için, farkındalığın gelişmesi, yönetimin destek vermesi, firma içindeki geniş iletişim, 5S uygulamalarının günlük işlerin bir parçası olması ve bunların tüm çalışanların katılımı ile uygulanması gerekmektedir [34].

5S uygulamalarının en zoru son olanıdır. Diğer dört uygulamayı da ayakta tutan disiplin aşamasıdır. En iyi sürdürülen 5S uygulamaları düzenli olarak denetlenenlerdir. Her ay standart bir form kullanarak denetleme yapılır ve denetlemenin sonunda en iyi olan ekibe bir ödül verilir [14]. Örnek bir denetleme formu Şekil 3.5'de gösterilmiştir.

3.3.2. 5S tekniğinin yararları

5S tekniğinin yararları aşağıda verilmiştir[30];

- Hataların daha çabuk ve kolay fark edilmesi sayesinde kalitenin iyileşmesi,
- İsrafların yok edilmesi sayesinde maliyetlerin düşürülmesi,
- Teslimatları tam zamanında gerçekleştirmek,
- İş kazalarının ve meslek hastalıklarının azalması,
- Takım araç ve gereçlerinin yerleşim düzenlenmesi sayesinde hazırlık zamanlarının kısalması.

YALIN ÜRETİM PROJESİ
5S DENETLEME FORMU

Denetlenen Bölüm:								
Denetçi:					Denetleme Sonuç Puanı:		0	
Tarih:								
					1: En az düzeyde, 10: En üst düzeyde			
	No	İstenen Uygulama	Kapsam Dışı	Aldığı Puan	Puan Değeri	Sonuç Puanı	Tam Puan	
Ayıklama	1	Denetlenen bölgede, o anda bulunması gerekli olan kalıp/takım, yedek parça, malzeme, ara stok ve stok dışında herhangi bir malzeme bulunmamaktadır.			3	0	30	
	2	Panolarda veya sistem gereği izin verilen alanlarda; işin gereği olmayan, işi bitmiş olan, güncel revizyon olmayan, süresi geçmiş olan veya kişisel nedenlerle asılmış herhangi bir kağıt doküman, takvim, poster, duyuru vs. bulunmamaktadır.			1	0	10	
	3	Açık alanlarda, farklı amaçlar için tahsis edilmiş dolaplarda ve raflarda; gereksiz malzeme, kişisel eşya, kıyafet, yiyecek ve içecek maddesi bulunmamaktadır.			2	0	20	
	4	Çalışma alanlarında ve koridorlarda kırık sandalye, merdiven ve özellikle iş güvenliğini tehdit edecek şekilde düzensiz kablo, hortum vs. bulunmamaktadır.			2	0	20	
	5	Tezgah ve diğer ekipmanların üstünde, yanında veya altında, başta tanımsız ürün olmak üzere gereksiz hiçbir malzeme, takım, el aleti, eldiven, gözlük vs. bulunmamaktadır.			4	0	40	
Düzenleme	6	Yerleşim planı yapılarak tüm çalışma alanları, stok alanları, bekleme alanları (forklift, transpalet vs.), yaya koridorları, araç yolları, acil çıkış yolları ve noktaları ile diğer alanlar yerleşim planı üzerinde gösterilmektedir.			2	0	20	
	7	Çalışma alanları, kapsamına göre uygun renk ile boyanarak bölgelere ayrılmış, ayrıca levha, tabela vb. yollarla alanlar tanımlanmıştır. Bu bölgeler tanımlandığı amacına uygun olarak kullanılmaktadır.			4	0	40	
	8	Dolap, raf ve masalar düzgün bir şekilde yerleştirilmiş, aranılan herhangi bir şeyi kolay bulmayı sağlayacak şekilde dolap kapakları, dolap içleri ve raflarında tanımlama veya indeksleme yapılmıştır.			3	0	30	
	9	Takımlar, el aletleri ve anahtarlar kolay bulmayı ve eksikliği tespit etmeyi sağlayacak şekilde dolap, çanta ve arabalara düzgün bir şekilde yerleştirilmiş, ayrıca takım ihtiyaç listeleri (çantalara, ayarcı arabalarına vs.) hazırlanmıştır.			3	0	30	
	10	Kişisel koruyucu malzemelerin kullanılması gereken bölgelerde; bu malzemeler tanımlanmış, görsel uyarıcılarla kullanım zorunluluğu belirtilmiş ve aynı zamanda bu kural sahada eksiksiz uygulanmaktadır.			4	0	40	
	11	Yalın Üretim Panosu ve diğer panolar düzgün bir şekilde yerleştirilmiş, tüm dokümanlar uygun formatta ve okunaklı hazırlanmış, son denetlemeye ait 5S denetleme sonuçları Yalın Üretim Panosunda mevcuttur.			1	0	10	
	12	Tezgah, ölçü aletleri ve diğer ekipmanlar kolay bulunacak / görülecek şekilde tanımlanmıştır.			2	0	20	
	13	Hurda, kurtarma ve karantinadaki gibi uygun olmayan ürünler kontrol altında ve sisteme uygun saklanmaktadır.			3	0	30	
	14	Ofislerde 5S kurallarına uygun düzen mevcuttur. (Masa tertip düzeni, dolap tertip düzeni, doküman yönetimi ve dokümanlara rahat ulaşılabilirlik)			5	0	50	
Temizlik	15	Tezgahlarda ve diğer ekipmanlarda toz mevcut değildir.			2	0	20	
	16	Tezgahlarda ve diğer ekipmanlarda yağ, hava ve diğer sıvı kaçakları mevcut değildir.			4	0	40	
	17	Tezgahlarda ve diğer ekipmanlarda talaş, çapak ve talaş çamuru mevcut değildir.			3	0	30	
	18	Tezgahlarda ve diğer ekipmanlarda paslı yüzey mevcut değildir.			4	0	40	
	19	Üretim alanında; yerlerde ve duvarlarda toz, sıvı, yağ ve diğer kirlilik kaynakları bulunmamaktadır.			3	0	30	
	20	Üretim alanında; dolap, masa ve raflarda toz, yağ ve diğer kirlilik kaynakları bulunmamaktadır.			2	0	20	
	21	Ölçü aletleri ve göstergelerde kirlilik gözlenmemektedir.			2	0	20	
	22	Çöpler uygun şekilde yerleştirilmiş, sınıflandırma yapılmış ve düzenli olarak temizlenmektedir.			1	0	10	
	23	Üretim alanında kullanılan tüm kağıtlar (çalışma talimatı, resim, iş emri, üretim raporu vb. formlar) uygun şekilde korunmakta ve temiz tutulmaktadır.			2	0	20	
	24	Üretim alanında çalışan personelin kıyafeti işine uygun ve yeterince temizdir.			4	0	40	
	25	Ofiste 5S kurallarına uygun temizlik mevcuttur. (Ofis duvarı ve yer temizliği, masa ve dolap temizliği, temizlik planı bulunması)			3	0	30	
Standardaşma ve Disiplin	26	5S konusunda bölüm içerisinde organizasyon ve görev dağılımı yapılmıştır.			4	0	40	
	27	5S konusunda bölüm sorumlularının kendi içlerinde hazırladıkları ve takip ettikleri aksiyonlar mevcuttur.			3	0	30	
	28	5S konusunda operatör ve ayarcılara eğitimler planlanmakta, eğitim sonrası raporları hazırlatılmakta ve eğitimin etkinliği sahada takip edilmektedir.			4	0	40	
	29	5S denetlemelerine bölüm müdürü bizzat katılmakta ve aksiyonları takip etmektedir.			3	0	30	
	30	5S konusunda tüm çalışanlar bilgi sahibidir, 5S temizlik faaliyetleri günlük olarak herhangi bir uyarıya gerek kalmadan operatör tarafından gerçekleştirilmektedir.			5	0	50	
	31	Bir önceki 5S denetlemesinde ortaya çıkan uygunsuzluklar giderilmektedir.			5	0	50	
	32	Toplam Üretken Bakım (TPM) kapsamında 1. seviye bakım dokümanları güncel ve ulaşılabilirdir.			2	0	20	
	33	Toplam Üretken Bakım (TPM) kapsamında sürdürülen 1. seviye bakım uygulamaları operatörler tarafından bilinmekte ve günlük olarak uygulanmaktadır.			5	0	50	

Şekil 3.5. Yalın üretim 5S denetleme formu

3.4. Poka – Yoke

Japonca “Poka” ve “Yoke” kelimelerinden türemiş bir kavramdır. “Poka” Japoncada yanlışlıkla yapılan hata, “Yoke” de önleme anlamına gelmektedir. Poka-Yoke Japonca hata önleme demektir. İlk defa Japon bilim adamı Shigeo Shingo tarafından 1960’lı yıllarda düşünülmüş ve zaman içinde geliştirilerek 1980’lı yıllarda açıklanmış bir kalite kontrol sistemidir. Bu sistemin temel amacı, hatalı parçaları üzerinden zaman geçtikten sonra yani, aslında bir sonraki süreçlere geçtikten sonra saptamak değil, hatanın olduğu anda ve olduğu kaynakta saptamaktır. Poka-Yoke, yalın üretimin temel amaçlarından sıfır hataya ulaşmak için kullanılan etkili bir yöntemdir. Bu şekilde hataları saptayarak önlemeye ve sıfır hataya ulaşmaya çalışır. Hatalar sadece insanlardan kaynaklamadığı için Poka-Yoke’ler hem makine, hem süreç hemde ürün beraber düşünülerek tasarlanmalıdır [35].

Poka-Yoke konsantrasyon eksikliği, dalgınlık, dikkatsizlik, tecrübesizlik vb. üretimde insan kaynağından faydalanmanın negatif yönlerine karşı, bazı hata yapmayı önleyici yardımcı araç ve yöntemleri kullanarak daha fazla kontrol elemanına ihtiyaç duymadan, hatasız üretimi hedefler. Gerektiği takdirde kullanılan tezgâha ilave mekanizmaların eklenmesine ya da ürün üzerinde tasarım değişikliğine de gidilebilir [36].

Üretim sisteminde insanlar, makinelerin yanına ihtiyaç duyulduğunda gelmeli, makine başında sürekli beklememelidirler. Poka-Yoke cihazları, insanlara görsel, işitsel olarak uyarıda bulunarak, makinelerin yanına gelmesi gerektiği bir durum olduğunu göstermektedir. Maliyet açısından bakıldığında bu araçlar, insanların makinelerin başında beklemesinden daha az maliyetlidir [37]. Poka-Yoke için sonlandırıcı şalterler, ışıklı uyarılar, şablonlar, kılavuzlar, algılayıcılar ve sayaçlar kullanılmaktadır. Bu donanımların temel fonksiyonu kapatma, durdurma, kontrol ve uyarıdır [38].

Hataları önlemek için iki tip Poka-Yoke vardır. Kontrol Tipi; hata olduğunda hattı durduran, böyle hatanın giderilmesine imkan veren, uyarı tipi; hata olduğunda görsel olarak zil yada sinyal ile operatörü uyaran Poka-Yoke’ler vardır. Kontrol Poka-Yoke’si tanımdan da anlaşılacağı gibi, sorun olduğunda hattı durduran ve sorunu anında ve kaynağında düzeltilmesini tetikleyen, güçlü bir düzeltici mekanizmadır. Uyarı Poka-Yoke’si ise, eğer insan sinyale, zile, işarete karşılık vermez ise, hatanın devam etmesine imkân sağlamaktadır.

Hatanın meydana gelme sıklığına ve düzeltilebilme durumuna göre, hangi Poka-Yoke'nin seçilmesi gerektiğine karar verilir.

Poka-Yoke uygulanmasında hataları bulmak için bazı yöntemler uygulanmaktadır. Temas yöntemi, makinelere yerleştirilen bazı ekipmanlar ile ürünlerin fiziksel olarak istenilen boyutlarda olup olmadığı kontrol edilir. Toplam işlem yöntemi, birçok süreçten oluşan bir operasyonun, süreçlerin sırasına uygun imalat yapılmasını sağlar. Ek işlem yöntemi ise, farklı ürünleri arka arkaya monte edilmesindeki işçi hatalarını gidermeyi sağlar [7].

3.5. Toplam Üretken Bakım (TPM)

Toplam Üretken Bakım (TPM), bir fabrikadaki ekipmanların, tezgâhların verimliliğini ya da etkinliğini artırmak, sonucunda da tezgâh ya da ekipmandan kaynaklanan hataları önlemek için yapılan çalışmaların bütünü kapsayan bir kavramdır. İlk olarak Toyota grubu şirketlerinden biri olan, otomobil elektrik aksamı üreticilerinden Japon Nippon Denso şirketi tarafından uygulanmış ve geliştirilmiştir. Ancak TPM kavramının oluşmasından önce Amerika Birleşik Devletleri'nde üretken bakım (PM) kavramı ve uygulamalarının var olduğu bilinmektedir. Nippon Denso şirketi bu kavrama, "T" toplam kelimesini de ekleyerek üretken bakımdan, TPM kavramını geliştirmiştir [7]. İlk olarak otomotiv sektöründe uygulanmaya ve geliştirilmeye başlanmış Toyota, Nissan, Mazda şirketlerinde ve yan sanayicilerinde bir kültür haline gelmiştir. Sonrasında diğer sektörlerde de yaygınlaşmıştır. TPM kavramında, "T" harfini simgeleyen toplam kelimesinin 3 anlamı vardır. Aslında bu 3 anlamda TPM'in bir fabrika için neden önemli olduğunu anlatmaktadır.

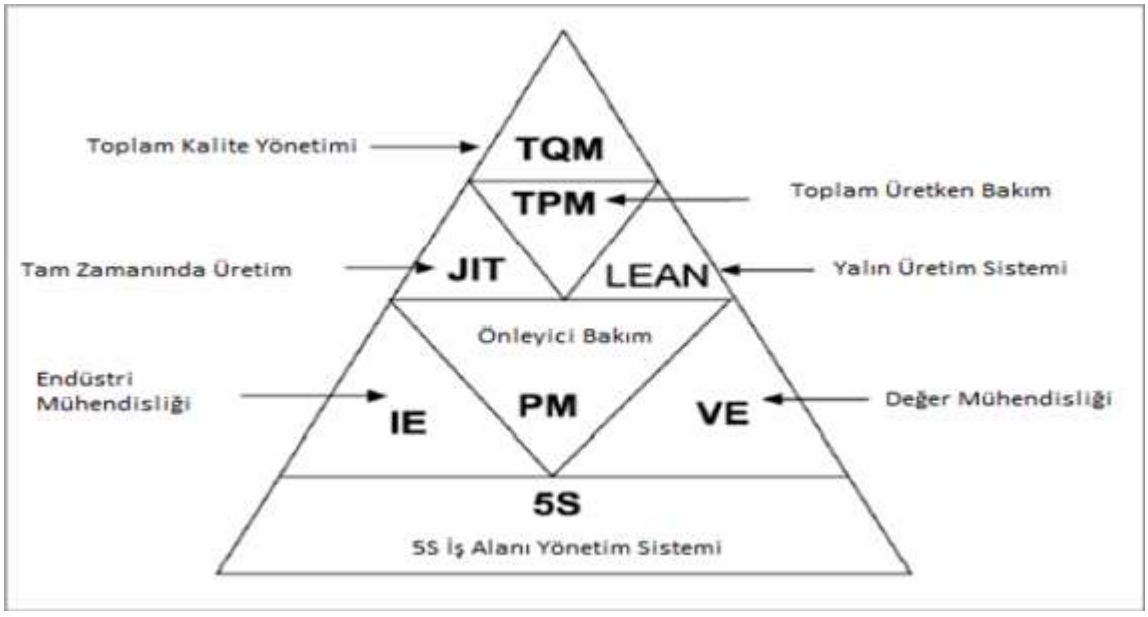
- TPM kapsamında yapılan çalışmaların, ekipmanın ya da tezgâhın toplam ya da tüm ömrü boyunca sürdürülmesi anlamına gelmektedir. Ekipman alındıktan sonra hurdaya çıkarılana kadar geçen sürenin tümünü kapsamaktadır.
- Ekipman ya da tezgâhın arızalanmasına, verimsizliğine özetle çalışmamasına neden olan tüm etkenlerin kontrol altına alınması anlamına gelmektedir.
- Üst yönetimden en alt çalışana kadar tüm çalışanların katılımının sağlanması gerekmektedir [7]. Fabrikada ekipmanları, tezgâhları TPM'in kalbi olarak düşünecek olursak, çalışanlarda kalbi besleyen damarlar gibidir denilebilir. TPM'in başarı ile uygulanması için özellikle tezgâh başı operatörlerin olacak değişimlere ayak uydurmaları gerekecektir [39].

3.5.1. Toplam üretken bakım ile yalın üretim ilişkisi

Yalın üretim sistemi çekme prensibine göre çalışmaktadır. Bir sonraki operasyon, tezgâh istemeden imalat yapılmayacak ve sonucunda stoklar sıfırlanacaktır. Bu durum düşünüldüğünde, tezgâhın arıza yapması bütün sistemdeki tezgâhların durmasına neden olacaktır ve böylece tüm üretim sistemi duracaktır. Bu sebepten dolayı, yalın üretim sisteminde önleyici bakım bir başka deyişle tezgâhta arıza yaşanmasını önlemek adına önceden yapılan bakım çalışmaları, diğer üretim sistemlerine göre daha fazla önem kazanmaktadır.

Yalın üretim sisteminde, tezgâhın çalışanı aynı zamanda tezgâhın sahibi, koruyucusu olmalıdır. Tezgâhların temizlenmesi, ufak tefek ayarlamalar, tezgâh yağ seviyelerinin kontrol edilmesi gibi basit bakım faaliyetleri, tezgâh çalışanları tarafından yapılır. Diğer daha geniş kapsamlı bakım faaliyetleri, bakım ekibi tarafından planlı programlı bir şekilde gerçekleştirilmektedir.

Yalın üretim ile toplam üretken bakım arasındaki ilişki aşağıda Şekil 3.6'da anlatılmıştır [40].



Şekil 3.6. Toplam üretken bakım (TPM) ile yalın üretim arasındaki ilişki [40]

Ekipmanların verimliliğini veya etkinliğini düşürmeye sebep olan 6 büyük kayıp vardır. Bunlar [41];

1- Tezgâhlarda veya ekipmanlarda meydana gelen arızalar; bu tip kayıplar beklenmeyen duruşlara sebep olur.
2- Tezgâhlarda tip değişikliği ya da ayar yapılması sırasında, tezgâh takımlarının ya da ayarın değişmesi sonucunda duruşlar meydan gelir,
3- Küçük duruşlardan kaynaklanan kayıplar,
4- Tezgâhlardaki üretim hızının diğer tezgâhlarla senkronize edilmemesinden kaynaklanan kayıplar,
5- Tezgâhlarda yapılan ayarlardan kaynaklanan hatalar ve bu hataları düzeltmek için yapılan tekrar işleme kayıpları,
6- Makine çalıştırıldıktan sonra, istenilen verime ulaşması için geçen sürede oluşan kayıplar.

TPM ise bu kayıpları yok etmek için, bir çok önemli faaliyetin bir arada ve birbirini destekleyerek tamamlanması ile uygulanabilecek bir tekniktir. Başarılı bir TPM tekniğinin uygulanması için aşağıda sıralanan beş bileşen gereklidir [39].

- Bakım Önleme: Bakım yapılmasını önlemek ya da minimize etmek amacıyla, ekipman seçiminde yada dizayn edilmesinde yapılacak olan bakımında değerlendirmeye alınması.
- Kestirimci Bakım: Ekipmanı oluşturan parçaların kullanım ömürleri hesaplanarak, en uygun zamanda yenileri ile değiştirilmesi.
- Düzeltici Bakım: Mevcut tezgâhların veriminin iyileştirilmesi.
- Önleyici Bakım: Tezgâhın sorunsuz çalışmasını sağlamak amacıyla, planlanmış bakım yapmak.
- Otonom Bakım: Tezgâhta üretim yapan personelin, bakım sürecine dâhil edilmesi.

3.5.2. Toplam üretken bakım uygulama adımları

TPM uygulamasının yedi adımı aşağıda sıralanmıştır [42].

1- İlk makine temizliği ve muayenesi yapılır; makineyi temizlemek ve onarılacak olan bölgeleri etiketlemek ve proje defterine kaydetmek. Bu adımın amacı kusurları etiketlemektir.

2- Makine kusurları ve kaçakları onar; birinci adımda etiketlenen kusurları, ekip üyelerinin katılımı ile onarılır. Makinenin kullanılabilir olması sağlanır.
3- Tezgâh başı operatör ve bakım ekibi için önleyici bakım planları oluşturulur; gerekli önleyici bakım listeleri TPM ekip üyeleri tarafından hazırlanır. Kapsam olarak görevleri kimlerin yapacağı ve ne kadar sıklıkla yapacağını içeren planlar olmalıdır.
4- Tezgâh başı operatör tarafından yapılacak olan önleyici bakımların etkinliğini belirleme; bu adımın amacı, sonradan oluşacak problemleri saptayarak, servis frekansını belirlemek ve 5S faaliyetlerini kontrol etmektir. Operatörler uygulanacak olan önleyici bakım faaliyetleri konusunda eğitilmelidir ve plana uygun yapılması konusunda sorumludurlar.
5- Bakım personelinin yaptığı önleyici bakım faaliyetleri; makinelerin arızalanmasını önlemek, önceden onarmaktır. Önleyici bakım planları, bakım ve üretim ekipleri tarafından hazırlanır.
6- 5S mıntıka temizliği ve organizasyonu uygulama; sürekli temizliğin yapılmasını ve yayılmasını sağlamaktır. Bu adımda 5S faaliyetleri yapılacaktır. Sınıflandırma, Düzenleme, Temizlik, Standartlaşma, Disiplin.
7- Ekipman etkinliğini izleme ve işbirliğine teşvik etme; bu adımda makinenin verimliliği, bakım ve üretim arasındaki ilişkiyi gözden geçirme ve iyileştirme faaliyetleri yapılmaktadır. TPM programları, sürekli gözden geçirilmeli, yürürlükteki uygulamaların ilerlemesini takip etmeli, gelecek için iyileştirme alanları belirlenmeli ve gerektiğinde düzeltici faaliyet başlatılmalıdır.

3.5.3. Toplam üretken bakım uygulamasının amaçları ve yararları

TPM'in amaçları aslında yalın üretim sisteminin hedefleri ile de örtüşmesi gerekmektedir. Yalın üretim hedefi, işletmedeki israfları azaltmaktır. TPM'inde toplam ekipman verimliliği ve etkinliğini artırmak olarak belirlenen hedefi, aslında aynı amaca yöneliktir. İşletmedeki kayıpların sıfıra indirilmesini amaçlamaktadır. TPM amaçlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz[25];

- Takım, donanım ve ekipman etkinliğini geliştirmek
- Ekipmanın yaşayabilmesi için verimli bakım sistemini kurmak
- TPM'in yürütülmesine, firma içindeki bütün bölümlerin katılmasını sağlamak
- Üst yönetimden işçilere kadar, bütün çalışanların aktif olarak katılımını sağlamak

- Küçük grup geliştirme faaliyetleri gibi, motivasyon yönetimine yönelik TPM çalışmalarını desteklemek.

TPM ülkemizde ilk olarak 1990'lı yıllarda uygulanmaya başlamıştır. Pirelli, Brisa, Kordsa, Tofaş, Arçelik, Netaş, Beko olmak üzere birçok firmada uygulanmıştır.

3.6. Jidoka

Jidoka, otonomasyon kelimesinin Japonca karşılığıdır. Otonomasyon, otomasyon ve otonom kelimelerinden türemiş bir terimdir. Sadece tezgâhlarla ilgili değil aynı zamanda, el işçiliği ya da manuel süreçleri de kapsar [43]. Jidoka ilk olarak, Toyota firmasının kurucularından Sakichi TOYODA tarafından, ilk işleri olan tekstil sektöründe dokuma tezgâhlarında ortaya çıkmıştır. Sakichi Toyoda'nın otomatik dokuma tezgâhını yaratan fikirlerinin en önemlisi de, iplik koptuğunda tezgâhı durduran bir cihazın olmasıydı. Tezgâh durduğunda yeniden ayarlanıyor ve aynı hatanın tekrarlanmaması için sorun tamamen çözülebiliyordu [19].

Jidoka, üretim hatalarını tespit etme ve bu hataları elimine etme için kullanılan bir yöntemdir. İki temel mekanizması vardır; birincisi üretim hatalarını bulmayı sağlayan mekanizma, ikincisi de, hataların bulunması halinde tezgâhın ya da hattın durmasını sağlayan bir mekanizma.

Jidoka aslında üretimde hatalı parça üretmeyi ve sonraki operasyonlara göndermeyi engelleyerek, kalite kontrolü destekleyen bir tekniktir. Bir hata olduğunda, tezgâhın durması, hatanın giderilmesi için gereken önlemlerin alınmasını hem tetikleyecek hem hızlandıracaktır hemde alınan kalıcı önlemler ile sonradan tekrar aynı hatanın oluşmasını engelleyecektir. Jidoka tekniği ile sağlanan faydalar aşağıda verilmiştir;

1- İşgücü sayısında azalma; üretim hatası olduğunda tezgâhı durduran cihazlar sayesinde, tezgâhın çalışmasından sorumlu işçi sayısı azalacaktır. Makineler hata olduğunda duracağı için, makinelerin başında işçilerinde beklemesine gerek duyulmaz. Tezgâhlara manuel müdahaleler azalacağından, işçilerinde birden fazla tezgâha bakması sağlanacaktır.
2- Talep değişimlerine uyum sağlama becerisi; tezgâhların hatasız parça üretmesi ve istenilen üretime ulaşıldığında, tezgâhın otomatik olarak durabilmesi, otomasyon yoluyla

aşırı stokun ortadan kaldırılmasını, tam zamanında üretimin gerçekleşmesini ve talep dalgalanmalarına daha kolay uyum sağlanmasını gerçekleştirir.

3- İnsana saygı kültürünün gelişmesi; tezgâhın bir hata olduğunda otomatik olarak durması ve anında müdahale edilmesi, iyileştirme çalışmalarını hızlandırır ve çalışanların sorun çözme sürecine katıldığı ve insana saygının önem kazandığı bir örgüt kültürünün gelişmesini sağlar [15].

Jidoka ve Poka-Yoke hatalı parçanın oluşmasına, bir sonraki sürece gönderilmesine engel olmak için kullanılması açısından bakıldığında bu iki teknik arasında fark yok gibi görülürken, aslında hatanın fark edildiği yer olarak bakıldığında farklı tekniklerdir. En büyük farkları Jidoka'da gerçekleşen hatanın üzerine önlem alınır, Poka-Yoke ise hata oluşmadan önce muhtemel oluşacak hatalar üzerine önlem almak, çözüm bulmak için uygulanır[44].

3.6.1. Andon sistemi

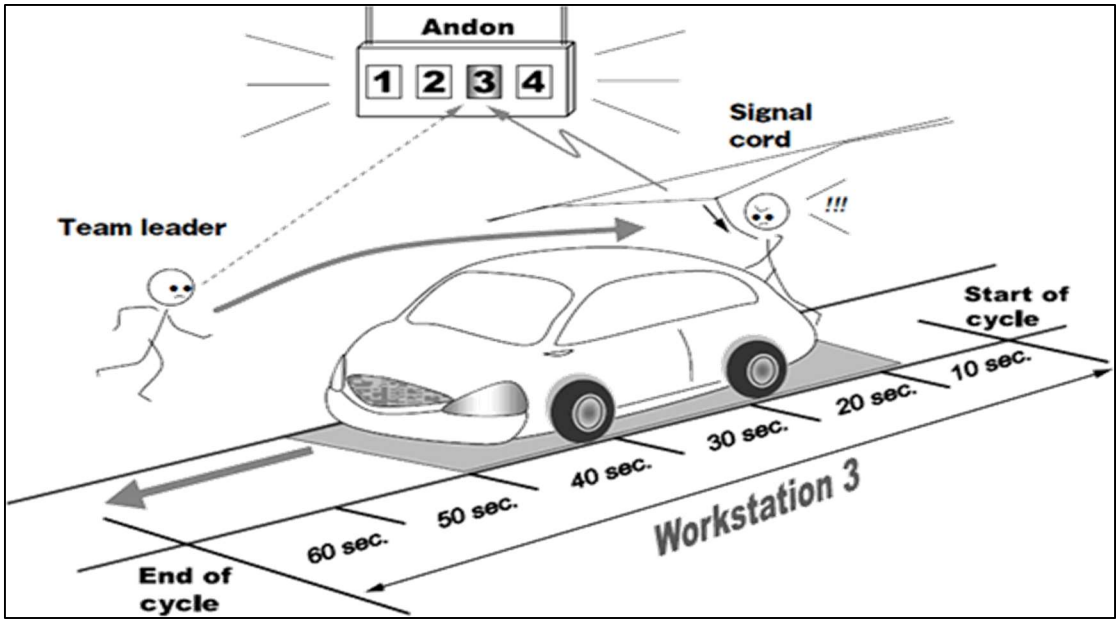
Andon Japonca ışıklı sinyal anlamına gelmektedir. Üretim alanında, üretim sürecinin durumunu ortaya koyan ve anormallik olduğunu sinyal vererek görsel ya da işitsel uyarıyı sağlayan bir araçtır. Asıl amaç, hatalı ürün üretimini engellemek ve çıkan sorunlarla ilgili olarak hızlı tedbir almaktır. Sonucunda da verimlilik artışı ve üretim artışı sağlanmaktadır. Aşağıdaki Resim 3.1'de Toyota fabrikasındaki andon uygulamasına ait bir örnek verilmiştir. Oklarla gösterilen ipler çekildiğinde, andon uygulaması devreye girmektedir. İpler çekildiğinde özel bir müzik çalmaya başlar. Birkaç kişi sorunun ne olduğunu analiz etmek için o noktaya gelir. Sorunun bir daha oluşmasını engellemek için alınması gereken önlemler belirlenir .

Toyota firmasında her iş biriminde bir andon ipi vardır. Andon ipinin çekilmesi, üretimde sorun olduğu anlamına gelir. İp çekilince, hangi iş biriminin ipi çekildiyse, andon panosunda o iş biriminin numarası yanar ve melodi çalmaya başlar. Şekil 3.7'de 3 numaralı iş biriminin andon ipi çekilmiş görünmektedir. Andon ipi çekilince, öncelikle sarı ışık yanar. 15-30 saniye geçince ışık kırmızıya döner ve hat durur. Üretim sorumlusu iş birimine gider, bu sırada üretim devam etmektedir. Üretim sorumlusu sorunu görür ve çözüm üretmeye çalışır. Çözüm bulunursa andon ipi tekrar çekilerek ışık yeşile döner. Gerekirse, üretim

sorumlusunun tüm hattı durdurma yetkisi vardır. Önemli olan, hatalı ürün üretilmesine engel olmaktır.



Resim 3.1. Toyota fabrikasından andon uygulaması örneği



Şekil 3.7. Andon sistemi

Başarılı bir Andon uygulaması ile;

1- Modern bir fabrika görüntüsüne kavuşulur,
2- Anlık ve gerçek verimlilik izlenebilir,
3- Tüm planlı ve plansız duruşlar takip edilir,
4- Hataların kaynağı (operatör makine tedarikçi) tespit edilir,
5- Veri tabanında tüm veriler tutulur ve raporlanabilir .

3.7. Kaizen

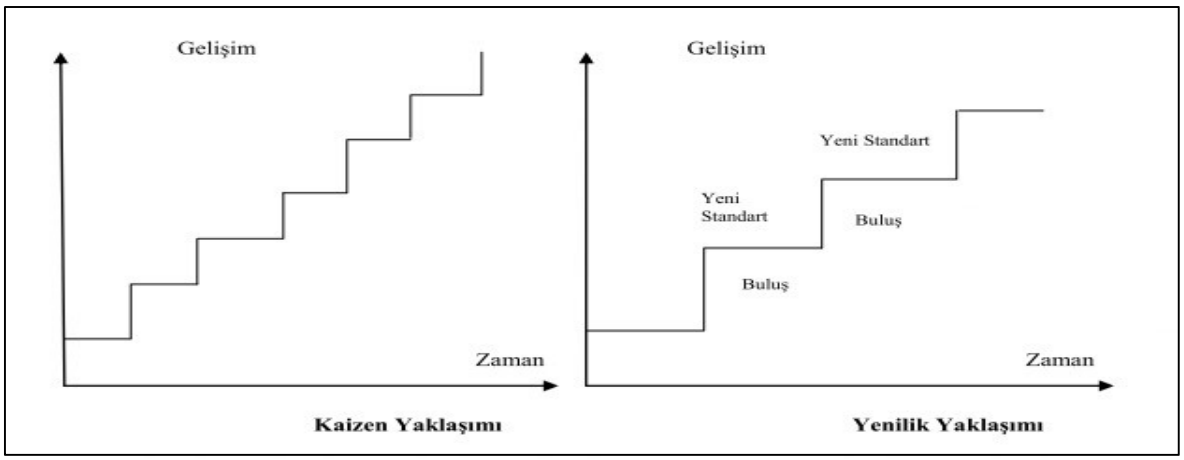
Kaizen kelimesi "kai" ve "zen" kelimelerinden türemiş, Japonca bir kavramdır. "Kai" değişim, "Zen" ise daha iyi anlamına gelmektedir. Bu iki kelimenin anlamlarını birleştirirsek, "kaizen" kelimesi daha iyiye değişim, sürekli iyileştirme manalarına gelmektedir. Sürekli iyileştirmenin en önemli özelliği, var olan ile yetinmeyip daha iyisinin yapılabileceğine inanmaktır. Yalın üretim sisteminde de hedeflenen sıfır hata ve sıfır stok amacının gerçekleşmesinin zor olduğu belirtilmiştir. Bu açıdan bakıldığında, yalın üretimde de kaizen ile aynı doğrultuda hedefler saptanmıştır. Kaizende sürekli iyileştirme ile üretim sistemindeki israflardan kurtularak, maliyetleri en aza indirmek çabası vardır. Bu çaba aynı zamanda, yalın üretim ile aynı hedeflere hizmet etmektedir. Yalın üretim sistemini benimsemiş şirketlerde, her seviyede üretimin daha da iyileştirilmesine yönelik sürekli ve düzenli çalışmalar yapılmaktadır.

Kaizende yapılacak olan iyileştirmeler, kısa süreli sonuca yönelik iyileştirmeler olmamalıdır. Kaizen çalışmalarında, küçük ama devamlı olarak sürecin iyileştirilmesi ön planda tutulmuştur. Sorunlara geçici çözümler bulmak yerine, kök nedene inerek kalıcı çözümler bulmak tercih edilir. Amaç günü kurtarmak değil, kalıcı yöntemlerle yarını kurtarmaktır. Aksi halde sorun, bir süre sonra tekrar ortaya çıkacaktır [38].

Yalın üretimde çalışanlar, üretim sisteminde değişken maliyet olmaktan çıkıp aktif rol üstlenmektedirler. Yapılan çoğu iyileştirmenin, işletmelerdeki öneri sisteminin uygulanmaya başlamasından sonra hız kazandığı görülmektedir [15]. İkinci Dünya Savaşı sonrasında, Japon yöneticiler ABD'ye gittiklerinde öneri sistemini öğrenmişler ve kendi işletmelerinde uygulamaya başlamışlardır. Fakat her iki ülkede uygulanan öneri sisteminin hedefleri açısından bakıldığında farklılıklar vardır. Amerika'da uygulanan öneri sistemi,

önerinin maliyetler üzerindeki etkisine odaklanır. Japonya'da uygulanan öneri sisteminde ise, çalışanların olumlu katılımı ve moral kazandırıcı etkisi üzerine odaklanılmaktadır[21].

Kaizen yaklaşımını daha iyi anlayabilmek için, yenilikçi yaklaşım ile karşılaştırmak faydalı olacaktır. Batılı ülkelerde kullanılan yenilikçi yaklaşım, üretim bir taraftan devam ederken, diğer taraftan da ARGE çalışmaları devam etmektedir. ARGE çalışmaları ile üretim yapan personel farklıdır. ARGE çalışmaları bittiğinde, yeni bir teknolojinin desteğiyle gelişimde, çok büyük bir aşama kaydedilir. Bu durum Şekil 3.8'de gösterilmektedir.



Şekil 3.18. Kaizen yaklaşımı ve yenilik yaklaşımının karşılaştırılması [45]

Kaizen yaklaşımında ise, küçük ama devamlı olarak sağlanan iyileştirmeler ile üretimde gelişim sağlanmaktadır. Kaizen ve yenilikçi yaklaşımlarındaki farklar, Çizelge 3.1'de ana hatlarıyla birkaç açıdan ele alınarak karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.1. Kaizen ve yenilik yaklaşımları arasındaki farklar [45]

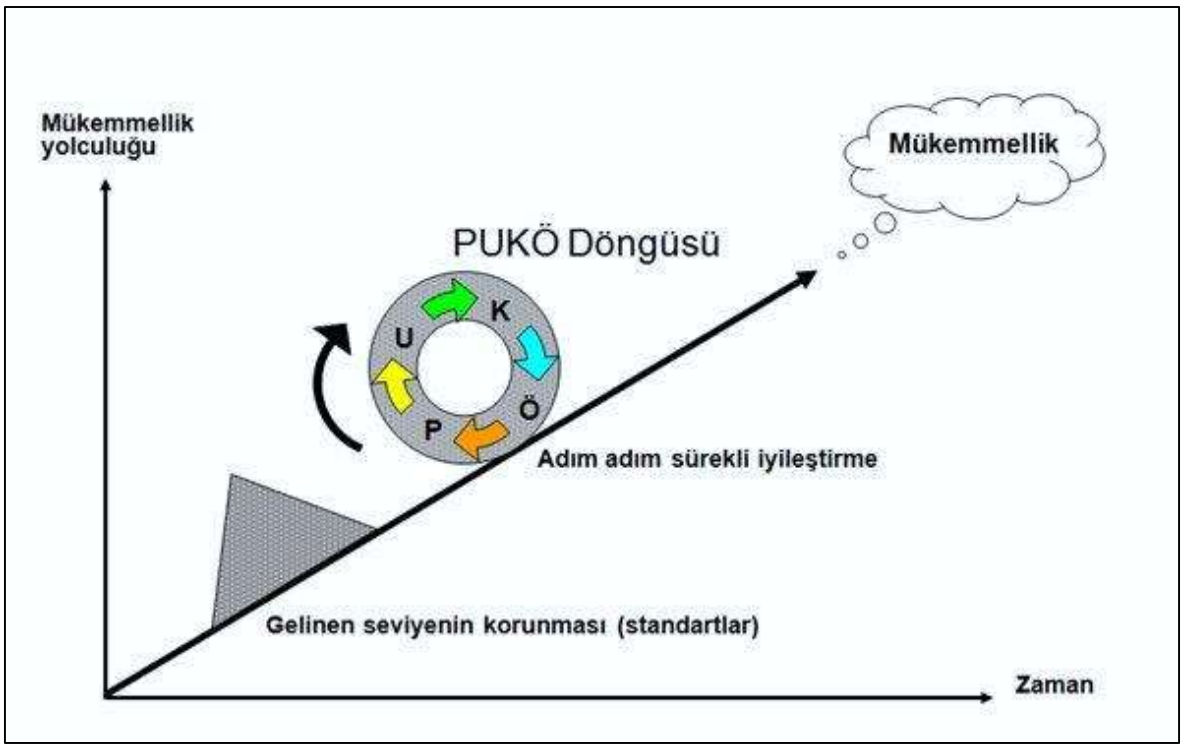
	Kaizen Yaklaşımı	Yenilik Yaklaşımı
Etki	Uzun vadeli, uzun süreli fakat heyecan verici değil	Kısa vadeli heyecan verici
İlerleme	Küçük adımlarla	Büyük adımlarla
Tempo	Sürekli ve düzenli gelişerek	Aralıklarla ve gelişimi düzensiz
Değişim	Kademeli ve sürekli	Birdenbire ve geçici
Katılım	Tüm çalışanlar	Sınırlı sayıda çalışan
Yaklaşım	Çoğulcu; grup çabaları, sistemsel yaklaşım	Katı bireysellik, bireysel fikir ve çabalar
Tarz	Koruma ve iyileştirme	Hurdaya çıkarma ve yeniden kurma
Kıvılcım	Konvansiyonel bilgi, çağdaş	Teknolojik atılımlar, yeni keşifler, yeni teoriler
Uygulama için gereksinim	Küçük yatırım, korumaya dönük yoğun çaba	Büyük yatırım koruma yönünde az çaba
Çaba yönelimi	İnsan	Teknoloji
Değerlendirme kriterleri	Daha iyi sonuca yönelik yöntem ve çabalar	Kar amacına yönelik sonuçlar
Avantaj	Yavaş gelişen ekonomilerde iyi işler	Hızlı gelişen ekonomilere daha uygun

Kaizeni gerçekleştirmek için 3 temel şartın sağlanması gerekmektedir;

1- Mevcut durumu yetersiz olarak görmek; bir sistem kusursuz bir şekilde çalışıyor olsa bile, her zaman o sistemi iyileştirilecek geliştirecek bir yöntem vardır. Mevcut durum ile yetinmek kavramı, kaizenin en önemli düşmanıdır.
2- İnsan faktörünü geliştirmek; her şeyi yapan insandır. İnsan kaynağı bir işletmenin en önemli varlığıdır. Geleneksel üretim sistemlerinde, insan kaynağının kullanımı yetersizdir. Fakat her çalışanın fiziksel, zihinsel gücünün yanında, yaratıcılığının da kullanılması gerekmektedir.

3- Problem çözme tekniklerini yaygın bir biçimde kullanmak; işletmelerdeki problemlerin çözümü için karmaşık tekniklere çok az ihtiyaç duyulmaktadır. Basit istatistik ve karar verme teknikleri, çoğu zaman yeterli olmaktadır. En fazla karşılaşılan sorun, kök nedenlerin bulunamamasıdır [51].

Yaygın olarak kullanılan problem çözme tekniklerinden biri PUKÖ (planla, uygula, kontrol et, önlem al) döngüsüdür. Şekil 3.9'da görüleceği gibi döngü devam ettikçe mükemmelliğe doğru yaklaşılmaktadır.



Şekil 3.9. PUKÖ çevrimi

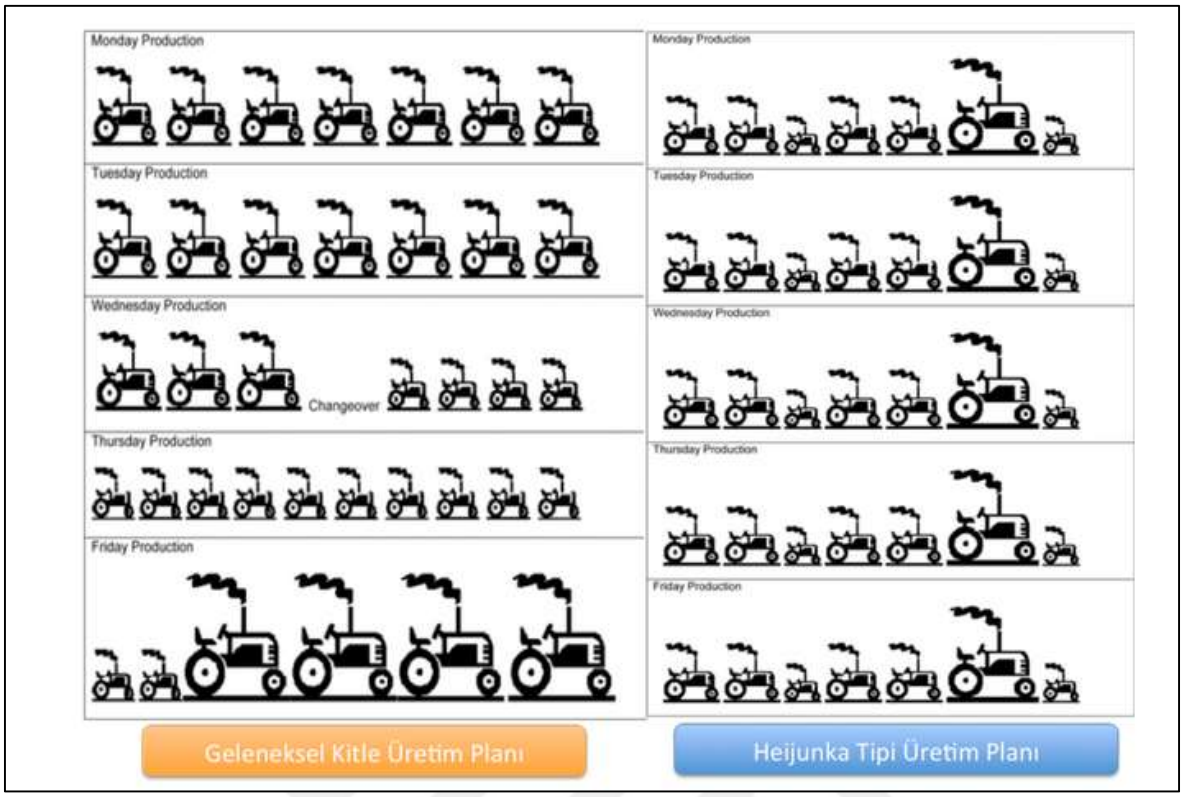
Planla aşaması ilk ve en önemli aşamadır. Problemin net olarak tanımlanması için öncelikle, mevcut durumun analiz edilmesi gerekir. Mevcut durumda, bu problemi oluşturacak olası nedenler araştırılır. Sorunun çözümü için geliştirilmesi gereken alternatifler için, hedeflenen kriterlerin ne olması gerektiği belirlenir ve çözüm için alternatifler geliştirilmeye başlanır. Hedeflerin çok yüksek konması, hedefin gerçekleşmemesi durumunda motivasyonu azaltacağı için makul hedefler belirlemek gerekir. Planla adımında, 5N 1K olarak adlandırılan ne, niçin, nasıl, ne zaman, nerede ve kim sorularına cevap bulunduğu durumda, bu adım tamamlanmıştır denebilir. Geliştirilen çözüm seçeneklerinden biri üzerinde karar verilir. Sonrasında da bu çözüm için eylem planı oluşturulur. Planlama aşamasına gereken

önem verilmez ise, kontrol ve önlem al aşamalarındaki uygulamanın maliyeti çok fazla olur. Oluşturulan eylem planı, ikinci adım olan uygula adımında belirlenen kişi, yöntem ve zamanlarda gerçekleştirilir. Üçüncü adım olan kontrol et adımında, uygulanan alternatifin sonuçları değerlendirilir ve kontrol edilir. İstenen hedeflere ulaşılmışsa, bir sonraki adıma geçilir, ulaşılmamışsa geriye dönülüp döngü tekrar edilir. Son adım olan önlem al adımında, bu problem için uygulanan ve kontrol edilen çözümün standart haline gelmesi sağlanır ki, bundan sonra aynı sorunlar ile karşılaşılması da bu şekilde engellemiş olur.

3.8. Heijunka

Talebin sürekli değişken olduğu durumda, talebe göre üretim yapmanın bazı sakıncaları vardır. Bazı zaman dilimlerinde talep olmadığı için üretim yapılmazken, bazı zaman dilimlerinde de talebin çok fazla olmasından dolayı yapılan fazla mesai bile talebi karşılamaya yetmemektedir. Bu durumda heijunka tekniği ile üretimin dengelenmesine çalışılır. Üretim dengeleme ile, tek bir tipin tek bir hatta imalatının yapılması engellenmiş olmaktadır. Talepteki değişkenliklere cevap verebilmek için aynı günde, birden çok tipin üretiminin yapılabiliyor olması gerekmektedir. Heijunka, üretimi her an değişme potansiyeli yüksek müşteri siparişlerine göre değil, belli bir zamandaki toplam siparişleri dikkate alarak düzenler. Düzenleme olabildiğince her gün her tipten üretme stratejisine göre yapılır. Önemli olan nokta, hem miktar hem de çeşit olarak dengeleme yapmaktır.

Siparişe göre üretim yapan atölyelerde, her an her çeşit ürünün siparişi gelebildiği için, üretimi herhangi sabit bir miktara göre dengelemek uygun olmayacaktır. Ürün çeşidi çok olan firmalarda, üretimin dengelenmesinde bazı zorluklar olacaktır. En önemli sorun, tipten tipe geçiş hazırlık zamanlarının bu firmalarda çok değişken ve uzun olmasıdır. Anlaşılacağı üzere üretimde dengeleme yapmanın ön şartı yalın üretimin bir diğer tekniği olan SMED'in üretim sisteminde uygulanıyor olması ve makine hazırlık zamanlarını mümkün olduğunca azaltmaktır [20].



Şekil 3.10. Geleneksel kitle üretimi ve heijunka tipi üretim

Üretim dengelemenin faydaları aşağıda yer almaktadır;

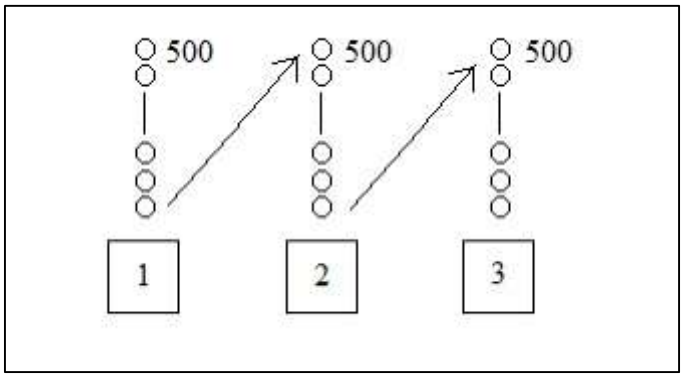
1- Müşterinin talep ettiği ürünü talep ettiği zamanda karşılama esnekliği; bu esneklik stokların azalmasına yardımcı olur.
2- Elde kalan ürün riskinin azalması; yalnızca müşteri siparişi kadar ürünün üretilmesi durumunda, stok ve depo maliyetleri azalacaktır.
3- Emeğin ve makinelerin dengeli kullanımı; ürünlerin ne kadar iş yüküyle yapılabileceğini hesaplayarak, üretim sistemi için bütün ürünleri kapsayan bir üretim planı çıkarabilir. Sürekli, çok fazla iş yükü isteyen işler arka arkaya sıralanırsa, işçiler bu noktada zorluk yaşarlar. Fakat dengeli bir iş yükü sayesinde, işçilerinde zorluk yaşamadan istenilen üretimi gerçekleştirilmesine yardımcı olunur.
4- Kaynak yönündeki süreçlerde ve işletmenin tedarikçilerinde talebin düzgünleştirilmesi; üretimin dengelenmesi, tedarikçinin üretiminde de iyileşmenin düzgünleşmenin sağlanmasına katkıda bulunacaktır [20].

3.9. Tek Parça Akışı

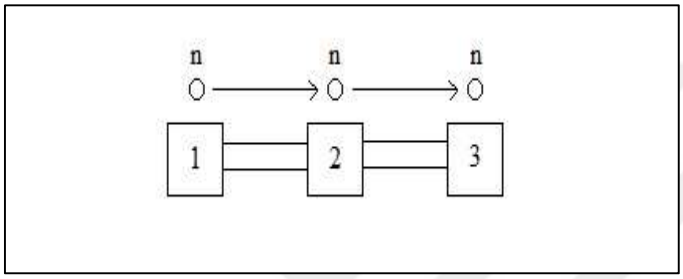
Tek parça akışı tüm fabrikayı bir büyük montaj hattı gibi düşünmek fikrine dayanmaktadır. Montaj hatları, işlenen malzemelerin bir sonraki operasyon ya da tezgâh için beklemediği, stokların olmadığı, birer adet olarak parçaların işlendiği tezgâhlardır. Bu fikri ilk ortaya koyan Toyota Mühendislerinden Taiichi Ohno'dur. Aslında Amerika ziyaretinde FORD fabrikasında gördüğü montaj hatlarından etkilenerek, bunu fabrikanın tüm üretim sistemi içinde uygulamanın çok yararlı olacağını düşünmüştür. Bu şekilde, fabrikada tüm atölyelerde stoklaşmanın önüne geçilebilirdi. Yani tek parça akış sistemi, yalın üretimin en önemli hedefi sıfır stoku destekleyici bir rol oynamaktadır.

Tek parça akışı her atölyede ya da her fabrikada uygulanabilecek bir teknik değildir. Bu tekniği uygulamak için öncelikle, üretkenliğin yüksek üretim zamanlarının da kısa olması gerekmektedir. Ayrıca üretim akışında işçilerin, bitmiş ya da işlenmekte olan parçaların bekleme ile israfa yol açmamaları gerekiyor. Bu aşamada tesis yerleşiminin de parçaların bu akışları dikkate alınarak yapılması gerekliliğini ortaya çıkmaktadır. Parçaların akışları dikkate alınarak yapılan yerleşime, süreç tipi yerleşim denmektedir. Süreç tipi yerleşimde, son ürün için gerekli operasyonların yapılacağı tezgâhların ardı ardına dizilerek, parçaların tezgâh veya operasyon aralarında beklemesi engellenmiş olur ki, bu süreç tipi yerleşimin en büyük avantajıdır[15].

Çok parçalı akış sistemi Şekil 3.11 ile tek parçalı akış sistemini Şekil 3.12'yi karşılaştırdığımızda; örneğin 500 adetlik bir A parçası yapılacak ve 3 işlemden geçecek ve bu 3 işlemdeki işlem zamanları da 1'er dk olarak varsayalım. Bu durumda 500 adet A parçasının, son ürün haline gelene kadar geçen zaman 500x3x1 = 1500 dk'dır. 500 adet A parçası, birinci işlem bitmeden ikinci işleme geçemeyeceği için, 500 adetlik kafilenin son parçası ikinci işleme başlamak için 500 adetlik kafilenin birinci parçasını beklemek durumundadır. Bu beklemelerin sonunda 1500 dk'lık bir üretim zamanı çıkmıştır. Örneğimizi tek parçalı akış sistemine göre düşündüğümüzde; ilk işlemden 1 dk'da geçen parça, 3. işlemden 3 dk da geçecektir. 500 adet parça birinci işlemden 500 dk'da geçip diğer işlemlerden de 500+1 ve 500+2 olarak geçeceği için, sonucunda 500 adetlik bir kafilenin tek parçalı akışta son ürün olma süresi 502 dk'dır. Fakat çok parçalı sistemde bu süre 1500 dk olmuştur.



Şekil 3.11. Çok parçalı akış [15]



Şekil 3.12. Tek parçalı akış [15]

Tek parça akışının pek çok faydası vardır [19];

1- Kaliteyi artırır; işçilerin sorumlulukları artırıldığı için, artık her işçi kendi işini denetleme rolü üstlenmektedir. Hata oluştuğunda anında müdahale edip hatanın bir sonraki işleme yansıtılmadan problemleri gidermeye çalışır.
2- Esneklik sağlar; tek parça akışıyla işlemler arasında ara ürünler oluşmayacağı ve üretim daha kısa sürede biteceği için, müşteriden üründe değişiklik talebi geldiğinde anında bu değişikliği devreye alma imkânı doğmaktadır.
3- Yüksek üretkenlik oluşturur; tek parça akış sisteminde, değer katmayan faaliyetler çok az olduğu için, işçilerin sisteme değer katıp katmadığı ya da başka bir deyişle atıl olup olmadığı kolayca anlaşılabilir. Değer katan faaliyetleri ve üretimde belli bir miktarı gerçekleştirmek için, ne kadar işçiye ihtiyaç duyulduğu rahatça hesaplanabilir.
4- Yerleşimden kazanç sağlar; süreç tipi yerleşim ile beraber, ürünü üretecek makineler bir araya toplanmış ve parça akış halinde hareket ettiği için başka bir deyişle stok olmadığı için, stok alanında ve makine yerleşiminde kazanç sağlanmaktadır.

5- Emniyeti iyileştirir; parçalar büyük hacimlerle hareket etmediği için, taşıma araçları fonksiyonu azaltılmaktadır. Atölyelerdeki kazaların çoğuna bu taşıma araçlarının (vinç, forklift)sebep olduğu düşünüldüğünde, emniyet seviyesini artırması beklenmektedir.
6- Morali yükseltir; tek parça akış sisteminde, işçiler daha fazla katma değer yaratan işler yapıyor ve yaptıkları işlerin sonuçlarını da kısa sürede görebiliyorlar. Bu da çalışanların moralinin artırmasında etken bir rol oynamaktadır.
7- Stok maliyetini azaltır; stokların azaltılması ile stok maliyetleri de düşmektedir.

Bazı makinelerde toplu üretim olduğu için, yani aynı anda birden çok parça işlendiği için, tek parça akış sistemi uygun olmayabilir. Önemli olan tek parça akış sistemine uygulanabildiği ölçüde geçmektir.

3.10. SMED (Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi)

Kitlesel seri üretim yapan fabrikaları bu üretim yöntemine iten en büyük sebeplerden biri, tip değiştirme ayar sürelerinin çok fazla olmasıdır. Ayar süresinde kaybedilen zamanı veya verimi başka bir deyişle maliyeti en aza indirmek ya da telafi etmek için, ayar yapılan tipin uzun süre çalışmasını tercih etmişlerdir. Ancak bu tercih ile birim maliyetleri düşürme ve verimi artırma imkânı doğmaktadır. Tip değişiklik ayar sürelerinin uzun oluşu, işletmeler tarafından değişmez bir gerçek olarak kabul edildiği için, bir ürünü yüksek miktarda üretmek bir zorunluluk olarak değerlendirilmekteydi.

Stoklu çalışmada müşterinin istediği ürün eğer stoklarda varsa karşılanır, eğer stokta yoksa bir sonraki üretime kadar müşteri bekletilir. Günümüzün gelişen rekabet ortamında, müşteri beklemektense başka bir firmadan ürünü alma tercihi kullanacağı için, stoklu çalışma müşteri kaybına yol açmaktadır. Yalın üretimde hedefin sıfır stok olduğunu daha önce birçok kez belirtmiştik. Bu durumda stoksuz çalışmanın önündeki en büyük engel olan, tip değişiklik ayar zamanlarını azaltmak ya da yok etmek gerekmektedir. Bu sayede küçük parti miktarları ile üretim yapmanın önü açılmakta ve istenen ürünü istenen zamanda üretebileceği için müşteri memnuniyeti sağlanmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, tip değişikliği ayar zamanlarını azaltmak için kullanılan yöntemlerden en bilineni ve en etkin kullanılanı SMED tekniğidir. SMED tekniği, Shigeo Shingo'nun geliştirdiği ve yalın üretimin en önemli tekniği olarak değerlendirdiği bir yalın üretim tekniğidir.

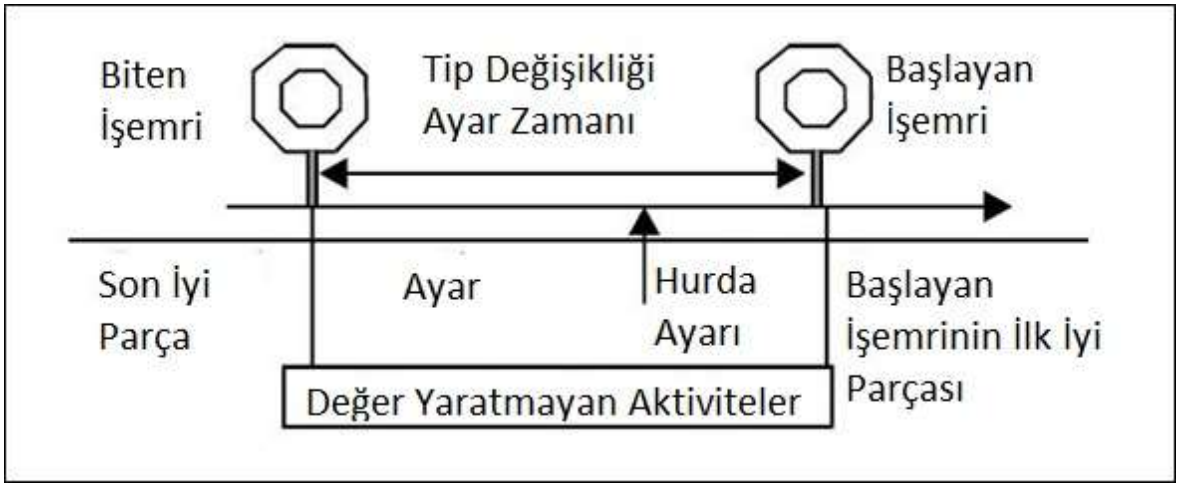
1950'lerde Honda'nın Hiroşima'da triportör üreten fabrikasında yaşanan kapasite sıkıntısı nedeniyle, Shigeo Shingo'dan yardım istenmiştir. Shingo, 800 tonluk presteki bu kapasite sorununu, iç ayarı dış ayardan ayırarak ve dış ayarı da toplam ayar süresinden düşerek çözmüştür. O tarihlerde yapılan bu çalışma sonunda, iç ayarı dış ayardan ayırma fikri SMED tekniğinin temeli olarak ortaya çıkmıştır. Bu sayede Shingo, stoksuz çalışmanın ayar zamanlarının kısaltılması ile mümkün olabildiğini görmüş ve birçok firmaya danışmanlık yaparak, ayar zamanlarının kısaltılmasını konusunda çok ciddi iyileştirmeler sağlamıştır [46].

SMED tekniğinin adlandırılması ve yeni bir yöntem olarak kabul edilmesi, 1969 yılında Toyota fabrikasında pres tezgâhına kalıp bağlama esnasından yapılan iyileştirmelerin sonucunda olmuştur. Bu iyileştirmeler ile, daha önce Honda fabrikasında iç-dış ayar ayrımı baz alınarak oluşan temel fikirlerde açık kalan bazı noktalar tamamlanmıştır. Shigeo Shingo'nun oluşturduğu bu tekniğe SMED (single minute exchange of dies) adı verilmiştir. Türkçeye "tekli dakikalarda kalıp değiştirme" olarak geçmiştir [17].

SMED tekniği, ayarın saatlerden dakikalara inmesini olanaklı hale getirirken, aşağıdaki bazı önemli noktaların farkında olarak bu iyileştirmeleri yapmaktadır[33];

- Tip değişikliklerindeki ayarlardaki (kalıp değişimleri) ustalık, uzun yıllara dayanan bir tecrübe, yetenek ve çalışma gerektirmektedir.
- Yüksek hacimli üretim, ayar (kalıp değişim) zamanlarını düşürür, daha doğrusu ayar yapılmasını engeller. Fakat klasik ayar değişim metotları uzun süreceği için, çalışanların işinde kesinti yaratır. Pratik metotlar, ayar değişim zamanının kısaltarak daha verimli çalışılmasını sağlar ve üretim kapasitesini artırır.
- Yüksek hacimli üretim, stokların artmasına sebep olur.

Şekil 3.13'de gösterilen tip değişikliği ayar zamanı kavramı, imalatı bitmek üzere olan kafilenin tezgâhtan çıkan son parçası ile sonraki kafilenin ürettiği ilk sağlam parçası arasında geçen zamanı temsil etmektedir. SMED tekniği, bu iki parça arasındaki ürüne değer katmayan ayar zamanı sürecindeki israfları yok etmeye çalışarak, yalın üretim sisteminin israfları elimine etmek ilkesi desteklemektedir. Yalın üretim sisteminde olduğu gibi, SMED tekniğinde de ayar sürecinde israfa sebep olan, değer yaratmayan faaliyetlerin elenmesi, değer yaratan faaliyetlerde de iyileştirme yapılması düşüncesi vardır [47].



Şekil 3.13. Tip değişikliği ayar zamanının gösterimi [47]

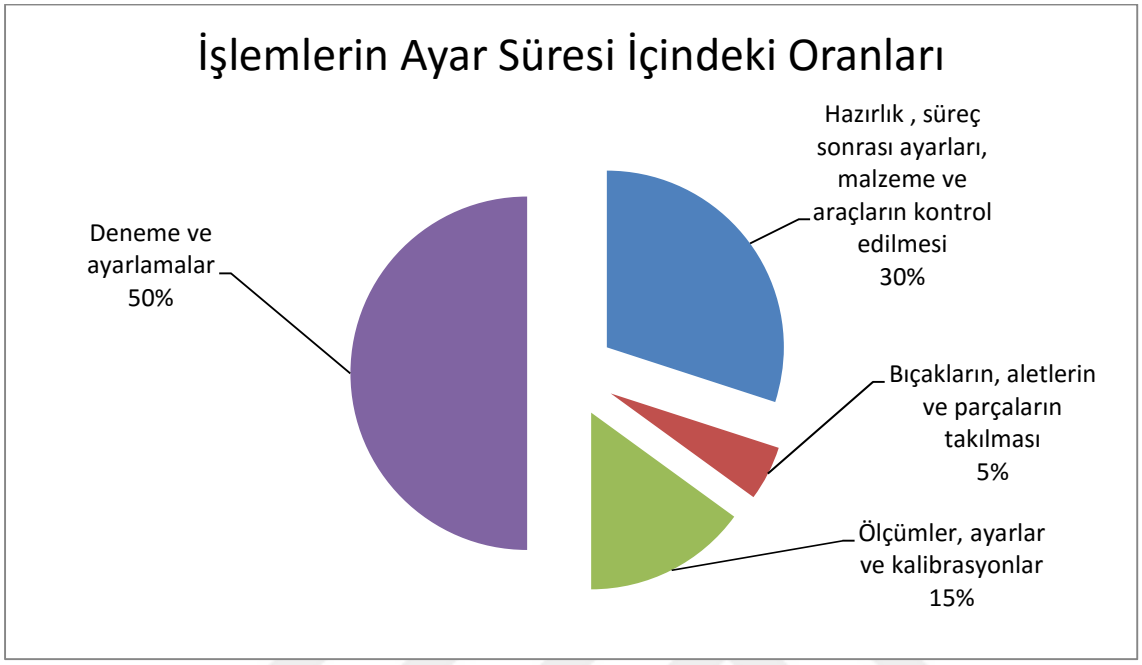
3.10.1 Ayar işleminin temel adımları

SMED tekniği uygulanmayan ayar süreci dört aşamadan oluşmaktadır;

1. Hazırlık, süreç sonrası ayarları, malzeme ve araçların kontrol edilmesi,
2. Bıçakların, aletlerin ve parçaların takılması,
3. Ölçümler, ayarlar ve kalibrasyonlar,
4. Deneme ve ayarlamalar.

Yukarıdaki 4 aşamanın ayar süreci içindeki oranları Şekil 3.14'de gösterilmiştir. SMED tekniğinde, bu ayar aşamalarındaki sürelerin azaltılması hedeflenmektedir. Öncelikle ilk aşamada yani hazırlık aşamasında, kullanılan aletlerin yerli yerinde kullanıma hazır olunduğundan emin olunması gerekmektedir. Bu aşamada 5S tekniğinden yararlanılmaktadır. Aletlerin hazır olması durumu, makine açık olduğunda da yapılabilmektedir. İkinci aşamada, tezgâh ayarında kullanılacak olan bu aletlerin, tezgâha takılması söz konusu olduğu için, tezgâhların bu esnada kapalı olması gerekmektedir ki Şekil 3.14'de görüleceği gibi, bu aşama ayar sürecindeki en düşük yüzdeye sahip süreçtir. Yine de bu süreçteki iyileştirmeler için kolay çözümler bulunabilir. Ölçüm ve ayar aşamasında, genelde tezgâhlar kapalı durumdadır. SMED tekniği ile bu aşamanın makine açıkken yapılabilmesi imkânı doğmaktadır. Son aşamada, ayarlama süreci öncesinde yapılan tüm işlemlerin sonucunun görüldüğü ve oranı diğer aşamalara göre en yüksek aşamadır. Bu aşamanın istendiği gibi yürümesi ile ayar süreci sonlanacağı ve ürün üretileceği için oldukça

önemli bir süreçtir. SMED tekniği, makinenin çalışmasıyla bu aşamanın kaliteli iyi ürün verecek şekilde düzenlenmesini sağlamaktadır[15].



Şekil 3.14. SMED uygulamayan işletmelerde ayar işlemlerinin oranları [46]

3.10.2. SMED ilkeleri

SMED tekniğinin temel ilkesi, ayar aşamasındaki israfları bulup yok etmek ya da iyileştirmektedir. Böylece zaman kaybını azaltıp verimliliği artırmaktır. SMED in temel ilkeleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir [15];

1- Tipten tipe geçiş ayarı sırasında yapılan faaliyetler belirlenmeli ve tezgâh çalışırken yapılan ve tezgâh durduğunda yapılan faaliyetler olarak ikiye ayrılmalıdır. Mümkün olduğunca tezgâhta ayarın üretimi minimum etkilemesi için, tezgâh durduğunda yapılan işleri tezgâh çalışırken yapmak için çalışmalar yapılmalıdır. Bu yöntemle ayar süresinde %30-50 arasında kazanç sağlanabilmektedir. Bu adımda aşağıdaki işlemler yapılmaktadır;

- Öncelikle ayar süresince yapılan işler analiz edilip hangi işlerin tezgâh durduğunda hangi işlerin tezgâh çalışırken yapıldığı belirlenmeli ve iç ayar dış ayar ayrımı yapılmalıdır.
- Yapılan işler incelendiğinde, bazılarının makine çalışırken de yapılabiliyor olmasına karşın, mevcut durumda ya da önemli bir tasarım değişikliğine gitmeden makine

durdurularak yapılıyorsa, bu büyük kayıplara (israflara) neden olmaktadır. Bu tür işlemler belirlenmeli ve mutlaka makine çalışıyorken yapılması sağlanmalıdır.

- Ayar esnasında ne kadar çok işlemi makine çalışıyorken yaparsak, o derece iyileştirme sağlamış oluruz. Bu sebep ile, daha çok işlemin makine çalışıyorken yapılmasının yolları araştırılmalı, takımlarda ne gibi değişiklik yapılabilir tespit edilmeli ve uygulanmalıdır.

2- Kalıp takım değiştirirken, eski kalıbın çıkarıldıktan sonra kolayca taşınacağı hem de bir sonraki kalıbı taşıyan ye yerine kolayca takılmasını sağlayan sistemler yada taşıyıcılar kullanılmalıdır. Bu yöntem bir takımdan diğerine geçişte, taşıma süresinden kazanç sağlamaya yarayacaktır.

3- Kalıp/takımları makineye bağlanması sırasında yapılan ayarlama işlemi, azaltılması ya da yok edilmesi gereken bir süreçtir. Bu süreç ne kadar azaltılırsa, o kadar zaman tasarrufu sağlanacaktır. Bunun için makinede kullanılan takımlarda, aparatlarda standartlaşmaya (aynı boyut ve şekilde olması) gidilmesi gerekmektedir. Böylece kalıp/takımlar makineye bağlanırken aynı aparatlar kullanılacak ve ince ayara gerek kalmayacaktır.

4- Mengene ve bağlayıcılar vida ve cıvata gerektirmeyecek şekilde tasarlanırsa, ayar sürecinde zaman tasarrufu sağlanmış olur. İşçiler, sıkıştırma ve gevşetme işlemlerini daha kısa sürede yapabileceklerdir. Bu aşamada vida yerine “armut” şeklindeki deliklere oturma yöntemini tercih etmek daha doğrudur.

5- Kalıp/takım değiştirme sürecinde zamanın büyük bir kısmı, kalıp makineye takıldıktan sonra yapılan ayar deneme çalışmalarına harcanır. Fakat bu israf kalıbın ilk anda gerektiği gibi yerine oturmasının sağlanmasıyla önlenebilir. Kalıbın bir dokunuşta yerine oturabileceği “kaset” sistemleri ya da makineye eklenecek limit anahtarları sayesinde ayarlama işlemine gerek kalmaz.

6- Kalıpların taşıma işlemi de zaman kaybına yol açan başka bir sebeptir. Bir kalıbı uzak kalıp ambarından kalıbın bağlanacağı makineye taşımak yerine, sık kullanılan takımları tezgâhların yanında depolama seçeneği değerlendirilmelidir.

3.10.3. SMED uygulama adımları

SMED uygulamasının adımları, mevcut ayar durum analizinin daha önceden yapıldığı düşünülürse 3 adımdan oluşur;

1. İç ve dış ayarın birbirinden ayrılması,
2. İç ayarların dış ayara dönüştürülmesi,
3. İç ve dış ayar faaliyetlerinin gözden geçirilmesi ve düzenlenmesi.

Mevcut durum analizi, ayar sürecinde yapılan faaliyetleri gözlemlemeyi içerir. Bu aşamada, tezgâhta ayar yapan işçinin ve işin yapılmasından sorumlu olan kalite kontrol görevlisinin katılımı sağlanmalıdır. Ayar sürecinde çalışan operatörler ile görüşme yaparak yada bu süreci videoya kayıt ederek, yapılan faaliyetler analiz edilebilir. Bu aşamayı doğru bir şekilde uygulamak, SMED yönteminin başarıya ulaşması için kritik önem taşımaktadır.

<u>İç ve dış ayarın birbirinden ayrılması</u>

Bu aşamada makine çalışırken yapılacak işler ile makine çalışmadığında yapılacak işlerin belirlenmesi ve ayrılması gerekmektedir. Birçok şirkette makine çalışırken yapılabilecek işlerin, alışkanlıklardan dolayı makine kapalı olduğunda yapılmaktadır. Bu aşamada, kullanılan takımların hazır edilmesi, sorunlu olanların gözden geçirilmesi ya da ayar yapılacak tezgâha taşınması, tezgâh kapalı olduğunda gerçekleşebilir [48]. En önemli nokta, iç ve dış ayarın birbirinden ayrılabilmesidir ve bunun için aşağıdaki yöntemler kullanılabilir;

Kontrol listelerinin kullanılması: Ayar süresince yapılan işler, kullanılacak aletler, gerekirse çizimler, sorumlu kişiler bu listede belirtilir. Ayar aşamasında yapılanlar tezgâh ve tipe göre değişiyorsa, söz konusu liste tezgâh ve tip bazında olmalıdır. Değişmiyorsa tek bir listeden takip edilebilir.

Fonksiyon kontrollerinin gerçekleşmesi: Kontrol listeleri ayar sürecinde gerekli olan aletlerin hazır bulunduğundan emin olunmasına yardımcı olur. Fakat tek başına işlerin yürümesi için yeterli değildir. Kontrol listelerinde geçen parçaların fonksiyonlarında sorun olup olmadığını tespit etmek amacıyla fonksiyon kontrolleri yapılır. Amaç ayara geçmeden önce aletlerin sorunsuz çalıştığını belirlemek sorunlu ise de ayara geçmeden önce, bu sorunu

gidermeye çalışmaktır. Takımlar yerine yerleşmeden önce, doğru çalıştığından emin olunmalıdır ki ayar sırasında zaman kaybı yaşanmasın.

Kalıp takım taşıma işlemlerinin iyileştirilmesi: Ayar esnasında kalıplar, jigler, ölçüm cihazları vs. elemanlar kalıp takım ambarından makinelerin olduğu yere taşınırlar. Bu taşımalar makineler çalışırken yapılmalıdır. Bunun haricinde işi biten kalıplar takımlar, yeni takımlar tezgâha yerleştirilip makine çalışır duruma gelmeden ambara taşınmamalıdır. Tezgâhta otomasyon varsa taşıma işlemini operatör yapabilir. Aksi durumda taşıma işleminden sorumlu kişinin yapması gerekmektedir.

<u>İç ayarın dış ayara dönüştürülmesi</u>

İç ayarı dış ayara dönüştürmek için, sanki ilk defa ayar yapıyormuş gibi bakmak, her faaliyeti ve bu faaliyetin amacını sorgulamak gerekmektedir. İç ayardaki tüm işlemler gözden geçirilerek, herhangi bir adımın yanlışlıkla iç ayar olarak yapılıp yapılmadığı araştırılır. Sonrasında da iç ayarı dış ayara dönüştürmek için, çözüm yolları aranır. Bu kısımda en çok sorun yaşanan nokta, kişilerin alışkanlıklarıdır [48]. Alışkanlıkları bir tarafa bırakıp, ayar zamanını azaltmak için odaklanılmalıdır. İç ayarı dış ayara çevirmek için kullanılan yardımcı teknikler aşağıdadır;

Hazırlık sürecinin önceden yürütülmesi: Hazırlık sürecini iyileştirmeden ayara başlandığında, özellikle ayar aşamasında gerekli olan aletleri bulmaya çalışırken çok zaman kaybı yaşanmaktadır. Bu noktada 5S tekniğinden yardım alınmaktadır.

Fonksiyonların standartlaştırılması: Bu aşamada farklı tiplerin ayarlarında yapılan faaliyetlerin, mümkün olduğu kadar standart haline gelmesi gerekmektedir. Böylece kalıp takım sökülüp takılırken, fazladan işleme gerek kalmayacak, aynı zamanda da işlem süreleri kısalacaktır.

Aracı jiglerin kullanımı: Başka bir deyişle çok fonksiyonlu jigler olarak adlandırılmıştır. Jig kalıpların merkezlenebilmesi için kullanılan yüzeydir. Jiglerin çok fonksiyonlu olması, birden çok tipe uyum sağlaması anlamına gelmektedir. Bu sayede farklı jiglerin ya da takımların söküp takılmasında kaybedilen zamandan tasarruf sağlanmaktadır.

İç ve dış ayarlarda iyileştirme yapılması

İlk iki aşamada iç ve dış ayarlar birbirinden ayrılmış ve mümkün olduğunca iç ayarlar dış ayara dönüştürülmüştür. Son aşamada, ilk iki aşamada yapılan iyileştirmelere ek olarak, ortaya çıkan son duruma göre yeniden mümkün olan iyileştirmelerin iç ve dış ayar da yapılması gerekmektedir [48]. Bu aşamada uygulanan teknikler;

Paralel operasyonların geliştirilmesi: İşlemlerinin paralel olarak yapılabilirliğinin incelenmesidir. Eğer tek bir kişi yerine iki kişi ile yapıldığında, adam/saat hesabı azalıyorsa bu işlem paralel hale getirilebilir demektir.

Fonksiyonel kelepçelerin kullanılması: Cıvata, vida gibi uzun sürede bağlanan parçaların yerine, daha kullanışlı pratik tek seferde uzun süre gerektirmeyen elemanların kullanılmasının geliştirilmesi gerekmektedir. Armut ya da kelepçe şekilli geçmeli bağlantı elemanları kullanılabilir.

Ayar işlemlerinin kaldırılması: Ayar sürecindeki işlemlerde bazı işlemler birleştirilebilir, hatta ufak tefek dizayn değişiklikleri ile ortadan kaldırılabilir. Bu yöntem ile makinenin durma süresinde büyük kazançlar elde edilecek, ayar sürecinde daha az duracaktır.

Mekanizasyon: Bu sürecin amacı kullanılan mekanik aksamın düzenlenerek, kullanımının kolaylaştırılması ve daha pratik hale getirilmesidir.

Kalıp / takımların hazır durumda tutulması: Tezgâhlara takılacak kalıp takımlar hazır halde bulunması gerekmektedir. Aksi halde ani bir talep değişikliğinde yapılacak olan ayar sürecinde, kalıplar bağlandıktan sonra büyük sorunlar oluşabilir, takımı düzeltmek için yapılan tamir çalışmaları, makinenin beklenenden daha uzun süreli durmasına sebep olur.

Renklerin kullanılması: Ayar sürecinde yapılan işlerde kullanılan aletlerin aranması ile kaybedilen zaman, görsel yöntemlerin özellikle de renklerin kullanımı ile kazanılabilmektedir. Kalıplara ve kalıpların üzerine bağlanacak elemanlara kolay ulaşım için, bu parçaların belirlenen renklerde boyanması uygun olacaktır.

3.10.4. SMED'in faydaları

SMED tekniği ile sağlanan faydalar aşağıda belirtilmiştir;

Esneklik: SMED'in ana amacı, Tip değişikliği ayar zamanını azaltmaktır. Bu kayıp azaldığı sürece, tipten tipe geçişler kolaylıkla yapılabilecektir. Uzun süre tek tip üretiminin yerini çeşitli tipler alacağı için, esneklik sağlanmış olacaktır.

Kalite: Tip değişikliği ayarı sırasında ve sonrasındaki başlangıç üretiminde oluşan hurdalar azalır.

Hızlı teslimat ve müşteri memnuniyet: Lot miktarları düşerken aynı zamanda çevirim zamanları da düştüğü için, müşteriye daha hızlı ürün gönderebilme yeteneği kazanılmaktadır. Bu sayede müşteri memnuniyeti artmaktadır.

Üretkenlikte artış: Tip değişikliği için kaybedilen zamanın azalması ile beraber, tezgâhların daha az durması ve sonucunda da üretimin daha verimli olması sağlanır.

Stok maliyetleri: SMED tekniği ile beraber uzun ayar zamanlarının önüne geçildiği için, artık büyük kafile üretimlerine gerek kalmamıştır. Bu sayede, bir ürünü fazla üretip stoklamanın da önüne geçilmiş olmaktadır. Bu durumda stok maliyetleri de azalmaktadır.

Alanların verimli kullanılması: Ayar faaliyetlerindeki hareketlerin ve stokların azalması ile işyerine yeni yerler kazandırılmaktadır. 5S faaliyeti de bu faydada büyük rol oynamaktadır.

İş güvenliği: Yalın üretimin ve SMED in ortak amaçları israfları ortadan kaldırmaktır. 7 israf olarak daha önceki bölümlerde geçen israf maddelerinden biride, gereksiz hareket etmektir. SMED tekniği uyguladığı basit yöntemler ile ayar esnasında işgücünün gereksiz hareketleri de azaltmaya çalışmaktadır. Hem daha az işgücü gerektiren hemde daha güvenli hareketler ile iş kazası riski azalmaktadır.

Karlılık: İsrafı önlemek için küçük yatırımlar ile yapılan iyileştirmeler düşünülerek, kara geçmeyi sağlamıştır.

Çalışanların gelişimi: Çalışanlar hem bilgi ve tecrübelerini geliştirmekte, hemde yaratıcılıklarının kullanarak kendilerini ifade etme imkânı bulmaktadırlar. Çalışanların kendine güvenme duygusu gelişmektedir.

Rekabet gücündeki artış: Yukarıda belirtilen tüm faydaların sonucuna bakıldığında, diğer firmalar ile olan rekabette öne geçilmektedir.

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür incelendiğinde, yalın üretim konusu üzerine yazılmış çok fazla makale, tez ve yayın vardır. Bu yayınlarda dikkat çeken en önemli durum, yalın üretim tekniklerinin genellikle birbirine yakın üretim sistemlerinde, daha rahat uygulanabildiğidir. Bu üretim sistemleri, talebin çok yüksek olduğu ve talebin düzenli olarak geldiği, ürün çeşitliliğinin çok değişkenlik göstermediği sistemlerdir. Önceki bölümlerde incelenen yalın üretim tekniklerinin yapısı ile yukarıda bahsedilen üretim sistemlerinin yapısı genellikle bağdaşmaktadır. Örneğin KANBAN tekniğinin siparişe göre üretim yapılan bir üretim yapısı için rahatlıkla uygulanabileceği söylemek çok güçtür.

Bu tez çalışmasında, yalın üretim teknikleri ve SMED tekniği üzerine bir uygulama yapılacağı için literatür taramasında ağırlıklı olarak SMED tekniği üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir.

McIntosh ve arkadaşlarının 2007 de yaptıkları çalışmada, iyileştirme yöntemlerinin ne olduğuna bakılmaksızın hangi yöntemin daha iyi olduğunu değerlendirmek için 2 temel mekanizma kullanılmaktadır. Birinci mekanizma, ayar sürecindeki faaliyetler aynı kalmakla beraber, sadece uygulanacakları zamanları ve kaynaklar değiştirilerek bir iyileştirme çalışması yapılıyor. İkinci mekanizma, ayar süresince gerçekleştirilen görevlerde, süreyi azaltacak yapısal iyileştirmeler aramaktır. Bu farklı iki mekanizma da, Shingo'nun çalışmaları yeniden yorumlanarak ileri sürülmüştür. Yapılan çalışmanın sonucunda, birinci mekanizmanın önceleri çok uygun görünmesine rağmen, günümüzde ikinci mekanizma olan yapısal iyileştirmelerin yaygınlık kazandığı tespit edilmiştir [48].

TRIZ problem çözme tekniği ile SMED tekniği çok farklı iki teknik olmasına rağmen, Kumerasan ve Saman'ın 2011 yılında bu iki tekniği bütünleştirerek SMED çalışması uygulamışlardır. Bu çalışma Intel şirketindeki test cihazlarının montaj hattında yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı, genel olarak ayar sürecinde yapılan iyileştirmeler ile ayar zamanlarını azaltmaktır. Mevcut ayar sürecinde standart olmayan ve optimize olmayan uygulamalar ile karşılaşıldığında, TRIZ problem çözme tekniği kullanılarak SMED uygulamasına entegre edilmiştir. TRIZ teknikleri ayar zamanlarını elimine etmek, yer değiştirmek ya da azaltmak için yardımcı olmuştur. Çözüm için çoğunlukla donanımı yeniden tasarlama ve yapılan

işlerin basitleştirme uygulamaları üzerinde durulmuştur. Ayar zamanının iyileştirilmesi ve tezgâhtaki duruşun azaltılması ile sermaye ve maliyet tasarrufu sağlanmıştır. Diğer maddi olmayan gelişmeler ile de, verimlilik açısından iyileştirme sağlanmıştır. Bu iki tekniğin entegre edilmesi ile ayar zamanı 240 dakikadan 32 dakikaya kadar inmiştir [49].

Çakmakçı 2009 yılında SMED ile takım arasındaki ilişkiyi araştırmak için, MATLAB yazılımı da kullanarak süreç yeterlilik analizi uygulamıştır. Otomobil üretiminde SMED metodolojisi uygulanarak, takım tasarımında nicel bir ölçüm elde etmek için, Cpk endeksi kullanılmıştır. Araştırmanın sonucunda, SMED sadece üretimi iyileştirme için uygun bir yöntem değil, aynı zamanda kalıp/takım tasarımı geliştirme içinde uygun bir yöntemdir [50].

Kusar ve Berlec 2010 yılında, üst yönetimin verdiği karar doğrultusunda CNC (enjeksiyon kalıplama tezgâhı) tezgâhında SMED tekniğini uygulamışlardır. Bu çalışmanın sonucunda, ayar zamanlarında hedeflenen %50'lik azalma sağlanmıştır.

Ulutaş, buzdolapları için paketleme operasyonunda kullanılan straforların üretimini yapan bir fabrikada, 5 metrelik büyük pres tezgâhlarında, 2011 yılında SMED tekniğini uygulamıştır. Ulutaş bu çalışmasında, işçilerin sağlığı ve güvenliğini de düşünerek, ayar sırasındaki bazı işlerin birlikte, aynı anda ve yalnız olarak yapılabileceği üzerinde durmuştur [51].

Deros ve arkadaşları 2011 yılında, pil montaj hattında yaptığı SMED çalışması ile hem ayar zamanlarını hemde üretim maliyetlerini azaltmayı hedeflemiştir. Ayar zamanlarını montaj hattında iki makineden birincisinde 52 dakikadan 24 dakikaya, ikinci makinede de 36 dakikadan 19 dakikaya indirmeyi başarmıştır. Toplam bir hattaki tasarruf düşünüldüğünde, tahmini olarak 168.000 RM dir [52].

Kumar ve Abuthakeer 2012 yılında, otomotiv yan sanayide büyük preslerde SMED tekniğini uygulamışlardır. İki aşamalı yapılan SMED çalışmasında, ayar zamanı ilk önce 40 dakikadan 18 dakikaya, ikincisinde 18 dakikadan 12 dakikaya kadar indirilmiştir. Ayar zamanı 28 dakika azaltılmıştır. Çalışmanın sonucunda, üretim zamanları da arttığı için üretim miktarı 3 vardiya düşünüldüğünde 92.200 adetten 98.080 adet olarak 5.880 adet artmıştır [47].

Geleneksel SMED yaklaşımı, bir operatör ve bir makine üzerine kuruludur. Çoğu endüstriyel sistemde, birden çok operatör birden çok tezgâha bakmaktadır. Geleneksel SMED yaklaşımı bu tarz bir işleyiş için uygun olmayabilir. Bu yüzden bu gibi durumlar için 2008 yılında çoklu makinede ayar zamanı yaklaşımı, Dirk Van Goubergen tarafından geliştirilmiştir. Gıda sektöründe faaliyet gösteren bir firmada uygulanmış ve değerlendirilmiştir [53].

Trovinger ve Bohn 2005 yılında SMED uygulamasını yüksek hızlı baskılı devre kartı montaj hatlarında uygulamıştır. SMED genellikle süreç basitleştirmede kullanırken bu çalışmada kablosuz terminaller, barkodlar ve ilişkisel veri tabanları gibi modern bilgi teknolojileri araçları içinde uygulama yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda, %80 oranında ayar zamanlarında azalma ve yılda yaklaşık $1,5 milyon kar elde edilmiştir[54].

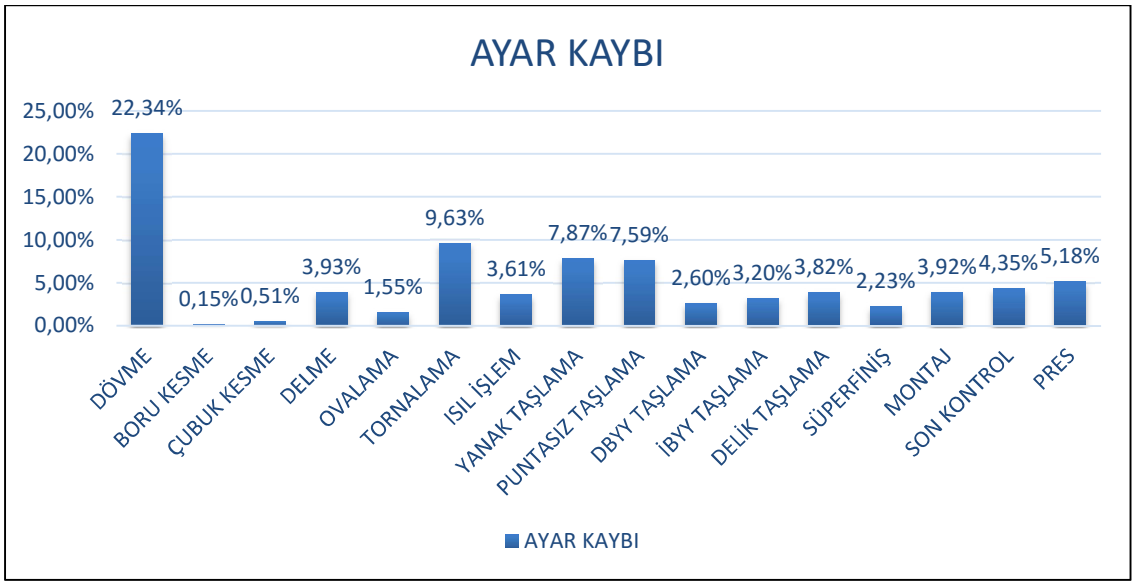
Salonitis ve Ferradas'ın çalışmasında, otomotiv tedarikçileri için geliştirilmiş özel bir yöntem sunulmuştur. Önerilen yöntem dört ay boyunca endüstriyel kaynak makinesinde uygulanmış ve geçerliliği kabul edilmiştir. Özel tasarlanmış bu SMED yöntemi için uygun bir strateji tanımı ve hazırlık faaliyetleri anahtar bir rol üstlenmektedir. Ayrıca projenin hedefi, zaman planının tanımlanması, uygun ekibin ve koordinatörün seçimi, ekip üyelerine verilen görevlerin ve sorumlulukların üyelerin özellikleri dikkate alınarak verilmesi ve özel tasarlanmış yöntem hakkında ayarcıları ve işçilere eğitim verilmesi, uygulamanın başarısı için kilit süreçlerdir. Uygulama sonucunda, %33 oranında ayar zamanlarında azalma sağlanmıştır [55].

Çok sayıda başarılı SMED uygulamasına rağmen, bazı uygulamalarda başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Bunun en önemli nedeni, SMED tekniğinin katı uygulamalarına takılmaktır. Her sektörde hatta her tezgâhta, o tezgâha ait özel bir durumdan kaynaklı olarak ayar zamanını azaltmak için farklı bir SMED baz alınarak, farklı bir yöntem tasarlanabilir. Geleneksel SMED tekniği o tezgâh için en iyi, en verimli yöntem olmayabilir. Çalışma başarısızlıkla sonuçlanacağına, özel tasarlanmış yöntemler kullanılarak ayar zamanları düşürülebilir.

5. YALIN ÜRETİM UYGULAMASI

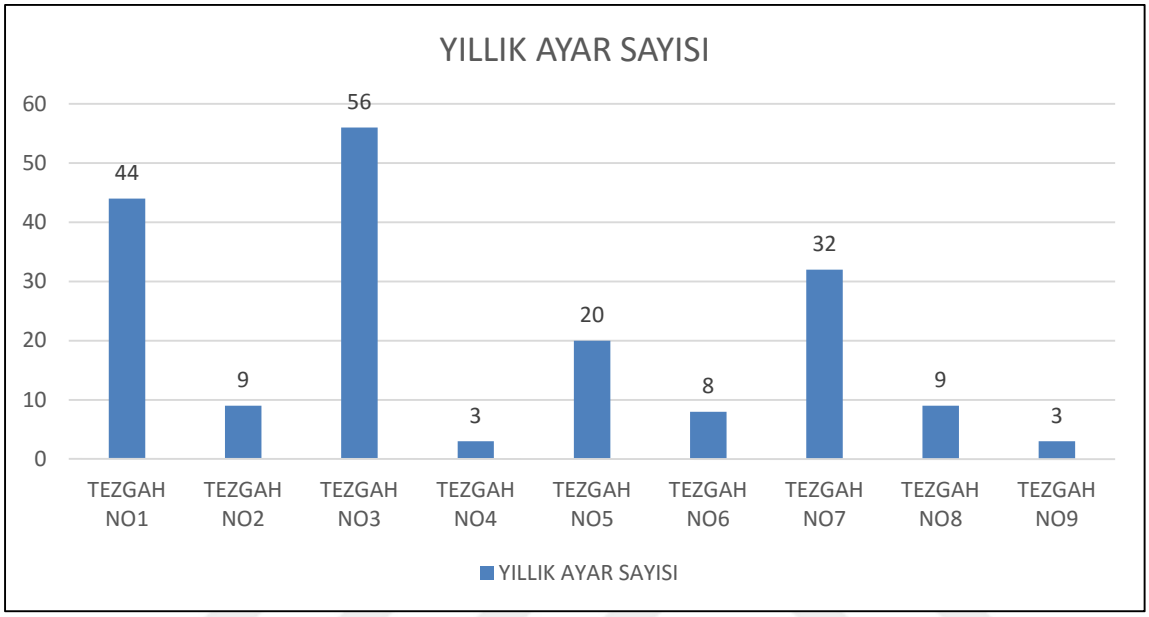
Yalın üretim tekniklerinden SMED tekniğinin uygulaması, Ankara Polatlı ilçesinde rulman imalatı yapan bir fabrikada yapılmıştır. Otomotiv sektöründen beyaz eşya sektörüne kadar, birçok firmanın tedarikçisi konumunda olan fabrika, ürettiği ürünlerin yaklaşık %70'lik kısmını çoğunluğu Avrupa olmak üzere dünyanın birçok bölgesine ihraç etmektedir. 1982 yılında kurulan firmada, hammaddeden-sevkiyata kadar ürünün gerçekleşmesi için gereken tüm süreçler fabrikada işlenmektedir.

Fabrikada yalın üretim kapsamında, tip değişikliği ayar zamanlarında yaşanan kayıpları önlemek adına, SMED çalışması yapılmasına karar verilmiştir. Bu karar sonrasında, uygulama için operasyon ve tezgâhlardaki ayar kayıp oranları hesaplanmıştır. Şekil 5.1. incelendiğinde, dövme tezgâhlarındaki ayar zamanlarının %22,34 ile en fazla olduğu tespit edilmektedir. Tezgâhın teknolojisi gereği, bu tezgâh yatırımı düşünülürken bu ayar kaybı göz önünde bulundurulmuş ve kabul edilmiştir. Bu sebep ile ayar kaybı sıralamasında ikinci sıradaki tornalama operasyonuna ait bir tezgâhta, SMED çalışması yapılmasına karar verilmiştir. Bu kararın alınmasındaki en büyük sebeplerden ikincisi de, ayar zamanlarının çok uzun sürmesidir.



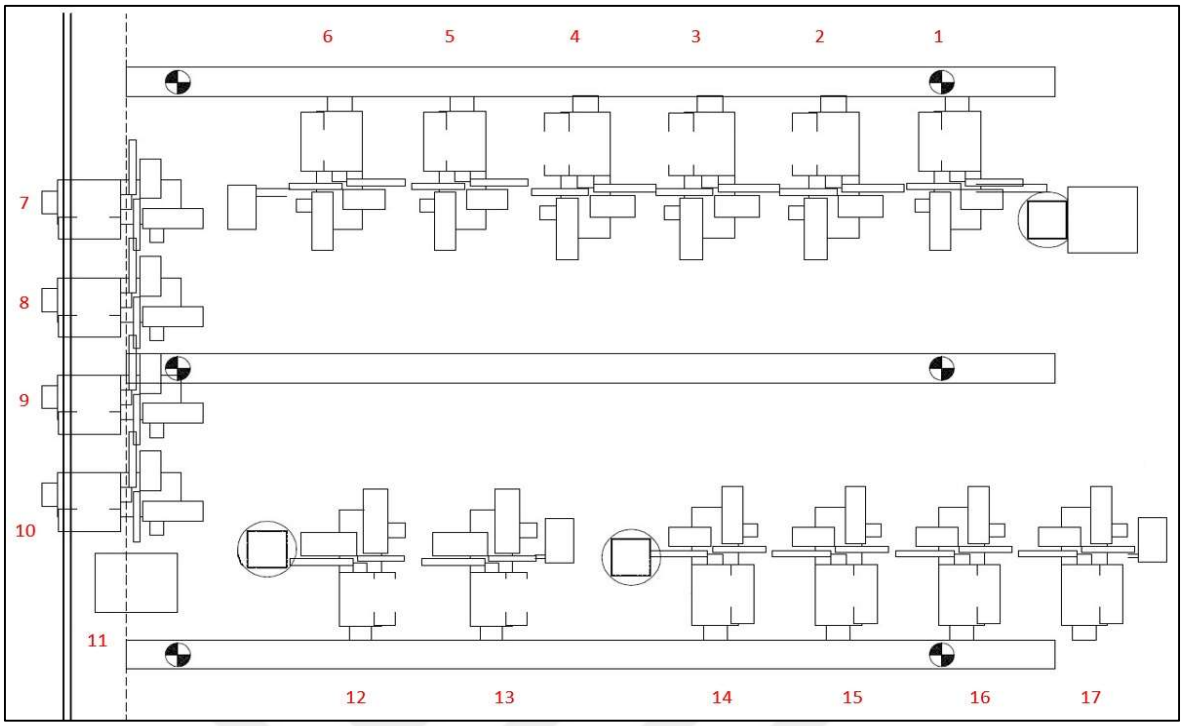
Şekil 5.1. Operasyon bazında tezgâh ayar kaybı oranları

Trepan tornalama tezgâhlarında ayar zamanları 1,5-2 vardiya sürmektedir. Toplam 9 adet trepan tornalama hattı vardır. Bu hatların yıllık ayar adetleri Şekil 5.2'de verilmiştir. En fazla ayar yapılan tezgâh (56 adet) 3 numaralı trepan tezgâhıdır. SMED çalışması 3 numaralı trepan tornalama tezgâhında yapılmasına karar verilmiştir.



Şekil 5.2. Trepan tezgâhlarının yıllık ayar sayısı adedi

Şekil 5.3'de yerleşim planı verilen 3 numaralı trepan tornalama hattı 17 adet tezgâhtan oluşan bir hattır. Bu 17 adet tezgâhtan, sadece bir tanesi ara ürünü birbirinden ayırmak için kullanılan presleme tezgâhıdır. Diğer 16 tezgâh, yapısal olarak çok farklılıkları olmayan torna tezgâhlarıdır. İlk 6 tezgâh birbirine çok benzer torna tezgâhlarıdır. 6 tezgâhın sonunda çıkan ara ürün için start verilmesi gerekmektedir. Bu ara ürüne start verilirse, bu ilk 6 tezgâh üretim yapabilir ve sonraki tezgâhlar için ara stok oluşturabilmektedir. Sonrasındaki 2x2 tezgâh aynı tornalama işlemini yapan tezgâhlardır. Hat dengeleme amacıyla, bu hattın arasına konulmuştur. Bu tezgâhların sonunda, donut malzemeyi iç ve dış bileziğe ayıran bir pres tezgâhı bulunmaktadır. Pres tezgâhı yapısal olarak, torna tezgâhlarından farklıdır. Bu noktadan sonra, iç bilezik için 2 tezgâh, dış bilezik için 4 tezgâh vardır. İç bilezik için ayrı bir start, dış bilezik için ayrı start verilmesi gerekmektedir. Bu tezgâhlardaki ayarların bitiminde, bilezik istenilen ölçüye getirilince tüm hatta start verilmiş olur ve imalat seri üretim şeklinde devam edebilir.



Şekil 5.3. 3 numaralı trepan hattı yerleşim planı

5.1. SMED Ekibinin Oluşturulması

SMED uygulaması için kurulacak olan ekip, imalat, mühendislik kalıp takım (dizayn-imalat), kalite güvence, bakım tesis ve üretim planlama bölümünden sorumlulardan oluşturulmuştur. Aşağıda, ekibin yapısı gösteren Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. SMED ekibi

EKİP İÇİNDEKİ GÖREVİ	FABRİKADAKİ GÖREVİ
EKİP LİDERİ	ÜRETİM PLANLAMA ŞEFİ
EKİP ÜYESİ	DÖVME TORNA İMALAT ŞEFİ
EKİP ÜYESİ	BAKIM TESİS ŞEFİ
EKİP ÜYESİ	KALİTE GÜVENCE ŞEFİ
EKİP ÜYESİ	KALIP TAKIM İMALAT ŞEFİ
EKİP ÜYESİ	TORNA TAKIM DİZAYN ŞEFİ

5.2. SMED Uygulamasının Yapılması

SMED uygulamasının yapılacağı tezgâh belirlendikten sonra, bu tezgâhtan sorumlu olan ilgili bölümlerin yetkililerinden oluşan bir ekip kuruldu. Ekibin kurulmasından sonra, düzenlenen SMED toplantıları ile değerlendirmeler yapılmıştır.

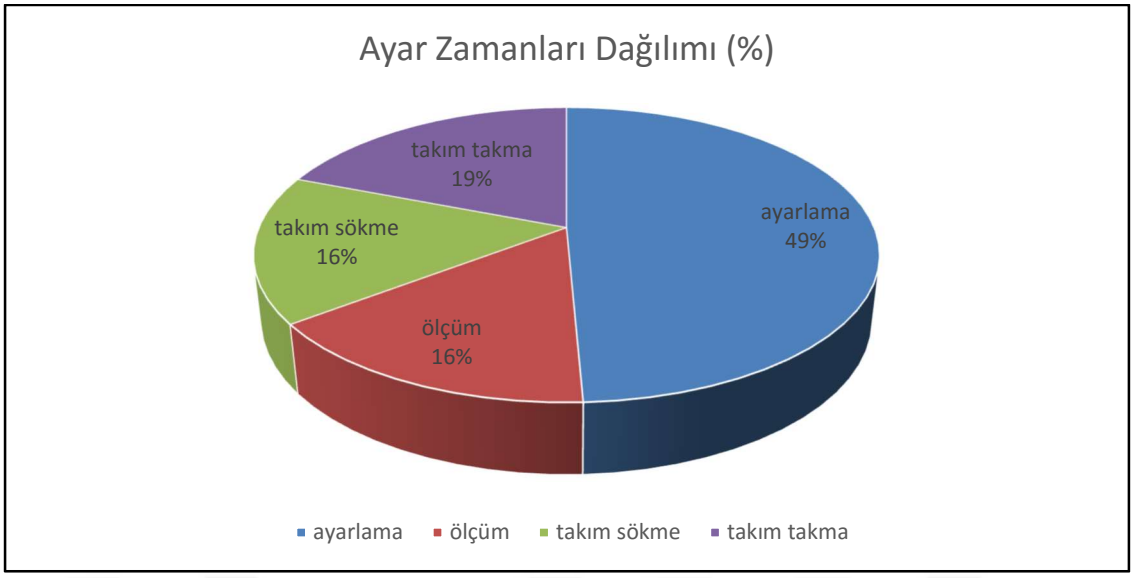
SMED tekniğinin dört aşamadan oluştuğunu ve ilk aşamanın mevcut durum ayar analizi olduğu, önceki bölümlerde belirtilmişti.

5.2.1. Tip değişikliği ayar analizi

SMED uygulamasını için ilk aşama, ayar zamanının analizi aşamasıdır. Bu çok önemli bir süreç olup, analizin yanlış yapılması neticesinde, çıkan sonuçlarında yanlış/yanıltıcı olma riski doğmaktadır. Ayar analizi aşamasında yapılan iyileştirmelerin, daha yaygın olarak kullanılabilmesi ve firma için daha faydalı olabilmesi için bu tezgâhta üretimi sıklıkla yapılan bir tip belirlendi. Bu tipin tezgâhta ne zaman üretime başlayacağı, üretim planlama şefi tarafından ekibe iletildi. Bu tipten önceki tipin imalatının sonlanması ile yapılan tüm faaliyetler kayıt altına alındı ve bu kayıt işlemi, tipin startının verilmesine kadar sürmektedir. Bu noktada özellikle takım, imalat ve kalite tezgâh başı operatörleriyle de görüşmeler sonucunda yapılan işler tanımlandı. Bu analizin sonucunda;

1. Hangi işlemlerin yapıldığı,
2. Yapılan bu işlemlerde nasıl bir sıra izlenildiği,
3. Yapılan işlemleri kimlerin yaptığı belirlenmiştir.

Operatörler ile yapılan görüşmeler sonucunda, yapılan ayar işlemi için, işlemleri sıralayan ayar analizi çalışması tamamlanmıştır. Bu çalışma sonucunda, ayarda yapılan toplam işlemlerin süresi 1418 dakika olarak tespit edilmiştir. Fakat bu sürede, iki ayarcı operatör görev almaktadır. Yapılan işlerin 2 ayarcı tarafından görev dağılımı da düşünüldüğünde, tezgâhın ayar zamanı 749 dakika sürmüştür. Yani, tezgâh bir tipten diğer tipe, 2 ayarcı tarafından işlemlerin yürütülmesi sonucunda 749 dakika sonra geçebilmiştir. Şekil 5.4'de ayar analizinde yapılan çalışmaların gruplandırılması yapılmıştır.



Şekil 5.4. Ayarda yapılan faaliyetlerin gruplandırılması ve oranı

5.2.2. İç ve dış ayarın birbirinden ayrılması

Ayar analizi ile ayar esnasında yapılan işler listelenmiştir. SMED tekniğinin ikinci aşamasında, bu belirlenen işleri, iç ve dış ayar olarak tanımlamak gerekmektedir. Bu tanımlamayı yaparken en önemli kriter, tezgâh çalışıyorken yapabileceğimiz ayar faaliyetlerini çıkarmaktır. Bunlar dış ayarlardır. Ayar yapmak için tezgâhtaki imalatı durdurmamız gerekiyor ise bunlarda iç ayarlardır.

Tezgâhları birbirine bağlayan ve parçanın tezgâhlar arasında yürümesini sağlayan yollukların ayarı ve parçanın ölçüm ayarları haricindeki tüm ayar aşamaları için, tezgâh durdurulmaktadır. Dolayısıyla ayar zamanının %19'luk kısmı dış ayar faaliyetlerine, kalan %81'lik kısım da, iç ayar faaliyetleri olarak tanımlanmıştır.

5.2.3. İç ayar faaliyetlerinin dış ayara dönüştürülmesi

İç ayar ve dış ayar işlemleri tanımladıktan ve ayrımı yaptıktan sonraki aşama, iç ayar aktivitelerinden bazılarını tezgâh çalışırken yaparak, yani dış ayara çevirerek ayar zamanından kazanmaya çalışmaktır.

Takımların takımhaneden talep edilmesi

Öncelikle takımların takımhaneden talep edilmesi, hazırlanması, tezgâh başına getirilmesi, yaklaşık 10 dakika kadar sürmektedir. Bu süre içinde, tezgâh ayara daha başlamamış ve durmaktadır. Bu sürenin kazanılması için, bir önceki üretim devam ederken, tezgâh operatörü ayarcı operatöre tezgâhın ayara gireceğini haber verecek ve ayarcı operatör takımhaneden, tezgâhın takımlarını hazır etmesini isteyecek ve tezgâh ayara geçtiğinde takımhaneye gidip, takımların hazır olması beklenmeyecektir. Bu konuda operatör ve ayarcı operatörlere eğitim verilmiştir.

Takımların tezgah başında işlenerek parça ölçüsüne getirilmesi

Haftalık yapılan değerlendirme toplantılarında, ayar faaliyetlerinden 291 dakika ile önemli bir zaman kaybı olan, alın dayama ve çene (pens) takımlarının tezgâh başında tornalama yapılarak, ayar yapılan parça ölçüsüne getirme işleminin aslında, bir dış ayar olduğu bu işlem için tezgâhı kapatmanın gerekmediği konusunda fikir birliğine varılmıştır.

Aslında yapılan işi özetleyecek olursak, ayar yapılan tipin takımlarını tezgâha taktıktan sonra, bu takımlar tekrar işlenerek ölçüye getirilmektedir. İmalatçı ile takımları tekrar işlemelerinin sebepleri görüşüldü. Bu görüşmelerin sonucunda, takımlardaki yüksek toleransın parçada dairesellik yarattığı bu sorunu gidermek için üretim yapılması gereken tezgâhta, ayar yapılacak olan parçanın takımlarının ölçüye getirildiği ve bu sebep ile zaman kaybedildiği tespit edildi.



Resim 5.1. Tezgâh takımları

Kalıp takım, takım dizayn ve imalat sorumlularıyla yapılan toplantılarda, yüksek toleransın nasıl giderileceğine çözüm aranmıştır. Daireselliğe sebep olan yüksek toleransın, takımların tornalama işleminden kaynaklandığı tespit edildi. Bu toleransları azaltmak için takımlara tornalama işleminin haricinde taşlama işleminin de yapılması gerektiği, bu sayede toleransların daralacağı öngörülmüştür. Takım Dizayn şefi tarafından, takımların taşlama resimleri hazırlandı. Takımların birbirine dokunduğu yüzeyler taşlanarak takım imalatı yapıldı. Taşlama işlemi sayesinde toleranslar azaltılmıştır. Taşlama imalatı yapılan takımları tezgâha taktığımızda tekrar takımları işlemeye gerek olmadığı görülmüştür.

Tezgah başında trepan kalem uçların bilenmesi

Bu uygulamanın dışında, ayar esnasında trepan tezgâhlarından önce, yani 7 numaralı tezgâhtan önce, kalem uçları bileme işlemi yapılmaktadır. Amaç, verilmiş kalem uçlarını bileyerek parça ölçüsüne getirmektir. 7 - 11 numaralı 4 tezgâh içinde bu işlem yapılıyor ve yaklaşık 19 dakika sürüyordu. Aşağıda Resim 5.2'de bilemeden önceki kalem uç ve bilendikten sonraki kalem uç görselleri verilmiştir.



Resim 5.2. Kalem ucun bilemeden önceki ve bilemeden sonraki görseli

Uç bileme işlemi Resim 5.5'de gösterilmiştir. Bileme işlemi ayarcının tecrübeli olmasıyla orantılıdır. Ayarcı tek denemede uçları istenen ölçüye getirebilir, ya da bilemenin ölçüsünü kaçırıp uçları kullanılamaz hale getirebilir. Uç bileme işlemi incelendiğinde, bu işlem için tezgâhı durdurmaya gerek olmadığı görülmüştür. İç ayar olarak yapılan bu işlem, aslında dış ayardır.

Çözüm için tezgâh başı bilemenin iptal edilmesi, tezgâh ayara girmeden önce bu uçların bilenmesi düşünülmüştür. Kalıp takım atölyesi sorumlularıyla yapılan görüşmeler sonucunda, tip takımları gibi uçların, tipe özel bilenerek takımhaneye verilmesi ve tip takımları alınırken bu bilenmiş trepan uçlarının da alınması kararlaştırılmıştır. Bu sırada uçların, yurtdışındaki bir firmadan alınması projesi gündeme gelmiştir. Başka bir ifadeyle daha önce fiyat konusunda askıya alınan bu proje, firmanın istenen fiyat seviyelerine gelmesi ile beraber tekrar gündeme gelmiştir. Yapılan görüşmeler sonucunda, fiyat seviyesinde anlaşıldı ve 100 adet deneme üretimi için uç gönderildi. Uçlarla üretim yapıldığında, hem ömür açısından, hem de fiyat açısından uygun olduğu görülmüştür.



Resim 5.3. Yurtdışından alınan uçlar ile firmada bilenen uçların görselleri

Sonuç olarak, kalem uçların yurtdışındaki firmadan getirilmesinin kazanç oranı, Çizelge 5.2'de verilmiştir.

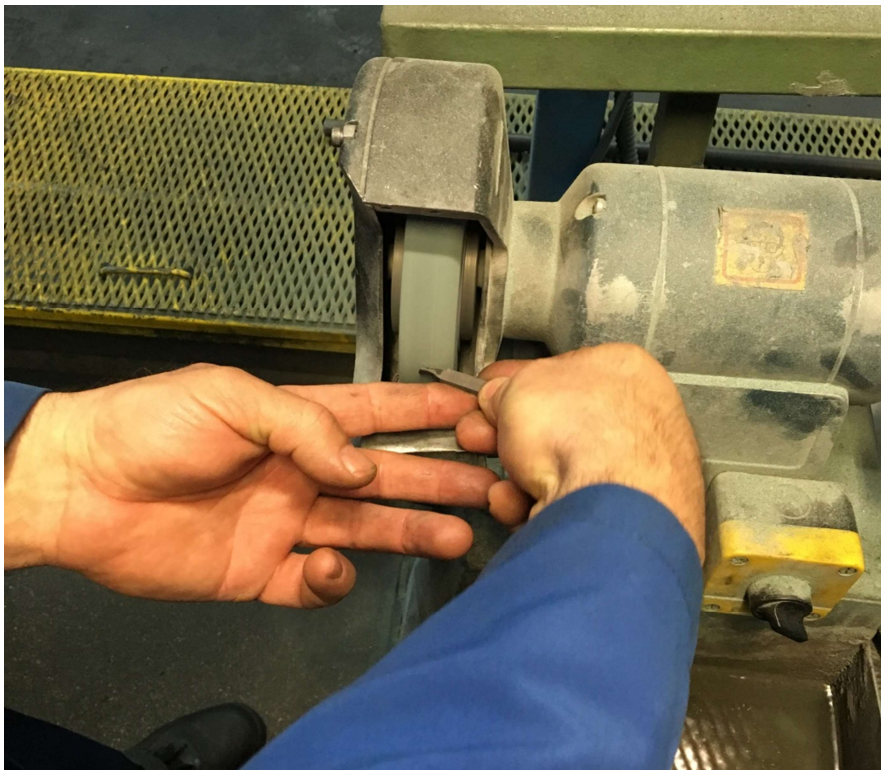
Çizelge 5.2. Uçların maliyet ömür karşılaştırması

	MALİYET	ÖMÜR
YURTDIŞINDAN HAZIR GELEN UÇLAR	%32 daha az maliyetli	%300 daha uzun ömür
FİRMADA BİLENEN UÇLAR		

Yurt dışından alınan uçların tezgâhta kullanılması için, yeni katerler tasarlanmış olup, tasarlanan katerler Resim 5.4'de gösterilmiştir.



Resim 5.4. Eski ve yeni katerler



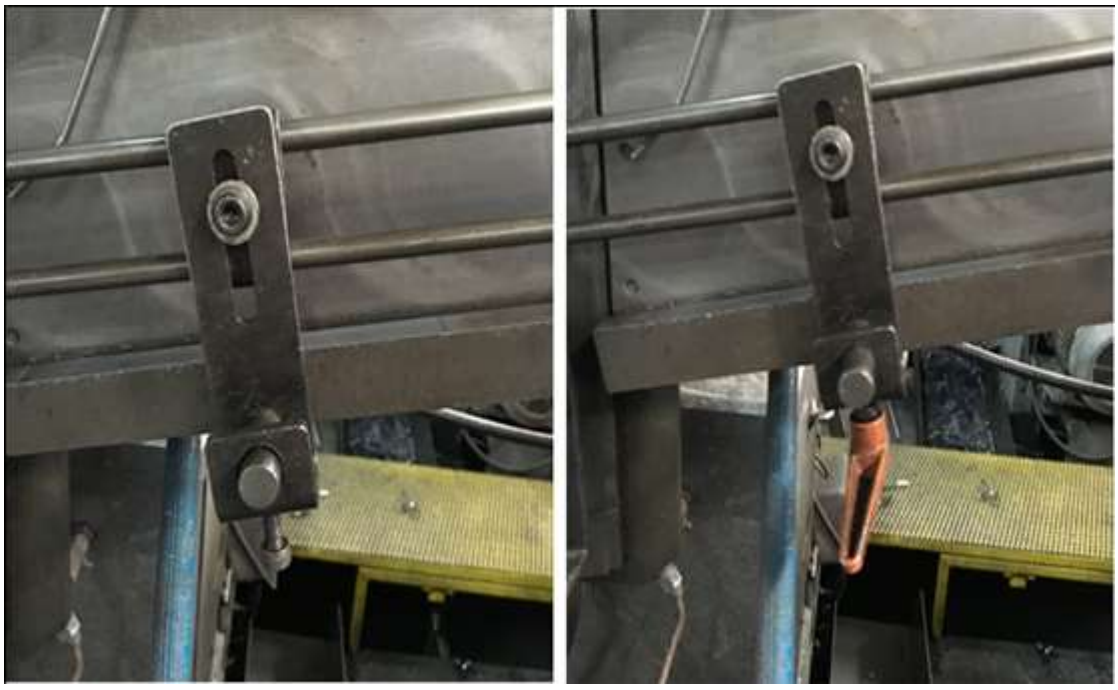
Resim 5.5. Trepan ucu bileme

5.2.4. Tüm ayar faaliyetlerin incelenerek iyileştirilmesi

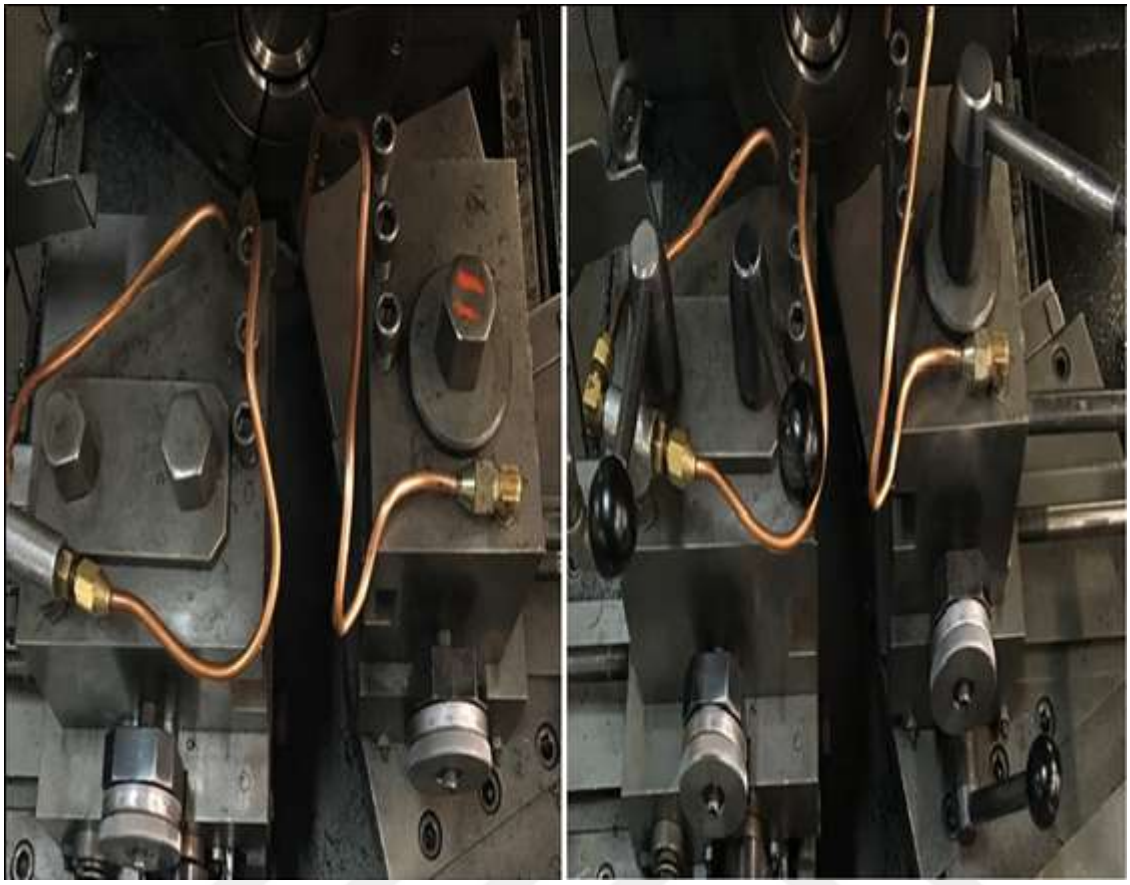
Son aşamada, ayar esnasında yapılan tüm işlemler incelenip, iyileştirme imkânı olup olmadığı araştırılmaktadır.

Takım sökme takmayı kolaylaştırıcı aparatlar

SMED uygulamasının yapıldığı hatta 17 tezgâh olduğu daha önce belirtilmiştir. Bu 17 tezgâh için, yolluklarla beraber toplam 527 adet cıvata sayılmıştır. Tezgâh başına ortalama olarak bir hesap yapılırsa, yaklaşık olarak 30 adet cıvata sökme-takma işlemi yapılmaktadır. Bu sıkma-gevşetme işlemlerinde, tornavida ya da alyan kullanılmaktadır. Bu sökme-takma işlemlerini kolaylaştıracak yöntemler bulunmaya çalışılmıştır. Yolluklar için ayarlamayı kolaylaştırıcı Resim 5.6'da gösterildiği gibi aparatlar sipariş edilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Bunun dışında, tezgâh üzerinde cıvata ve somun takma sökmelerde, anahtar kullanımını en aza indirecek Resim 5.7'de gösterildiği aparatlar sipariş edilmiş ve kullanılmıştır. Böylelikle bu aparatların kullanımı ile takımların sökülme ve takılma faaliyetlerinde 28 dakika kazanılmıştır.



Resim 5.6. Yolluklar için eski yeni aparat görselleri



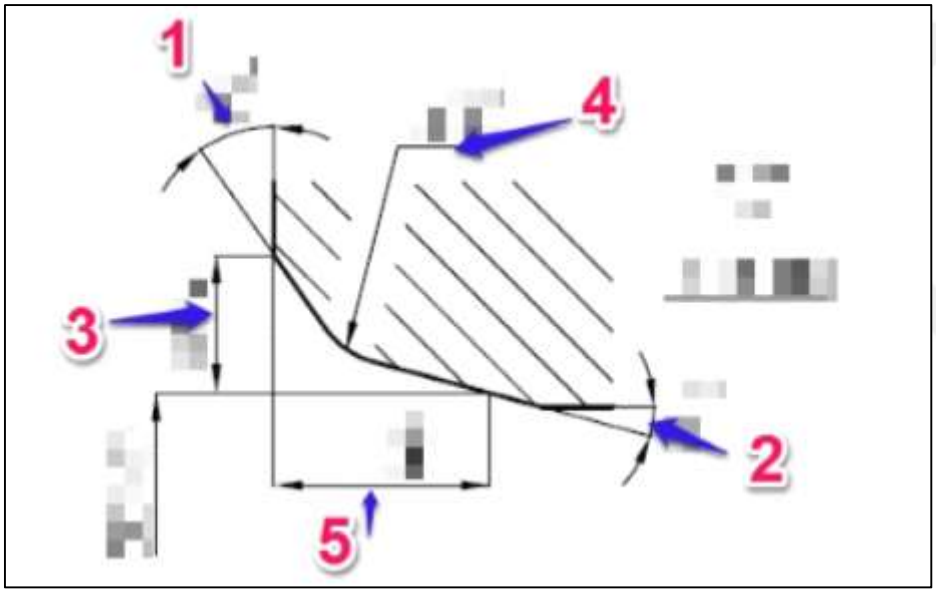
Resim 5.7. Ayarlama için eski yeni aparat görselleri

Ölçme

Mevcut durum ayar analizi yapıldığında, en yüksek kayıplardan birinin de, parçaların ölçülmesinde kaybedildiği görülmektedir. Ölçme işleminin neden bu kadar uzun sürdüğü daha doğrusu bu kadar uzun sürmesi gerekip gerekmediği incelendiğinde, ölçüm odasında parçaların çok fazla zaman kaybettiği fark edilmiştir. Bu zaman kaybının bazı durumlarda, bir vardiyayı bulması söz konusudur. Bu sorun ile ilgili olarak Kalite Güvence Müdürlüğü ile toplantılar yapılmış ve çözüm yolu aranmıştır. Ölçme odasının neredeyse Fabrika 3 deki tüm operasyonlara hizmet vermesinden dolayı ve trepan hatlarına uzak oluşundan dolayı zaman kaybının yaşandığı tespit edilmiştir. Bu durumu çözmek için trepan hatlarının bulunduğu atölyeye sadece torna hatlarına bakması için 1 adet Mahr Surf cihazının taşınmasına 1 adet Mahr Surf cihazının da alınmasına karar verilmiştir.

Bu işlemlerin sonucunda, hem ölçüm odasında meydana gelen beklemeler olmadığı için hemde gidiş-gelişlerde geçen zaman kısaldığı için ölçüm zamanında meydana gelen kayıplar azalmıştır. Ölçüm için kaybedilen zaman, 182 dakikadan 42 dakikaya inmiştir.

Bunun dışında, ölçüm odasında ki zaman kaybını azaltan başka bir faktörde, ölçüm odasında ölçülen bir parametreyi, tezgâh başında ölçmek için bir ölçü aletinin tasarlanması ve hazırlanmasıdır. SMED öncesinde, ölçüm odasında 5 parametre ölçülmektedir. Bunlardan 2 tanesi yanak ve çap açısı ölçümü, 1 tanesi köşe radyüsü, 2 tanesi de yanak ve çap mesafe ölçümüdür. Şekil 5.5'de ölçüm odasında ölçülen kısımlar gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Ölçüm parametreleri

5.parametrenin ölçülebilmesi için tezgâh başı ölçü aleti geliştirilmiştir. Resim 5.7'de bu ölçüm aleti gösterilmiştir. Bu ölçüm aleti, tezgâh başında pah mesafesini ölçmek için kullanılmaktadır ve bu parametrede ile ilgili olarak bileziklerin ölçüm odasında fazladan ölçülmesi engellemiştir. Yanak pahı mesafesi içinde bir ölçü aleti geliştirilme aşaması devam etmektedir. Bu geliştirme bittiğinde ölçüm odası sadece 3 form parametresinin ölçülmesi için gidilecektir.



Resim 5.7. Pah mesafesi ölçme aleti

Tezgâh başı ölçme aletlerinde kullanılan saatlerde, kurs boyu ve çözünürlük aralıkları çok düşük olduğundan, bu değerlerinde üzerindeki en ve çap ölçümlerinde sorun yaşanmaktadır. Bu sorunun çözümü için start esnasında en ve çap ölçümü için turlu saat takılıp ölçüm yapıldıktan sonra sökülüp, kontrol planında olması gereken saat takılacaktır. Bu konuda operatörlere eğitim verilmiştir.

Pens sisteminde kullanılan OK aşındığında, ölçüsü değiştiği için üzerine takılan diğer alın dayama ve pens takımlarının da olması gereken ölçüleri bozulmaktadır. Bu bozukluğu gidermek için, takım tornalama yapılmakta ve zaman kaybı yaşanmaktadır. Aynı işlem kolet protezi içinde geçerlidir. Bu konuda operatörlere eğitim verilerek, aşınan takımların kullanılmaması ve yenisinin takılması sağlanmıştır.

Bu iyileştirmelerin yanında, ayarcı operatörlerinin aradıklarını daha kolay bulabilmeleri için, ayar arabaları değiştirildi. Ayar arabalarının öncesi ve sonrasını gösteren görseller Resim 5.8'de verilmiştir.



Resim 5.8. Ayarcı arabalarının öncesi ve sonrası

Çalışmanın yapıldığı bölümde, Çizelge 5.3'de verilen iyileştirmeler yapıldıktan sonra, 1418 dakika olan toplam ayar faaliyetleri 930 dakikaya inmiştir. 2 ayarcı operatör düşünüldüğünde, toplam ayar süresi 749 dakikadan 482 dakikaya indirilmiştir.

Çizelge 5.3. SMED toplam kazanç tablosu

SMED KAPSAMINDA (YAPILAN İYİLEŞTİRME)	KAZANÇ
Takımların tezgâh başında hazır edilmesi	10 dk
Trepan uçlarının bilenmemesi, hazır olarak alınması	19 dk
Alın dayama ve çenelerin parça ölçüsüne getirilmesi	291 dk
Ölçme odasının taşınması	140 dk
Takım sökme takma işlemlerini kolaylaştıracak aparatların kullanılması	28 dk
TOPLAM KAZANÇ	488 dk

Bahsedilen iyileştirmelerin haricinde, ayarcı operatörlerin iş yüklerinde de dengeleme yapılarak, ayar zamanını daha da azaltmanın yolları aranmıştır. Son altı tezgâhın ilk ikisi iç bilezik son dördü dış bilezik tezgâhıdır. İki iç bilezik tezgâhından çıkan ürünler ile dört dış bilezik tezgâhından çıkan ürünlerin eş zamanlarda çıkması gerekmektedir. Tezgâhlardaki ayar süreleri birbirine yakın sürelerdir. Bu iki kriter dikkate alınarak bir dengeleme çalışması yapılmıştır. B ayarcısı öncelikle dört dış bilezik tezgâhının birincisini ayarlayıp sonra iki iç bilezik tezgâhını ayarlayacak, bu sırada da A ayarcısı dört dış bilezik tezgâhından son üç tezgâhı ayarlayacaktır. SMED tekniğinden önce, iki ayarcı operatörün ayar yaptığı tezgâhlar ve SMED tekniğinden sonra iki ayarcı operatörün ayar yaptığı tezgâhlar Çizelge 5.4'de verilmiştir. Sadece ayarcı operatörlerin iş yüklerinde dengeleme yapılarak 16 dakika daha kazanç sağlanmıştır.

Çizelge 5.4. Ayarcı operatörlerin iş yüklerinin dengelenmesi

AYARCI	SMED ÖNCESİ AYAR YAPILAN TEZGÂHLAR	SMED SONRASI AYAR YAPILAN TEZGÂHLAR
A AYARCI OPERATÖRÜ	1-3-5-7-9-11-13-15-17	1-3-5-7-9-11-15-16-17
B AYARCI OPERATÖRÜ	2-4-6-8-10-12-14-16	2-4-6-8-10-14-12-13

Ayarcı operatörlerin iş yüklerinde dengeleme (iyileştirme) yapıldıktan sonra, son durumda, bir tipten diğer tipe geçişte ayar süresi 466 dakika olmuştur. 749 dakika olan tipten tipe geçiş süresi 283 dakika azaltılarak 466 dakikaya indirilmiştir. %37'lik bir zaman tasarrufu sağlanmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde değişim var oldukça, firmalar daha iyisini aramaya devam edeceklerdir ve bunun sonucu olarak iyileştirmeler de devam edecektir. Özellikle yaşadığımız zaman dilimi düşünüldüğünde, neredeyse dünyanın her yerindeki teknolojileri görebiliyor, öğrenebiliyor ve bize bir şeyler katmasını sağlayabiliyoruz. Bu değişimin firmalar açısından en önemli dezavantajı, pazar ne kadar büyük görünse de aslında çok küçük olduğudur. Artık hiçbir firmanın bu değişen dünyada değişmeme lüksü yoktur.

Firmaların değişim yönleri, verimlilik ve maliyet üzerine olmalıdır. Büyümek için yatırım yapmak, en uygun alternatif olarak görülmektedir. Fakat mevcut üretim sisteminden, en düşük maliyetle en yüksek verimi alabiliyor muyuz? Asıl önemli nokta budur. Bu sorunun cevabından sonra, yatırım yaparak mı büyüyeceğiz, yoksa mevcut durumdaki kapasitemizi iyileştirerek mi büyümeliyiz, bu soruya cevap verilmelidir.

Yalın üretim sistemi, adından da anlaşılacağı üzere, sistemi yalınlaştırarak işletmedeki israflardan kurtulmayı ve bu sayede müşteriye, müşterinin istediği ürünü istediği zamanda, istediği miktarda, istenilen kalitede ve istenilen fiyatta vermeyi hedefler. İşletmedeki en büyük israf, stok israfıdır. Çünkü stok işletmedeki tüm hataları örter. Bu açıdan bakıldığında, stoklu çalışmak iyileştirmelerin önünde duran bir engel gibidir. Yalın üretimin en önemli amacı, yukarıda sayılan sebeplerden dolayı sıfır stoktur. Sıfır stoklu çalışmaya ne kadar yaklaşırsak, işletmede aslında daha önce stokların bolluğundan dolayı görülmemiş birçok israf görünür olacaktır.

Diğer bir amaç ise, sıfır hatadır. Hata yapmamaya çalışma hedefi, aynı sıfır stok hedefi gibi aslında ulaşılması güçtür, bu sebepten dolayı idealize edilmiş bir hedeftir. Sıfır hata hedefi, hatanın olmasını normal karşılamayarak daha az hata yapmak için, sürekli iyileştirme çalışmalarını tetikleyen bir hedeftir. Belli bir oranda hatayı kabul etmek, yapılacak olan iyileştirmeleri engelleyeceği için, sıfır hata olarak hedef konulmuştur.

Yalın üretim bu hedeflere ulaşmak için, bir dizi tekniğin bir araya getirilmesinden oluşmaktadır. Bu teknikler, tek başlarına uygulanabileceği gibi, yalın üretim sistemi ile beraber bir bütün olarak da uygulanabilmektedirler. Bu tekniklerin amacı, yalın üretimin

amacı ile örtüşmektedir. Aksi halde bu teknikleri, yalın üretim kapsamı içinde uygulamak mümkün değildir. Örneğin 5S tekniği, hurda oranını yükseltmeyi destekleyip, SMED tekniği stok oranın artmasını destekleyemez. Bütün tekniklerin amacı, sıfır stok ve sıfır hata ve sonucunda da işletmedeki israfların yok edilerek, maliyetlerin azaltılması ve verimliliğin artırılmasıdır.

Yalın üretim sistemini anlamak için, II. Dünya Savaşı'ndan sonra Japonya'nın içinde bulunduğu durumu incelemek gerekmektedir. Japonya'nın bugün dünyada geldiği konuma bakarsak, ülke olarak yalınlığı benimsediklerini, israfı engellemeye çalıştıklarını ve mevcut durumla yetinmeyip daha iyisinin olduğunu düşünerek, sürekli iyileştirme çalışmaları yaptıklarını belirtmek yanlış olmaz.

Bu tez çalışmasında, yalın üretimin tanımı yapılmış, diğer sistemler ile farkı ve tarihsel gelişimi anlatılmış ve yalın üretim tekniklerinin neler olduğu tanıtılmıştır. Yalın üretim sistemi tekniklerinin uygulanabilirliği, firmanın üretim ve sipariş yapısı ile bu tekniklerin uyumluluğu ile doğru orantılıdır. Örneğin 5S ya da toplam üretken bakım gibi teknikler, her firmada rahatlıkla uygulanabilirken, kanban tekniği siparişe göre üretim yapan firmalarda kolaylıkla uygulanamayabilir.

Çalışmanın uygulama kısmında, yalın üretim kapsamında ayar zamanlarını düşürmek için kullanılan, SMED tekniğinin uygulaması yapılmıştır. Ayar zamanları, küçük parti üretimlerinin önündeki en büyük engeldir. Geleneksel üretim sistemlerinde stoklu çalışmanın sebebi, ayar zamanlarının çok yüksek oluşu ve birim maliyetlerin ne kadar çok üretim yapılırsa o kadar azalacağı düşüncesidir. SMED tekniğinin yalın üretim için olan önemi aslında buradan gelmektedir. Yalın üretimin en önemli hedefi sıfır stok olduğu için, direk olarak sıfır stoklu çalışmayı etkileyen ve destekleyen bir tekniktir.

SMED uygulama çalışması, rulman imalatı yapan bir fabrikada yapılmıştır. En çok ayar kaybı yaşanan operasyon ve hat seçilmiş, bu hatta ayar zamanlarını düşürmek için çalışma yapılmıştır. Uygulanacak tezgah belirlendikten sonra bu tezgahta sıklıkla üretime giren bir tip seçildi. Seçilen bu tip için mevcut durum ayar analizi yapıldı. Bu analiz ile ayar esnasında yapılan faaliyetler kayıt altına alındı. Analiz esnasında zaman ayar yapan operatörlerle görüşmeler yapılmış. Yapılan işlerin süresi tutulmuş ve işleri kimin yaptığı belirlenmiştir. Analiz sonucunda mevcut durumda ayar süresi 1418 dakika olarak tespit edilmiştir. Bu

sürede iki ayarcı operatör eş zamanlı olarak ayar yaptığı için aslında bir tipten diğerine geçerken tezgâh 749 dakika boş beklemektedir. SMED çalışmasında kapsamında, kullanılan takımlarda bazı değişiklikler yapıldı. Tezgâhta daha kolay ayarlama yapabilmek için bazı aparatlar satın alınıp tezgâha monte edildi. Ölçme işleminde kaybedilen zaman için yatırım yapıldı. Takımların ayara başlamadan önce hazır olabilmesi için ayarcı operatörlerin organizasyonlarında düzenleme yapıldı ve eğitim verildi. Yapısal değişikliklerin haricinde ayarcı operatörlerin iş yüklerinde de dengeleme yapılarak kazanç sağlanmıştır.

Yapılan SMED çalışması sonucunda 1418 dakika olan tüm faaliyet süresi 930 dakikaya, 749 dakika olan tezgâh bekleme süreside 466 dakikaya kadar düşürülmüştür. Zaman olarak kazanılan bu süreyi üretim adedine de dönüştürmek daha etkileyici sonuçların ortaya çıkmasını sağlayabilir.

Uygulamanın yapıldığı 3 numaralı tezgâhta, yıllık olarak 56 adet ayar yapılmaktadır. Ayar başına 283 dakika elde ettiğimiz düşünülürse, bu tezgâhta 56x283 = 15.848 dakika ayar yapmak yerine, üretim yapılacaktır. Bu üretim miktarını hesaplamak gerekirse, bir vardiyada 6.000 adet üretim yapan bu tezgâh için, 15.848 dakika da 213.680 adet yıllık üretim miktarı artacaktır.

Yapılan iyileştirmeler diğer trepan tezgâhları için yaygınlaştırıldığında sağlanan kazanç miktarı artacaktır. Dokuz adet trepan tezgâhında yapılacak iyileştirmeler ile 184 adet ayardan sağlanan kazanç; 184x283x6000/445 = 702.094 adet fazladan üretimdir. Üretimin artmasının yanında, çalışanların motivasyonun da artması, başka bir kazanç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yalın üretimin en önemli ilkesinin mükemmelliktir. Mükemmelliğin hedeflendiği yalın üretim felsefesinde sürekli iyileştirmelerin bir sonu yoktur. Yapılan SMED çalışması için de durum aynıdır. Çalışma sonucunda bir kazanç sağlanmıştır, fakat en ideal duruma gelinmemiştir. Yapılan çalışmanın üzerine birkaç kez daha SMED uygulamaları yapılarak daha da iyi bir duruma gelinebilir.

KAYNAKLAR

1. Ohno, T. (2015). *Toyota ruhu: Toyota üretim sistemi'nin doğuşu ve evrimi (Çev. Canan Feyyat)*. İstanbul: Scala Yayıncılık. (Eserin orijinali 1996'de yayımlandı), 10-150.

2. Corsten, H. and Will, T.(1993). Reflections on competitive strategy and its impact on modern production concepts. *MIR: Management International Review,* 315-334.

3. Womack, J. P. and Jones, D. T. (2010). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Simon and Schuster, 150-200.

4. Shah, R. and Ward, P. T.(2003). Lean manufacturing: context, practice bundles and performance. *Journal of operations management,* 21, 129-149.

5. Åhlström, P.(1998). Sequences in the implementation of lean production. *European Management Journal,* 16, 327-334.

6. Tikici, M. ve Aksoy, A.(2006). Toplam kalite yönetiminin radikal unsurlarından birisi olarak yalın yönetim. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi,* 5, 20-33.

7. Okur, A. S. (1997). *Yalın üretim: 2000'li yıllara doğru Türkiye sanayii için yapılanma modeli*. İstanbul: Söz Yayın, 20-200.

8. Cusumano, M. A. (1989). *The Japanese Automobile Industry: Technology and Management at Nissan and Toyota*. Harvard University Press, 94.

9. Arslan, S. (2008). *Yalın üretim ve Man Türkiye A.Ş.'de örnek bir yalın üretim uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

10. Murata, K. and Harrison, A. (1995). *How to Make Japanese Management Methods Work in the West*. England: Gower, 27-52.

11. Sevimli, A. (2005). *Yalın Üretimde Çalısma Gruplarının Etkinligi ve Ford-Otosan İnönü Fabrikasında Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskisehir.

12. Kağnıcıoğlu, C. H. (2007). *Tedarik zinciri yönetiminde tedarikçi seçimi*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, 75.

13. Gecü, B. (2008). *İç lojistik sistemlerinin yalın üretim bakış açısıyla yeniden tasarlanması ve otomotiv sektöründe örnek bir uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

14. Aydın, H. (2009). *Yalın üretim sistemi, değer akış haritalama yöntemi ve yalın üretim sisteminin çalışanlara etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

15. Acar, N. (1995). *Tam zamanında üretim*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi, 12-105.

16. Yıldız, G. ve Ardıç, K.(2002). Japon İşletmecilik Uygulamaları Türk İşletme Yönetimine Bir Model Olabilir Mi? . *Mimar ve Mühendis Dergisi,* 6.

17. Hülagü, K. T. (2011). *Çelik Boru İmalatında Yalın Üretim Ve SMED Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

18. Çetinkaya, K. (2000). *Toplam tasarım*. Ankara: Gazi Kitabevi, 89-115.

19. Liker, J. K. and Hoseus, M. (2009). *Toyata kültürü: Toyota tarzının kalbi ve ruhu (Çev. Kıvanç Tanrıyar)* İstanbul: Optimist Yayım Dağıtım. (Eserin orijinali 2008'de yayımlandı), 167-189.

20. Liker, J. K. (2012). *Toyota Tarzı: 14 yönetim ilkesi (Çev. Ümit Şensoy)*. İstanbul: Optimist Yayim Dagitim. (Eserin orijinali 2004'de yayımlandı), 131-140.

21. Akçagün, E. (2006). *Hazır giyim işletmelerinde yalın üretim tekniklerinin araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

22. Allen, J., Stewart, D. and Robinson, C. (2001). *Lean manufacturing: a plant floor guide*. Dearborn, Michigan: Society of Manufacturing Engineers, 28-37.

23. Gökçe, İ. (2006). *Mevcut Üretim Sürecinin Yalın Üretim Yaklaşımıyla Yeniden Yapılandırılması ve Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

24. Acar, N.(1992). Tam Zamanında Üretim ve Kanban Sistemi. *Verimlilik Dergisi,* 3.

25. Emre, A. (1995). *Tam zamanında üretim sisteminin ülkemizdeki uygulamaları ve sorunları*. Ankara: Millî Prodüktivite Merkezi, 25-45.

26. Demir, C. (2006). *Tam Zamanında Üretim ve Otomotiv Sektöründe Kanban Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

27. Suzaki, K. (2005). *İmalatta mükemmellik yolu: sürekli iyileştirme teknikleri (Çev. Saadet Özkal)*. İstanbul: Optimist Yayım Dağıtım. (Eserin orijinali 1987'de yayımlandı), 99.

28. Monden, Y. (1983). *Toyota production system: practical approach to production management*. Norcross, GA : Industrial Engineering and Management Press, Institute of Industrial Engineers, 37-148.

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

30. Hirano, H. and Talbot, B. (1995). *5 Pillars of the Visual Workplace*. Taylor & Francis, 77-123.

31. Seçkin, F. (2007). *Yalın Üretim Teknikleri ve KOBİ'lerde Uygulanabilirliğinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

32. Plenert, G. J. (2014). *Lean Management Principles for Information Technology*. CRC Press, 86.

33. Filiz, H. (2008). *Yalın Üretim Tekniklerinden Hızlı Kalıp Değişimi ve Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

34. Sheldon, D. H. (2005). *Class A ERP Implementation: Integrating Lean and Six Sigma*. J. Ross, 47.

35. Yılmaz, E. (2012). *Siparişi Göre Üretim Yapan Sistemlerde Yalın Üretim Uygulamaları*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

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

37. Mike Rother and Harris, R. (2005). *Sürekli Akış Yaratmak (Çev. Ülkü Kulaç)*. Yalın Enstitü. (Eserin orijinali 2001'de yayımlandı), 24.

38. Harry, M. J., Mann, P. S., De Hodgins, O. C., Hulbert, R. L. and Lacke, C. J. (2011). *Practitioner's Guide to Statistics and Lean Six Sigma for Process Improvements*. Wiley, 67.

39. Steinbacher, N. L. (1993). *TPM for America: What It Is and Why You Need It*. Taylor & Francis, 87.

40. Ahuja, I. P. S. and Khamba, J. S.(2008). Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management,* 25, 709-756.

41. Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press, 58.

42. Demirkır, M. S. (2008). *Yalın Üretim ve Lastik Sektöründe Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

43. Askin, R. G. and Goldberg, J. B. (2002). *Design and analysis of lean production systems*. Wiley, 25.

44. Erdoğan, B., Haşit, G. ve Taşer, A.(2006). Tam Zamanlı Üretim Sisteminin Kütahya İlinde Seramik Üretimi Yapan KOBİLER'de Uygulanabilirliği Üzerine Bir Arastırma. *Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya,* 16, 191-212.

45. İdrissova, R. (2009). *Sanayi İşletmelerinde Üretim Süreçlerinde Kaizen Uygulamlarının Performansa Etkileri Üzerine Bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Konya.

46. Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Taylor & Francis, 69.

47. Kumar, B. S. and Abuthakeer, S. S.(2012). Implementation of lean tools and techniques in an automotive industry. *Journal of Applied Sciences(Faisalabad),* 12, 1032-3037.

48. McIntosh, R., Owen, G., Culley, S. and Mileham, T.(2007). Changeover improvement: Reinterpreting Shingo's "SMED" methodology. *IEEE Transactions on Engineering Management,* 54, 98-111.

49. Kumaresan, K. S. and Saman, M. Z. M.(2011). Integration of SMED and Triz in improving productivity at semiconductor industry. *Jurnal Mekanikal,* 33, 40-55.

50. Cakmakci, M.(2009). Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology,* 41, 168-179.

51. Ulutaş, B.(2011). An application of SMED Methodology. *World Academy of Science, Engineering and Technology,* 5, 67-70.

52. Deros, B., Mohamad, D., Idris, M., Rahman, M., Ghani, J. and Ismail, A.(2013). Setup time reduction in an automotive battery assembly line. *KMUTNB: International Journal of Applied Science and Technology,* 4, 9-13.

53. Van Goubergen, D., "Set-up reduction for lean cells and multi-machine situations," in *Lean Business Systems and Beyond*, ed: Springer, 2008, 295-303.

54. Trovinger, S. C. and Bohn, R. E.(2005). Setup Time Reduction for Electronics Assembly: Combining Simple (SMED) and IT-Based Methods. *Production and operations management,* 14, 205-217.

55. Ferradás, P. G. and Salonitis, K.(2013). Improving changeover time: a tailored SMED approach for welding cells. *Procedia CIRP,* 7, 598-603.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler



Soyadı, adı : KOLOĞLU, Aycan
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 14.12.1979, Giresun
Medeni hali : Bekâr
Telefon : 0 (312) 648 00 10
Faks : 0 (312) 648 00 21
e-mail : aycankologlu@gmail.com

Eğitim

Derece	**Eğitim Birimi**	**Mezuniyet tarihi**
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği	2002
Lise	Ankara Anıttepe Lisesi	1996

İş Deneyimi

Yıl	**Yer**	**Görev**
2004-Halen	Ortadoğu Rulman Sanayi A.Ş	Üretim Planlama Şefi

Yabancı Dil

İngilizce



GAZİ GELECEKTİR..