

**BİR ÜRETİM HATTINDAKİ PERFORMANSIN  
YALIN ÜRETİM TEKNİKLERİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ**

Özge AKSU  
Yüksek Lisans Tezi

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı  
Nisan-2013

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Özge Aksu'nun "**Bir Üretim Hattındaki Performansın Yalın Üretim Teknikleri ile İyileştirilmesi**" başlıklı **Endüstri Mühendisliği** Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 27.02.2013 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

**Adı-Soyadı**

**İmza**

**Üye (Tez Danışmanı) : Doç. Dr. Nil ARAS**

.....

**Üye : Prof. Dr. Doğan EROL**

.....

**Üye : Yard. Doç. Dr. Berna ULUTAŞ**

.....

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

**Enstitü Müdürü**



## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BİR ÜRETİM HATTINDAKİ PERFORMANSIN YALIN ÜRETİM TEKNİKLERİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ

Özge AKSU

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. NİL ARAS

2013, 102 Sayfa

Üretim sektöründe performans firmalar için çok önemlidir. Bu nedenle, üretim performansını arttırmaya ve performansı doğru ölçmeye yönelik çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan bir çoğu da yalın üretim ile ilişkilidir. Yalın üretim yaklaşımı, firmaların çok sık başvurduğu ve performans üzerinde etkili tekniklerden oluşmaktadır.

Bu çalışmada, otomotiv yan sanayiinde faaliyet gösteren bir firmanın üretim hattında yalın üretim teknikleri ile iyileştirmeler yapılmıştır. Belirli aralıklar ile uygulanan yalın tekniklerin sonuçları takip edilmiştir. Yalın uygulama sonucunda kalıp değiştirme süresi, çevrim süresi, toplam ekipman etkinliği gibi konularda olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Üretim hattında elde edilen veriler, atölye performansını değerlendirmede kullanılan parametreler yardımıyla ölçülmüştür. Bu parametreler ve belirlenen karar verme birimleri Veri Zarflama Analizi tekniği ile değerlendirilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Yalın Üretim, Üretim Performansı, Veri Zarflama Analizi

## ABSTRACT

Master of Science Thesis

### PERFORMANCE IMPROVEMENT OF A PRODUCTION LINE WITH USING LEAN MANUFACTURING TECHNIQS

Özge AKSU

AnadoluUniversity  
Graduate School of Sciences  
Industrial Engineering Program

Supervisor: Associate Prof. Dr. Nil ARAS

2013, 102 Pages

Performance is very important for the firms in the manufacturing sector. For this reason, various studies are being made to increase the production performance and to measure the true performance. Many of these studies are related with lean manufacturing. Lean manufacturing approach is being applied more often by the firms and composed of the effective techniques on the performance.

In this thesis, improvements were made by using lean manufacturing techniques for a production line of a firm that operate in the automotive sub-industry. The results of lean techniques applications were observed periodically. As a result of lean implementation were gained affirmative outcomes on several issues such as set-up time, cycle time and overall equipment efficiency. Data gathered from the production line was measured with evaluation parameters of the factory workshop. These parameters and the specified decision making units were assessed by the Data Envelopment Analysis.

**Keywords:** Lean Manufacturing, Manufacturing Performance, Data Envelopment Analysis

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın hazırlanmasında bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, değerli fikirleriyle her zaman bana yol gösteren danışmanım Doç. Dr. Nil ARAS'a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmamın uygulamasında üretim konusundaki bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, yapmak istediğim uygulama çalışmaları için her zaman bana destek olan, dostluklarını hep hatırlayacağım işletmenin Üretim ve Bakım Müdürü Gökhan PİŞKİN başta olmak üzere tüm fabrika üretim ekibine teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam ve tüm hayatım boyunca en büyük desteğim, anlayışları ile her zaman yanımda olduklarını bildiğim canım ailem; annem Nevrize AKSU, babam Eyüp AKSU ve kardeşim Elif AKSU'ya sevgi ve destekleri için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Özge AKSU

Nisan 2013

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>1.GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Mevcut Kaynakların İncelenmesi .....	2
1.2. Tez Çalışmasının Amacı ve Önemi .....	5
1.3. Tezin İçeriği .....	6
<b>2.YALIN ÜRETİM</b> .....	<b>7</b>
2.1. Yalın Üretime Genel Bakış .....	7
2.2. Yalın Üretim Yaklaşımının İlkeleri .....	8
2.2.1. Değer .....	8
2.2.2. Değer akışı .....	9
2.2.3. Akış .....	11
2.2.4. Çekme .....	12
2.2.5. Mükemmellik .....	13
2.3. Değer Akış Haritalama.....	14
2.3.1. Mevcut durum değer akış haritası.....	16
2.3.2. Gelecek durum değer akış haritası.....	18
2.4. Yalın Üretim Teknikleri.....	20
2.4.1. Kanban .....	20
2.4.2. Karışık yükleme ve üretimde düzenlilik .....	22
2.4.3. Tek parça akışı .....	23
2.4.4. Tek Haneli Dakikalarda Kalıp Değişirme –SMED .....	24
2.4.5. 5S Tekniği.....	25

2.4.6. Poka-Yoke.....	27
2.4.7. Toplam üretken bakım .....	28
2.4.8. Kaizen .....	29
2.4.9. Emeğe ve çalışanlara verilen değer, işçi hakları.....	30

### **3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ 31**

3.1. Veri Zarflama Analizinin Matematiksel Gösterimi .....	32
3.2. Veri Zarflama Analizi Modelleri .....	34
3.2.1. Charnes-Cooper-Rhodes (CCR) modeli .....	34
3.2.2. Banker-Charnes-Cooper (BCC) modeli.....	35
3.3. Veri Zarflama Analizi -Uygulama Adımları.....	36
3.4. Veri Zarflama Analizinin Güçlü ve Zayıf Yönleri.....	37

### **4.YALIN ÜRETİM TEKNİKLERİNİN İŞLETMEDE UYGULAMASI 39**

4.1. Yalın Üretim Uygulamaları .....	39
4.2. Uygulama Bölgesinin Belirlenmesi .....	40
4.3. Mevcut Durum Değer Akış Haritasının Oluşturulması .....	42
4.4. Gelecek Durum Değer Akış Haritası .....	43
4.5. Yalın Üretim Kapsamında Yapılan Çalışmalar .....	44
4.5.1. Kalıp değiştirme süresi azaltımı.....	44
4.5.2. 5S tekniği .....	48
4.5.3. Kayıp zaman analizi.....	58
4.5.4. Görsel yönetim.....	61
4.5.5. Çevrim süresi, standart iş ve diğer uygulamalar .....	64

### **5. PERFORMANS KIYASLAMASI İÇİN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ UYGULAMASI 67**

5.1. Girdi ve Çıktıların Belirlenmesi.....	68
5.2. Kıyaslama Birimlerinin Belirlenmesi .....	69
5.3. Veri Zarflama Analizi Uygulaması.....	74

### **6. SONUÇ VE ÖNERİLER 79**

<b>KAYNAKLAR</b>	<b>81</b>
<b>EK-1 VZA FRONTIER ANALYST 4 PROGRAMI RAPORU</b>	<b>87</b>



## ŞEKİLLER DİZİNİ

2. 1. Üretimdeki faaliyetler (Ohno, 1996).....	10
2. 2. Geleneksel parti üretimi ve tek parça akışı üretimi (Black, 2008).....	12
2. 3. Değer akış haritası sembolleri (Rother & Shook, 1999).....	17
2. 4. Örnek bir mevcut durum değer akış haritası (Rother & Shook, 1999).....	18
2. 5. Örnek bir gelecek durum değer akış haritası (Rother & Shook, 1999).....	20
2. 6. Çekme kanbanı (a) ve üretim kanbanı (b) örnekleri (Brownie, Harhen, & Shivnan, 1996) .....	22
2. 7. Tek parça akışı ve üretim sistemleri sınıflandırılması (Miltenberg, 2001)...	24
2. 8. TÜB ve yalın üretim felsefeleri arasındaki ilişki (Ahura & Khamba, 2008)	29
4. 1. Fabrika genel görünümü .....	40
4. 2. Hücre 3 yerleşim planı .....	41
4. 3. Mevcut durum değer akış haritası .....	42
4. 4. Gelecek durum değer akış haritası .....	44
4. 5. Mevcut durum spagetti diyagramı .....	45
4. 6. 5S panosu .....	49
4. 7. Hata kartı örneği.....	50
4. 8. 5S çalışmasından önce yeniden işleme alanı (a ve b) .....	51
4. 9. 5S çalışmasından sonra yeniden alanı (a, b, c ve d).....	52
4. 10. 5S çalışmasından önce takım odası (a ve b).....	53
4. 11. 5S çalışmasından sonra takım odası ve kolaylaştırıcılar (a, b ve c).....	54
4. 12. 5S çalışmasından önce bakım odası genel görünüş (a ve b) .....	55
4. 13. 5S çalışması sonrası bakım odası dolapları (a ve b) .....	55
4. 14. Yağ nedeniyle kirlenen dolap (a) ve tezgah (b) .....	56
4. 15. Operatör temizlik kontrol formu örneği .....	57
4. 16. Günlük duruş süreleri ve duruş nedenleri tablosu.....	59
4. 17. Haftalık toplam duruş süreleri ve duruş nedenleri tablosu.....	60
4. 18. Görsel yönetim uygulamaları (a) ve (b) .....	62
4. 19. Görsel yönetim önemli uyarılar (a) ve (b).....	63
4. 20. Yeniden işleme aletleri (a), kolaylaştırıcı alanları (b), (c), (d), (e) .....	64
4. 21. Çevrim süresindeki değişim.....	66

5. 1. Arızalar arası ortalama zaman.....	73
5. 2. Ortalama tamir süresi .....	73
5. 3. Kalıp değiştirme süresi azaltımı değişimi .....	74
5. 4. Toplam potansiyel iyileştirmeler (Senaryo 1).....	76
5. 5. Toplam potansiyel iyileştirmeler (Senaryo 2).....	78

## ÇİZELGELER DİZİNİ

2. 1. Gelecek durum için anahtar sorular ( (Rother & Shook, 1999) .....	19
2. 2. Kanban'ın işlevleri ve açıklamaları (Ohno, Toyota ruhu, 1996) .....	21
4. 1. İç kalıp değiştirme adımları ve süreleri.....	46
4. 2. Dış kalıp değiştirme adımları ve süreleri .....	46
4. 3. Mevcut durumda hücre 3 işlemleri ve süreleri.....	65
5. 1. VZA girdiler ve çıktılar tablosu .....	68
5. 2. Performans için elde edilen veriler ve hesaplanan parametreler.....	72
5. 3. Veri Kaynakları Tablosu (Senaryo 1) .....	75
5. 4. VZA sonuçları tablosu (Senaryo 1).....	75
5. 5. KB 1 için potansiyel iyileştirmeler .....	76
5. 6. Veri Kaynakları Tablosu (Senaryo 2) .....	77
5. 7. VZA sonuçları tablosu (Senaryo 2).....	77

## KISALTMALAR DİZİNİ

VZA	: Veri Zarflama Analizi
HÜ	: Hücresel Üretim
PÖSNM	: Performans Ölçüm Sistemlerinin Niteliksel Modelleri
BDPÖS	: Bütünleşik Dinamik Performans Ölçüm Sistemleri
AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process)
TOPSIS	: İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)
KVB	: Karar Verme Birimi
SMED	: Tek Haneli Dakikalarda Kalıp Değişirme Süresi (Single-Minute Exchange of Die)
TÜB	: Toplam Üretken Bakım
CRS	: Ölçeğe Göre Sabit Getiri (Constant Returns to Scale)
VRS	: Ölçeğe Göre Değişken Getiri (Variable Returns to Scale)
TEE	: Toplam Ekipman Etkinliği
AAGOS	: Arızalar Arası Geçen Ortalama Süre
OTS	: Ortalama Tamir Süresi
Y	: Yararlanabilirlik
KB	: Kıyaslama Birimi

## 1.GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler ve giderek artan rekabet her türlü sektörde faaliyet gösteren firmayı gelişime açık olmaya ve sürekli bir değişime zorlamaktadır. Bu gelişme ve değişim süreci firmalar için büyük yatırımlar gerektirmektedir. Firmalar ihtiyaç duyulan bu yatırımları yapmış olsalar bile değişime karşı direnç, eksik planlama, dolayısı ile de yeni geçilen süreci uzun vadede sürdürmemeye gibi çeşitli zorluklar ile karşılaşabilmektedir.

Günümüzde hem üretim hem de hizmet sektöründe faaliyet gösteren firmalar yeni geliştirilmiş çeşitli yaklaşımları işyerlerinde uygulayarak sektörlerinde var olmaya, büyümeye çalışmaktadır. Özellikle üretim sektöründe ortaya çıkan verimlilik, üretkenlik, kaynakların doğru kullanımı gibi konular üretim şekillerinin değişmesine sebep olmuştur. Üretim şekillerinde meydana gelen değişim süreci sonucu ortaya çıkmış olan çeşitli üretim teknikleri vardır. Bunlardan biri de Yalın Üretim tekniğidir. Temeli 1950'li yıllara dayanan yalın üretim konusunda mevcut kaynaklarda çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Yalın üretimin temel amaçları arasında yer alan israfın yok edilmesi, değer artırılması, gerektiği kadar ürün üretilmesi gibi konular üretim sektöründe faaliyette bulunan firmalar için oldukça önemli konular arasında yer almaktadır.

Rekabetin artması, değişen teknoloji, artan bilinçli müşteri talepleri, hızlı tüketim günümüzde firmaların sık sık karşılaştığı ve varlıklarını koruyabilmek için uyum sağlamaları gereken durumlardır. Firmalar için burada en önemli konulardan biri, üretilen ürünleri istenen kalitede, istenilen zamanda ve talep edilen şekilde müşteriye sunabilmek ve bu durumu hem sektörlerinde hem de firmaları bünyelerinde sürdürülebilecek uygun bir yapıya sahip olabilmektir. Firmaların bu uygun yapıya sahip olması süreklilik gerektiren bir süreçtir.

Firmaların kendilerini iyi tanımaları, devamlılık için kararlı olmaları, performans ve verimlilik açısından oldukça önemlidir. Özellikle üretim sisteminin performansının etkin şekilde ölçülmesiyle; ürünlerin, üretim süreçlerinin, üretimde kullanılan teknolojilerin ve her türlü girdinin değişen çevre koşullarına göre sürekli olarak değerlendirilebilmesi olanaklı hale gelmektedir. İşletme genel performans ölçümleri ile üretim sistemlerinin performansının ölçümünü birlikte

değerlendirilmesi, işletme ile ilgili geleceğe ilişkin stratejik kararların alınması ve uygulanmasında önemli katkılar sağlamaktadır (Zerenler, 2005).

Firmaların kullandığı performans ölçüm teknikleri genel olarak üç başlık altında toplanabilir. Bu teknikler, muhasebe ve finans alanında işletmelerin finansal yapılarını belirli bir sıra düzenine göre oranlamayı temel alan oran analizi, geçmişin verilerini kullanarak geleceği tahmin etmeyi amaçlayan parametrik yöntemlerden oluşan regresyon analizi ve son yıllarda kullanımı giderek artan parametrik olmayan veri zarflama analizi (VZA) teknikleridir (Kutlar, Gülcü, & Karagöz, 2004). Bu tez çalışmasında da performans ölçümü konusunda VZA tekniğinden yararlanılmıştır.

### **1.1. Mevcut Kaynakların İncelenmesi**

Performans ölçüm yöntemlerine yönelik mevcut kaynaklarda yapılmış çeşitli çalışmalar mevcuttur. Yapılmış araştırmaları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür.

Suwignjo ve ark. (2000) Strathclyde Üniversitesinin Stratejik Üretim Merkezi'nde yaptıkları çalışma, Performans Ölçüm Sistemlerinin Niteliksel Modelleri (PÖSNM) hakkındadır. Bir örnek üzerinden kavramsal model ifade edilmiştir. Bu çalışmada bilişsel haritalar, neden ve sonuç diyagramları, ağaç diyagramları ve analitik hiyerarşi süreci kullanılmıştır. Araştırma, performansı etkileyen faktörleri ve birbirleriyle olan ilişkilerini belirlemek için tekniğin nasıl kullanılabileceğini hiyerarşik olarak sıralayarak, performans üzerindeki etkin faktörleri ölçerek ve nicel olarak açıklayarak sunmaktadır.

Sarkis ve Shambu (2002) melez hücreli üretim (HÜ) sistemlerinin performansı VZA yardımıyla araştırmışlardır. Araştırmanın deneysel metodolojisinde bilgisayar benzetim programı kullanılmıştır. Çok çeşitli melez hücreli sistemleri incelemek için beş farklı üretim bölümü araştırılmıştır.

Hemachandra ve Eedupganti (2003) çalışmalarında üstel varsayımlar altında sonlu tampon kapasitesi ile iki hatlı ve iki aşamalı ayrılan-birleşen (fork-join) kuyruk modelinin tampon sıralaması ve performans ölçümü için bir yaklaşım gözönüne almışlardır.

Ertay ve Ruan (2005) HÜ sisteminin var olduğu bir işletmede etkin kaç operatörün hücrede çalışacağı ve işgücü atamanın etkin ölçümünü belirlemeye yönelik bir araştırma yapmışlardır. Belirlenen girdi ve çıktılara ait benzetim yolu ile elde edilen sonuçlar VZA yaklaşımında kullanılarak HÜ sistemi ortamında alternatif işgücü atamasını değerlendirme ve karşılaştırma problemine uygulanmıştır.

Sharma (2007) çok-çeşitli ürün üretilen işletmelerde performans değerlendirme için toplam sistem maliyetini dikkate alan bir çalışma yapmıştır. Çalışmada bir ürün ailesindeki bir ürün çeşidinin üretim oranını, uygun başka bir ürün çeşidi ile değiştirmek için matematiksel bir yaklaşım sunmaktadır. Yaklaşım tesis kullanımı ve var olan maliyet seviyesini azaltmada faydalı bir metodoloji iddiasındadır.

Chen (2008) tarafından, Tayvan'daki uluslararası bir elektronik şirketinde bütünlük dinamik performans ölçüm sistemlerine (BDPÖS) yönelik bir çalışma yapılmıştır. Geleneksel maliyet muhasebesi sistemlerine dayanan performans ölçüm sistemlerinin günümüz üretim çevresinin performans konularına yetersiz kaldığı görüşünden hareketle yapılan çalışmada BDPÖS, işletmede ilişkili üç ana alan olan şirket yönetimi, süreç geliştirme ve fabrika üretim bölümüne entegre edilmiştir. Müşteri şikayeti, zamanında teslimat, malzeme etkinliği ve kalite maliyeti uygulamada takip edilen dört göstergedir. Bu çalışmada her gösterge ve bu göstergelere uygun ağırlıkların olduğu bir modelde sunulmuştur. Sunulan model ile firmada önceden kullanılan performans ölçümü modeli sonuçları karşılaştırılmıştır.

Faye ve Falson (2009) otomobil endüstrisinde faaliyet gösteren bir firmanın montaj hattında çalışan onbir operatör inceleyerek bir araştırma yapmıştır. Oto-yüzleşme (auto-confrontation) yöntemi ile operatörler çalışırken gözlenmiş ve kamera ile görüntüleri kaydedilmiş ve daha sonra bu kayıtlardaki faaliyetleri her bir operatör ile görüşülmüştür. Araştırmada öz-izleme (self-monitoring) performansı kavramını yeniden geliştirmek ve operatörlerin başarımları için geliştirilen stratejilerin tanımlanması amaçlanmıştır.

Dasci ve Karakul (2009) performans değerlendirme konusunda bir çalışma yapmışlardır. Çalışma çekme tipi kontrol altında faaliyet yürüten bir

üretim sisteminde sorgulama modeli (polling model) ile gerçekleştirilmiştir. Sorgulama modeli, Markov zincirinin boyutunu azaltan bir ayırma yaklaşımı ve Markov zinciri olarak sistemin tüm karakteristiğini gerektiren kesin yaklaşım olmak üzere iki farklı metot ile çözülmüştür.

Yousefi ve Hadi-Vencheh (2010) İran'daki otomobil endüstrisinin gelişmesi üzerinde yaptıkları araştırma, müşterinin araç seçiminde en önemli kriterleri olarak benimsenen güvenlik ve fiyat olduğunu belirtmektedir. Çok ölçütlü karar verme tekniklerinden Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği (TOPSIS) kullanılarak araçların ağırlıklandırma problemi çözülmüştür. Ardından çok ölçütlü karar verme tekniklerinin özelliklerini ve avantajlarını içeren yeni bir yaklaşım bu çalışmada önerilmiştir.

Jain ve ark. (2011) üretim sistemlerinde performans ölçümü ve hedef belirleme konularına yönelik bir araştırma yapmışlardır. Kesikli parça üretimi yapan iki farklı üretim firmasında yaptıkları uygulamada; belirlenen girdi ve çıktılar VZA yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Kızılkaya (2011) çalışmasında yaklaşımlı AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini beraber kullanarak yeni bir performans ölçümü modeli sunmuştur. Türkiye'de havacılık sektöründe faaliyet gösteren dört firma, beş önemli performans kriteri (risk, kalite, etkinlik, verimlilik ve mesleki memnuniyet) altında değerlendirilmiştir.

Behrouzi ve Wong'un (2011) çalışmasında üretim sistemlerinde yalnız performans değerlendirmesine yönelik yeni bir sayısal model yaklaşımı sunulmuştur. Bulanık üyelik fonksiyonları kullanılarak geçmişteki bilgiden elde edilen karşılaştırmalar, mevcut performans ile karşılaştırılarak yalnız performans ölçüleri sayısallaştırılmış ve bir son puan elde edilmiştir. Elde edilen son yalnız performans puanı yöneticiler ve karar vericiler içinde üretim sistemlerinin analizinde önemli görülmüştür.

Xu ve ark. (2012) Kore'deki bir otomobil fabrikasında yer alan aktarma gövdesi hattında bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada aktarma gövdesi hattının tasarımı için performans kriterleri ışığında benzetim ile modelleme yapılmıştır. AHP teknikleri ile de en iyi tasarıma ulaşılmaya çalışılmıştır.



## 1.2. Tez Çalışmasının Amacı ve Önemi

Bu tez çalışması, otomotiv yan sanayiinde faaliyet gösteren bir firmanın hücre montaj hatlarından birinde yapılmış bir uygulama çalışmasıdır. Uygulama yapılan HÜ hattı yeni kurulmuş fakat eski bir montaj hattıdır. Hücre ve çevresine yalın üretim teknikleri uygulanarak iyileştirmeler yapılmıştır. Aynı zamanda doğru üretim düzenine ulaşmak için iyileştirmelerle birlikte en uygun operatör sayısı, vardiya sayısı, üretim planı vb. durumlar hücrede denenmiştir. Yalın iyileştirmelere ait sonuçlar belirli aralıklar ile gözlenmiş ve çeşitli veriler elde edilmiştir. İyileştirmeler süresince elde edilen veriler atölye performansını belirlemede kullanılan parametreler ışığında derlenmiş ve bir VZA paket programı kullanılarak hücre için belirlenen karar verme birimleri (KVB) değerlendirilmiştir.

Yalın üretim ve VZA konularında mevcut kaynaklarda yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Özellikle yalın üretimin başlangıç noktasının otomotiv sanayisi olduğu düşünülürse hem otomotiv hem de otomotiv yan sanayisinde yapılmış farklı çalışmalara ulaşmak mümkündür. Bu çalışma, yalın üretim tekniklerinin bir montaj hattı üretim hücresi ve çevresinde uygulandığında elde edilen sonuçların VZA yöntemi değerlendirilmesi konusunda yapılan bir çalışmadır ve benzer bir çalışma ile incelenen mevcut kaynaklarda karşılaşılmamıştır.

Bu çalışmanın mevcut kaynaklara katkıları aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

- 1. Katkı:** Bir hücre montaj hattı ve çevresinde yalın üretim teknikleri uygulanarak elde edilen veriler atölye performansını belirlemede kullanılan parametreler aracılığı ile ölçülmüştür. Yapılan uygulama sonuçları ve parametreler VZA ile değerlendirilmiştir.
- 2. Katkı:** VZA çalışmalarında kullanılan karar verme birimlerinden farklı olarak en uygun üretim şeklini (operatör sayısı, vardiya sayısı, çalışma süresi gibi) belirlerken denenmiş durumlar KVB olarak kullanılmıştır.

### 1.3. Tezin İçeriği

Tez alışması altı bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde firmalar için değişen koşullar, yalın üretim ve performansa etkileri, mevcut kaynak incelemesi, çalışmanın amacı ve katkılarından bahsedilmiştir. İkinci bölümde yalın üretimin temel bilgileri ve yalın üretim teknikleri açıklanmıştır. nc bölümde VZA hakkında genel bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde işletmede yapılan yalın üretim uygulamaları detaylı şekilde anlatılmıştır. Beşinci bölümde ise yalın uygulamaların sonuçları VZA ile değerlendirilmiştir. Altıncı bölümde ise yapılan uygulama ile elde edilen sonuçlar ve öneriler paylaşılmıştır.

## 2.YALIN ÜRETİM

### 2.1. Yalın Üretime Genel Bakış

Yalın üretim, günümüz işletmelerinde özellikle ülkemizde gittikçe artan bir hızla değer yaratma, değeri arttırma, israfların önüne geçme, maliyetleri azaltma, üretime değer katmayan adımları ortadan kaldırma şeklindeki bir dizi hedefe ulaşma yolunda uygulanan sürekli iyileştirme felsefesi olarak bilinmektedir.

Yalın üretim kavramı araştırıldığında mevcut kaynaklarda Toyota Üretim Sistemi, Tam Zamanında Üretim veya Stoksuz Üretim gibi ifadelerin de bu kavramı karşılamak için kullanıldığı görülmektedir (Okur, 2005).

“Yalın” terimi için Toyota firmasının üretim performans seviyelerindeki üstün başarısı sonucunda bir grup akademisyenin gördükleri şeyi ifade etmek için türettiği bir terim olarak da bahsedilir ve kısaca “kalabalık olmayan bir sistem” şeklinde tanımlanmaktadır (Rich, Bateman, Esain, Massey, & Samuel, 2009).

Yalın üretimden önce varolan üretim anlayışı, şirketlerin fazla miktarda ürün üretmesi ve gereksiz birçok maliyete katlanması gerektiğini göstermiştir. Mevcut durumun yeterli olmaması ve gereksinimlerin değişmesi şeklindeki nedenler üreticileri yeni arayışlar içine sokmuştur. Bu arayış sürecinde varolandan farklı bir üretim sistemine ihtiyaç olduğu görülmüştür. Genel olarak alışılmışın dışına çıkmak çoğu konuda kolay kabul edilebilir bir durum değildir. Üretim sektörü içinde bu durumu Ohno (1996), yeni bir üretim yaklaşımı için bilinçlerde devrimin kaçınılmaz olduğu şeklinde vurgulamıştır.

Yeni üretim yaklaşımı Toyota Üretim Sistemi olarak bilinmektedir. Yalın üretim olarak da bilinen üretim ve yönetim sisteminin temel ilkeleri ilk defa 1950’li yıllarda Toyoda ailesinin bireylerinden biri olan mühendis Eiji Toyoda ve beraber çalıştığı deha, mühendis Taiichi Ohno’nun öncülüğünde, Japon Toyota firmasında atılmıştır. Bu ikili Eiji Toyoda’nın 1950’de Ford firmasını incelemek üzere Amerika’ya yaptığı gezisinde edindiği bilgilerin de ışığında Ford’un yüzyılın başlarından itibaren öncülük ettiği kitle üretim sisteminin Japonya için hiç de uygun olmadığına karar vermişlerdir ve bu karar yepyeni bir üretim ve

yönetim anlayışının ilk adımlarının atılmasına yol açmıştır (Okur, 2005). Toyota Üretim Sistemi, 1973'teki petrol krizi sonrasında birçok Japon firması tarafından benimsenmiştir. Sistemin ana amacı bir firmada gizli kalmış çeşitli tipteki israfın iyileştirme faaliyetleri ile arındırılmasıdır (Monden, 1998).

“Yalın” kavramı için;

- Fabrikadaki insan eforunu yarıya indirme,
- Üretim alanını yarıyaindirme,
- Araç-gereçlerdeki yatırımı yarıyaindirme,
- Yeni bir ürünü yarı sürede geliştirmek için mühendislik sürelerini yarıya indirme şeklinde bahsedilmektedir.

Bu “yarıya indirme” hedefleri her başarıldığında, yalın düşünce işletmesi tekrar yarıya indirme sürecine girmektedir. Bu inanış, her zaman kurtulmak gereken daha fazla israfı bulmayı sağlayarak yalın olmaya yol göstermektedir (Womack & Jones, 2007; Black, 2008).

Yalın üretimi “en az kaynakla en kısa zamanda, en ucuz ve hatasız üretimi, müşteri talebine de birebir uyabilecek/yanıt verebilecek şekilde, en az israfla ve nihayet tüm üretim faktörlerini en esnek şekilde kullanıp, potansiyellerinin tümünden yararlanarak nasıl gerçekleştiririz?” arayışının sonucu olarak kısaca ifade edilebilir (Okur, 2005).

## **2.2. Yalın Üretim Yaklaşımının İlkeleri**

Yalın üretim yaklaşımı için temel oluşturan beş ilke bulunmaktadır. Bu ilkeler izleyen bölümlerde açıklanmıştır.

### **2.2.1. Değer**

Yalın düşüncenin kritik başlangıç noktası “değer”dir. Müşteri için üreticilerin varoluş nedeni, değeri üreticinin yaratmasıdır fakat değer ancak nihai müşteri tarafından tanımlanabilir. Değer, müşterinin ihtiyaçlarını belli bir zamanda belli bir fiyattan karşılayan belli bir ürün (mal, hizmet veya çoğunlukla ikisinin bileşimi) olarak ifade edilmektedir (Kulaç, 2003).

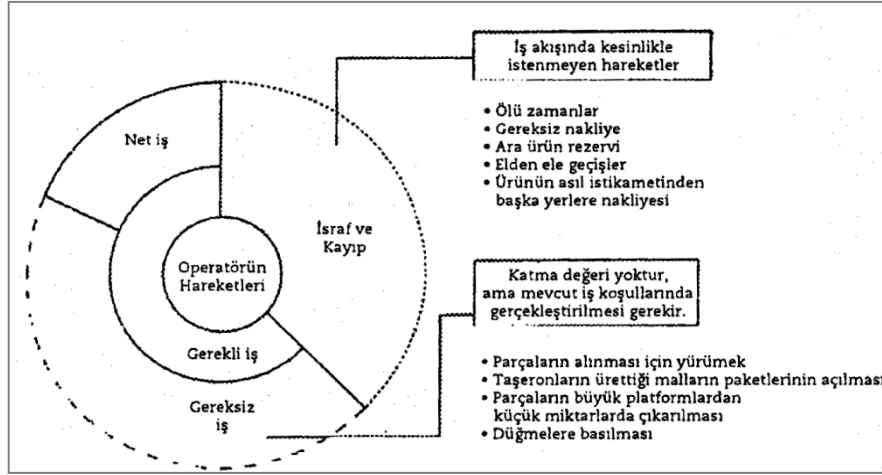
“Değer”i anlamak için çeşitli kaynaklarda birçok ifade yer almaktadır. Kısaca “değer, müşterinin ödemeye gönüllü olduğu şeydir” denilmektedir. Özellikle bir ürünün değerini belirlemede ilk adım, çözülmesi istenen problemi tanımlamaktır. Müşteri tarafından bir problemin daha önemli olarak algılanması onun için daha fazla ödemeye gönüllü olması demektir. Benzer şekilde ürün çözümünün de müşteriye daha etkili olarak algılanması müşterinin daha fazla ödemeye gönüllü olması anlamına gelmektedir. Bu ifadelere ek olarak, değerın talep karmaşıklığı olmadığı (problemi gidermek için teknolojik olarak çok kapsamlı teknikleri kullanma vb. gibi) ve maliyet ile direkt olarak ilişkili olmadığından bahsedilmektedir (Mascitelli, 2004).

### 2.2.2. Değer akışı

Değer akışı, belirli bir ürünü tasarlamak, sipariş etmek, temin etmek için fikirden uygulamaya, sipariştten teslimata ve hammaddeden bitmiş ürüne kadar gerekli olan müşterinin elindeki belirli faaliyetlerdir (Black, 2008).

Üretimdeki faaliyetler üç tiptedir :

- 1) Müşterinin istediği yönde dönüşümü sağlayan “değer yaratan” faaliyetler (boyama, montaj, dokuma gibi)
- 2) Müşteri açısından bir anlam ifade etmeyen ancak işin yapılabilmesi için gerekli olan “değer yaratmayan fakat zorunlu” işler olarak adlandırılan faaliyetler (kalıp bağlama, ayar, nakliye gibi).
- 3) Bekleme, sayma, sıralama, hata, tamir gibi “değer yaratmayan ve kaçınılmaz” faaliyetler (Kulaç, 2003).



Şekil 2. 1. Üretimdeki faaliyetler (Ohno, 1996)

Yapılan araştırmalar bu faaliyetler sırasında sürecin her adımında çok fazla israfın yapıldığını ortaya koymaktadır. Firmalar, yalın düşüncenin ikinci adımı olan değer akışı ile üretim sürecinde maruz kaldıkları israfları görebilmektedir.

Bir işletmede kar etme potansiyellerine rağmen çoğunlukla dokunulmadan kalan ve gözden kaçan çeşitli fırsatlar vardır. Üretim aksaklıklarının sınırlanması, işlem verimliliğinin sınırı (adam-saat), stok aşırılılığı ve kaçırılan son teslim zamanı olarak örneklendirilebilir. Bu gözden kaçan fırsatlar ya da aylaklık, Japonya’da “muda” adlandırılmaktadır ve muda işgücünün, çıktının, paranın, zamanın, yerin, bilginin ve benzerlerinin israfını ifade etmektedir (Ohno, 1988). Taiichi Ohno tarafından belirlenen üretim fazlası, ölü zamanlar, gereksiz nakliye ve bakım işlemleri, gereksiz ve uygun olmayan işler, stok fazlası, gereksiz hareketler ve hatalı parça üretimi israfları görülmesi zor yedi israf olarak tanımlanmaktadır. Şekil 2.1’de üretimdeki faaliyetlerde yer alan israflar sunulmuştur (Ohno, 1996).

Genellikle insanlar yalının hedefini mudanın ortadan kaldırılması olarak tanımlamaktadır. Doğru yalın düşünce, sadece muda diye adlandırılan tek tip bir israfın ortadan kaldırılmasına odaklanmamaktadır. 3M olarak bilinen, birbirleriyle ilişkili muda, muri ve mura isimli üç tip israfın yok edilmesine odaklanmaktadır. Muda kısa vadede maliyet azaltımı sağlamaktadır fakat yalın düşüncede gerçek ve

çok daha zor iş uzun vadede muri ve mura'dan kurtulabilmektir (Morgan & Liker, 2006).

- Muda (değer katmayan): Toyota Üretim Sistemi'nin yedi israfını içeren ve müşterinin ödemeye gönüllü olmadığı uzun bekleme süreleri ve ürüne ekstra maliyet yükleyen herhangi bir faaliyet olarak tanımlanmaktadır.
- Muri (aşırı yük): Bir makine, süreç yada kişiye doğal sınırlarının ötesinde yüklenmedir. Aşırı yüklenen kişi potansiyel güvenlik risklerine ve aşırı yüklenen ekipman arıza ve hatalara neden olabilmektedir.
- Mura (düzensizlik): Düzensizlik, bilgisayar duruşları ya da eksik bilgi gibi iç problemlere neden olan düzensiz üretim çizelgesi ya da dalgalanan üretim hacimlerinden kaynaklanmaktadır (Morgan & Liker, 2006).

Bu israflar yok edildiğinde veya azaltılabildiğinde işletmelerde önemli ölçüde iyileştirme sağlanmış olmaktadır. İyileştirmelerin sonuçları performans üzerinde etki ederek hem müşteriler hem de üreticiler açısından olumlu sonuçlar sergilemektedir.

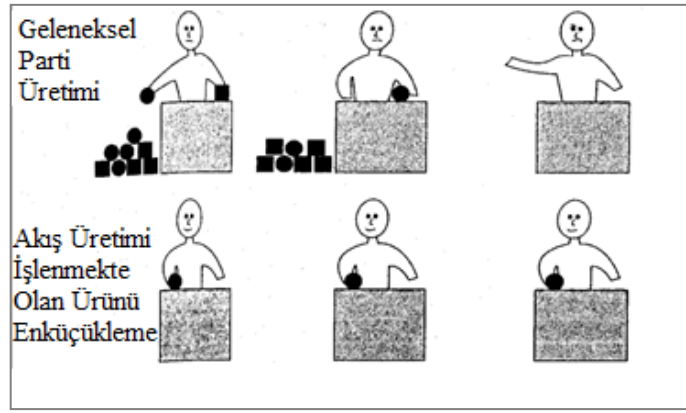
### 2.2.3. Akış

Yalın üretim sürecinde değeri doğru tanımlayan ve değer akışında israfa yol açan durumları ortadan kaldıran işletmeler gerçek anlamda önemli bir adım olan akış adımına geçmektedirler. Akış, israfların kaldırıldıktan sonra ürüne değer katan her aşamanın bir akış içinde olmasının sağlanmasıdır (Womack & Jones, 2007).

Akış, malzemenin üretim süreçleri boyunca ve müşteriye doğru sürekli hareketi olarak da ifade edilmektedir. Mükemmel bir akışa sahip bir operasyon yapılırsa stok, depolama alanı, taşıma ile ilişkili neredeyse tüm israflar ortadan kalkmış olabilmektedir (Allen, Robinson, & Stewart, 2001).

Akış ilkesinin potansiyelini ilk algılayanlar olarak Henry Ford ve ortakları gösterilmektedir (Womack & Jones, 2007). 1913 yılında T model Ford

için sürekli montaj hattını geliştirerek dünya üretiminde bir devrim yaratmışlardır. Toyota da Ford'un etkileyici sonuçlarını unutmuyarak akış mantığını çeşitli ortamlara uyarlamış ve hücresele üretimi kullanarak "tek-parça akışını" işlemlerine eklemiştir (Morgan & Liker, 2006). Toyota tam zamanında üretimi gerçekleştirmek için belirli tipteki makineleri bir arada gruplamak yerine ekipmanları sırayla düzgün, tek bir akışı sağlayacak şekilde düzenlemiştir (Black, 2008). Şekil 2.2'de geleneksel parti üretimi ve tek parça akışı üretimi gösterilmektedir.



Şekil 2. 2. Geleneksel parti üretimi ve tek parça akışı üretimi (Black, 2008)

Görmeyi Öğrenmek kitabında Womack ve Shook (1999); yalın değer akışının özelliklerini, üretimdeki bir sürecin bir sonraki sürece, ihtiyacı olan ürünü ihtiyacı olan zamanda üretmesi ve en kısa akış süresini, en yüksek kaliteyi ve en düşük maliyeti sağlayan düzgün, yapılandırılmış bir akış aracılığı ile üretim sürecini en son müşteriden hammaddeye bağlamak ifadeleri ile anlatmaktadırlar (Rother & Shook, 1999).

#### 2.2.4. Çekme

Çekme, sonraki müşteri talep etmeden, önceki tedarikçi tarafından hiçbir şey üretilmeyerek sonraki faaliyetlerden önceki faaliyetlere üretim ve teslimat talimatlarının kademeli olarak iletildiği sistemdir. Diğer bir deyişle ürünü



müşteriye itmek yerine müşterinin ürünü ihtiyaç duydukça üreticiden çekmesidir (Womack & Jones, 2007).

Taiichi Ohno'nun öncülüğünü yaptığı çekme sistemi, bir fabrikanın kendi iç üretim akışı içinde bir sonraki aşamadaki işçinin kendi üretim istasyonu için o an gerekecek miktarda parçayı bir önceki aşamadan çekmesidir (Okur, 2005). Amaç adlı kitapta fabrikanın çalışması ile ilgili işlem kurallarını geliştirmeyi sağlayacak akış, envanter ve işletme giderleri adıyla üç ölçüt tanımlanmıştır. Bu ölçütlerden akış, sistemin satışlar aracılığı ile yarattığı para olarak ifade edilir. Bir fabrikada ürün üretiliyor fakat müşteriye ulaşmıyorsa yani satılmıyorsa bir akıştan bahsetmek doğru değildir (Goldratt, 2007). Diğer bir deyişle müşteri çekmiyorsa üretim yapmanın anlamsız olduğu ortaya çıkmaktadır.

Müşterilere varolan ya da varolmayan talepleri ürün olarak iten üretim süreçleri yerine tüm çekme sistemi üretimi gerçek talep tarafından çekme ya da anında cevaplanma ile bağlantılıdır (Black, 2008). Doğru bir yol izleyerek müşteri istediği anda sistemden çekilen değer, kaynakların boşa kullanılmamasına, stokların azalmasına ve hatta tamamen kalkmasına yardımcı olmaktadır.

### 2.2.5. Mükemmellik

Değer doğru tanımlanarak, değer akışı içindeki israflardan arındırıldığında, değer yaratan her şeyin sürekli bir akış içinde olması sağlanılarak müşterinin istediği anda değeri işletmeden çekmesi gerçekleştirilince mükemmellik ifadesi bu adımların ardından başarılması zor bir adım olarak görülmemektedir (Womack & Jones, 2007).

Üreticinin ve ilişkide olduğu müşteriler ve tedarikçilerin her safhada mükemmellik arayışı çeşitli yollarla olabilmektedir (Rich, Bateman, Esain, Massey, & Samuel, 2009; Womack & Jones, 2007). Muda'nın ortadan kaldırılması için bir faaliyette uygulanan radikal iyileştirmeler (kaikaku) ya da kaizen ile yapılan sürekli iyileştirmeler örnek olarak verilebilir. Üretici müşterilerle iletişim halinde olarak hep daha iyiye ulaşmak (mükemmel) için uğraşmaktadır (Womack & Jones, 2007).

Yalın düşünürler mükemmelliği hedeflerler ve böylece iyileştirme döngüsü asla sona ermez (Melton, 2005). Mükemmellik adımını Yalın Düşünce kitabındaki şu ifade ile özetlemek de mümkündür:

“Mükemmellik sonsuzluğa benzer. Onu hayal etmek (ve ona ulaşmak) gerçekte olanaksızdır, fakat bu yöndeki çabalar, ilerlenen yolda gelişme sağlamak için gerekli olan esin kaynağını ve yönlendirmeyi oluşturur (Womack & Jones, 2007).”

### 2.3. Değer Akış Haritalama

Değer akışını haritalama, ürünün geçtiği değer akışı boyunca oluşan malzeme ve bilgi akışını görmeye ve anlamaya imkan sunan bir “kağıt kalem” tekniğidir (Rother & Shook, 1999).

Üretim sistemindeki ya mevcut durumu ya da gelecek durumu yansıtan değer akış haritalama, değer akışındaki bilgiyi basit bir şekilde bir haritaya transfer etmeyi sağlar (Chen, Li, & Shady, 2010). Bu haritalama tekniği üretim alanında turlayarak ve süreç adımlarını belirleyerek üretim alanında yaratılmaktadır (Duggan, 2002). Bu yöntem aslında üretimde israf tarafından kesilen bir dizi süreçteki malzeme dönüşümünü göstermektedir (Morgan & Liker, 2006).

Rother ve Shook (1999) değer akışını haritalamanın gerekliliğini nedenler sunarak açıklamaktadır. Değer akış haritalama :

- Üretimdeki tek bir süreçten daha fazlasını görmeye yardımcı olmaktadır.
- Sadece israfları değil israf kaynaklarını da göstermektedir.
- Üretim süreçleri ile ilgili ortak bir konuşma dili sağlamaktadır.
- Akış ile ilgili kararlar tartışılabilir aksi takdirde sahada alınan kararlar ve detaylarda hata olabilmektedir.
- Yalın kavramlar ve yalın teknikleri birbirine bağlamaktadır.
- Yalın uygulama için bir uygulama planına temel oluşturmaktadır.
- Bilgi ve malzeme akışları arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

- Herhangi bir katma değer yaratmayan stok seviyesi gibi sayısal değerleri sunan nicel teknik ve yerleşim planı hazırlamak yerine akışı yaratmak için işletmeyi nasıl çalıştırmak gerektiğini detaylı şekilde tanımlamayı sağlamaktadır (Rother & Shook, 1999).

Değer akış haritalamanın temel dayanağı müşterinin bakış açısından akışı anlamaktır (Duggan, 2002). Bu sayede yalın uygulayıcılarında sıklıkla üzerinde durdukları müşterinin ödemeye gönüllü olmadığı, ürüne değer katmayan adımlar, israflar açık bir şekilde görülmektedir. Değer akış haritalama yöntemi aşağıda belirtilen adımlardan oluşur:

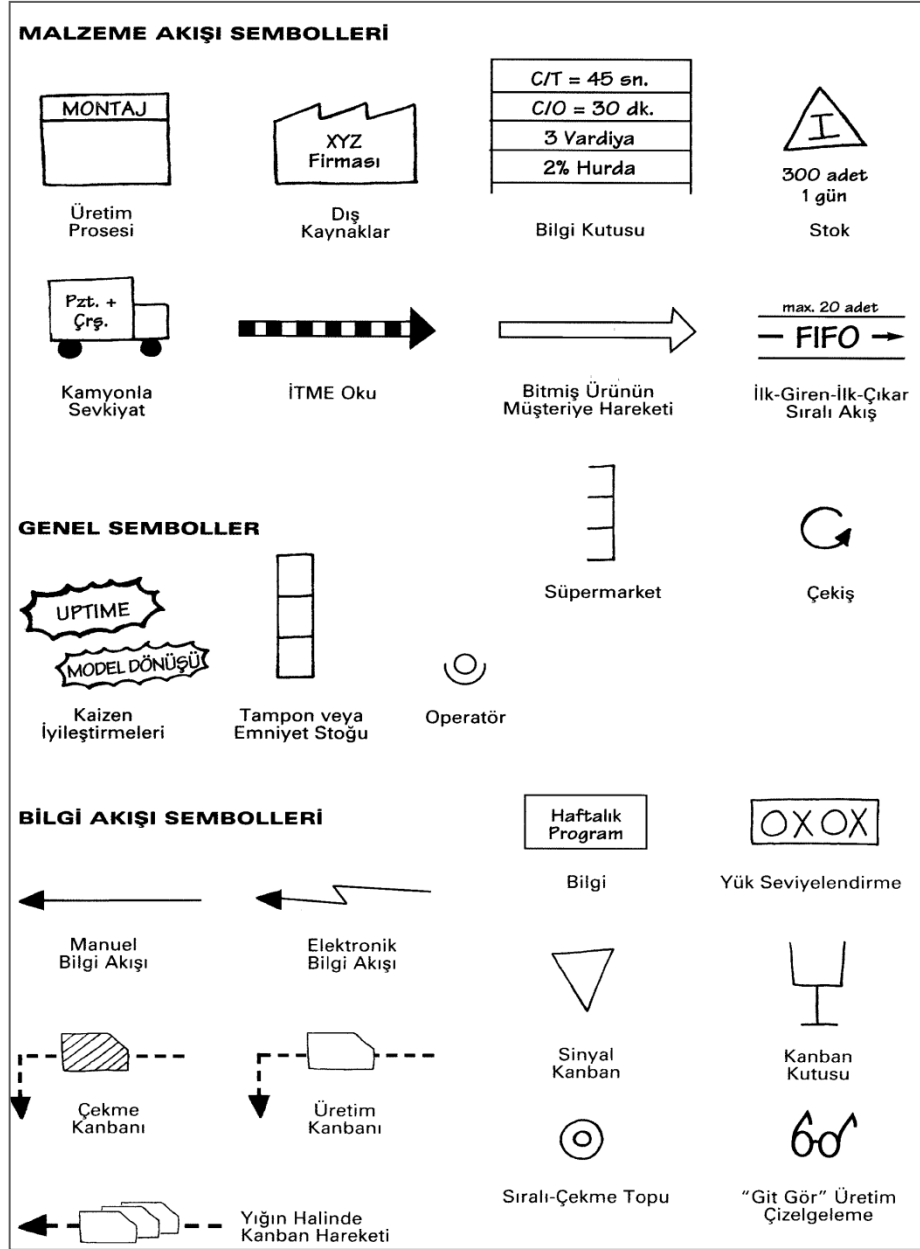
1. Tek bir ürün ailesi seçilir ve haritalama çalışması bu ürün ailesi üzerinden yapılır.
2. Değer akış yöneticisi belirlenir. Bu kişi ürün ailesinin değer akışını anlama ve iyileştirme sorumluluğunu üstlenmelidir.
3. Haritalama işlemine “kapıdan kapıya” seviyesinden başlanır.
4. Malzeme ve bilgi akışları birlikte gözlemlenerek haritalama yapılır.
5. Üreticinin varolan durumunu yani fabrikanın süreç akışlarını grafiksel olarak sunan mevcut durum değer akış haritalandırması yapılır.
6. Mevcut durum değer akış haritalama yapılırken çevrim süresi, kalıp değiştirme süresi, operatör sayısı, vb. süreç bilgileri haritalama sürecinde toplanarak haritaya kaydedilir.
7. Mevcut durum değer akış haritasından hareketle israf kaynaklarının ortadan kaldırılması ve müşteri için değer artırılması için yalın teknikler kullanılarak gelecek durum değer akış haritası çizilir.
8. Gelecek durum haritası için bir uyarılma planı oluşturulur.
9. Belirlenmiş sürekli iyileştirme faaliyetleri ile gelecek durumu gerçekleştirilir (Rother & Shook, 1999; Allen, Robinson, & Stewart, 2001; Duggan, 2002).

### 2.3.1. Mevcut durum değer akış haritası

Yalın üretim yolculuğu bazı konularda herhangi bir diğer yolculuktan farksızdır. Eğer başlangıç noktası bilinmiyorsa seyahat edilecek doğru yolu belirlemede imkansızlaşmaktadır. Yalın üretimde de mevcut durum haritalama yolculuğun başlangıç noktasını belirlemede popöler bir metottur (Allen, Robinson, & Stewart, 2001). Üretim alanında varolan durumu görselleştirerek herkesin anlayabileceği şekilde anlatması bakımından mevcut durum değer akış haritası önemlidir.

Haritalama görevinin değer akışı yönünde hızlıca ilerledikten sonra teslimattan yani akış yönünün tersinden başlayarak yapılması, gerekli bilgilerin haritayı çizecek kişi tarafından bizzat toplanması, haritanın tamamının bu kişi tarafından çizilmesi ve kurşun kalem kullanılarak çizim yapılması önemli ipuçlarıdır (Rother & Shook, 1999).

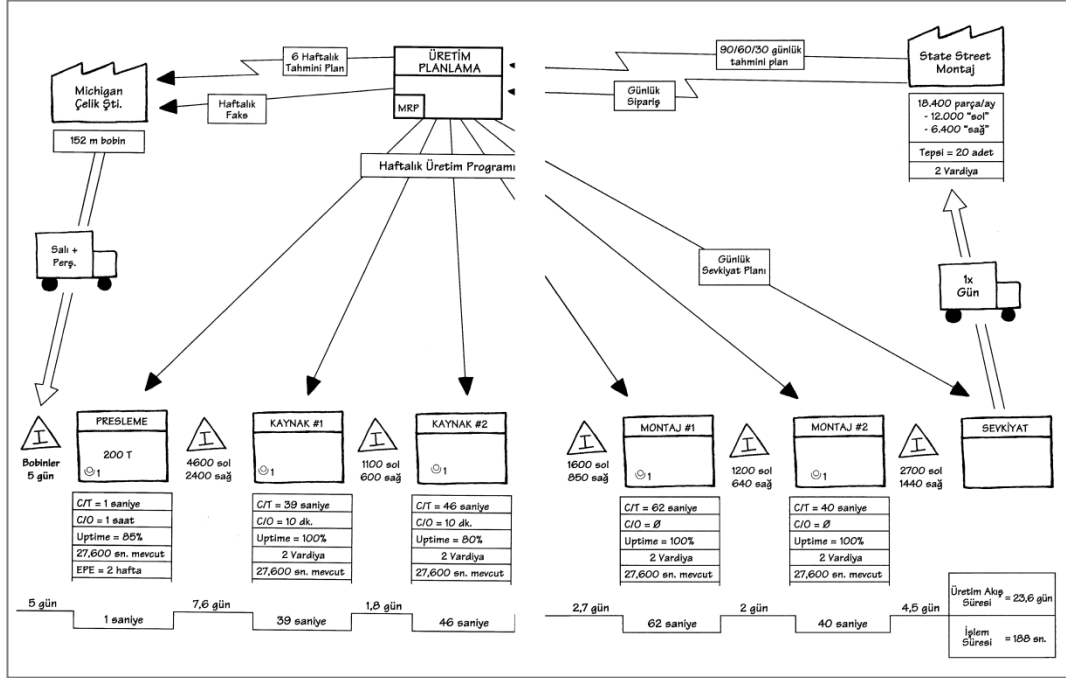
Haritalama için malzeme akışı, bilgi akışı ve genel olmak üzere üç kategoride belirli semboller kullanılmaktadır (Rother & Shook, 1999). Bu semboller değer akış haritaları üzerinde çalışan, inceleyen herkes için ortak bir dil görevi görmektedir. Başlıca kullanılan semboller şekil 2.3'te sunulmuştur.



Şekil 2. 3. Değer akış haritası sembolleri (Rother & Shook, 1999)

Mevcut durum değer akış haritalarına malzeme akışı ve bilgi akışları (operatör sayısı, işlenmekte olan ürün adedi vb.) kaydedildikten sonra malzemenin üretim sahasına girdiği andan nihai ürün haline dönüşümüne kadar geçen süreçteki toplam süreye ürüne ait işlem süresi hesaplanarak haritaya yazılmaktadır. Mevcut durum değer akış haritaları darboğaz yaratan kaynakları,

ürüne değer katmayan adımları, israfları görmek açısından önemlidir. Örnek bir mevcut durum değer akış haritası Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2. 4. Örnek bir mevcut durum değer akış haritası (Rother & Shook, 1999)

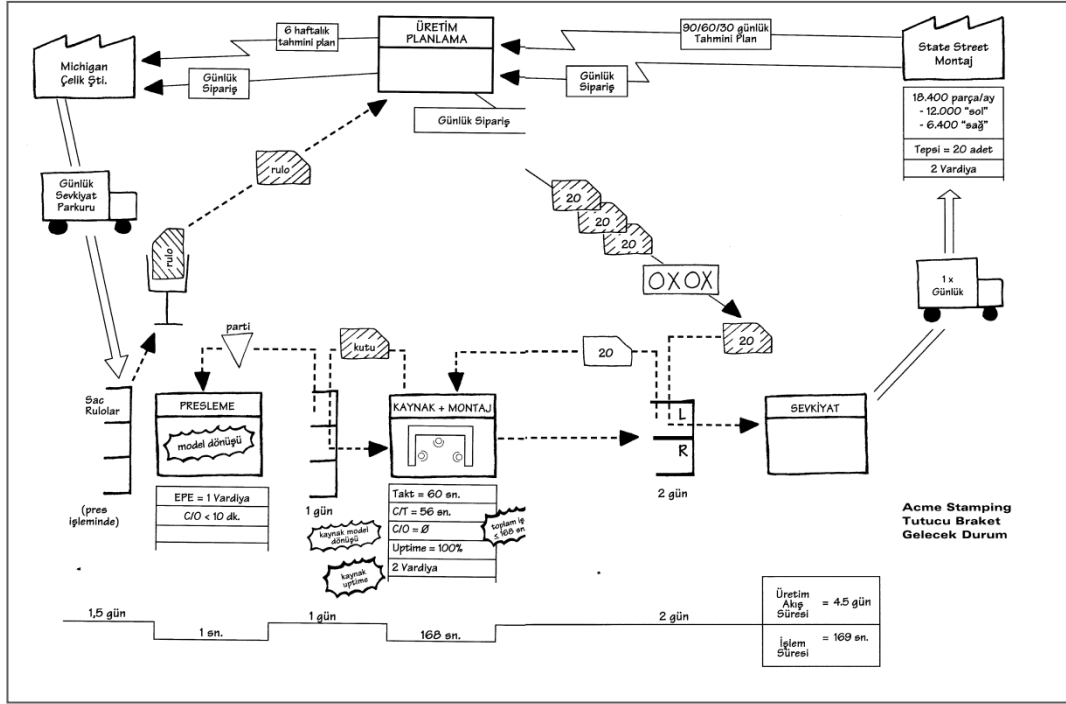
### 2.3.2. Gelecek durum değer akış haritası

Gelecek durum değer akış haritası hazırlama ve tanımlama süreci mevcut durum değer akış haritasını geliştirirken, iyileştirme yapılacak hedef alanların nereler olduğu görünmeye başladığında başlamaktadır (Abdulmalek & Rajgopal, 2007). Doğru bir mevcut durum bir kez belirlendiğinde bir sonraki adım daha az israfla yalın bir gelecek durum tasarlamaktır. Bu da hedeflenen üretim hızı (takt süresi), sürekli akış, çekme, karışık yükleme gibi birtakım yalın standart ilkeleri izleyerek yapılmaktadır (Duggan, 2002).

Gelecek durumu yapılandırmak için genel, teknik uyarlama (heijunka) detayları ve iyileştirme (kaizen) olarak üç grup halinde belirlenmiş anahtar sorular Çizelge 2.1'de sunulmuştur (Rother & Shook, 1999; Sullivan, McDonald, & Van Aken, 2002). Örnek bir gelecek durum değer akış haritası Şekil 2.5'te gösterilmiştir.

**Çizelge 2. 1.** Gelecek durum için anahtar sorular ((Rother & Shook, 1999)

<b>Soru Grupları</b>	<b>Anahtar Sorular</b>
Genel	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Hedeflenen üretim hızı (takt süresi) nedir?</li><li>2) Müşterinin çekiş yaptığı bitmiş ürün süpermarketi mi kurulacak yoksa doğrudan sevkiyata mı üretim yapılack?</li><li>3) Sürekli akış sistemi nerede kurulabilir?</li><li>4) Süpermarket çekme sistemleri nerelere kurulacak?</li><li>5) Üretim zinciri üzerinde hangi noktada (hız ayarlayıcı süreç) üretim çizelgeleme yapılacak?</li></ol>
Heijunka	<ol style="list-style-type: none"><li>6) Hız ayarlayıcı süreçte üretim karmaşı nasıl seviyelendirilecek?</li><li>7) Hız ayarlayıcı sürece sürekli olarak hangi miktarda iş gönderilip çekilecek?</li></ol>
Kaizen	<ol style="list-style-type: none"><li>8) Değer akışının gelecek durum haritasına belirtildiği gibi akması için ne tür iyileştirmelere ihtiyaç vardır?</li></ol>



Şekil 2. 5. Örnek bir gelecek durum değer akış haritası (Rother & Shook, 1999)

## 2.4. Yalın Üretim Teknikleri

Yalın üretim, içinde birçok tekniği barındıran bir üretim şeklidir. Üretimde verimi arttırmak ve israfları mümkün olduğunca azaltmak için bu teknikler uygulanmaktadır. Akış hatlarında kullanılan başlıca yalın üretim teknikleri aşağıda tanıtılmaktadır.

### 2.4.1. Kanban

Kanban yalın üretim sistemi uygulamaları yapılan birçok işletmede kullanılan bir tekniktir. Japonca karşılığı kart anlamına gelmektedir (Brownie, Harhen, & Shivnan, 1996).

Kanban, Toyota üretim sisteminin çalışma metodudur. Çok yaygın kullanılan formu, vinil bir dikdörtgen zarfın içinde yer alan bir parça kağıttır. Bu kağıt parçası üç kategoride bilgiler taşır: (1) sevkiyat bilgisi, (2) taşıma bilgisi, (3) üretim bilgisi (Ohno, 1988).



Kanban sistemi, bir fabrikanın her süreci ve aynı zamanda firmalar (yan sanayiler) arasında gerekli zamanda, gerekli miktarda gerekli ürünlerin üretimini uyumlu bir şekilde kontrol eden bir bilgi sistemidir. Kanban, Toyota’da tüm Toyota üretim sisteminin bir alt sistemi olarak kabul edilmektedir (Monden, 1998). Kanban sistemi, mevcut aşamadaki üretimin izleyen aşamaların talebine bağlı olması yönüyle çekme sistemi olarak da bilinir (Huang & Kusiak, 1996).

Ohno’ya (1996) göre kanban’ın çeşitli işlevleri vardır. Kanban’ın işlevleri ve açıklamaları genel olarak Çizelge 2.2’de açıklanmaktadır.

**Çizelge 2. 2.** Kanban’ın işlevleri ve açıklamaları (Ohno, Toyota ruhu, 1996)

Kanban İşlevi	Açıklaması
Sipariş ya da nakliye fişi yerine geçer.	Üretime yönelik bilgilerin toplanmasında kanban bir araç olarak kullanılır ve üretim siparişleri ile ürünlerin nakliyesine yönelik bilgileri içerir.
Üretim siparişi yerine geçer.	
Üretim fazlasının önlenmesini sağlar.	Kanban kullanılmadan üretilmesini ve çekilmesini yasaklar.
Atölyedeki ürünlerin ihtiyacı karşılmasını garanti eder.	Her ürüne bir kanbanın iliştilmesini anlatır.
Hatalı üretimi önleyerek ürünlerin kalitesini garanti eder.	Hatalı hiçbir ürünün bir sonraki sürece geçirilmemesini anlatır.
Sorunlar belirlenir ve depo kontrol altında tutulur.	Üretim sürecindeki kanban sayısının azami şekilde düşürülmesi gerektiğini belirtir.

Genel olarak iki tip kanbandan söz edilmektedir. Bunlar üretim kanbanı ve çekme kanbanıdır. Çekme kanbanı, son montaj hattından başlayarak değişik atölyeler arasında ve yan sanayiler ile fabrika arasında ürün/parça çekilme

miktarını tanımlanmaktadır. Üretim kanbanı ise “üretim geç” sinyalini vermektedir. Üretim kanbanı her bir atölyenin ya da yan sanayinin kendi içinde üretimlerinin gerçekleşmesi sırasında kullanılmaktadır. Kanban örnekleri Şekil 2.6’da sunulmuştur (Okur, 2005; Brownie, Harhen, & Shivnan, 1996).

Shelf number A61		Preceding process	
Item number P-447		Frame preparation	
Item name Stool frame B		Subsequent process	
		Assembly	
Box capacity	Box type	Issued no	
10	A	3/4	

(a)

Shelf number A22		Process	
Item number P-447		Frame preparation	
Item name Raw frame			

(b)

Şekil 2. 6. Çekme kanbanı (a) ve üretim kanbanı (b) örnekleri (Brownie, Harhen, & Shivnan, 1996)

#### 2.4.2. Karışık yükleme ve üretimde düzenlilik

Üretim söz konusu olduğunda her zaman bir belirsizlik vardır. Bu belirsizlik de üreticileri çoğu zaman karmaşık bir üretim ortamı ile yüz yüze bırakmaktadır. Özellikle talepte meydana gelen değişkenliğe uyum sağlamak kitle üretimi yapan işletmelerde oldukça büyük bir problem olmaktadır. İşletmeler yalın üretime geçtiklerinde talepteki değişkenliğe kolayca uyum sağlamak için üretimde karışık yükleme tekniğini kullanmaktadır.

Karışık yükleme genel olarak önemli işleve sahiptir. Birinci işlevi, üretimin talep değişikliklerine hesaplanmamış bitmiş veya işlenmekte olan ürün

stoğu ile karşılaşılmaksızın kolayca uyumunu sağlamasıdır. İkinci olarak, birden fazla ürün modelinin ya da ürünün montaj işlemi, üretim alanında gerekli toplam hat sayısı ve bununla ilişkili toplam fabrika alanını azaltır. Son olarak da ürünleri bayilere ya da müşterilere istenilen sipariş bileşimine erişildikten sonra hemen sevkiyat işlemini sağlayarak gereksiz stok alanları bulundurmalarını bir zorunluluk olmaktan çıkartmaktadır (Okur, 2005).

Üreticiler üretim taleplerini karşılamak için karışık yükleme tekniği ile üretilecek ürünleri sıralarken karşılaştıkları en büyük sorun bunu sürekli ve düzenli bir şekilde sürdürememektir. Talepteki değişkenlik karışık yükleme işleminin de belirli bir düzen içinde olmasını gerektirmektedir. Yalın üretimde, üretimin bir süreklilik ve düzen içinde yürütülmesine, ve ürünlerin adet açısından birbirlerine oranlarının olabilecek en küçük birimlere indirgenerek üretilmelerine üretimde düzenlilik denilmektedir (Okur, 2005). Monden (1998), üretimde düzenliliği Toyota Üretim Sistemi'nin temeli olarak ifade etmektedir.

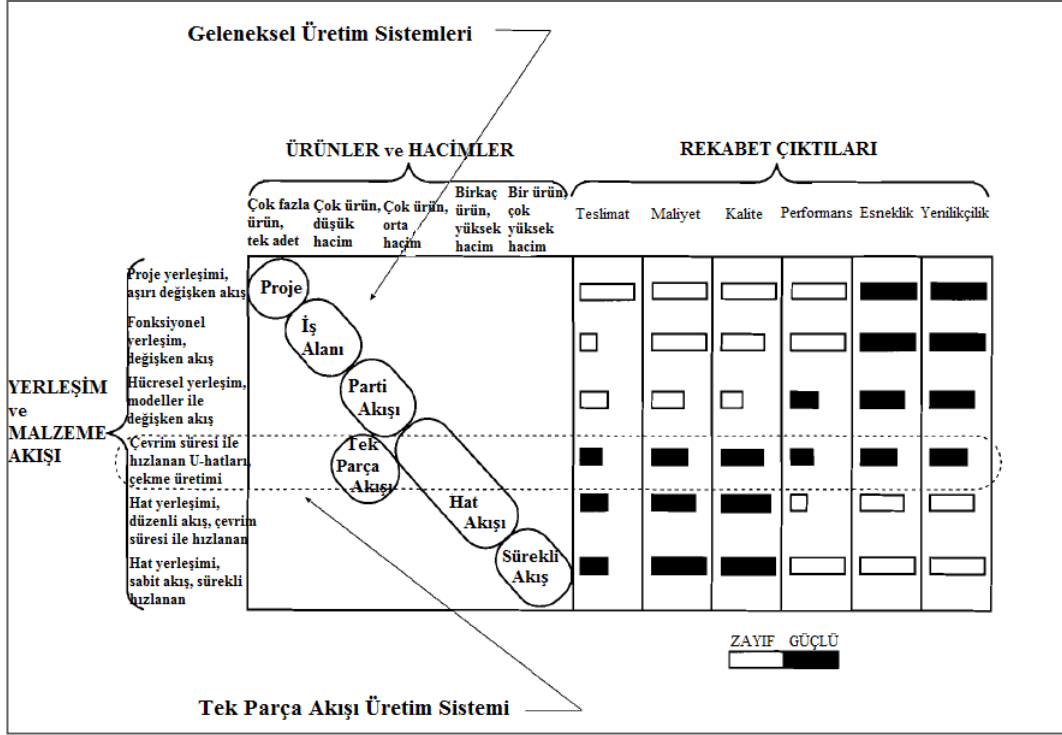
Üretimde düzenliliğin en önemli avantajları arasında üretimin talep değişkenliğine stok tehlikesine düşmeden uyumunu sağlamasıdır (Okur, 2005).

### 2.4.3. Tek parça akışı

Çoğu üretim sahasında tezgahlar ya da atölyeler arasında bulunan işlenmekte olan ürün stokları dikkat çekmektedir. Üretim sırasında da tezgahlar arasında çok sayıda ve gereksiz olarak tanımlanan taşımalar ile karşılaşılmaktadır.

Yalın üretimde, bu bekleme ve taşımaları ortadan kaldırmak için ürünün üretilmesi esnasında kullanılan her makine ve parçanın işleme akışına dayanarak birbiri ardı sıra yer alması ve parçanın bir önceki süreç için gereken makinadan bir sonraki süreçte kullanılacak makinaya hiç beklemeden geçmesi sağlanmaktadır. Bu şekilde ard arda sıralanan makinelerin yerleşimine “süreç-bazlı yerleşim” ya da “süreç-bazlı hat” ve bu sayede parçaların süreçler arasında teker teker aktarılmasına da “tek-parça akışı” denilmektedir (Okur, 2005). Miltenburg (2001) çalışmasında tek parça akışının önemini üretim sistemlerini sınıflandırdığı Şekil 2.7’de ayrıntılı şekilde vurgulamaktadır (Miltenberg, 2001).

Tek parça akışında süreçteki her işlem izleyen işlem için bir sonraki parça üzerinde çalışmaktadır (Allen, Robinson, & Stewart, 2001). Bu sistem işlemler arasındaki çizelgeleme, dokümantasyon ve boşa harcanan zamanı ortadan kaldırmaktadır (Black, 2008).



Şekil 2. 7. Tek parça akışı ve üretim sistemleri sınıflandırılması (Miltenberg, 2001)

#### 2.4.4. Tek Haneli Dakikalarda Kalıp Değişirme –SMED

Otomobil üretimi dahil birçok üretim sektöründe kalıplar kullanılarak malzemelere şekil verilmektedir. Bu nedenle farklı parçalar ve ürünlerin üretiminde kalıp değişimi yapılması kaçınılmaz olmaktadır. Örneğin, üretilen üründen farklı bir ürünün üretimine geçmek için uygun ortamı oluşturmak için sürebilen uzun hazırlık süreleri gerektirebilmektedir.

Genel olarak kalıp değişirme işlemi iç ve dış olmak üzere iki tiptedir. Dış hazırlık süresi (kalıp değişirme) için tezgah çalışırken gerekli ekipmanlar, sıradaki kalıp ve malzemeleri önceden hazırlamak ve kalıp değişiminin ardından tezgah çalışmaya başladıktan sonra sökülen kalıp, ekipmanlar ve malzemelerin

üretim alanından uzaklaştırılması gerekmektedir. İç hazırlık süresi işleminde de makine çalışmıyorken yapılan işlemlerin (kalıpların değiştirilmesi, gerekli ayarlamaların yapılması gibi) tamamlanmalıdır. Burada önemli nokta mümkün olduğunca iç hazırlık süresini oluşturan işlemleri dış hazırlık süresine dahil edebilmektir (Monden, 1998).

Otomobil endüstrisinde kullanılan kalıplar, genelde parçalara şekil vermek için baskı makinelerinde bulunan üst ve alt kalıpların metali baskı uygulayarak şekillendirilmesine yardımcı olmaktadır. Bu kalıpların maliyeti, makineye bağlanma prensibi ve dolayısıyla kalıp değiştirme süreleri de üreticiler için önem teşkil etmektedir. Toyota’da kısa süren kalıp değişiminin parti büyüklüğünü düşüreceği ve bitmiş ürün stoğunu azaltacağı Taiichi Ohno tarafından farkedilmiştir. Ohno, kalıp değişimini basite indirgeyen teknikler geliştirmiştir. SMED tekniği ise Shigeo Shingo tarafından geliştirilmiştir. Kalıp değişimi için uzman gereksinimi ortadan kalkmış ve kitle üretiminin büyük miktarda bitmiş ürün stoğu bulundurma gerekliliğine gerek kalmamıştır (Womack, Jones, & Roos, 1991; Monden, 1998).

#### 2.4.5.5S Tekniği

5S, Japonca’daki Seiri, Seiton, Seison, Seiketsu ve Shitsuke kelimelerini ifade etmektedir (Monden, 1998). Bu kelimeler, düzen ve temizlik faaliyetleri ile ilgili bir kurallar bütünü olarak tanımlanmaktadır. Bu beş S harfi ile başlayan teknik, firmaların işyerlerinin temizlik ve düzenliliğinden emin olmalarına yardımcı olmaktadır (Black, 2008).

Sırasıyla uygulanan bu adımlar ile iş yapılan ortamda daha önce farkedilmeyen hatalar ortadan kaldırılmaktadır. İsrarların önüne geçilmektedir. İşler daha kısa sürede tamamlanabilmektedir. 5S’i oluşturan kelimeler ve anlamları aşağıdaki gibidir.

- **Seiri (Ayıklama):** Seiri Japonca’da ayıklama anlamına gelmektedir. 5S tekniğinin ilk aşaması ayıklamadır. Çalışma alanında bulunan tüm öğeler “kesinlikle gerekli”, “belki gerekebilir” ve “gereksiz” gibi kategorilere ayrılır ve ayıklanır (Henderson & Larco, 1999).

Ayıklama işleminde tüm öğeler “kırmızı kart” adı verilen kartlar kullanılarak etiketlenir. Kırmızı kart aslında neyin gerekli olduğu ve nereye ait olduğu içindir. Bu kart kullanılarak çalışma alanındaki öğenin genel olarak hangi kategoriye ait olduğu (ekipman, hammadde, vb.), etiketlenme nedeni (dağınık halde durma, hurda, yerinde olmama, vb.) ve kullanılma sıklığı bilgilerini içermektedir. Üretim sahasındaki bu ayıklama ile çalışma alanı rahatlamaktadır (Rich, Bateman, Esain, Massey, & Samuel, 2009; Allen, Robinson, & Stewart, 2001).

- **Seiton (Düzenleme):** Japonca Seiton kelimesi tam olarak herşeyin en uygun biçimde konumlandırılması anlamına gelmektedir. Herkesin aradığı şeyi hızlı bir şekilde bulmasını sağlamaktadır (Monden, 1998). Kısaca herşeyin bir yeri olması ve herşeyin yerli yerinde bulunması şeklinde ifade edilmektedir (Henderson & Larco, 1999). En sık kullanılanların daha yakın yerlere konumlandırılması, görsel tekniklerin uygulanması (renklendirme, etiketlendirme) gibi ayrıntılarla düzenleme yapılmaktadır.

Düzenleme adımında üretim alanında bulunması gereken her bir öğe için sırasıyla; bir yer bulunması, öğeyi muhafaza edecek alan (dolap, raf, vb.) hazırlanması, her bir öğenin yerinin belirtilmesi, öğeye ait kodun (aynı kod öğenin muhafaza edildiği alanda da mutlaka olmalı) ve miktarının belirtilmesi ve son olarak da bu adımın bir alışkanlık haline getirilmesi şeklinde beş adımlık bir yolun takip edilmelidir (Monden, 1998).

- **Seiso (Temizlik):** Temizlik çalışma alanında kirlilik yaratan kaynakların neler olduğunun belirlenerek ortadan kaldırılması ve kirliliğin en aza indirilmesi için uygulanan aşamadır. Çalışma alanında bulunan kir, toz, akışkanlar ve diğer birikintilerin uzaklaştırılmasıdır. Aynı zamanda önleyici bakım süreci içinde oldukça önemlidir. Ekipmanların kirlenmesine neden olan kaynaklar çalışma alanından uzaklaştırıldığında ve ekipmanlar bir kez iyice temizlendiğinde devamlı denetlemeler önceden üretim duruşu ile sonuçlanan

potansiyel problemlere ışık tutar (Allen, Robinson, & Stewart, 2001). Temizlik aşamasında çalışanların sorumlulukları tanımlanır, ne sıklıkla temizlik yapılacağı belirlenir ve kontrol edilir.

- **Seiketsu (Standartlaştırma):** Yukarıda açıklanan diğer üç aşamanın belirli bir sistematikte yürütülmesi için yapılmaktadır. 5S uygulamasında süreklilik önemlidir çünkü çalışma ortamının ilk haline dönmesi istenmemektedir. Bu aşamayı yönetmek için 1-5 arasında (1- uygulanmadı, 5- tamamen uygulandı gibi) puanlama yapmak ve puanlamayı uyarı panoları, araçlar, malzeme stokları gibi bölümlere göre dağıtmak önerilmektedir (Rich, Bateman, Esain, Massey, & Samuel, 2009).
- **Shitsuke (Disiplin):** 5S uygulamasının başarılı olması için çalışanlar üretim alanındaki herşeyin kolay erişilebilir şekilde yer almasını bir alışkanlık haline getirmelidir. Sadece 5S bilgisine sahip olmak yeterli değil, 5S'i sürekli uygulamak gerekmektedir. Bu, çalışanların çaba harcayarak yaptıkları bir iş olmak yerine doğal bir davranış haline gelmelidir (Monden, 1998). İnsan doğası değişime karşı direnç göstermekte ve birkaç işletmeden daha fazlası kendilerini 5S uygulamalarını izleyen birkaç ay içinde kirli karışık bir alanda bulmaktadırlar (Smith & Hawkins, 2004).

#### 2.4.6. Poka-Yoke

Poka-Yoke Shingo tarafından türetilmiş, herhangi bir hataya çok yaklaşıldığında sürecin kendini durdurabildiği, yeniden işleme ya da harcanan zamanla birlikte problemin hemen düzeltilebildiği sistemler için kullanılmaktadır. Mevcut kaynaklarda hata önleme anlamında kullanılan bir terimdir (Black, 2008). Ohno (1996), Poka-Yoke tekniğini yanlış, eksik ve hatalı parçanın bir sonraki işleme geçişini önleyen genellikle montaj hatlarında kullanılan elektro-mekanik cihazlar olarak ifade etmektedir. Bu şekilde hata yerinde tespit edilmektedir.

Poka-Yoke ifadesinin diğer bir ifadesi de otonomasyondur. Yapılan temel iş, makinalara hatalı üretim olduğu zaman bu durumu saptayan ve

makine/işlemi otomatik olarak durduran cihazların yerleştirilmesidir. Böyle bir durum meydana geldiğinde sistem görsel ya da işitsel uyarı sistemleri ile işçileri uyarmaktadır. İşçiler ve mühendisler birlikte çalışarak; hatanın nedenini saptamakta ve gerekli düzeltmeleri yapmaktadır. Bu şekilde hatalı parça bir sonraki aşamaya geçmemiş olmakta ve hata nedeni ortadan kaldırıldığı için hata tekrar etmemektedir (Okur, 2005).

#### **2.4.7. Toplam üretken bakım**

Toplam Üretken Bakım (TÜB), yalın üretimde kullanılan ekipmanın verimliliğini arttırmak, makine hatalarından kaynaklanabilecek ıskartaların önüne geçmek amacıyla gerçekleştirilen çalışmaların tamamını kapsayan bir terim olarak bilinmektedir. TÜB kavramı Toyota'nın bir firması olan ve elektrik aksamaları üreten Japon Nippondeso şirketi tarafından geliştirilmiştir (Okur, 2005). TÜB, önleyici bakımdır, takım işidir ve tüm kazaların, hataların ve duruşların ortadan kaldırılmasını amaçlamaktadır (Smith & Hawkins, 2004).

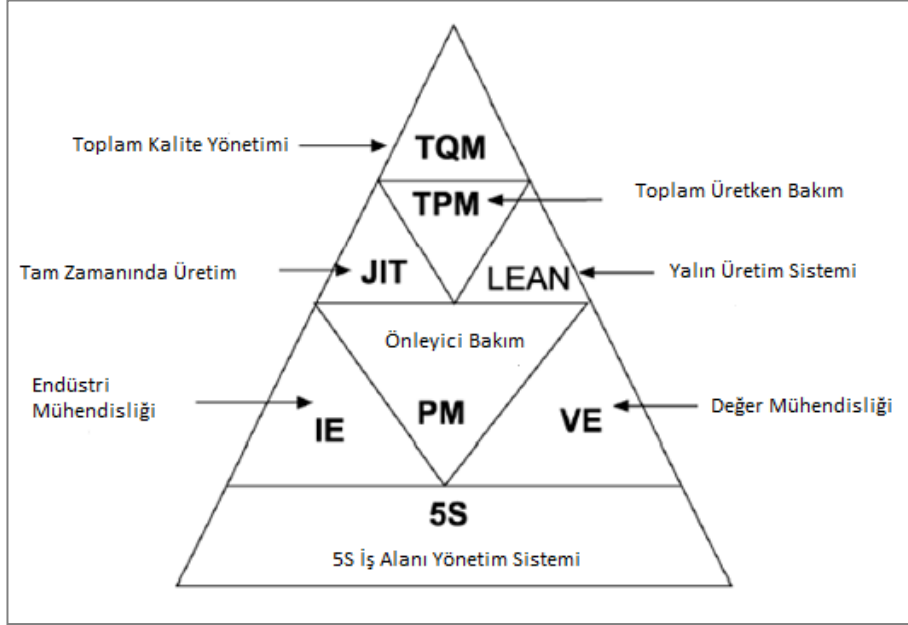
TÜB, ekipmanın ömrü boyunca ekipmanın etkinliğini arttırmayı amaçlar. Üretim sürecindeki her makinenin kendisinden beklenen görevleri yerine getirmesi ve böylece üretimin hiçbir zaman durmamasını sağlamak için kullanılan bir metotlar bütünüdür (Black, 2008). TÜB sekiz tane temel unsura dayanmaktadır (Rodrigues & Hatakeyama, 2006) ;

- Malzeme ve süreç gelişimi - işte istenen gelişime yol açmaya odaklanma.
- Otonom bakım - öz yönetim ve kontrol.
- Planlı bakım - bakımın günlük planlama ve planlı duruşlar ile birlikte etkin planlanması ve kontrolü.
- Eğitim ve öğretim - bakım çalışanları ve operatörlerinin teknik ve yönetsel yetenekleri ile kişisel ilişkilerinin arttırılması.
- Erken yeni ekipman yönetimi - yeni projeler ve kazanımların başlangıcından itibaren bakım çalışanlarının katılımı.
- Süreç kalite yönetimi - sıfır hata programının oluşumu.
- Ofiste TÜB - TÜB programına yönetimin katılımı, etkinliği.



- Güvenlik ve çevresel yönetim – sağlamlık, güvenli ve sürdürülebilir çevresel bir sistemin oluşturulması.

Şekil 2.8’de TÜB ve yalın üretim arasındaki ilişki anlatılmaktadır (Ahura & Khamba, 2008).



Şekil 2. 8. TÜB ve yalın üretim felsefeleri arasındaki ilişki (Ahura & Khamba, 2008)

#### 2.4.8. Kaizen

Kaizen, her sürecin gerekli süre, kullanılan kaynaklar, kalite bileşkesi ve süreçle ilgili diğer durumlar açısından sürekli değerlendirildiği, geliştirildiği ve küçük iyileştirmeler ile daha iyi yapıldığı sürekli gelişim felsefesi olarak tanımlanmaktadır (Black, 2008; Smith & Hawkins, 2004). Kaizen, kaliteyi; en yaygın biçimde iyileştirebilen her şey olarak da tanımlanmaktadır. Kaizen yaklaşımında amaç iyileştirme yapmak ve dolayısıyla kaliteyi arttırmaktır. Bu nedenle çağdaş bir yönetim tarzı olan “Toplam Kalite Yönetiminde” Kaizen felsefesini bir arada değerlendirmek gerekmektedir (Terli, 2009).

#### 2.4.9.Emeğe ve çalışanlara verilen değer, işçi hakları

Yalın üretim ve teknikleri incelendiğinde bu üretim sisteminin işletmelerdeki tüm çalışanların tam katılımına ve emeğine ihtiyaç duyan bir sistem olduğu açıkça görülmektedir. İşletmede en tepeden en alt seviyedeki çalışana kadar herkesin bu sistemi benimsemesi ve sahiplenmesi süreklilik açısından oldukça önemlidir. Çalışanların işlerini sahiplenmeleri çeşitli şekilde desteklenmeleri ile sağlanmıştır.

Yalın üretimde emeğe saygı önemli bir konudur. Çalışanlara hak ettikleri karşılığı hak ettikleri ölçüde verme anlayışı mevcuttur. Toyota'da özellikle, ömür boyu istihdam ve kademeli olarak kazanılan kıdemlilik ile prim ödeme konuları garanti edilmiştir. Kitle üretiminde değişken maliyet olarak algılanan işgücü yalın üretimde sabit maliyet durumundadır. Eskiyen bir makine amorti edilebilir ya da hurdaya ayrılabilirken Toyota'da kırk yıl üzerinde çalışmış bir insan, yeteneklerini sürekli geliştirmek ve kendi kas gücü kadar tecrübe ve bilgisinden faydalanmak adına işgücü olarak daha da önemli bir sabit maliyet anlamına gelmektedir. Ayrıca, belirli aralıklarla çalışanların çeşitli konularda kredi almaya hak kazanabilmesi, sağlık problemleri için firma hastanesinden yararlanabilmesi gibi birçok konuda desteklenmektedir (Okur, 2005; Womack, Jones, & Roos, 1991).

### 3. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

VZA, KVB olarak adlandırılan ürettikleri ürün ya da hizmet açısından birbirine benzeyen ekonomik karar birimlerinin göreceli etkinliğinin ölçülmesi için geliştirilen parametresiz bir etkinlik ölçüm tekniği olarak bilinmektedir (Kecek, 2010). Bir başka ifade ile VZA, işletmelerin göreceli etkinliğini parametresiz yöntemler kullanarak ölçen, girdi ve çıktılarının arttırım veya azaltım oranlarına göre etkinliğin ne oranda değişeceği hakkında bilgi veren bir yöntemdir (Kula & Özdemir, 2007)

VZA, çok sayıda girdi ve çıktı ile KVB'nin göreceli etkinliğini değerlendirmek için doğrusal programlama tekniğini kullanır (Zhu & Cook, 2007). Herhangi bir sayıdaki girdi ve çıktı karşılaştırmaya eklenebilmekte ve aralarında özel fonksiyonel bir ilişkinin olmadığı kabul edilmektedir. Ölçeğe göre sabit, değişken, artan ve azalan getiriye uyarlanabilmektedir (Alirazae, Howland, & Van de Panne, 1998).

VZA terimi, tarihsel olarak incelendiğinde Cooper, Charnes ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilmiş bir doğrusal programlama tekniği olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Bu tekniğin başlangıç noktası, Farrell'in etkinlik kavramları ve hesaplamaları üzerine 1957 yılında yayınlanan makalesidir (Forsund & Sarafoglou, 2002; Cooper, Seiford, & Tone, 2007).

Cooper, Charnes ve Rhodes'un 1978 yılında yayınladıkları araştırmada ölçeğe göre sabit getiri (CRS) varsayımına dayanan CCR modeli kullanılmıştır. Önerilen CCR modelinde KVB terimi ilk kez kullanılmıştır. Bu araştırmada gerçekleştirilen uygulama okulların verimliliklerini ölçmek üzere yapılmıştır (Charnes, Cooper, & Rhodes, 1978; Deniz, 2009).

VZA konusunda çok sayıda araştırma yapılmış ve çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Banker, Charnes ve Cooper (1984), ölçeğe göre değişken getiri (VRS) varsayımına dayanan BCC modelini geliştirmiştir. VZA konusunda CCR ve BCC modellerinin dışında toplamsal model ve çarpımsal model gibi çeşitli tipte modellerde mevcut kaynaklarda yer almaktadır (Cooper, Seiford, & Tone, 2007; Baysal, Alçılar, Çerçioğlu, & Toklu, 2005).

VZA konusunun tohumlarını atan Cooper, Charnes ve Rhodes'un makalesinden sonra konu hakkındaki araştırmalarda hızlı bir ilerleme görölmüştür. Sadece 2009 yılı içinde 700'den fazla VZA makalesi yayınlanmıştır (Seiford, 1997; Lui, Lu, Lu, & Lin, 2013; Gattoufi, Oral, & Reisman, 2004). Bu konuda yapılan araştırmalar incelendiğinde yöntemin çeşitli sektörlere uygulanmış olduğu görölmektedir. VZA'nin başlıca uygulama alanları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kecek, 2010).

- Bankacılık (bankalar, banka şubeleri),
- Sağlık (hastane, doktor),
- Eğitim ( üniversite, lise, ortaöğretim, kütüphane),
- Üretim alanında faaliyet gösteren firmalar,
- Sigorta şirketleri,
- Restoran ve lokantalar,
- Turizm işletmeleri.

### 3.1. Veri Zarflama Analizinin Matematiksel Gösterimi

Ramanathan (2003), grafiksel modellerin, büyük sayılarda girdi ve çıktıların olduğu durumlarda kullanılamayacağını belirtmiştir. Bu nedenle çoklu girdi ve çoklu çıktı durumunun üstesinden gelmek için genel bir matematiksel formölasyon gerekmektedir.

Bir KVB'nin girdileri (x), çıktıları (y) bilindiğinde fiili girdisi girdilerin ve fiili çıktısı da çıktıların ağırlıklı toplamı ile elde edilebilir. Bu KVB'nin etkinliği (3.1)' deki gibi ifade edilmektedir.

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Fiili Çıktı}}{\text{Fiili Girdi}} = \frac{\sum_{j=1}^J v_j y_j}{\sum_{i=1}^I u_i x_i} \quad (3.1)$$

$v_j$ :  $y_j$  çıktısına atanan ağırlık

$u_i$ :  $x_i$  girdisine atanan ağırlık

I ve J sırasıyla girdi ve çıktıların toplam sayısını ifade etmektedir.

Bir VZA çalışmasında etkinlikleri karşılaştırılacak N adet KVB olduğunda ve m inci KVB'nin etkinliğinin en büyüklenmesi istendiğinde matematiksel programlama modeli (3.2)' deki gibidir (Kecek, 2010; Ramanathan, 2003).

$$EnbE_m = \frac{\sum_{j=1}^J v_{jm} y_{jm}}{\sum_{i=1}^I u_{im} x_{im}} \quad (3.2)$$

Kısıtlar;

$$0 \leq \frac{\sum_{j=1}^J v_{jm} y_{jm}}{\sum_{i=1}^I u_{im} x_{im}} \leq 1 \quad (3.3)$$

$$v_{jm}, u_{im} \geq 0;$$

$$i = 1, 2, K, I;$$

$$j = 1, 2, K, J$$

Burada;

$E_m$ : m. inci birimin etkinliği

$y_{jm}$ : m. inci karar verme biriminin j.inci çıktısı

$v_{jm}$ : ilgili çıktının ağırlığı

$x_{im}$ : m. inci karar verme biriminin i. inci çıktısı

$u_{im}$ : ilgili girdinin ağırlığı

$x_{in}$ : n. inci karar verme biriminin i.inci girdisi

$y_{jm}$ : m.inci karar verme biriminin j.inci çıktısı

$y_{jn}$ :n.inci karar biriminin j.inci çıktısıdır. (n, m'yi kapsar) (Kecek, 2010).

### 3.2. Veri Zarflama Analizi Modelleri

VZA için geliştirilmiş çeşitli modeller (CCR, BCC, Toplamsal, Çarpımsal) bulunmaktadır. Bu modellerden başlıca bilinen ikisi açıklanmıştır.

- Charnes-Cooper-Rhodes (CCR) Modeli
- Banker-Charnes-Cooper (BCC) Modeli

#### 3.2.1. Charnes-Cooper-Rhodes (CCR) modeli

Bu model ölçeğe göre sabit getiri varsayımı ile toplam etkinliği ölçmektedir (Tarım, 2001). CCR modelinde n adet KVB her birinin m adet girdi kullanarak s adet çıktı ürettiği varsayılmaktadır. Buradan hareketle herhangi bir j (j=1,2,3,...,n) karar biriminin etkinliği belirlenmektedir (Kecek, 2010). Temel CCR modeli denklem (3.4) 'de gösterilmektedir.

$$Enbh_0 = \frac{\sum_{r=1}^n u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (3.4)$$

Kısıtlar, (3.5) formülündeki gibi gösterilebilir.

$$\frac{\sum_{r=1}^n u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1$$

$$u_r, v_i \geq 0;$$

$$r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m$$
(3.5)

(3.5)'de yer alan  $x_{ij}$  j. inci karar birimi tarafından kullanılan girdi miktarını,  $y_{ij}$  j. inci karar birimi tarafından kullanılan çıktı miktarını ifade etmektedir. Yukarıda verilen model kesirli programlama modeli formundadır. Bu modelin bazı işlemler sonucunda elde edilen doğrusal programlama modeli aşağıdaki verilmiştir (Kecek, 2010).

$$Enb\theta = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0}$$
(3.6)

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$$

$$\mu_r, v_i \geq 0$$
(3.7)

CCR modelinin bir versiyonu, verilen çıktı seviyeleri yeterli olduğunda girdiyi en küçüklemeyi amaçlayan girdiye yönelik CCR modelidir. Bir diğer CCR modeli ise çıktıya yönelik CCR modelidir. Bu model herhangi bir girdi miktarını daha fazla arttırmadan çıktıları enbüyüklemeyi amaçlamaktadır (Cooper, Seiford, & Tone, 2007; Kecek, 2010).

### 3.2.2. Banker-Charnes-Cooper (BCC) modeli

BCC modeli, Banker-Charnes-Cooper tarafından geliştirilmiştir ve mevcut kaynaklara BCC modeli olarak girmiştir. Bu model temelde ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanmaktadır (Yeşilyurt & Alan, 2003). BCC

modeli de CCR modelinde olduğu gibi girdiye ve çıktıya yönelik olarak iki tipte modellenmekte ve incelenmektedir.

BCC modelinin CCR modeli ile arasındaki temel fark ölçeğe göre değişken getiri modellerinin yoğunluk vektörü  $\lambda$  karar değişkenleri toplamının 1'e eşit olmaları ile kısıtlanmış olmalarıdır. Bu kısıt CCR yöntemindeki KVB'nin ölçek etkin olma zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır. BCC yöntemi ölçeğe göre değişken getiri varsayımı ile sadece yerel teknik etkinliği ölçmektedir. CCR modelinde tek girdi ve tek çıktı için etkinlik sınırının şekli, ölçeğe göre sabit getiri varsayımından dolayı orjinden geçen bir doğru biçimindedir. BCC modelinde ise parçalı doğrusal ve iç bükey biçimindedir. BCC modelinin olabilir bölgesi CCR modelinin olabilir bölgesinin bir alt kümesidir yani CCR modeli çözümünde etkin bulunan bir KVB, BCC modeli ile de etkin bulunur (Kecek, 2010; Ertuğrul & Işık Tuş, 2008).

### 3.3. Veri Zarflama Analizi -Uygulama Adımları

VZA uygulaması için izlenecek adımlar ve açıklamaları aşağıda anlatılmaktadır (Ramanathan, 2003; Kecek, 2010; Altan, 2010).

- Karar verme birimlerinin seçilmesi; KVB homojen birimlerden oluşmalıdır. Benzer amaçlara sahip olmalı ve aynı görevleri yapmalıdırlar. KVB'lerinin performansını tanımlayan girdi ve çıktılar yoğunluk ya da büyüklük dışında özdeş olmalıdır. Ayrıca KVB'nin sayısı da önemlidir. KVB sayısı fazla ise etkinlik sınırını belirleyen yüksek performanslı birimleri yakalama ihtimali de yüksek olmaktadır. Aynı zamanda çok sayıda KVB, girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkilerin kesin bir şekilde belirlenmesini sağlamaktadır.
- Girdi ve çıktılarının seçilmesi; girdi ve çıktılarının seçimi için tanımlı bir kural yoktur ve seçim kriteri oldukça öznelidir. VZA çalışması ile ilgili olduğu düşünülen girdi ve çıktılarının bir başlangıç listesi yapılmalıdır. Toplam girdi ve çıktı sayısını uygun seviyeye indirmek için nicel ya da nitel eleme yöntemleri kullanılarak girdi ve çıktılarının en önemli olanları belirlenebilir.



- Verilerin elde edilmesi; VZA çalışmasının girdi ve çıktıları belirlendikten sonra tüm KVB için girdi ve çıktı verileri doğru, eksiksiz ve güvenilir bir biçimde toplanmalıdır.
- Etkinliğin ölçülmesi, veriler elde edildikten sonra görelî etkinliğin ölçümü için en uygun VZA modeli seçilmektedir. KVB'nin her biri için 0 ile 1 arasında değişen etkinlik değerleri hesaplanarak etkinlik değeri 1 olan KVB etkin olarak kabul edilir. Bu KVB etkinlik sınırını oluşturmaktadır.
- Sonuçların değerlendirilmesi; her bir KVB için tüm girdi ve çıktıların göz önünde bulundurulduğu genel bir değerlendirme ile yapılır.

### 3.4. Veri Zarflama Analizinin Güçlü ve Zayıf Yönleri

VZA'nın güçlü yönleri, genel olarak aşağıda maddeler halinde sunulmuştur (Kecek, 2010; Aydemir, 2002).

- VZA, çok sayıda girdi ve çok sayıda çıktıyı kullanabilir.
- VZA sırasında elde edilen tüm veriler bir veri tabanında tutulabilir.
- VZA araştırmasında kullanılan girdi ve çıktıların farklı birimlerde ifade edilebilmeleri mümkündür.
- Girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkilerin belirli fonksiyonel şekillerde olmasını şart koşmamaktadır.
- VZA istatistiksel sınır yöntemlerinde ortaya çıkarılan ortalama fonksiyonun yerine en iyi gözlemlerce oluşturulmuş sınır fonksiyonunu kullandığı için verimlilik analizinin anlamını ve geçerliliğini güçlendirmektedir.

VZA'nın güçlü yönleri olduğu gibi zayıf yönleri de bulunmaktadır. Aşağıda maddeler halinde VZA'nın zayıf yönleri sunulmuştur (Aydemir, 2002; Kecek, 2010; Titiz, Demir, & Onat, 2007).

- VZA çalışmasında girdi ve çıktılar sonuçları üzerinde etkili oldukları için kritik bir girdi ya da çıktının çalışmanın dışında kalması gibi bir durumda elde edilen sonuçlar yanıltıcı olabilir.

- VZA’nde hesaplanan etkinlik değerleri hatalara karşı hassastır.
- Girdi ve çıktı ölçülerinin nitel olduğu durumlarda sonuçları zayıflatabilmektedir.
- VZA, farklı çalışma sonuçlarının kıyaslanmasına olanak sağlamamaktadır.
- VZA uygulamasında herbir KVB için ayrı birer doğrusal programlama modeli oluşturulacağından büyük boyutlu problemlerde çözümün elde edilme süresi uzamaktadır.

#### 4.YALIN ÜRETİM TEKNİKLERİNİN İŞLETMEDE UYGULAMASI

Tez çalışmasının bu bölümünde işletmede uygulanan yalın üretim teknikleri açıklanmıştır.

İşletme, aktarma ve dişli komponent teknolojilerini geliştirmek için araç üreticileri ile ortaklık içinde çok sayıda ülkede çalışan bir şirketin Türkiye ayağıdır. İşletmenin bağlı olduğu şirket dünyadaki otomotiv, uzay ve havacılık sektörü üreticilerinin tedarikçilerine liderlik eden bir kuruluştur. Bu şirket, dünyanın tüm önemli hafif ticari araç, tarım ve inşaat ekipmanları ve uçak motoru üreticilerine teknoloji tabanlı, yüksek mühendislik ürünleri sağlamaktadır.

Uygulama yapılan işletme ise 2008 yılında Eskişehir’de temelleri atılmış bir fabrikadır. Bu işletme 2009 yılının üçüncü çeyreğinde üretime başlamıştır. İşletmede otomobil aktarma sistemleri ve organları üretilmektedir.

İşletme yeni üretime geçmiş bir işletme olmakla birlikte her geçen gün hızla büyüyen ve müşteri sayısını arttıran bir işletmedir. Müşterileri arasında Renault-Oyak, Tofaş-Fiat, Ford Otosan gibi önemli firmalar yer almaktadır.

İşletmede üç tane montaj hattı bulunmaktadır. Bu hatlarda otomobil aktarma elemanları olan şaftlar üretilmektedir. İşletmede montaj işleminin yanı sıra işletmenin yurtdışındaki diğer kuruluşlarından gelen nihai ürünlerin müşterilere direkt sevkiyatı da yapılmaktadır.

##### 4.1.Yalın Üretim Uygulamaları

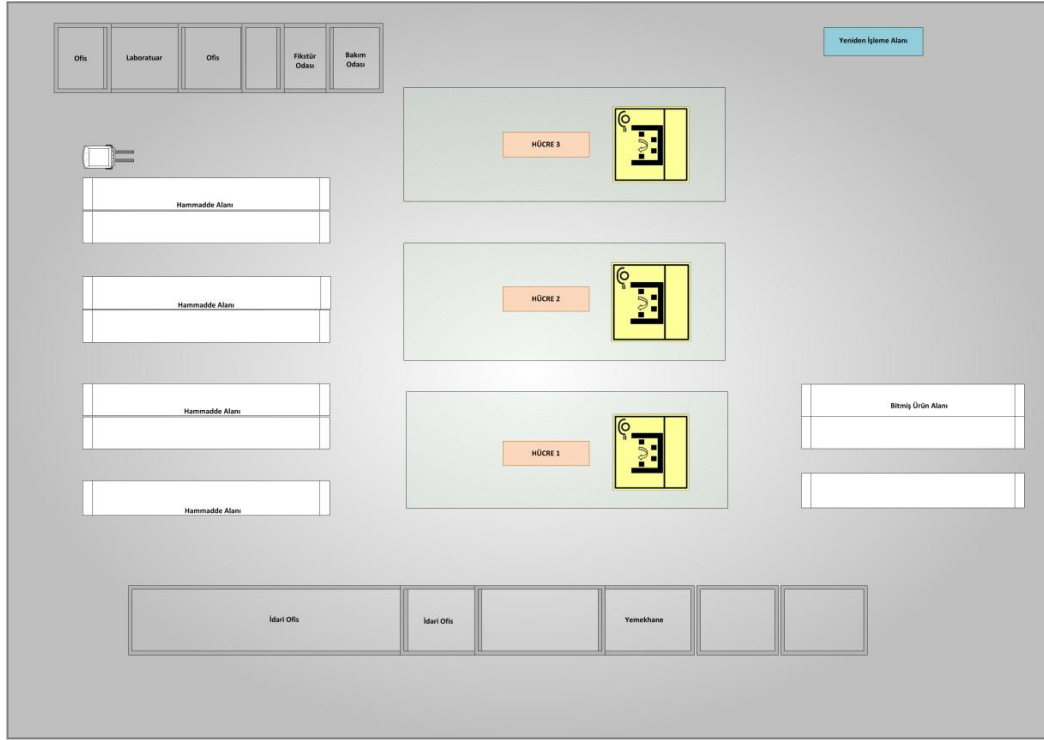
İşletme “sürekli iyileştirme” kavramını ilke edinmiş bir firmadır. Bu nedenle bu tez çalışması için yapılması uygun görülen yalın üretim tekniği uygulamaları, ilk defa yalın üretim ile tanışan firmalara kıyasla daha hızlı ve verimli ilerlemiştir.

Tez çalışması için öncelikle bir yalın üretim ekibi oluşturulmuştur. Bu ekip üretim mühendisliği yöneticisinin liderliğinde bir endüstri mühendisi, bir makine mühendisi ve vardiya amirlerinden oluşturulmuştur. Bilindiği üzere yalın üretim belirli kişilerin sorumluluğunda yürütülebilecek bir süreç değildir. Bu sürece herkesin etkin katılımı ile istenilen sonuçlara ulaşmak mümkün

olabilmektedir. Bu nedenle üretim alanında bulunan herkes yalnız üretim konusunda bilgilendirilmiş ve eğitilmiştir.

#### 4.2.Uygulama Bölgesinin Belirlenmesi

İşletme ilk kuruluş sürecinde iki tane hücre montaj hattında üretim yapmakta olan bir işletmeydi. Tez çalışması başlamadan kısa bir süre önce üçüncü bir hücre montaj hattı devreye alınmıştır. Mevcutta üç tane hücre montaj hattı ile üretim faaliyeti gerçekleştirilmektedir. Şekil 4.1’de fabrikanın yerleşimi genel olarak gösterilmektedir.



Şekil 4. 1. Fabrika genel görünümü

Hücre 3 diğer hatlara oranla daha eski tezgahlardan oluşan bu sebeple de daha az verimle çalışan bir üretim hattıdır. Aynı zamanda bu hücre yeni devreye alınmış bir hücre olduğu için daha fazla iyileştirme yapılmasına gereksinim duyulmaktadır. Uygulama yapılmak üzere üretim hatları ve üretim alanı incelendiğinde üçüncü montaj hattı olan “Hücre 3” ve çevresi iyileştirmelere

ihtiyaç duyulan en kritik bölge olarak belirlenmiştir ve tez çalışmasının uygulama bölgesi olarak seçilmiştir.

Hücre 3, sekiz tane işlemden oluşan bir montaj hattıdır. Hücrede dört tane operatör görev yapmaktadır. Operatörler hücrede buldukları konumlara göre farklı sayıda işlemde sorumludurlar. Hücre 3'te yapılan montaj ve işlemler kısaca şöyledir:

İşlem 20 (A): Parça 1 (şaft), Parça 2 (halka segman-circlip), Parça 3 (körük-boot) ve Parça 4 (küçük kelepçe - clamp) montajı.

İşlem 30: Parça 5 (FBJ) montajı.

İşlem 40: Parça 6 (körük) montajı ve gresleme.

İşlem 50: Parça 7 (tripod), Parça 8 (tripod segmanı) ve Parça 9 (büyük kelepçe-clamp) montajı.

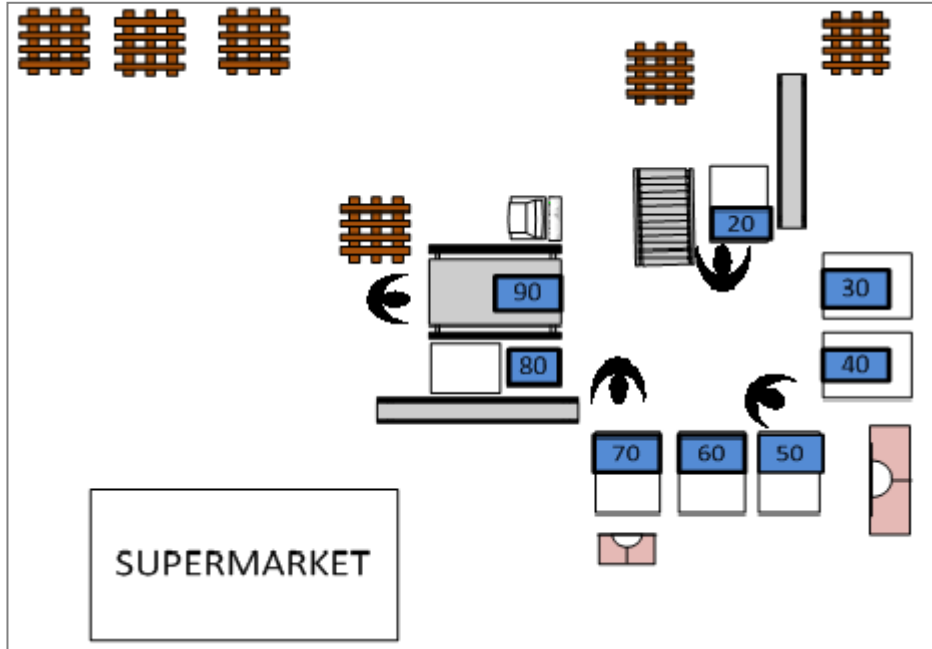
İşlem 60: Segman varlığı ve şaftın boy kontrolü.

İşlem 70: Tulip gresleme, Parça 10 (tulip) montajı ve Parça 11 (büyük kelepçe-clamp) montajı.

İşlem 80: Etiketleme ve ağırlık kontrolü.

İşlem 90: Montajı bitmiş parçanın son kontrolü.

Şekil 4.2'de Hücre 3'ün yerleşim planı verilmektedir.



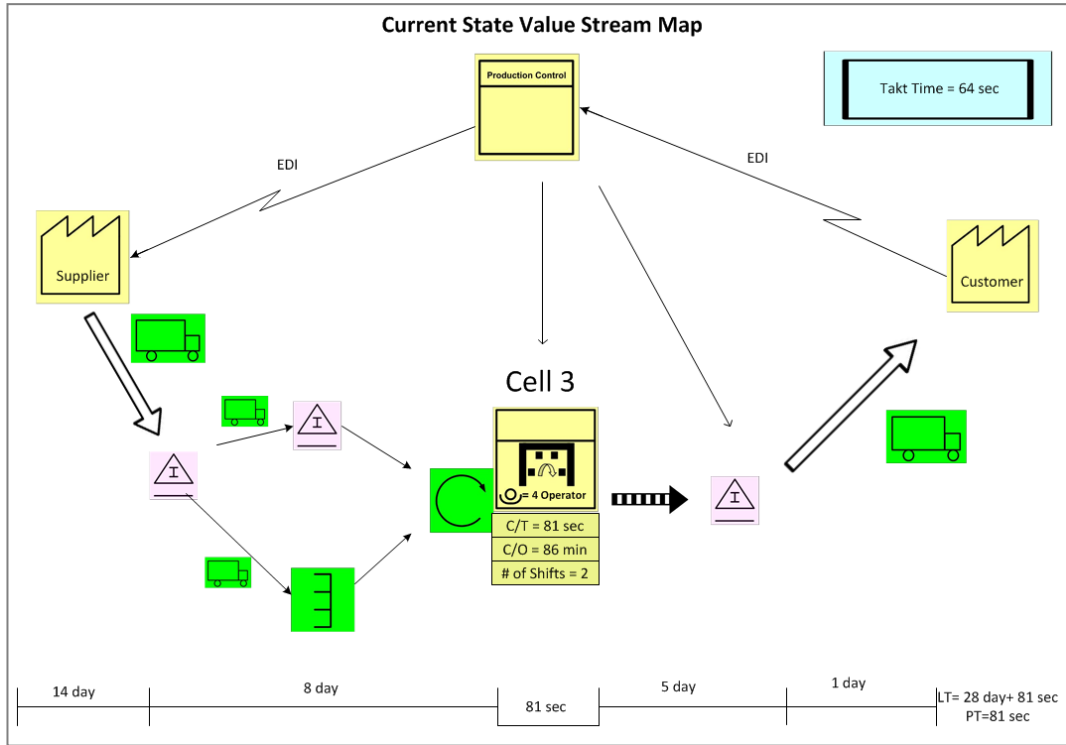
Şekil 4. 2.Hücre 3 yerleşim planı

### 4.3.Mevcut Durum Değer Akış Haritasının Oluşturulması

Yalın üretim uygulamalarına geçişte ilk adım olarak mevcut durum değer akış haritası oluşturmak var olan yapıyı ve işleyişi görmek açısından önemlidir. Değer akış haritası üretimde karşılaşılan sorunların daha net görülmesine böylelikle de üretime değer katan ve değer katmayan faaliyetleri ayırt etmeye yardımcı olduğu için ilk olarak Hücre 3'ün mevcut durum değer akış haritası oluşturulmuştur.

Hücre 3, iki vardiya üretim yapılan, dört operatörün çalıştığı bir montaj hattıdır. Kısa bir süre önce üretime geçmiş bir üretim hattı olduğu için günlük müşteri talebi hücrenin kapasitesinden daha azdır. Hedeflenen üretim hızı 64 saniye olarak bulunmuştur.

Uygulama bölgesi olarak belirlenen Hücre 3 mevcut durum değer akış haritası için aşağıda Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4. 3. Mevcut durum değer akış haritası

Mevcut durum incelendiğinde haritanın sağ alt köşesinde üretim akış süresi ve işlem süresinin yer aldığı görülmektedir. Bu iki sürenin farkı alındığında kalan süre üretim süreci boyunca geçirilen ve ürüne değer katmayan süreyi vermektedir. 28 gün 81 saniye olarak hesaplanan üretim akış süresi ile işlem süresi arasında 28 günlük bir fark vardır. İşlem süresinin üretim akış süresinin yanında çok küçük kaldığı görülmektedir. Bu durum mevcut durum değer akış analizi haritasında ilk dikkati çeken nokta olmaktadır.

Mevcut durum değer akış haritasındaki veriler incelendiğinde kalıp değiştirme süresinin 86 dakika sürdüğü ve bu sürenin uzun olduğu gözlenmiştir. Stokta bekleyen malzemeler ve nihai ürünlerin varlığı da mevcut durum değer akış haritasında açıkça görülmektedir.

#### **4.4. Gelecek Durum Değer Akış Haritası**

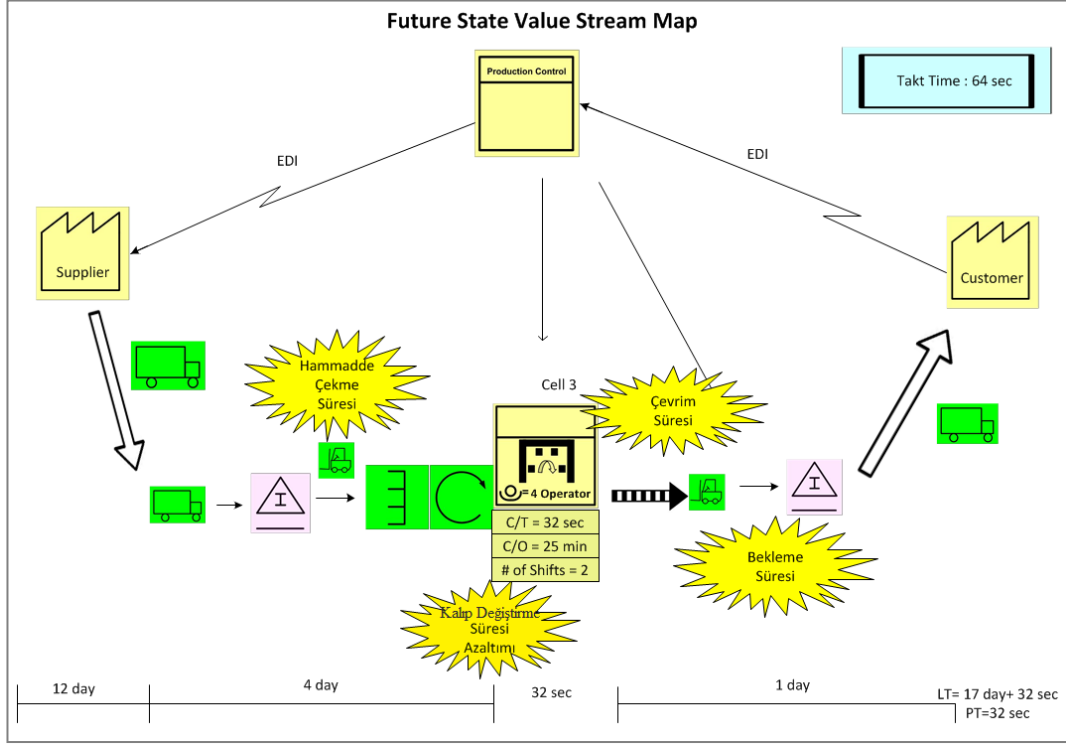
Hücre 3 ve çevresinde üretimin daha verimli hale gelmesi ve ürüne değer katmayan adımlardan mümkün olduğunca arındırılmış bir şekilde üretim yapılması hedeflenmiştir. Bölgede 5S, kalıp değiştirme süresi azaltımı, kaizen uygulamaları, kayıp zaman analizi, görsel yönetim ve standart iş çalışmaları yapılmasına karar verilmiştir. Operatörlerden üretim alanını gözlemleyerek öneriler yapmaları istenmiştir. Operatörler ve yalın üretim ekibi önerileri doğrultusunda hücre içinde uygun değişiklikler yapılmasına karar verilmiştir.

Mevcut durum değer akış haritası incelendiğinde stoklardaki bekleme sürelerinin uzun olmasından dolayı bekleme sürelerinin azaltılması öngörülmüştür. Malzemelerin hepsi yurtdışından geldiği için yolda geçen 12 günlük süre üzerinde yapılabilecek bir iyileştirme söz konusu olamamaktadır. Fakat yurt dışından gelen malzemeler antrepoya gelmekte ve burada 8 gün daha beklemektedir. Malzemelerin antrepodan hemen çekilmesiyle 4 günlük beklemenin ortadan kaldırılması planlanmıştır.

Nihai ürünün oluşması ile müşteriye gönderilmesi arasında geçen 4 günlük sürenin de 1 güne indirilmesi eylemler arasına alınmıştır.

Çevrim süresinin uzunluğu konusunda da hücre içinde bulunan işlemlerin sürelerini azaltmak için eylemler belirlenmiştir. Bu iyileştirmelerin hayata

geçirilmesi sonucunda öngörülen gelecek durum değer akış haritası Şekil 4.4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. 4. Gelecek durum değer akış haritası

## 4.5. Yalın Üretim Kapsamında Yapılan Çalışmalar

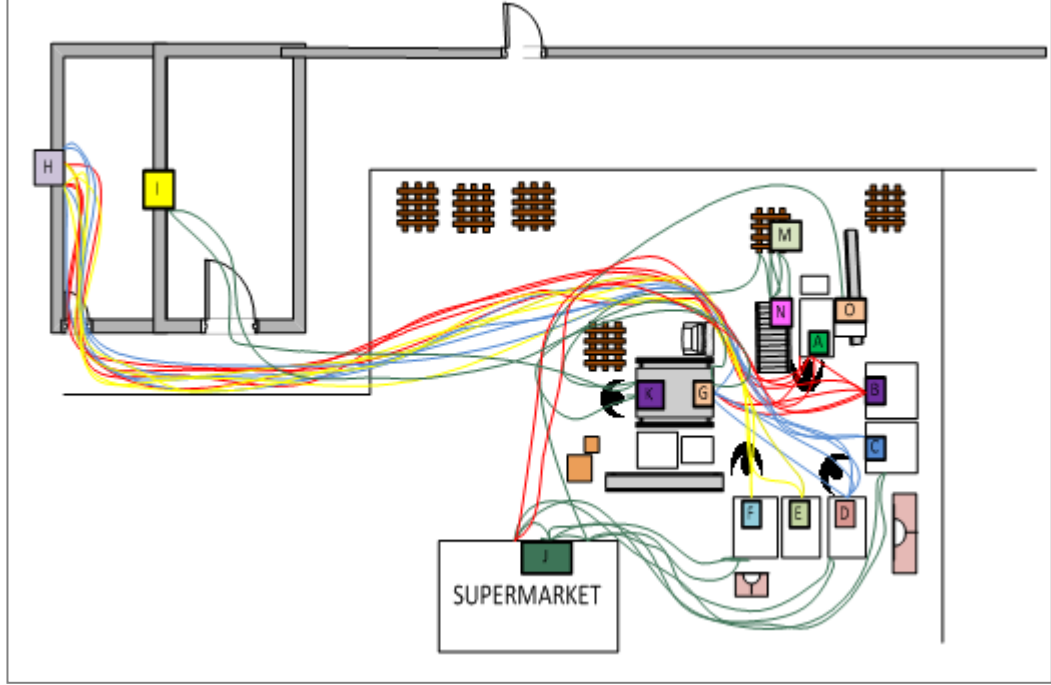
### 4.5.1. Kalıp değiştirme süresi azaltımı

Kalıp değiştirme süresi azaltımı çalışmasında amaç kalıp değiştirme sürecinin başlangıcından ilk hatasız parçanın üretimine kadar geçen süreyi mümkün olduğu kadar azaltmaktır. İşletmede uzun süren kalıp değiştirme ve hazırlık işlemleri incelenerek yapılması gereken düzenlemeler bu çalışma kapsamında altında uygulanmıştır.

Kalıp değiştirme sürelerinin uzun olmasından dolayı ilk adım olarak kalıp değiştirme süreci filme alınarak her bir operatörün hareketi gözlenmiştir. Kalıp değiştirme süresi 86 dakika olarak ölçülmüştür. Operatörlerin hareketlerini



belirlemek ve alınan mesafeyi bulmak için Spagetti diyagramı çizilmiştir. Çizilen Spagetti diyagramı Şekil 4.5'te görülmektedir.



Şekil 4. 5. Mevcut durum spagetti diyagramı

Şekil 4.5'te verilen spagetti diyagramı operatörlerin kalıp değiştirme süreci boyunca hareketlerini ve aldıkları mesafenin uzunluğunu açıkça göstermektedir. Spagetti diyagramı oluşturulduktan sonra şekilde harflerle belirtilen noktaların (A, B, C, D, ..., N) birbirlerine uzaklıkları ölçülmüştür. Uzaklık matrisi ve belirtilen noktalara gidilme sıklığı matrisi oluşturularak bu iki matristen hareketle toplam katedilen mesafe bulunmuştur. Toplam katedilen mesafe uzunluğu 408 metredir.

Bir sonraki adımda kalıp değiştirme sürecinin adımları detaylandırılmıştır. Bu adımlar iç ve dış kalıp değiştirme adımları olarak ayrılmıştır. Üretime değer katan ve katmayan durumlar belirlenmiştir.

Hücre 3 için kalıp değiştirme adımları aşağıda verilmiştir.

- Kalıp değiştirme için gerekli araç-gerecin bakım odasından hücre yanına getirilmesi.

- Hücrede yerleşik halde bulunan kolaylaştırıcıların (fiktür) her işlemde tek tek sökülmesi.
- İşlemlerden sökülen kolaylaştırıcıların operatörlerce takım odasına taşınması.
- Yeni modelin kolaylaştırıcılarının, operatörlerce hücre yanına taşınması.
- Takım odasından getirilen kolaylaştırıcıların işlemlere monte edilmesi.
- Yeni model için hücreye half şaft, boot, klamp, tripod, circlip beslemesi yapılması.
- İşlem ayarlarının yapılması ve deneme üretiminin gerçekleştirilmesi
- Kalıp değiştirmede kullanılan araç-gerecin bakım odasına geri götürülmesi.

**Çizelge 4. 1.** İç kalıp değiştirme adımları ve süreleri

	<b>İç Kalıp Değiştirme</b>	<b>Süre</b>
II.	Hücrede yerleşik halde bulunan kolaylaştırıcıların her işlemde tek tek sökülmesi.	24 dk
III.	İşlemlerden sökülen kolaylaştırıcıların operatörlerce takım odasına taşınması.	3 dk
IV.	Yeni modelin kolaylaştırıcılarının, operatörlerce hücre yanına taşınması.	3 dk
V.	Takım odasından getirilen kolaylaştırıcıların işlemlere monte edilmesi.	24 dk
VII.	İşlemlerin ayarlarının yapılması ve deneme üretiminin gerçekleştirilmesi.	15 dk
Toplam Süre		69 dk

**Çizelge 4. 2.** Dış kalıp değiştirme adımları ve süreleri

	<b>Dış Kalıp Değiştirme</b>	<b>Süre</b>
I.	Kalıp değiştirme için gerekli araç-gerecin bakım odasından hücre yanına getirilmesi.	1 dk
VI.	Yeni model için hücreye half şaftı boot, klamp, tripod, circlip, tulip beslemesi yapılması.	15 dk
VIII.	Kalıp değiştirmede kullanılan araç-gerecin bakım odasına geri götürülmesi.	1 dk
Toplam Süre		17 dk

Kalıp değiştirme işlemlerinin toplam süresi 86 dakika olarak belirlenmiştir. Kalıp değiştirme süresinin azaltımı kapsamında hücre ve

çevresinde genel iyileştirmeler yapılırken hücre içinde bulunan tüm işlemler için ayrı ayrı iyileştirmeler de yapılmıştır. İşlem bazında yapılan iyileştirmeler aşağıda detaylı şekilde verilmiştir.

### **İşlem 20**

- Şaft konveyörünün şaft kaldırma fonksiyonu her şaft tipi için düzgün çalışmıyordu düzeltildi.
- Segman sürücü her segman tipi için düzgün çalışmıyordu uygun ve çalışır duruma getirildi.
- Kelepçe beslemesi yapılırken eğimli kutudan kelepçeler yere dökülüyordu, dökülmemesi için kelepçeleri taşıyan eğimli kutunun ağzı genişletildi.
- İşlem 20’de kolaylaştırıcının monte edilmesi aylan ile yapılıyordu, kolaylaştırıcıya pim takılarak monte etme işlemi daha kolay ve kısa sürede yapılır hale geldi.
- İşlem 20’nin kolaylaştırıcıları işlemin yanına uygun yer yapılarak taşındı.
- Üç parça için ara stok yeri yapıldı.

### **İşlem 30**

- Kolaylaştırıcılar işlem yanına taşınarak uygun yer oluşturuldu.
- Her yeni model için kolaylaştırıcı işlemde sökülüp içindeki parçanın değişmesi için içi açılarak içindeki parça değiştiriliyordu. Yeni bir kolaylaştırıcı yaptırıldı ve şimdi sadece kolaylaştırıcı sökülüp yeni kolaylaştırıcı monte edilerek bu işlemin süresi kısaltıldı.
- İşlem yanına 1 tane ara stok için yer oluşturuldu.

### **İşlem 40**

- İşlemin kolaylaştırıcıları işlemin yanına uygun yer yapılarak taşındı.

### **İşlem 50**

- İşlemin kolaylaştırıcıları işlemin yanına uygun yer yapılarak taşındı.
- Tripod ve kelepçe besleme konveyörleri genişletilerek daha uygun hale getirildi.
- Kolaylaştırıcının monte işlemi aylan yardımı ile yapılıyor ve çok uzun sürüyordu. Kolaylaştırıcının monte edilme prensibi değiştirildi.
- Kalıp değiştirme esnasında ihtiyaç duyulan araç-gereçler için işlem yanına yer tanımlanarak yerleştirildi.
- Pozisyon kontrolü için iyileştirme yapıldı.
- Program modifikasyonu yapıldı.

### **İşlem 60**

- İşlemin kolaylaştırıcıları işlem yanına uygun yer yapılarak taşındı.

### **İşlem 70**

- İşlemin kolaylaştırıcıları işlemin yanına uygun yer yapılarak taşındı.
- Tulip yağlama konveyörü hücre içine alındı, işlem 80 hücreye yaklaştırıldı bu sayede operatörün gereksiz adımları ortadan kaldırılmış oldu.
- Kelepçe konveyörü değiştirildi işlem için daha uygun hale getirildi.

### **4.5.2. 5S tekniği**

5S çalışması kapsamında bir 5S takımı oluşturuldu. Bu takımda üretim mühendisleri, vardiya amirleri ve operatörler yer aldı. Uygulamanın yapılacağı 5S pilot bölgesi; Hücre 3, yeniden işleme alanı, bakım odası ve takım odası olarak belirlendi. 5S takımında bulunan herkese 5S hakkında eğitim verildi. 5S başlama vuruşu yapılarak çalışmalara başlandı. Öncelikle mevcut durum fotoğraflandı. 5S sürecinin takibi için 5S panosu oluşturuldu. Panoya 5S takımı listesi, mevcut durum fotoğrafları, sürecin adımları, uygulama bölgelerinin haritaları ve eylem listesi asıldı. Pilot alanda çalışan tüm çalışanlara 5S konusunda eğitim verildi. 5S

faaliyet planı oluşturularak yapılacak olan işler adımlandırıldı. Şekil 4.6'da 5S panosu görülmektedir.



Şekil 4. 6. 5S panosu

Ayıklama (Seiri): Bu adımda hata kartları (kırmızı etiketler) hazırlanmıştır. Şekil 4.7'de hazırlanan 5S hata kartı örneği gösterilmektedir. Bu kartlar pilot bölgede bulunan tüm araç-gerecin, ekipmanın, malzemenin üzerine yapıştırılmıştır. Kartların asılı olduğu her parça incelenerek kullanım sıklıklarına ve etiketlenme nedenlerine göre uygun alanlara tasnif edilmiştir. Gereksiz olan her şey üretim alanından uzaklaştırılmıştır. Fabrikada uygulanmaya başlanan ve her hafta düzenli olarak yapılan RADAR denetimleri 5S çalışmalarını kapsayacak şekilde hazırlanmıştır. Birinci 5S adımı olan ayıklama adımının denetimi RADAR denetimleri ile ilgili adım için hazırlanan özel denetleme soruları cevaplanarak yapılmıştır.

5S HATA KARTI		
Tarih: ..... / ..... / .....		İşleyen Kişi: .....
Parça Adı: .....		Parça Yeri: .....
<b>Kategori</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Ekipman</li> <li><input type="checkbox"/> Hammadde</li> <li><input type="checkbox"/> İşlenmekte Olan Ürün</li> <li><input type="checkbox"/> Bitmiş Ürün</li> <li><input type="checkbox"/> Araç-Gereç veya Fikstür</li> <li><input type="checkbox"/> Bilinmeyen Parça</li> </ul>	<b>Etiketleme Nedenleri</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Dağınıklık -Düzensizlik</li> <li><input type="checkbox"/> Yerinde Olmama</li> <li><input type="checkbox"/> Yeri Olmama</li> <li><input type="checkbox"/> Kirli Olma</li> <li><input type="checkbox"/> Gerekli Değil</li> <li><input type="checkbox"/> Hurda</li> <li><input type="checkbox"/> Diğer</li> </ul>	<b>Kullanılma Sıklığı</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Vardiyalık</li> <li><input type="checkbox"/> Günlük</li> <li><input type="checkbox"/> Haftalık</li> <li><input type="checkbox"/> Aylık</li> <li><input type="checkbox"/> Set-Up</li> </ul>

Şekil 4. 7. Hata kartı örneği

Düzen (Seiton): Gerekli parçaların tutulacağı yerlerin belirlenmesi, tüm çalışanların aranılan şeyi kolayca bulmasının sağlanması ve parçaların bir düzen içinde saklanması amaçlanmıştır. Kullanılan her türlü parçaya en kolay ulaşımın sağlanması için pilot bölge yeniden düzenlenmiştir. Yeri olmayan malzeme ve ekipmanların herbiri için uygun yer oluşturulmuştur.

Herhangi bir bölgeden alınan parçaların kimler tarafından alındığı, geri dönüş yapılıp yapılmadığının takibinde karşılaşılan sorunlar nedeniyle de bazı düzenlemeler yapılmıştır. Özellikle bakım ve takım odalarından alınan parçalarda yaşanan bu tip sorunları gidermek için bu odalardan gerekli parçaları alma işi belirli kişilere verilmiştir. Sorumlu olarak atanan kişiler parçanın stok seviyesinin kontrolünden de sorumlu tutulmuştur. Ayrıca yedek parçalar için yaptırılan polyamid yuvaların içleri farklı renklerde boyanarak stok seviyelerinin takibi kolaylaştırılmıştır. Bu yeni düzenlemeler için uygun talimatlar hazırlanarak sorumlulara anlatılmış ve ilgili alanlara bilgilendirme yazıları asılmıştır.

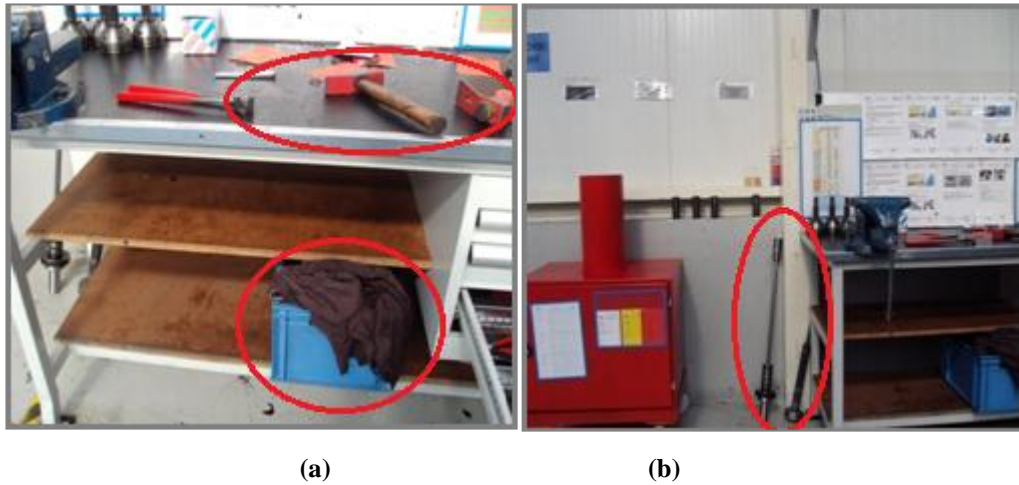
Düzen adımı ile ilgili yapılması öngörülen değişiklikler yapıldıktan sonra bir denetleme formu hazırlanarak denetlenmiştir. Aynı zamanda devam eden RADAR uygulaması ile de her hafta denetlemeler devam etmiştir. Pilot bölgeyi oluşturan dört bölgede yapılan çalışmalar aşağıda ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

### Hücre 3 ;

- Ekipmanlara ve SMED çalışması sonucu hücre içine taşınan kolaylaştırıcıların daha hızlı ve kolay ulaşım için renkli etiketlemeler yapılmıştır.
- Hücre kenarında bulunan forklift yolu uyarı işaretleri konulmuştur.

### Yeniden İşleme Alanı;

- Yeniden işleme masası değiştirilerek daha rahat çalışmaya imkan sağlayan büyük bir masa getirilmiştir. Masanın etrafı ve kendisi yeniden işleme alanına uygun olarak düzenlenmiştir.
- Yeniden işleme masasında bulunması gereken büro evrakları için çekmeceler yeniden düzenlenmiştir.
- Yeniden işlemede kullanılan çekiç, kerpeten ve benzeri el aletleri için çekmecelerin içine her parçaya uygun polyamid yuvalar yaptırılmıştır.
- Büyük, belirli yeri olmayan, iş güvenliği ve sağlığı açısından tehlike oluşturan yeniden işleme malzemeleri için masa kenarına uygun yer oluşturulmuştur.
- Yeniden işleme alanının zemini boyanmıştır. Tüm kasalar, çöp kovaları ve masanın yeri etiket kullanılarak işaretlenmiştir.
- Aranılan parçaya sorunsuz ulaşım için belirli isimler ve etiketlemeler yapılmıştır.



Şekil 4. 8. 5S çalışmasından önce yeniden işleme alanı (a ve b)



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4. 9. 5S çalışmasından sonra yeniden alanı (a, b, c ve d)

#### Takım Odası;

- Kalıp değiştirme süresinin azaltımı çalışması kapsamında kolaylaştırıcıların hücre yanına taşınması ile boşalan kolaylaştırıcı taşıma sehpaları yeniden düzenlenmiştir. Yedek parçalar için polyamid yuvalar yaptırılarak bu raflarda tutulmaya başlanmıştır.

- Her referansın farklı tüm parçaları için yedek parça rafları yeniden düzenlenmiş, polyamid yuvalar yaptırılmıştır. Yuvaların içi renklendirilmiştir.

- Poka-Yoke parçalarının hepsine uygun yer tanımlanmadığı ve bazı parçaların yerde dağınık bir şekilde durması nedeniyle iş güvenliği ve sağlığı



açısından tehlike teşkil ettiği belirlenmiştir. Poka-yoke parçalarına uygun yerler hazırlanarak duvarlara monte edilmiştir.

- Her parçanın yeri için etiketleme tekniğinden yararlanılmıştır.
- Yedek parça listeleri güncellenmiştir. Eksik olan parçalar sipariş verilmiş ve parçaların her biri için olmaları gereken alt ve üst sınır adetleri belirlenmiştir.
- Yağ gramaj çubukları için uygun yer tasarlanmış ve parçalar alana yerleştirilmiştir.

Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de takım odasının 5S uygulaması öncesi ve sonrası görüntüleri paylaşılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 4. 10. 5S çalışmasından önce takım odası (a ve b)



(a)

(b)



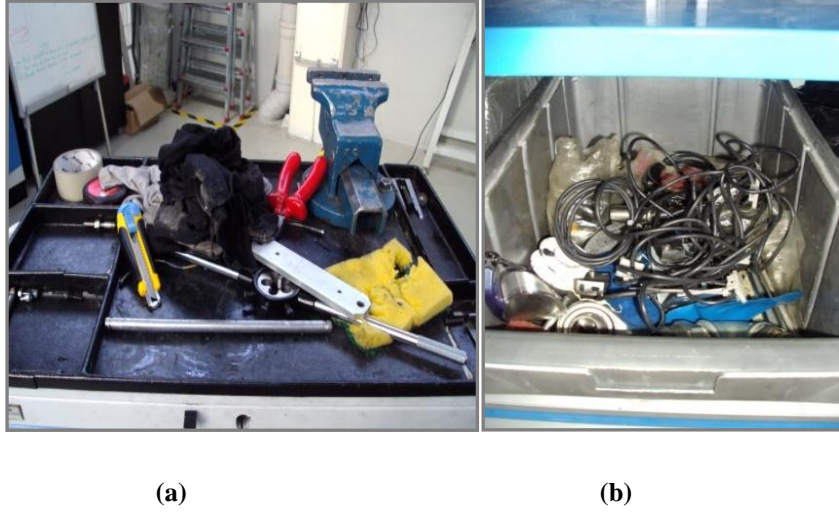
(c)

Şekil 4. 11. 5S çalışmasından sonra takım odası ve kolaylaştırıcılar (a, b ve c)

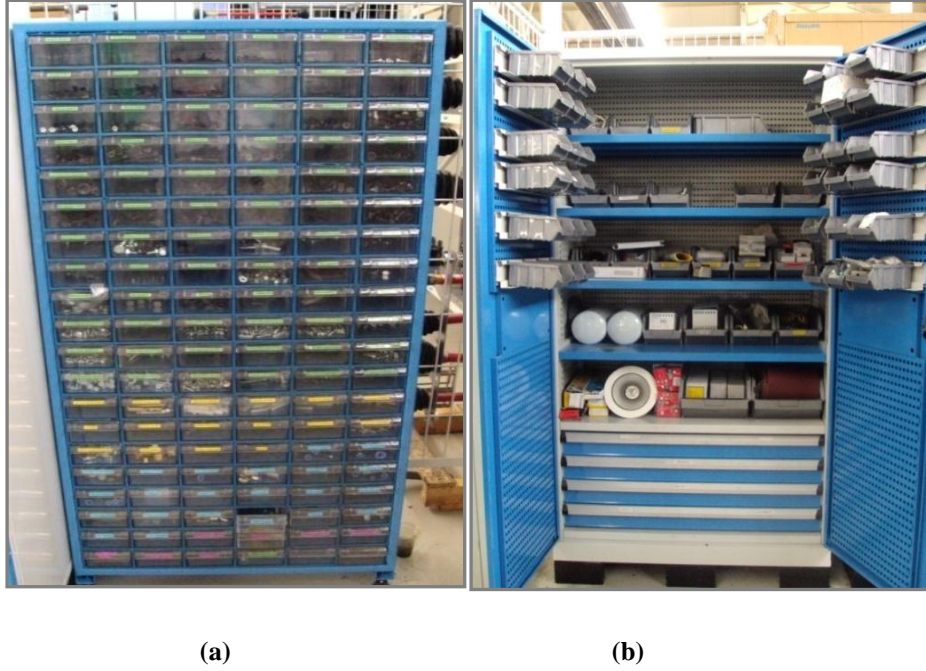
#### Bakım Odası;

- Kablolar ve hortumlar için farklı şekilde muhafaza edilebilecekleri uygun yer tasarlanarak yeni düzeneğe monte edilmiştir.
- Vida, civata ve somunlar için yeni dolaplar alınmıştır. Her parçanın adı ve tipi renkli etiketler kullanılarak çekmecelerin üzerine yerleştirilmiştir.
- Bakım odasında mevcut olan fakat belirli bir düzende bulunmayan her parça dolapta yeniden düzenlenmiştir.

Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te sırasıyla 5S uygulaması öncesi ve sonrasında bakım odasından görüntüler paylaşılmıştır.



Şekil 4. 12. 5S çalışmasından önce bakım odası genel görünüş (a ve b)



Şekil 4. 13. 5S çalışması sonrası bakım odası dolapları (a ve b)

Temizlik (Seiso): Temizlik ile amaçlanan üretim alanını daha çalışılabilir bir hale getirmek ve verimsizliği mümkün olduğu kadar azaltmaktır. Temiz bir iş ortamı çalışanın dikkatini ve motivasyonu arttırdığı, makinaların daha uzun ömürlü çalışmasını sağladığı ve beklenmedik duruşları ve bakım maliyetlerini azalttığı içinbu adım önemlidir.

5S çalışmasının yapıldığı hücrede üretim sırasında çeşitli işlemlerde yağ kullanılmaktadır. Bu üretim alanının ve tezgahların kirlenmesine sebep olan başlıca neden olarak gözlenmiştir. Ayrıca montaj esnasında kullanılan parçaların bir kısmında yapıları nedeniyle toz, kir bırakma ile karşılaşmıştır. Bu nedenle ilk olarak kirlilik kaynakları belirlenmiştir. Şekil 4.14'te yağ nedeniyle kirlenen alanlar gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 4. 14. Yağ nedeniyle kirlenen dolap (a) ve tezgah (b)

Temizlik yapılacak yerler belirlenerek her ekip vardiya sonunda kendi çalışma alanının genel temizliğini yapmaya başlamıştır. Haftalık ve aylık temizlik yapılması gereken yerler belirlenmiştir. Kimlerin, hangi bölgeleri, hangi şekilde ve ne sıklıkta temizleyeceğini gösteren operatör temizlik kontrol formları hazırlanmıştır. Pilot bölgedeki ilgili yerlere bu temizlik standartları ve sorumluları tablosu asılmıştır. Bu tablonun takibi ile sorumlu kişiler belirlenmiştir. Temizlik ve kontrol standartları hazırlanmıştır ve standartlar hücreye asılmıştır. Şekil 4.15'te operatör temizlik kontrol formu örneği paylaşılmıştır.

			CELL 3	OPERATÖR TEMİZLİK KONTROL FORMU								
İŞİTİM	VARDİYA	LAKSİBİTİM	OP 20	OP 30	OP 40	OP 50	OP 60	OP 70	OP 80	OP 100	VARDİYA AMİRİ İMZASI	
FARUK	Mali											
	Yığı											
SİN	Mali											
	Yığı											
CUMRAN	Mali											
	Yığı											

Şekil 4. 15. Operatör temizlik kontrol formu örneği

Standartlaştırma (Seiketsu): İlk üç adımın gerçekleşmesinin ardından yapılan düzenlemelerin sürekliliğinin sağlanmaya çalışıldığı adımdır.

Standartlaştırma bu adıma kadar yapılmış olan her türlü değişimin gözlemlenebildiği adım olduğu için diğer adımlarda eksik kalan herşeyi görmeye ve düzeltmeye imkan sağlamıştır. Özellikle düzen adımı çerçevesinde birtakım malzemelerin alındığı yerlere geri bırakılması konusunda ilk etapta istenilen sonucun alınamadığı gözlenmiştir. Bu konu üzerinde operatörlerle 5S uygulaması kapsamında toplantılar düzenlenmiştir. Ayrıca temizlik konusunda da bazı düzenlemeler yapılmıştır. Vardiyadan sonra operatörlerin temizlik için düzenli olarak belirli bir süre ayırmaları sağlanmıştır. Bu şekilde bir uygulama ile operatörler bir sonraki gün, bir önceki gün temiz bıraktıkları şekilde arkadaşlarından devraldıkları hücrede üretime başlamanın motivasyonunu üretime yansıtmışlardır. RADAR uygulamasında kullanılan puanlama ve diğer standartlaştırma çalışmaları ile bu adımın başarılmaması için çalışılmıştır.

Disiplin (Shitsuke): Disiplin adımında çalışan personelin katılımı ve motivasyonu büyük önem taşımaktadır. 5S'i disiplin haline getirmek için fabrika müdürü başta olmak üzere üretim müdürü ve diğer üretimden sorumlu mühendisler üretimde 5S kontrollerini sıkı bir şekilde devam ettirmişlerdir. Operatörlerin 5S panosu önünde kısa süreli toplantılarla hatırlatmalar yapılmıştır.

Operatörlerin 5S'e ve üretime karşı motivasyonlarını arttırıcı bazı ödüllendirmeler yapılmıştır. 5S uygulaması yalnızca üretim alanında değil idari ofis ortamında da uygulanmıştır. Böylelikle 5S uygulamasına tüm personelin katılımı sağlanmıştır. 5S hergün düzenli olarak günlük faaliyetlerin bir parçası olması konusu üzerinde özellikle durulmuştur.

#### **4.5.3. Kayıp zaman analizi**

İyileştirme süreci boyunca hücrede gözlemlenen en büyük kayıpların beklenmedik duruşlardan kaynaklandığı gözlenmiştir. Hücre için tutulan vardiyalık kayıp zaman formları kullanılmaya başlanmıştır. Operatörler bu formlara duruşları, duruşların sürelerini, duruşların hangi işlemde oluştuğunu ve nedenini, üretilen ürün miktarını, kalıp değişimi var ise süresini, ilk parça onayı süresini not etmektedir. Bu formlar haftalık olarak düzenlenerek hücre içinde meydana gelen duruşların analizi yapılmıştır. Analizden hangi işlemde duruşun ne sıklıkla meydana geldiği, arızanın tipinin ne olduğu ve benzeri veriler elde edilerek problemlerin giderilmesi için yapılacak çözümler eylem planına alınmıştır.

Kayıp zaman analizleri bir dönem bu şekilde kullanıldıktan sonra daha detaylı bir kayıp zaman analizi formu oluşturulmuştur. Yeni kayıp zaman analizi formunda vardiyalara saat başı hedefler tanımlanmıştır. Hücrenin üretim miktarının formda belirtilen saat başı hedeflerin altında kalmaması istenmiştir. Bu şekilde bir yapılanma operatörlerin vardiyalık üretim miktarları üzerinde olumlu bir etki yapmıştır. Ayrıca ilgili form üzerindeki bölümler daha detaylandırılarak operatörlerden de aynı şekilde daha detaylı ifadelerle duruş nedenini formda belirtmeleri istenmiştir. Bu şekilde ayrıntılı açıklamalar duruşların analizlerini daha sağlıklı bir ortama taşımıştır. Duruş nedenlerinin bir kısmı tamamen ortadan kaldırılmıştır.

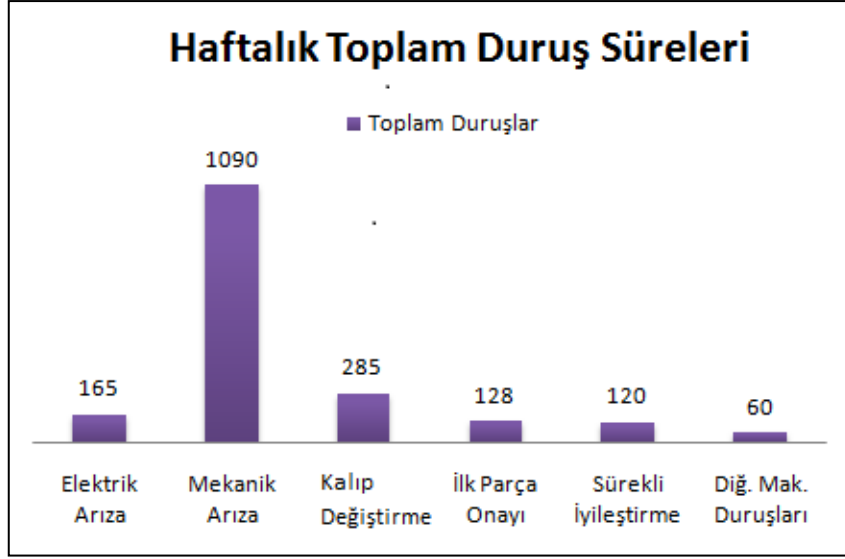
Kayıp zaman analiz formlarında dikkati çeken uzun sürelerin bir kısmının kalıp değiştirme süresinden kaynaklandığı görülmüştür. Kalıp değiştirme süresinin azaltımı çalışmasıyla beraber bu sürenin en aza indirilmesi için gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Kayıp zaman analizi formunda da kalıp değiştirme

süreci detaylandırılmıştır. Kalıp değiştirme, ana kalıp değiştirme süresi ve ara kalıp değiştirme süresi olarak ikiye ayrılmıştır. Ana kalıp değiştirme süresi ile belirtilen tamamen farklı bir ürün üretimine geçerken tüm kolaylaştırıcı ve monte edilecek parçaların değiştirilmesi boyunca geçen süre anlatılmaktadır. Ara kalıp değiştirme süresi ile de aynı ürün ailesinden farklı bir ürünün üretimine geçiş süresi anlatılmaktadır. Kalıp değiştirme sürecinin ardından ilk parça onayı için beklenen sürenin kısıtlanması gerektiğine karar verilmiş ve gerekli iyileştirmeler yapılmıştır. Kayıp zaman analizleri verileri her vardiya için günlük olarak tutulmuştur. Hergün vardiya amiri önderliğinde ile birlikte duruş nedenleri ve oluş sebepleri operatörlerle toplanılarak görüşülmüştür. Günlük elde edilen verilerden hareketle haftalık toplam duruş süreleri ve duruş nedenleri belirlenmiştir.

Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de sırasıyla günlük ve haftalık duruş süreleri ve nedenlerine ilişkin bilgiler paylaşılmıştır.



Şekil 4. 16. Günlük duruş süreleri ve duruş nedenleri tablosu



Şekil 4. 17. Haftalık toplam duruş süreleri ve duruş nedenleri tablosu

Kayıp zaman analizleri sırasında *Toplam Ekipman Etkinliği (TEE)* hesabı Hücre 3 için yapılmıştır. Toplam ekipman etkinliği; bir işletmenin makine, tezgah veya ekipmandan ne oranda yararlanabildiğini gösteren bir tekniktir. Toplam ekipman etkinliğinin hesaplanması aşağıdaki şekilde yapılmaktadır.

$$\text{Ekipman Kullanılabilirlik Oranı} = \frac{\text{Planlanmış Üretim Süresi} - \text{Plansız Duruş Süresi}}{\text{Planlanmış Üretim Süresi}}$$

$$\text{Performans Oranı} = \frac{\text{Standard Çevrim süresi} \times \text{Üretim Miktarı}}{\text{Planlanmış Üretim süresi} - \text{Plansız Duruş Süresi}}$$

$$\text{Kalite Oranı} = \frac{\text{Sağlam Ürün Miktarı}}{\text{Toplam Üretim Miktarı}}$$

Olmak üzere;

$$\text{TEE} = \text{Ekipman Kullanılabilirlik Oranı} \times \text{Performans Oranı} \times \text{Kalite Oranı} \times 100$$



TEE hesaplamaları kayıp zaman analizleri boyunca tutulmuştur. İlk durumda ölçülen TEE değeri %60 iken yapılan iyileştirmeler ile bu oran %75'e yükselmiştir. TEE değerleri montaj hatlarında fire, hurda ya da yeniden işleme oranı düşük olduğu için genellikle yüksektir. İdeal TEE oranı da %85 olarak işletmedeki bir program tarafından hesaplanmıştır.

#### 4.5.4. Görsel yönetim

Üretim performansını arttırmak, üretim alanının daha anlaşılır hale getirilmesi, özellikle operatörlerin motivasyonunun ve işe olan bağlılıklarını arttırmak için üretim alanında görsel olarak birçok düzenleme yapılmıştır.

Öncelikle üretim alanı gözlenerek mevcut durum incelenmiştir. Gerekli ihtiyaçlar belirlenmiştir. Üretim alanından tespit edilen başlıca eksiklikler izleyen şekilde maddeler halinde sunulmuştur.

- Hücre içinde iş güvenliği açısından açıklayıcı ve eğitici görsellerin bulunmaması,
- Hücre çevresinde bulunan palet ve malzemeler için uygun yerlerin belirlenmemiş olması,
- Bakım ve takım odasındaki araç-gerece hızlı ve güvenli bir şekilde erişilememesi,
- Yeniden işleme alanında kullanılan araç-gereç için görsellik ihtiyacının olması,
- Panolarda operatörleri özellikle iş güvenliği ve sağlığı konularında bilinçlendirecek bilgilerin yeterli olmaması.

Bu gözlemler altında görsel olarak yapılan iyileştirme çalışmalarına ait resimler Şekil 4.18 , Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de gösterilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 4. 18. Görsel yönetim uygulamaları (a) ve (b)



(a)



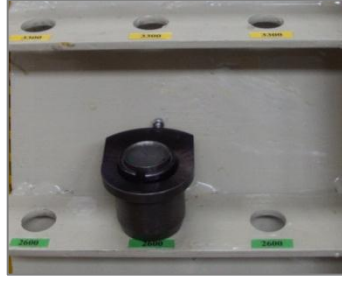
(b)

Şekil 4. 19. Görsel yönetim önemli uyarılar (a) ve (b)



(a)

Şekil 4. 20. Yeniden işleme aletleri (a), kolaylaştırıcı alanları (b), (c), (d), (e)



(b)



(c)



(d)



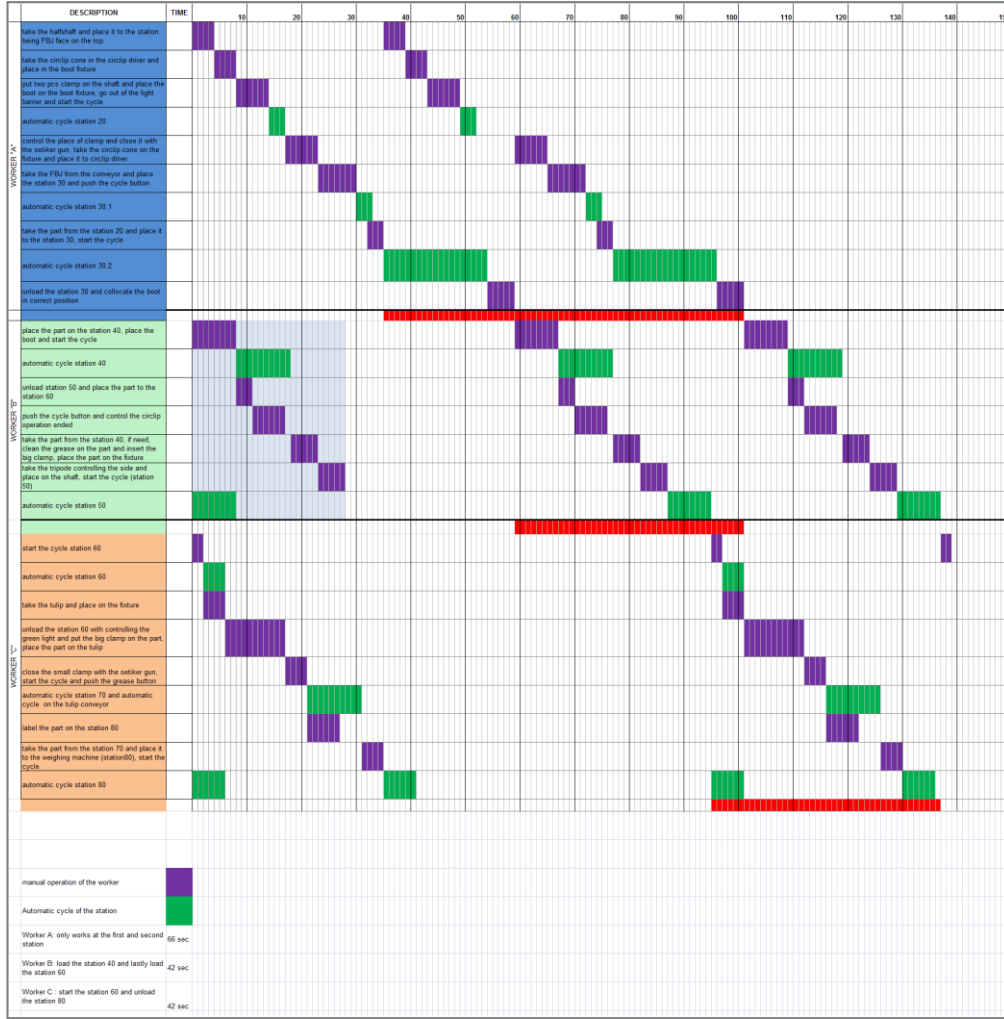
(e)

Şekil 4. 21. (Devam) Yeniden işleme aletleri (a), kolaylaştırıcı alanları (b), (c), (d), (e)

#### 4.5.5. Çevrim süresi, standart iş ve diğer uygulamalar

Hücre 3 üretime yeni başlamasına rağmen eski makinelerden oluşturulmuş bir montaj hattıdır. Bu nedenle hücrenin içinde de çeşitli iyileştirmeler yapılmıştır. Tez çalışması kapsamında hücrenin mevcut durumu üretim yapılırken kamera ile kayda alınmıştır. Montaj hattında makine ve operatörler tarafından yapılan her işlem tek tek belirlenmiştir. Her bir işlem yazılarak ilgili işleme ait süreler belirlenmiştir. Ayrıca her operatörün bir çevrimde çalıştığı süreler bulunmuştur. Çizelge 4.3.'te iyileştirme sürecinde Hücre 3 için hazırlanmış işlemlere ait işlem sürelerinin belirtildiği örnek bir doküman sunulmuştur.

Çizelge 4. 3. Mevcut durumda Hücresel 3 işlemleri ve süreleri



Her operatörün iş dağılımının dengeli olmadığı belirlenmiştir. Operatörlerin sorumlu olduğu işlemler ve bu işlemlerin çalışma prensipleri ile öncelikleri kontrol edilerek hücre içinde çeşitli düzenlemeler yapılmıştır. Yapılan bu düzenlemeler çevrim süresi üzerinde de etkili olmuştur. Şekil 4.21. işlemlerdeki değişiklikleri ve çevrim sürelerindeki değişimi özetlemektedir.

İŞLEMLER		ÖNCE		SONRA	
		Durum	Çevrim Süresi	Durum	Çevrim Süresi
İŞ-20	Segman montajı	Manuel	38 s	Otomatik	20 s
	Pokeyoke kontrolü	Yok		Var	
	Körük pozisyon spoter	Yok		Var	
	Şaft sabitleme parçası	Yok		Var	
	Şaft besleme konveyörü	Yok		Var	
	Segman & körük kutusu	Yok		Var	
İŞ-30	FBI konveyörü	Düzensiz çalışmıyor	36 s	Düzensiz çalışıyor	11 s
	Şaft kilitleme fiktürleri	Kırık		Değiştirildi	
	FBI besleme masası	Düzensiz çalışmıyor		Değiştirildi	
İŞ-40	Körük montajı	El ile yapılıyor	50 s	Otomatik	14 s
İŞ-50	Operatör paneli	Yok	28 s	Var	18 s
	Segman kutusu	Çalışmıyor		Çalışıyor	
	Tripod pozisyon kontrolü	Manuel		Otomatik	
	Tripod besleme arabası	Yok		Var	
İŞ-70	Tulip yağlama süreci	İçerde	39 s	Dışarda	15 s
	Venting pozisyonu kontrolü	Manuel		Otomatik	
	Tulip besleme konveyörü	Yok		Var	
İŞ-80	Tulip segman montajı	El ile yapılıyor	42 s	Otomatik	17 s
<b>Toplam Çevrim Süresi</b>		<b>81 s</b>		<b>32 s</b>	

Şekil 4. 22. Çevrim süresindeki değişim

Çevrim süresinin azaltılması ve işlerin standart hale getirilmesi çalışmalarının yanısıra operatörlerin motivasyonuna yönelik çeşitli çalışmalar da yapılmıştır. Hücre 3'te yapılan tüm yalın uygulamalara operatörlerin katılımının sağlanmasına büyük özen gösterilmiştir. Özellikle hücre içinde yapılan iyileştirmeler, kalıp değiştirme süresinin azaltılması konusunda operatörlerin önerilerinden büyük oranda yararlanılmıştır. Fabrika yönetimi operatörlerin önerileri motive edici ödüller ile desteklemiştir. En iyi öneri sahibine ödül verilmiştir. Hücre 3'te yapılan iyileştirmeler örnek bir çalışma olarak yıl sonu değerlendirmesinde operatörlerin sunumu ile tüm fabrika çalışanları ile paylaşılmıştır.

## 5. PERFORMANS KIYASLAMASI İÇİN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ UYGULAMASI

Hücrel üretimde performansın değerlendirilmesi konusunda mevcut kaynakların incelemesi içinde VZA tekniğinden yararlanılarak yapılmış çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar; melez ve kısmi hücrel üretim yerleşimlerinin etkinliğine, melez hücrel üretim sistemlerinin performansına, hücrede etkin çalışacak operatör sayısı ve işgücü atamanın etkin ölçümünü belirlemeye, KVB (Kıyaslama Birimi-KB) birimi olarak seçilen farklı hücrelerin değerlendirilmesine, çoklu girdi ve çıktı dikkate alınarak iyileştirme ve hücre performansına, alternatif üretim senaryolarını değerlendirmeye yönelik yapılmış çalışmalardır. Yapılan çalışmalarda farklı sayılarda girdi-çıktılar, çeşitli ve değişik ürün aileleri, benzetim yardımıyla yapılmış analizler ve farklı VZA modellerinin kullanıldığı görülmüştür (Shafer & Bradford, 1995; Sarkis & Shambu, 2002; Ertay & Ruan, 2005; Kırış & Ulutaş, 2006; Talluri, Huq, & Pinney, 1997; Sofianopoulou, 2006). Tez çalışmasında incelenen kaynaklardan farklı olarak VZA ile yapılan çalışmalar bu bölümde sunulmuştur.

Tez çalışmasında araştırılan hücre 3, yeni devreye alınmış bir montaj hattıdır ve bu çalışma kapsamında en uygun üretim şekli için çeşitli denemeler yapılmıştır. Bu denemeler esnasında performansın iyileştirilmesinde yalın üretim tekniklerinden yararlanılmıştır. Üretim hattının performans ölçümü için VZA tekniği kullanılarak iyileştirmeler esnasında denenen çeşitli üretim şekilleri değerlendirilmiştir. VZA birbirinden farklı yapıdaki birçok girdi ve çıktının kullanılmasına olanak sağladığı için bu çalışmada kullanılması uygun görülmüştür. VZA'nde kullanılan girdi ve çıktılar, iyileştirme çalışmaları sırasında elde edilen veriler ve verilerden hareketle hesaplanan parametreler arasından seçilmiştir. VZA'nin KB'leri ise uygulama başlangıcındaki mevcut durum ve yapılan iyileştirme sürecinde hücrede denenen üretim şekli değişikliklerinin her biri olarak belirlenmiştir. Çalışmanın bu bölümünden itibaren KVB ifadesi yerine KB ifadesi kullanılmıştır.

## 5.1.Girdi ve Çıktıların Belirlenmesi

VZA yönteminde kullanılmak üzere Hücre 3'ün performansına etki eden performans göstergelerine ihtiyaç vardır. Performans göstergeleri girdiler ve çıktılar olmak üzere iki tiptedir. VZA uygulamasında kullanılan girdi ve çıktılar iyileştirme çalışmaları sırasında üretim hattında değişen durumlar ve veriler gözönüne alınarak belirlenmiştir.

VZA çıktılarının belirlenmesinde iyileştirme çalışmalarında elde edilen çeşitli veriler kullanılmıştır. Elde edilen verilerin bir kısmı olduğu gibi VZA'ne katılırken bir kısmı ise atölye performansını değerlendirmede kullanılan parametrelerin hesaplanmasında kullanılmıştır. Elde edilen veriler ve hesaplanan parametreler VZA çalışmasında kullanılacak olan girdi ve çıktıları oluşturmuştur. Genel olarak hücre performansına etkisi olan veriler ve parametreler Çizelge 5.1'de sunulmuştur.

Çizelge 5. 1. VZA girdiler ve çıktılar tablosu

Girdiler		Çıktılar	
G1	Operatör Sayısı	Ç1	Üretilen Ürün Miktarı
G2	Vardiya Sayısı	Ç2	Arızalar Arası Geçen Ortalama Süre (AAGOS)
G3	İşgücü Saati	Ç3	Ortalama Tamir Süresi (OTS)
G4	Çevrim Süresi		
G5	Günlük Çalışma Süresi	Ç4	Yararlanabilirlik (Y)
G6	Kalıp Değişirme Süresi		

Girdi ve çıktıların tanımları ve hesaplamaları aşağıda açıklanmıştır;

G1: Hücre içinde çalışan toplam operatör sayısıdır.

G2: Bir dönemde yapılan işbaşı sayısıdır.

G3: Günlük olarak çalışılan toplam işgücü saatidir.

$$\text{İşgücü Saati} = \text{Operatör Sayısı} * \text{Günlük Çalışma Saati} \quad (5.1)$$

G4: Montaj hatlarında çevrim süresi, hattın herhangi bir noktasından bir parçanın geçmesi ile başlayıp bir sonraki parçanın aynı noktaya ulaşması anına kadar geçen süre olarak belirlenmektedir. Hattan kaç saniyede bir parça çıktığını tanımlar.



G5: Molalar çıkartılarak hesaplanan günlük toplam çalışma süresidir.

G6: Hücredeki ana kalıp değiştirme süresidir.

Ç1: Bir vardiyada ortalama olarak üretilen ürün adedidir.

Ç2: Hücredeki iki rassal arıza arasında geçen sürelerin ortalamasıdır. AAGOS değerlerinin giderek artması performans açısından önemlidir (İşlier, 1998).

$$\text{AAGOS} = \text{Çalışma Süresi/Plansız Duruş Sayısı} \quad (5.2)$$

Ç3: Arızaların giderilmesi sırasında geçen sürelerin ortalaması(İşlier, 1998).

$$\text{OTS} = \text{Plansız Duruş Süresi/Plansız Duruş Sayısı} \quad (5.3)$$

Ç4: Bakımdaki başarının bir göstergesi olarak yararlanabilirlik oranı önemlidir. Yararlanabilirlik VZA uygulamasında çıktı olarak analizde değerlendirilmemiştir (İşlier, 1998).

$$Y = (\text{AAGOS} - \text{OTS}) / \text{AAGOS} \quad (5.4)$$

## 5.2.Kıyaslama Birimlerinin Belirlenmesi

Üretim sisteminin mevcut durumu analiz edilerek farklı KB oluşturulmuştur. Mevcut durum ilk KB olarak belirlenmiştir. Diğer KB de iyileştirme çalışmaları kapsamında talep ile orantılı olarak hücrenin üretim miktarını arttırmak için denenmiş farklı operatör sayısı, farklı vardiya sayısı, farklı üretim süresi ve uygulanan yalın üretim tekniklerinin farklı seviyelerde KB'ne dahil edildiği durumlardan oluşmaktadır.

Uygulama bölgesi olarak seçilen Hücre 3 genel olarak sekiz işlem den oluşan bir montaj hattıdır. Hattın içinde üç operatör görev yapmaktadır. Bir operatörde hücre dışında son işlem üzerinde son kontrol işlemini yapmak ve bitmiş ürünü palete yerleştirmekten sorumludur. Son kontrol işlemini yapan operatörler VZA çalışmasının dışında tutulmuştur. Hücre içindeki her operatör birden fazla işlem den sorumludur. Hücre içinde toplam yedi işlem vardır.

Operatörlerden bir tanesi üç işlemde, diğer iki operatör ise ikişer işlemde sorumludur. Bu hücre iki vardiya çalışmaktadır.

Bir vardiya 480 dakikadır. Bir vardiyada 30 dakika yemek molası ve iki kez 10 dakikalık dinlenme molaları vardır.

$480 - 50 = 430$  dak.  $430 \times 2 = 860$  dak. (Üretim için iki vardiyada günlük uygun çalışma süresi olarak hesaplanmıştır.)

Üretim yapılan Hücre 3 aynı firmanın iki farklı ürün ailesinin farklı referanslarını üretmektedir. Hücrenin çevrim süresi, hattın herhangi bir noktasından (örneğin, parça etiketleme makinesine yerleştirildikten sonra etiketleme butonuna basıldığı andan itibaren bir sonraki parça için aynı işlemde etiketleme butonuna basılana kadar geçen süre) bir sonraki parçanın aynı noktaya ulaşması anına kadar geçen süre olarak belirlenmiştir. Çevrim süresi diğer bir deyişle hattan kaç saniyede bir parça çıktığı bu şekilde ölçülmektedir. Mevcut durumda hücrede belirlenen çevrim süresi ortalama 81 saniye olarak gözlenmiştir.

Hücre 3'te üretilen ürün miktarı ise mevcut durumun gözlenmesinden hareketle 261 ad/vardiya olarak elde edilmiştir. Bu miktar hücrenin kapasitesine oranla düşük bir miktardır. Bu miktarda bir üretim yapılmasının başlıca nedeni hücrede meydana gelen duruşlardır. Ayrıca hücrenin kalıp değiştirme süresinin farklı ürün ailelerinin referanslarına geçişte 86 dakika olarak ölçülmüştür. Kalıp değiştirme esnasında üretime değer katmayan operatör hareketleri de gözlenmiştir.

Mevcut durum incelendiğinde göze çarpan önemli noktalar şu şekildedir:

- Çevrim süresinin diğer üretim hücrelerine oranla uzun olması,
- Üretilen miktarın kapasiteye oranla çok düşük olması,
- Hatta meydana gelen duruşların çok sık ve uzun duruşlar olması,
- Kalıp değiştirme süresinin çok uzun olması.

KB'leri mevcut durumun analizinden sonra hücrenin üretim şeklinde yapılan çeşitli değişikliklerden (operatör sayısı, vardiya sayısı gibi) hareketle belirlenen dört farklı durumdan oluşmaktadır. Bu dört farklı KB tez uygulama süreci boyunca sisteme dahil edilen yalın üretim tekniklerini de farklı seviyelerde

kapsamaktadır. KB'nin her birinin uygulandığı süreçlerde sisteme dahil edilen yalın üretim teknikleri kısaca şu şekildedir:

- Uzun kalıp değiştirme süresinin azaltımı çalışması,
- Üretim alanının daha uygun bir ortama dönüşmesi için 5S tekniği uygulaması,
- Hattın sürekli durmasına sebep olan nedenlerin analizi için kayıp zaman analizlerinin yapılması,
- Çalışanların verimini artırmak için çalışan katılımını arttırmaya yönelik çalışmalar,
- Görsel yönetim,
- Çevrim süresi ve standart iş çalışmaları.

KB hücre iyileştirme süreci içinde değişen müşteri talepleri ve süreçte meydana gelen değişiklikler doğrultusunda deneyimlenen durumlardan oluşmuştur. Her bir KB'nin gerçekleştiği süreçte hücre içindeki iyileştirme çalışmaları da devam etmiştir. Genel olarak yalın üretim tekniklerinin çoğu eş zamanlı başlamıştır. Fakat her yalın tekniğin sisteme dahil edilmesi farklı birer süreç olarak ilerlediğinden her birinden alınan sonuçlar farklı zamanlarda değişmektedir.

KB 1; ilk durum, 8 saatlik 2 vardiya ve her vardiyada hücre içinde 3'er operatör görev almıştır.

KB 2; bir iş gününde 8 saatlik 2 vardiya şeklinde çalışılmıştır. Birinci vardiyada hücre içinde üç operatör ile üretim yapılmıştır. Diğer vardiyada ise hücre içinde iki operatör ile çalışarak üretim gerçekleştirilmiştir.

KB 3; bir iş gününde 10 saatlik tek vardiya çalışılmıştır. Bu vardiyada hücre içinde çalışan operatör sayısı üçtür. Değişen talep doğrultusunda 10 saatlik vardiya uygulanmıştır. İlgili mola süreleri revize edilmiş ve işçiler 45 saatlik haftalık çalışma sürelerini aşmamışlardır.

KB 4; 8saatten oluşan tek vardiya düzeninde çalışılmıştır. Dört operatör hücre içinde çalışmıştır.

KB5; 8 saat çalışan tek vardiya ve hücre içinde görevli operatör sayısı üçtür.

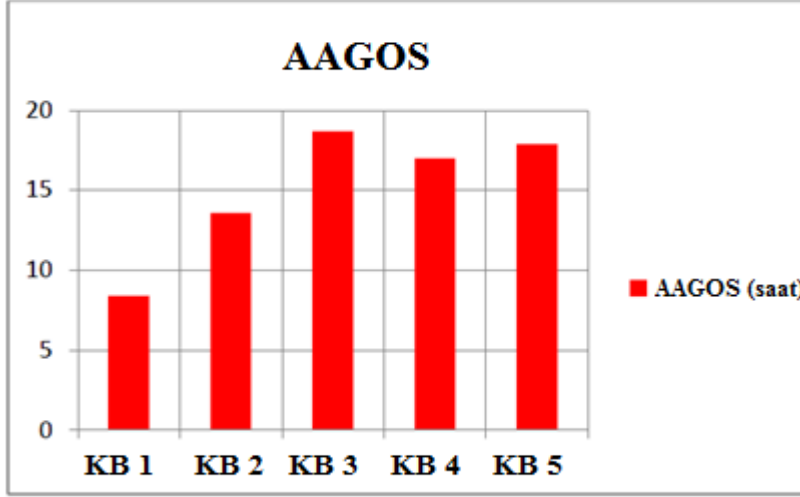
Tez çalışması süresince işletmede kaydedilen veriler ve verilerden hareketle hesaplanan parametreler Çizelge 5.2’de yer almaktadır.

Çizelge 5. 2. Performans için elde edilen veriler ve hesaplanan parametreler

	Operatör Sayısı	Vardiya Sayısı	İşgücü Saati	Günlük Çalışma Süresi	AAGOS (saat)	OTS (dak)	Y	Kalıp değiştirme Süresi (dak)	Üretilen Ürün Miktarı (Adet/Vardiya)	Çevrim Süresi
<b>KB 1</b>	6	2	48	860	8,4	138	0,73	86	261	81
<b>KB 2</b>	5	2	40	860	13,6	84	0,90	36	341	81
<b>KB 3</b>	3	1	30	510	18,7	43	0,96	26	456	56
<b>KB 4</b>	4	1	32	430	17	35	0,97	26	491	41
<b>KB 5</b>	3	1	24	430	17,9	34	0,97	25	510	32

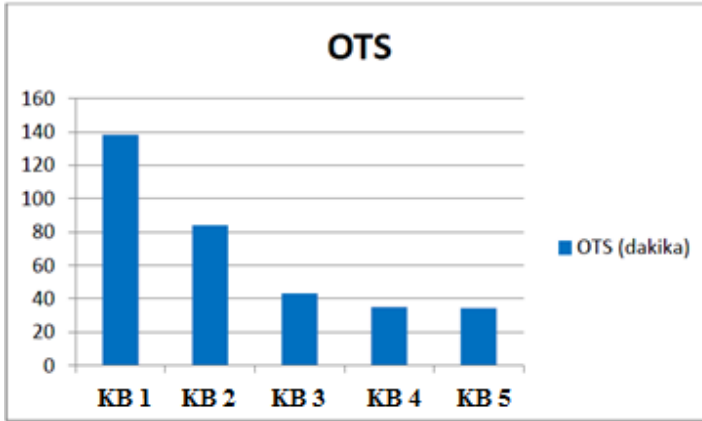
Tablo incelendiğinde AAGOS, Y ve üretilen ürün miktarı değerlerinin genel olarak süreç boyunca arttığı gözlenmektedir. Aynı şekilde OTS, kalıp değiştirme süresi ve çevrim süresi değerlerinde azaldığı gözlenmektedir. Bu değerlerin tablodaki seyri performans değerlendirme açısından önemlidir.

AAGOS değerleri incelendiğinde mevcut durumda 8,4 saatte bir arıza ile karşılaşıldığı ve bu değer genel olarak giderek arttığı görülmektedir. AAGOS değerlerinin hesabında çalışma süresi vardiya başına çalışılan süre değeri alınarak hesaplanmıştır. Şekil 5.1’de AAGOS değişimi grafik üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 5. 1. Arızalar arası ortalama zaman

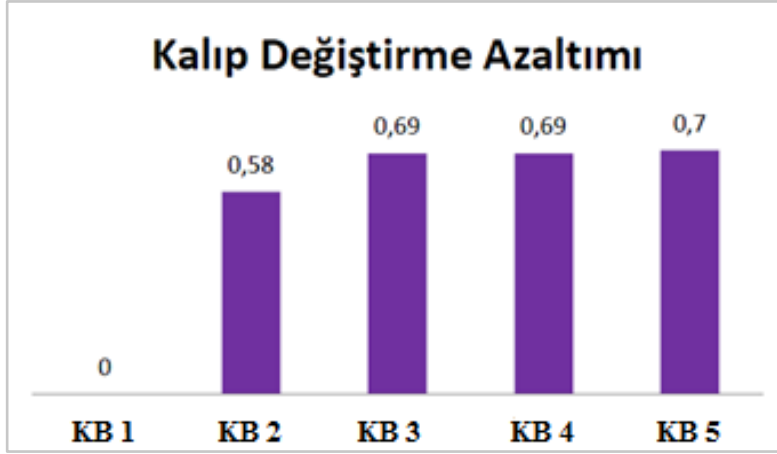
OTS değerleri 138 dakika ile 34 dakika arasında değişmiştir. OTS değerlerinin süreç içinde azalması beklenir. OTS değerlerinin büyük olması bakım yönetimi konusunda eksiklikler olduğuna işaret etmektedir. Şekil 5.2'de OTS değerlerinin değişimini gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 5. 2. Ortalama tamir süresi

Kalıp değiştirme süresi azaltımı çalışması sonucunda kalıp değiştirme süresi tek haneli dakikalara düşürülemese de kalıp değiştirme süresinde önemli ölçüde bir azalma gözlenmiştir. Bu azalma üretim miktarlarına ve operatörlerin çalışma sürecine olumlu yansımıştır. VZA çalışmasında kalıp değiştirme süreleri

düzenlenerek kalıp değiştirme azaltımındaki değişim oranları hesaplanmıştır. Şekil 5.3'te kalıp değiştirme sürelerindeki değişim oransal olarak gösterilmektedir.



Şekil 5. 3. Kalıp değiştirme süresi azaltımı değişimi

Çizelge 5.2'deki veriler incelendiğinde bir vardiyada üretilen ortalama üretim miktarı değerlerinin iyileştirmelerle beraber yaklaşık iki katına çıktığı görölmektedir. Çevrim süresinde de % 60 oranında önemli bir azalma meydana gelmiştir. Ayrıca mevcut durumda vardiya başına üretim 261 adet iken KB 5'i temsil eden durumda 510 adete yükselmiştir. Üretilen ürün adedi miktarında %51 oranında bir iyileşme elde edilmiştir.

### 5.3. Veri Zarflama Analizi Uygulaması

KB ile girdi ve çıktıların oluşturulmasının ardından VZA modeli, belirlenen amaç doğrultusunda Banxia Frontier Analyst 4 Demo programı yardımı ile çözümlenmiştir. Üretim hattındaki performans ölçümünde VZA için bir doğrusal programlama modeli kurulmuştur. VZA'nin amaç fonksiyonu çıktıların en büyüklenmesine odaklanmıştır. Yapılan iyileştirme çalışmaları sonucunda elde edilen veriler Banxia Frontier Analyst 4 Demo programında çıktıya yönelik CCR ve BCC modelleri için çözümlenmiştir.

VZA uygulaması için iki farklı senaryo düşünülmüştür. Senaryolarda, iyileştirme çalışmalarında elde edilen veriler analizlere dahil edilerek VZA sonuçları incelenmiştir.

Senaryo 1’de girdileri Operatör Sayısı, Vardiya Sayısı, Çevrim Süresi ve Kalıp Değişirme Süresi oluşturmaktadır. Çıktılar ise Üretilen Ürün Miktarı ve Yararlanabilirlik olarak belirlenmiştir. Çizelge 5.3’te bu veriler gösterilmiştir.

**Çizelge 5. 3.** Veri Kaynakları Tablosu (Senaryo 1)

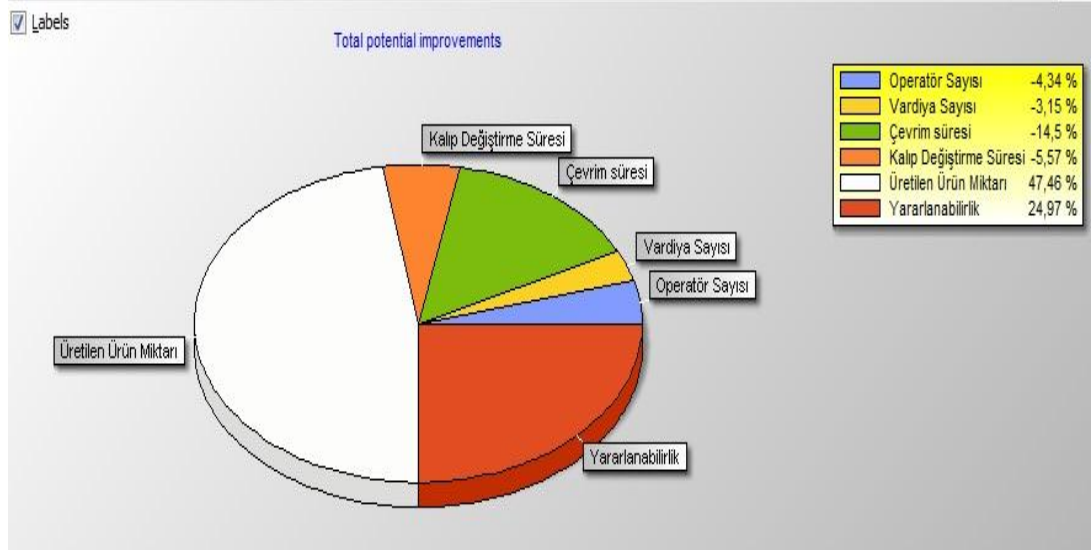
Unit Name	Activ	Operatör Sayısı	Vardiya Sayısı	Çevrim süresi	Kalıp Değişirme Süresi	Üretilen Ürün Miktarı	Yararlanabilirlik
KVB1	<input checked="" type="checkbox"/>	6,00	2,00	81,00	86,00	261,00	0,73
KVB2	<input checked="" type="checkbox"/>	5,00	2,00	81,00	36,00	341,00	0,90
KVB3	<input checked="" type="checkbox"/>	3,00	1,00	56,00	26,00	456,00	0,96
KVB4	<input checked="" type="checkbox"/>	4,00	1,00	41,00	26,00	491,00	0,97
KVB5	<input checked="" type="checkbox"/>	3,00	1,00	32,00	25,00	510,00	0,97

Çıktıyı en büyükmeye yönelik CCR ve BCC modelleri için elde edilen sonuçlar ve KVB’lerinin etkinlikleri aşağıdaki Çizelge 5.4’te gösterilmektedir. Karşılaştırma-1 CCR modelini , Karşılaştırma-2 BCC modelinden elde edilen sonuçları göstermektedir.

Çizelge 5.4 incelendiğinde KB 1, KB 2 ve KB 3 etkin çıkmamıştır. KB 4 ve KB 5 %100 ‘lük puan ile etkin çıkmıştır. KB 5 en etkin sonuç olarak görülmüştür.

**Çizelge 5. 4.** VZA sonuçları tablosu (Senaryo 1)

Units	Comparison 1			Comparison 2		
	Unit name	Score	Efficient Condition	Score	Efficient Condition	Condition
KVB1		37,6%			75,3%	
KVB2		64,4%			92,8%	
KVB3		99,0%			99,0%	
KVB4		100,0%			100,0%	
KVB5		100,0%			100,0%	



Şekil 5. 4. Toplam potansiyel iyileştirmeler (Senaryo 1)

Şekil 5.4 incelenirse tüm girdi ve çıktıların analiz sonucundaki potansiyel iyileştirme durumu daire diyagramında gösterilmiştir. Örnek olarak KB 1 için çıktıya yönelik BCC modelinde elde edilen sonuçlar Çizelge 5.5’te sunulmuştur. Çizelge incelediğinde incelenen KB arasında en etkin sonuç olarak gözlemlenen KB 5’e yaklaşmak için kalıp değiştirme süresinde %70 oranında, çevrim süresinde %60 oranında azaltmaya ihtiyaç duyulduğu açıkça görülmektedir.

Çizelge 5. 5. KB 1 için potansiyel iyileştirmeler

Girdi/Çıktılar	Gerçekleşen	Hedeflenen	Potansiyel İyileştirme (%)
<b>Kalıp Değişirme Süresi</b>	86,00	25,00	-70,93
<b>Operatör Sayısı</b>	6,00	3,00	-50,00
<b>Vardiya Sayısı</b>	2,00	1,00	-50,00
<b>Yararlanabilirlik</b>	0,73	0,97	32,88
<b>Çevrim Süresi</b>	81,00	32,00	-60,49
<b>Üretilen Ürün Miktarı</b>	261,00	510,00	95,4



Senaryo 1’de girdi olarak karşımıza çıkan operatör sayısı ve vardiya sayısı bilgileri üretim hedefine yönelik uygun ve doğru yapıyı hücrede sağlamak amacıyla yapılan çalışmalarda değişebilmektedir. Bu nedenle Senaryo 2’de bu iki girdi yerine İşgücü Saati girdilere dahil edilerek Çevrim Süresi ve Kalıp Değişirme Süresi ile birlikte değerlendirilmiştir. Çıktıları ise senaryo 1 ile benzer şekilde Üretilen Ürün Miktarı ve Yararlanabilirlik oluşturmaktadır. Çizelge 5.6’daki Veri Kaynakları tablosunda girdi ve çıktılar için elde edilen veriler görülmektedir.

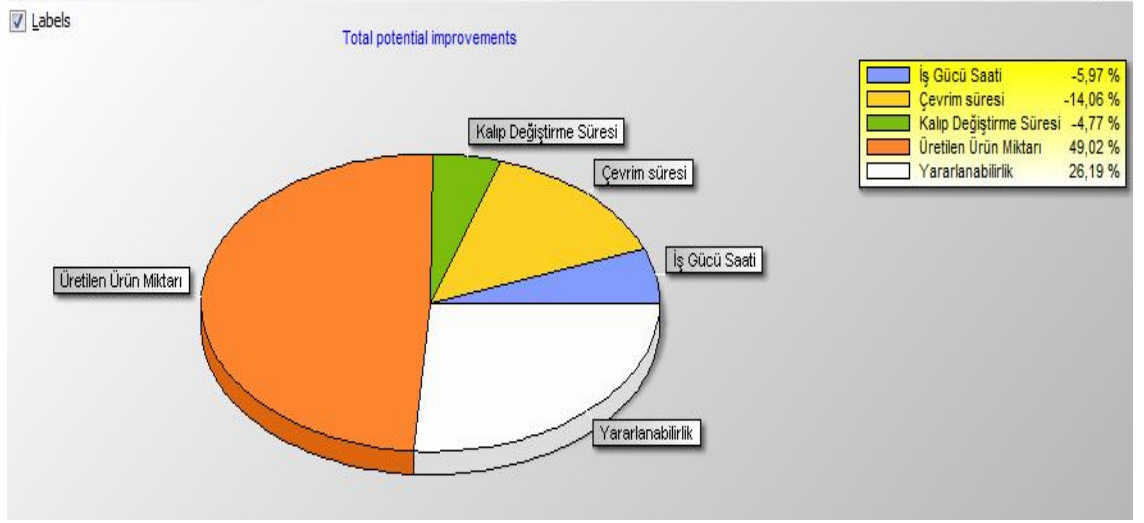
**Çizelge 5. 6.** Veri Kaynakları Tablosu (Senaryo 2)

Unit Name	Activ	İş Gücü Saati	Çevrim süresi	Kalıp Değişirme Süresi	Üretilen Ürün Miktarı	Yararlanabilirlik
KVB1	<input checked="" type="checkbox"/>	48,00	81,00	86,00	261,00	0,73
KVB2	<input checked="" type="checkbox"/>	40,00	81,00	36,00	341,00	0,90
KVB3	<input checked="" type="checkbox"/>	30,00	56,00	26,00	456,00	0,96
KVB4	<input checked="" type="checkbox"/>	32,00	41,00	26,00	491,00	0,97
KVB5	<input checked="" type="checkbox"/>	24,00	32,00	25,00	510,00	0,97

Senaryo 2 için VZA sonuçları Çizelge 5.7’de paylaşılmıştır. KB 5 her iki karşılaştırmada da etkin çıkmıştır. Şekil 5.5’te toplam potansiyel iyileştirmeler için oluşturulmuş daire diyagramı görülmektedir.

**Çizelge 5. 7.** VZA sonuçları tablosu (Senaryo 2)

Units	Comparison 1			Comparison 2			
	Unit name	Score	Efficient	Condition	Score	Efficient	Condition
KB1		37,6%			75,3%		
KB2		64,4%			92,8%		
KB3		95,2%			99,0%		
KB4		96,2%			100,0%		
KB5		100,0%	<input checked="" type="checkbox"/>		100,0%	<input checked="" type="checkbox"/>	



Şekil 5. 5. Toplam potansiyel iyileştirmeler (Senaryo 2)

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hücre 3 için yapılmış iyileştirmelerin sonuçları, firmaların kendi süreçlerini sürekli analiz ve doğru yaklaşımlar ile ne kadar başarılı sonuçlar elde edebileceklerini göstermektedir. Kalıp değiştirme süresinin analizi üretime değer katmayan ve gereksiz faaliyetleri ortaya çıkarmıştır. Boş bekleme, malzemelerin yanlış konumda bekletilmesi, kalıpların montaj ve demontaj işlemlerinin uzun sürmesi gibi nedenler belirlenmiştir. Bu problemlere operatörler ile beraber çözümler geliştirilmiştir. Bu çözümler ile kalıp değiştirme süresinde %70 oranında bir azalma olmuştur. Benzer şekilde üretim süreci gözlemlenerek işlem ve operatör bazında tüm işlemlerin süreleri ve işlem sıraları yeniden düzenlenmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında çevrim süresi 81 saniye iken 32 saniyeye düşmüştür.

Kayıp zaman analizleri ile duruş nedenlerine göre veriler derlenmiştir. Mevcutta kullanılan kayıp zaman analizi formları güncellenmiş ve detaylı hale getirilmiştir. Duruş nedenlerinin çoğu ortadan kaldırılmış birçoğu da büyük ölçüde azaltılmıştır. Firmaların üretim alanındaki süreçleri takip için kullandıkları bu ve benzer formların zaman içinde güncellenmesi olumlu sonuçlar almak için önemlidir.

Tez çalışmasında AAGOS ve OTS parametreleri de istenilen düzeyde değişmiştir. Hattın verimini ölçmede kullanılan en etkin yöntemlerden biri olan TEE değeri de %60 seviyesinden %75'e yükselmiştir. Vardiya başına üretim miktarında ortalama %50 bir artış gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar belirli aralıklar ile fabrika içindeki panolarda çalışanlar ile paylaşılmıştır. Bu sonuçlara ulaşma yolunda özellikle de yalın üretim uygulamalarında operatörlerin desteğini almanın başarıdaki payı fabrika genelinde yapılan toplantılarda tüm çalışanlar ile paylaşılmıştır.

Çalışanların motivasyonları belirli aralıklarla gerçekleştirilen ödüllendirmeler ve ayın çalışanı seçimi gibi çeşitli yollar ile maddi ve manevi olarak desteklenerek arttırılmıştır. Motivasyon konusunda yapılan çalışmaların üretim sahasına yansıdığı gözlemlenmiştir.

Üretim sahasında yapılan görsel yönetim ve 5S çalışmaları da bu sonuçları elde etmede önemli rol oynamıştır. Bu çalışmaların gruplar halinde yapılması ve panolarda tüm çalışanlar tarafından takip edilmesi ile ilerleme süreci hızlanmıştır. Önemli noktalardan biri de yapılan bu çalışmaların sürekliliğinin sağlanmasıdır. Sürekliliği sağlamak için iyi organize olmuş ve planlı grupların yapılan faaliyetleri kontrol ve takip etmesi gereklidir.

Bu tez çalışmasında hücre montaj hattında üretim yapan bir otomotiv yan sanayi firmasının en az verimle çalışan montaj hattı olan Hücre 3 ve çevresi için bir iyileştirme süreci gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte kullanılmak üzere akış hatlarında uygulanabilen yalın üretim teknikleri çalışma alanına uygulanmıştır. Yalın tekniklerin uygulanmasının ardından mevcut durumda meydana gelen değişimlerin verileri belirli aralıklar ile derlenmiştir. Bu veriler daha sonra VZA uygulaması için girdi ve çıktı değerlerini oluşturmuştur. Varolan değerler öngörülen iki senaryo ve belirlenen beş KB için bir VZA programına girilerek çıktıya yönelik bir araştırma yapılmıştır. Sonuç olarak belirlenen KB arasından etkin olanlar belirlenmiştir. VZA tekniği ile hangi KB'nin en etkin olduğu konusunda emin olunmuştur. Ayrıca bu çalışma ile kaynakların en etkin şekilde kullanıldığı fabrika yönetimine aktarılmıştır.

İleriye yönelik araştırmalarda, bu araştırmaya dahil edilmemiş yalın tekniklerin benzer üretim ortamlarında uygulanması ve/veya akış hatlarında kullanılabilir farklı iyileştirme çalışmaları ve yaklaşımların hayata geçirilmesi sonucunda elde edilen gerçek veriler kullanılarak VZA tekniği ile değerlendirilebilir.

Üretim sektöründe firmalar her zaman beklenmedik durumlar ile karşı karşıya kalabilmektedir. Bu beklenmedik durumlar üretim performansını direk olarak etkileyebilmektedir. Bu nedenle performansı etkileyen faktörlerin ve performans ölçümünü gerçekleştirirken kullanılan yöntemlerin doğru belirlenmiş olması önemlidir.

## KAYNAKLAR

- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). "Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: a process sector case study". *International Journal of Production Economics*, **107**(1), 223-236.
- Ahura, I., & Khamba, J. (2008). "Total productive maintenance: literature review and directions". *International Journal of Quality & Reliability Management*, **5**(7), 709-756.
- Alirazae, M. R., Howland, M., & Van de Panne, C. (1998). "Sampling size and efficiency bias in data envelopment analysis". *Journal of Applied Mathematics and Decision Sciences*, **2**(1), 51-64.
- Allen, J., Robinson, C., & Stewart, D. (2001). *Lean manufacturing: a plant floor guide*. Michigan: Society of Manufacturing Engineering.
- Altan, M. S. (2010). "Türk sigortacılık sektöründe etkinlik : Veri Zarflama Analizi yöntemi ile bir uygulama". *Gazi Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, **12**(1), 185-204.
- Aydemir, Z. C. (2002). "Bölgesel rekabet edebilirlik kapsamında illerin kaynak kullanım görece verimlilikleri : Veri Zarflama Analizi uygulaması". *DPT Uzmanlık Tezleri Yayınları*.
- Baysal, M. E., Alçılar, B., Çerçioğlu, H., & Toklu, B. (2005). "Türkiye'deki devlet üniversitelerinin 2004 yılı performanslarının, Veri Zarflama Analizi yöntemiyle belirlenip buna göre 2005 yılı bütçe tahsislerinin yapılması" *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **9**(1), 67-73.
- Behrouzi, F., & Wong, K. Y. (2011). "Lean performance evaluation of manufacturing systems: a dynamic and innovative approach". *Procedia Computer Science*, **3**, 388-395.
- Black, J. (2008). *Lean production: implementing a world-class system*. New York: Industrial Press.
- Brownie, J., Harhen, J., & Shivnan, J. (1996). *Production management systems: an integrated perspective*. Addison Wesley.

- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). "Measuring the efficiency of decision making units". *European Journal of Operational Research*, **2**(6), 429-444.
- Chen, C.-C. (2008). "An objective-oriented and product-line-based Manufacturing performance measurement". *International Journal of Production Economics*, **112**, 380-390.
- Chen, J. C., Li, Y., & Shady, B. D. (2010). "From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: an industrial case study". *International Journal of Production Research*, **48**(4), 1069-1086.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2007). *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA solver software*. New York, A.B.D.: Springer Science and Business Media.
- Dasci, A., & Karakul, M. (2009). "Performance evaluation of a single-stage two-product manufacturing system operating under the pull-type control". *Computers & Operations Research*, **35**(9), 2861-2876.
- Deniz, N. (2009). Türkiye'deki illerin kaynak kullanımlarına göre göreceli etkinliklerinin klasik ve bulanık veri zarflama analizi yöntemleri ile belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü .
- Duggan, K. J. (2002). *Creating mixed model value streams: practical lean techniques for building to demand*. A.B.D.: Productivity Press.
- Ertay, T., & Ruan, D. (2005). "Data Envelopment Analysis based decision model for optimal operator allocation in CMS". *European Journal of Operational Research*, **164**(3), 800-810.
- Ertuğrul, İ., & Işık Tuş, A. (2008). "İşletmelerin VZA ile mali tablolarına dayalı etkinlik ölçümü: metal ana sanayiinde bir uygulama". *Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, **10**(1), 201-217.
- Faye, H., & Falzon, P. (2009). "Strategies of performance self-monitoring in automotive production". *Applied Ergonomics*, **40**(5), 915-921.
- Forsund, F. R., & Sarafoglou, N. (2002). "On the origins of data envelopment analysis". *Journal of Productivity Analysis*, **17**(1-2), 23-40.

- Gattoufi, S., Oral, M., & Reisman, A. (2004). "Data envelopment analysis literature: a bibliography update (1951-2001)". *Socio-Economic Planning Sciences*, **38**, 159-229.
- Goldratt, E. M. (2007). *Amaç*. İstanbul: Optimist Yayınları.
- Hemachandra, N., & Eedupuganti, S. K. (2003). "Performance analysis and buffer allocations in some open assembly systems". *Computers and Operations Research*, **30**(5), 695-704.
- Henderson, B. A., & Larco, J. L. (1999). *Lean transformation : How to change your business into a lean enterprise*. Richmond, A.B.D.: Oaklea Press.
- Huang, C., & Kusiak, A. (1996). "Overview of kanban systems". *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, **9**(3), 169-189.
- İşlier, A. (1998). *Üretim sistemleri : kavramlar, değerlendirme, tasarım*. Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
- Jain, S., Triantis, K. P., & Liu, S. (2011). "Manufacturing performance measurement and target setting: a data envelopment analysis approach". *European Journal of Operational Research*, **214**(3), 616-626.
- Kecek, G. (2010). *Veri zarflama analizi teori ve uygulama örneği*. Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Kırış, Ş., & Ulutaş, B. (2006). A data envelopment analysis approach to evaluate performance of manufacturing cells. *GTCM 2006 Conference Proceedings*, (s. 427-433). Groningen Netherlands.
- Kızılkaya, E. (2011). "Performance measurement model for Turkish aviation firms using the rough-AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment". *Expert Systems with Applications*, **38**(4), 3992-3998.
- Kula, V., & Özdemir, L. (2007). "Çimento sektöründe göreceli etkinsizlik alanlarının veri zarflama analizi yöntemi ile tespiti". *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, **9**(1), 55-70.
- Kulaç, Ü. (2003). Ocak 9, 2012 tarihinde Yalın Enstitü Derneği: [http://www.yalinenstitu.org.tr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=81&Itemid=14](http://www.yalinenstitu.org.tr/index.php?option=com_content&task=view&id=81&Itemid=14) adresinden alındı

- Kutlar, A., Gülcü, A., & Karagöz, Y. (2004). "Cumhuriyet üniversitesi fakültelerinin performans değerlendirilmesi". *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, **2**, 137-157.
- Lui, J. S., Lu, L. Y., Lu, W.-M., & Lin, J. B. (2013). "Data envelopment analysis 1978-2010: a citation-based literature survey." *Omega*, **41**(1), 3-1.5
- Mascitelli, R. (2004). *The lean design guidebook: everything your product development team needs to slash manufacturing cost*. Northridge: Technology Perspectives.
- Melton, T. (2005). "The benefits of lean manufacturing: what lean thinking has to offer the process industries". *Chemical Engineering Research and Design*, **83**(6), 662-673.
- Miltenberg, J. (2001). "One-piece flow manufacturing on U-shaped production lines: a tutorial". *IEE Transactions*, **33**, 303-321.
- Monden, Y. (1998). *Toyota production system: an integrated approach to just-in-time*. A.B.D.: Engineering & Management Press.
- Morgan, J. M., & Liker, J. K. (2006). *The toyota product development system: integrating people, process, and technology*. New York: Productivity Press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. New York: Productivity Press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. New York, A.B.D.: Productivity Press.
- Ohno, T. (1996). *Toyota ruhu*. (C. Feyyat, Çev.) İstanbul: Scala Yayıncılık.
- Okur, A. S. (2005). *2000'li yıllarda Türkiye sanayii için yapılanma modeli: yalın üretim*. İstanbul: Vira Reklam Yayım.
- Ramanathan, R. (2003). *An introduction to data envelopment analysis : a tool for performance measurement*. New Delhi, Hindistan: Sage Publications.
- Rich, N., Bateman, N., Esain, A., Massey, L., & Samuel, D. (2009). *Cambridge Books Online*. Şubat 3, 2011 tarihinde <http://ebooks.cambridge.org/ebook.jsf?bid=CBO9780511541223> adresinden alındı



- Rodrigues, M., & Hatakeyama, K. (2006). "Analysis of the fall of the TPM in the companies". *Journal of Materials Processing Technology*, **179**(1-3), 276-279.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Görmeyi öğrenmek*. (A. Soydan, Çev.) Yalın Enstitü Yayınları.
- Sarkis, J., & Shambu, G. (2002). "Performance evaluation of hybrid cellular manufacturing systems using data envelopment analysis". *Journal of Design and Manufacturing Automation*, **I**(4), 301-315.
- Seiford, L. M. (1997). "A bibliography for data envelopment analysis (1978-1996)". *Annals of Operations Research*, **73**, 393-438.
- Shafer, S., & Bradford, J. (1995). "Efficiency measurement of alternative machine component grouping solutions via data envelopment analysis". *IEEE Transactions on Engineering Management*, **42**(2), 159-165.
- Sharma, S. (2007). "A fresh approach to performance evaluation in a multi-item production scenario". *European Journal of Operational Research*, **178**(2), 627-630.
- Smith, R., & Hawkins, B. (2004). *Lean maintenance*. Oxford, İngiltere: Elsevier.
- Sofianopoulou, S. (2006). "Manufacturing cell efficiency evaluation using data envelopment analysis". *Journal of Manufacturing Technology Management*, **17**(1/2), 224-238.
- Sullivan, W. G., McDonald, T. N., & Van Aken, E. M. (2002). "Equipment replacement decisions and lean manufacturing". *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, **18**(3-4), 255-265.
- Suwignjo, P., Bitici, U. S., & Carrie, A. (2000). "Quantitative models for performans measurement system". *International Journal of Production Economics*, **64**(1-3), 231-241.
- Talluri, S., Huq, F., & Pinney, W. E. (1997). "Application of data envelopment analysis for cell performance evaluation and process improvement in cellular manufacturing". *International Journal of Production Research*, **35**(8), 2157-2170.
- Tarım, A. (2001). *Veri zarflama analizi-matemetiksel programlama tabanlı görelî etkinlik ölçümü yaklaşımı*. Ankara: Sayıştay Yayınları.

- Terli, A. (2009). Yalın üretime geçiş sürecinde "5S" sisteminin hazır giyim işletmelerinde uygulanma düzeyleri. *Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Titiz, İ., Demir, Y., & Onat, O. K. (2007). "Türkiye'de şirket birleşmelerinde birleşme etkinliklerinin veri zarflama analizi yoluyla belirlenmesi". *Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F Dergisi*, **9**(1), 117-139.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2007). *Yalın düşünce*. (O. Yamak, Çev.) İstanbul: Optimist Yayın Dağıtım.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1991). *The machine that changed the world*. New York, A.B.D.: HarperPerennial.
- Xu, T., Moon, D. H., & Baek, S. G. (2012). *A simulation study integrated with analytic hierarchy process (AHP) in an automotive manufacturing system*. Ekim 21, 2012 tarihinde SAGE Journals: <http://sim.sagepub.com/content/88/4/450> adresinden alındı
- Yeşilyurt, C., & Alan, M. a. (2003). "Fen liselerinin 2002 yılı göreceli etkinliğinin Veri Zarflama Analizi yöntemi ile ölçülmesi". *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, **4**(2), 91-104.
- Yousefi, A., & Hadi-Vencheh, A. (2010). "An integrated group decision making model and its evaluation by DEA for automobile industry". *Expert Systems with Application*, **37**(12), 8543-8556.
- Zerenler, M. (2005). "Performans ölçüm sistemleri tasarımı ve üretim sistemlerinin performansının ölçümüne yönelik bir araştırma". *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, **1**, 1-36.
- Zhu, J., & Cook, W. D. (2007). *Modeling data irregularities and structural complexities in data envelopment analysis*. New York, A.B.D.: Springer Science and Business Media.

## EK-1 VZA FRONTIER ANALYST 4 PROGRAMI RAPORU

### Senaryo 1

Comparison 1

37,63% KB1

Peers: 1

References: 0

#### *Potential Improvements*

<b>Variable</b>	<b>Actual</b>	<b>Target</b>	<b>Potential Improvement</b>
Kalıp Değiştirme Süresi	86,00	50,00	-41,86 %
Operatör Sayısı	6,00	6,00	0,00 %
Vardiya Sayısı	2,00	2,00	0,00 %
Yararlanabilirlik	0,73	1,94	165,75 %
Çevrim süresi	81,00	64,00	-20,99 %
Üretilen Ürün Miktarı	261,00	1020,00	290,80 %

#### *Peer Contributions*

KB5	Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %
KB5	Operatör Sayısı	100,00 %
KB5	Vardiya Sayısı	100,00 %
KB5	Yararlanabilirlik	100,00 %
KB5	Çevrim süresi	100,00 %
KB5	Üretilen Ürün Miktarı	100,00 %

#### *Input / Output Contributions*

Kalıp Değiştirme Süresi	0,00 %	Input
Operatör Sayısı	0,00 %	Input
Vardiya Sayısı	100,00 %	Input
Çevrim süresi	0,00 %	Input
Yararlanabilirlik	100,00 %	Output
Üretilen Ürün Miktarı	0,00 %	Output

#### *Peers*

KB5

64,43% KB2

Peers: 1

References: 0

### *Potential Improvements*

<b>Variable</b>	<b>Actual</b>	<b>Target</b>	<b>Potential Improvement</b>
Kalıp Değiştirme Süresi	36,00	36,00	0,00 %
Operatör Sayısı	5,00	4,32	-13,60 %
Vardiya Sayısı	2,00	1,44	-28,00 %
Yararlanabilirlik	0,90	1,40	55,20 %
Çevrim süresi	81,00	46,08	-43,11 %
Üretilen Ürün Miktarı	341,00	734,40	115,37 %

### *Peer Contributions*

KB5	Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %
KB5	Operatör Sayısı	100,00 %
KB5	Vardiya Sayısı	100,00 %
KB5	Yararlanabilirlik	100,00 %
KB5	Çevrim süresi	100,00 %
KB5	Üretilen Ürün Miktarı	100,00 %

### *Input / Output Contributions*

Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %	Input
Operatör Sayısı	0,00 %	Input
Vardiya Sayısı	0,00 %	Input
Çevrim süresi	0,00 %	Input
Yararlanabilirlik	100,00 %	Output
Üretilen Ürün Miktarı	0,00 %	Output

### *Peers*

KB5

98,97% KB3

Peers: 1

References: 0

### *Potential Improvements*

<b>Variable</b>	<b>Actual</b>	<b>Target</b>	<b>Potential Improvement</b>
Kalıp Değiştirme Süresi	26,00	25,00	-3,85 %
Operatör Sayısı	3,00	3,00	0,00 %
Vardiya Sayısı	1,00	1,00	0,00 %
Yararlanabilirlik	0,96	0,97	1,04 %
Çevrim süresi	56,00	32,00	-42,86 %
Üretilen Ürün Miktarı	456,00	510,00	11,84 %

### *Peer Contributions*

KB5	Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %
KB5	Operatör Sayısı	100,00 %
KB5	Vardiya Sayısı	100,00 %
KB5	Yararlanabilirlik	100,00 %
KB5	Çevrim süresi	100,00 %
KB5	Üretilen Ürün Miktarı	100,00 %

### *Input / Output Contributions*

Kalıp Değiştirme Süresi	0,00 %	Input
Operatör Sayısı	0,00 %	Input
Vardiya Sayısı	100,00 %	Input
Çevrim süresi	0,00 %	Input
Yararlanabilirlik	100,00 %	Output
Üretilen Ürün Miktarı	0,00 %	Output

### *Peers*

KB5

100,00% KB4

Peers: 1

References: 0

### *Potential Improvements*

<b>Variable</b>	<b>Actual</b>	<b>Target</b>	<b>Potential Improvement</b>
Kalıp Değiştirme Süresi	26,00	25,00	-3,85 %
Operatör Sayısı	4,00	3,00	-25,00 %
Vardiya Sayısı	1,00	1,00	0,00 %
Yararlanabilirlik	0,97	0,97	0,00 %
Çevrim süresi	41,00	32,00	-21,95 %
Üretilen Ürün Miktarı	491,00	510,00	3,87 %

### *Peer Contributions*

KB5	Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %
KB5	Operatör Sayısı	100,00 %
KB5	Vardiya Sayısı	100,00 %
KB5	Yararlanabilirlik	100,00 %
KB5	Çevrim süresi	100,00 %
KB5	Üretilen Ürün Miktarı	100,00 %

### *Input / Output Contributions*

Kalıp Değiştirme Süresi	0,00 %	Input
Operatör Sayısı	0,00 %	Input
Vardiya Sayısı	100,00 %	Input
Çevrim süresi	0,00 %	Input
Yararlanabilirlik	100,00 %	Output
Üretilen Ürün Miktarı	0,00 %	Output

### *Peers*

KB5

## Comparison 2

75,26% KB1

Peers: 1

References: 0

### *Potential Improvements*

Variable	Actual	Target	Potential Improvement
Kalıp Değiştirme Süresi	86,00	25,00	-70,93 %
Operatör Sayısı	6,00	3,00	-50,00 %
Vardiya Sayısı	2,00	1,00	-50,00 %
Yararlanabilirlik	0,73	0,97	32,88 %
Çevrim süresi	81,00	32,00	-60,49 %
Üretilen Ürün Miktarı	261,00	510,00	95,40 %

### *Peer Contributions*

KB5	Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %
KB5	Operatör Sayısı	100,00 %
KB5	Vardiya Sayısı	100,00 %
KB5	Yararlanabilirlik	100,00 %
KB5	Çevrim süresi	100,00 %
KB5	Üretilen Ürün Miktarı	100,00 %

### *Input / Output Contributions*

Kalıp Değiştirme Süresi	25,00 %	Input
Operatör Sayısı	25,00 %	Input
Vardiya Sayısı	25,00 %	Input
Çevrim süresi	25,00 %	Input
Yararlanabilirlik	100,00 %	Output
Üretilen Ürün Miktarı	0,00 %	Output

### *Peers*

KB5

92,78% KB2

Peers: 1

References: 0

### *Potential Improvements*

<b>Variable</b>	<b>Actual</b>	<b>Target</b>	<b>Potential Improvement</b>
Kalıp Değiştirme Süresi	36,00	25,00	-30,56 %
Operatör Sayısı	5,00	3,00	-40,00 %
Vardiya Sayısı	2,00	1,00	-50,00 %
Yararlanabilirlik	0,90	0,97	7,78 %
Çevrim süresi	81,00	32,00	-60,49 %
Üretilen Ürün Miktarı	341,00	510,00	49,56 %

### *Peer Contributions*

KB5	Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %
KB5	Operatör Sayısı	100,00 %
KB5	Vardiya Sayısı	100,00 %
KB5	Yararlanabilirlik	100,00 %
KB5	Çevrim süresi	100,00 %
KB5	Üretilen Ürün Miktarı	100,00 %

### *Input / Output Contributions*

Kalıp Değiştirme Süresi	12,87 %	Input
Operatör Sayısı	25,63 %	Input
Vardiya Sayısı	30,75 %	Input
Çevrim süresi	30,75 %	Input
Yararlanabilirlik	100,00 %	Output
Üretilen Ürün Miktarı	0,00 %	Output

### *Peers*

KVB5



98,97% KB3

Peers: 1

References: 0

### *Potential Improvements*

<b>Variable</b>	<b>Actual</b>	<b>Target</b>	<b>Potential Improvement</b>
Kalıp Değiştirme Süresi	26,00	25,00	-3,85 %
Operatör Sayısı	3,00	3,00	0,00 %
Vardiya Sayısı	1,00	1,00	0,00 %
Yararlanabilirlik	0,96	0,97	1,04 %
Çevrim süresi	56,00	32,00	-42,86 %
Üretilen Ürün Miktarı	456,00	510,00	11,84 %

### *Peer Contributions*

KB5	Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %
KB5	Operatör Sayısı	100,00 %
KB5	Vardiya Sayısı	100,00 %
KB5	Yararlanabilirlik	100,00 %
KB5	Çevrim süresi	100,00 %
KB5	Üretilen Ürün Miktarı	100,00 %

### *Input / Output Contributions*

Kalıp Değiştirme Süresi	15,16 %	Input
Operatör Sayısı	25,08 %	Input
Vardiya Sayısı	25,08 %	Input
Çevrim süresi	34,68 %	Input
Yararlanabilirlik	100,00 %	Output
Üretilen Ürün Miktarı	0,00 %	Output

### *Peers*

KB5

100,00% KB4

Peers: 1

References: 0

### *Potential Improvements*

<b>Variable</b>	<b>Actual</b>	<b>Target</b>	<b>Potential Improvement</b>
Kalıp Değiştirme Süresi	26,00	25,00	-3,85 %
Operatör Sayısı	4,00	3,00	-25,00 %
Vardiya Sayısı	1,00	1,00	0,00 %
Yararlanabilirlik	0,97	0,97	0,00 %
Çevrim süresi	41,00	32,00	-21,95 %
Üretilen Ürün Miktarı	491,00	510,00	3,87 %

### *Peer Contributions*

KB5	Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %
KB5	Operatör Sayısı	100,00 %
KB5	Vardiya Sayısı	100,00 %
KB5	Yararlanabilirlik	100,00 %
KB5	Çevrim süresi	100,00 %
KB5	Üretilen Ürün Miktarı	100,00 %

### *Input / Output Contributions*

Kalıp Değiştirme Süresi	15,31 %	Input
Operatör Sayısı	33,75 %	Input
Vardiya Sayısı	25,31 %	Input
Çevrim süresi	25,63 %	Input
Yararlanabilirlik	100,00 %	Output
Üretilen Ürün Miktarı	0,00 %	Output

### *Peers*

KB5

## Senaryo 2

Comparison Comparison 1

37,63% KB1

Peers: 1

References: 0

### *Potential Improvements*

<b>Variable</b>	<b>Actual</b>	<b>Target</b>	<b>Potential Improvement</b>
Kalıp Değiştirme Süresi	86,00	50,00	-41,86 %
Yararlanabilirlik	0,73	1,94	165,75 %
Çevrim süresi	81,00	64,00	-20,99 %
Üretilen Ürün Miktarı	261,00	1020,00	290,80 %
İş Gücü Saati	48,00	48,00	0,00 %

### *Peer Contributions*

KB5	Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %
KB5	Yararlanabilirlik	100,00 %
KB5	Çevrim süresi	100,00 %
KB5	Üretilen Ürün Miktarı	100,00 %
KB5	İş Gücü Saati	100,00 %

### *Input / Output Contributions*

Kalıp Değiştirme Süresi	0,00 %	Input
Çevrim süresi	0,00 %	Input
İş Gücü Saati	100,00 %	Input
Yararlanabilirlik	100,00 %	Output
Üretilen Ürün Miktarı	0,00 %	Output

### *Peers*

KB5

64,43% KB2

Peers: 1

References: 0

***Potential Improvements***

<b>Variable</b>	<b>Actual</b>	<b>Target</b>	<b>Potential Improvement</b>
Kalıp Değiştirme Süresi	36,00	36,00	0,00 %
Yararlanabilirlik	0,90	1,40	55,20 %
Çevrim süresi	81,00	46,08	-43,11 %
Üretilen Ürün Miktarı	341,00	734,40	115,37 %
İş Gücü Saati	40,00	34,56	-13,60 %

***Peer Contributions***

KB5	Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %
KB5	Yararlanabilirlik	100,00 %
KB5	Çevrim süresi	100,00 %
KB5	Üretilen Ürün Miktarı	100,00 %
KB5	İş Gücü Saati	100,00 %

***Input / Output Contributions***

Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %	Input
Çevrim süresi	0,00 %	Input
İş Gücü Saati	0,00 %	Input
Yararlanabilirlik	100,00 %	Output
Üretilen Ürün Miktarı	0,00 %	Output

***Peers***

KB5

95,16% KB3

Peers: 1

References: 0

***Potential Improvements***

<b>Variable</b>	<b>Actual</b>	<b>Target</b>	<b>Potential Improvement</b>
Kalıp Değiştirme Süresi	26,00	26,00	0,00 %
Yararlanabilirlik	0,96	1,01	5,08 %
Çevrim süresi	56,00	33,28	-40,57 %
Üretilen Ürün Miktarı	456,00	530,40	16,32 %
İş Gücü Saati	30,00	24,96	-16,80 %

***Peer Contributions***

KB5	Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %
KB5	Yararlanabilirlik	100,00 %
KB5	Çevrim süresi	100,00 %
KB5	Üretilen Ürün Miktarı	100,00 %
KB5	İş Gücü Saati	100,00 %

***Input / Output Contributions***

Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %	Input
Çevrim süresi	0,00 %	Input
İş Gücü Saati	0,00 %	Input
Yararlanabilirlik	100,00 %	Output
Üretilen Ürün Miktarı	0,00 %	Output

***Peers***

KB5

96,15% KB4

Peers: 1

References: 0

***Potential Improvements***

<b>Variable</b>	<b>Actual</b>	<b>Target</b>	<b>Potential Improvement</b>
Kalıp Değiştirme Süresi	26,00	26,00	0,00 %
Yararlanabilirlik	0,97	1,01	4,00 %
Çevrim süresi	41,00	33,28	-18,83 %
Üretilen Ürün Miktarı	491,00	530,40	8,02 %
İş Gücü Saati	32,00	24,96	-22,00 %

***Peer Contributions***

KB5	Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %
KB5	Yararlanabilirlik	100,00 %
KB5	Çevrim süresi	100,00 %
KB5	Üretilen Ürün Miktarı	100,00 %
KB5	İş Gücü Saati	100,00 %

***Input / Output Contributions***

Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %	Input
Çevrim süresi	0,00 %	Input
İş Gücü Saati	0,00 %	Input
Yararlanabilirlik	100,00 %	Output
Üretilen Ürün Miktarı	0,00 %	Output

***Peers***

KB5

## Comparison Comparison 2

75,26% KB1

Peers: 1

References: 0

### *Potential Improvements*

<b>Variable</b>	<b>Actual</b>	<b>Target</b>	<b>Potential Improvement</b>
Kalıp Değiştirme Süresi	86,00	25,00	-70,93 %
Yararlanabilirlik	0,73	0,97	32,88 %
Çevrim süresi	81,00	32,00	-60,49 %
Üretilen Ürün Miktarı	261,00	510,00	95,40 %
İş Gücü Saati	48,00	24,00	-50,00 %

### *Peer Contributions*

KB5	Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %
KB5	Yararlanabilirlik	100,00 %
KB5	Çevrim süresi	100,00 %
KB5	Üretilen Ürün Miktarı	100,00 %
KB5	İş Gücü Saati	100,00 %

### *Input / Output Contributions*

Kalıp Değiştirme Süresi	33,33 %	Input
Çevrim süresi	33,33 %	Input
İş Gücü Saati	33,33 %	Input
Yararlanabilirlik	100,00 %	Output
Üretilen Ürün Miktarı	0,00 %	Output

### *Peers*

KB5

92,78% KB2

Peers: 1

References: 0

***Potential Improvements***

<b>Variable</b>	<b>Actual</b>	<b>Target</b>	<b>Potential Improvement</b>
Kalıp Değiştirme Süresi	36,00	25,00	-30,56 %
Yararlanabilirlik	0,90	0,97	7,78 %
Çevrim süresi	81,00	32,00	-60,49 %
Üretilen Ürün Miktarı	341,00	510,00	49,56 %
İş Gücü Saati	40,00	24,00	-40,00 %

***Peer Contributions***

KB5	Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %
KB5	Yararlanabilirlik	100,00 %
KB5	Çevrim süresi	100,00 %
KB5	Üretilen Ürün Miktarı	100,00 %
KB5	İş Gücü Saati	100,00 %

***Input / Output Contributions***

Kalıp Değiştirme Süresi	18,59 %	Input
Çevrim süresi	44,41 %	Input
İş Gücü Saati	37,01 %	Input
Yararlanabilirlik	100,00 %	Output
Üretilen Ürün Miktarı	0,00 %	Output

***Peers***

KB5



98,97% KVB3

Peers: 1

References: 0

***Potential Improvements***

<b>Variable</b>	<b>Actual</b>	<b>Target</b>	<b>Potential Improvement</b>
Kalıp Değiştirme Süresi	26,00	25,00	-3,85 %
Yararlanabilirlik	0,96	0,97	1,04 %
Çevrim süresi	56,00	32,00	-42,86 %
Üretilen Ürün Miktarı	456,00	510,00	11,84 %
İş Gücü Saati	30,00	24,00	-20,00 %

***Peer Contributions***

KB5	Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %
KB5	Yararlanabilirlik	100,00 %
KB5	Çevrim süresi	100,00 %
KB5	Üretilen Ürün Miktarı	100,00 %
KB5	İş Gücü Saati	100,00 %

***Input / Output Contributions***

Kalıp Değiştirme Süresi	18,68 %	Input
Çevrim süresi	42,71 %	Input
İş Gücü Saati	38,61 %	Input
Yararlanabilirlik	100,00 %	Output
Üretilen Ürün Miktarı	0,00 %	Output

***Peers***

KB5

100,00% KB4

Peers: 1

References: 0

***Potential Improvements***

<b>Variable</b>	<b>Actual</b>	<b>Target</b>	<b>Potential Improvement</b>
Kalıp Değiştirme Süresi	26,00	25,00	-3,85 %
Yararlanabilirlik	0,97	0,97	0,00 %
Çevrim süresi	41,00	32,00	-21,95 %
Üretilen Ürün Miktarı	491,00	510,00	3,87 %
İş Gücü Saati	32,00	24,00	-25,00 %

***Peer Contributions***

KB5	Kalıp Değiştirme Süresi	100,00 %
KB5	Yararlanabilirlik	100,00 %
KB5	Çevrim süresi	100,00 %
KB5	Üretilen Ürün Miktarı	100,00 %
KB5	İş Gücü Saati	100,00 %

***Input / Output Contributions***

Kalıp Değiştirme Süresi	20,49 %	Input
Çevrim süresi	34,31 %	Input
İş Gücü Saati	45,19 %	Input
Yararlanabilirlik	100,00 %	Output
Üretilen Ürün Miktarı	0,00 %	Output

***Peers***

KB5