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

YALIN ÜRETİM UYGULAMALARINDA İSRAFIN AZALTILMASI İLE PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN VE ETKİLEŞİMİN ANALİZİ

Ejder AYÇIN

Danışman

Prof. Dr. Onur ÖZVERİ

İZMİR-2016

DOKTORA
TEZ ONAY SAYFASI

2011800610

Üniversite : Dokuz Eylül Üniversitesi

Enstitü : Sosyal Bilimler Enstitüsü

Adı ve Soyadı : EJDER AYÇIN

Tez Başlığı : Yalın Üretim Uygulamalarında İsrafın Azaltılması ile Performans Ölçütleri Arasındaki İlişkilerin ve Etkileşimin Analizi

Savunma Tarihi : 25.03.2016

Danışmanı : Prof.Dr.Onur ÖZVERİ

JÜRİ ÜYELERİ

Ünvanı, Adı, Soyadı	Üniversitesi	İmza
Prof.Dr.Onur ÖZVERİ	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ	.....
Prof.Dr.Ali ÖZDEMİR	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ	.....
Doç.Dr.Güzin ÖZDAĞOĞLU	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ	.....
Doç. Dr. İrfan ERTUĞRUL	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ	.....
Doç.Dr.Mehmet Emre GÜLER	İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ	.....

Oybirliği (X)
Oy Çokluğu ( )

EJDER AYÇIN tarafından hazırlanmış ve sunulmuş "**Yalın Üretim Uygulamalarında İsrafın Azaltılması ile Performans Ölçütleri Arasındaki İlişkilerin ve Etkileşimin Analizi**"başlıklı tezi kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Mustafa Yaşar TINAR
Enstitü Müdürü

YEMİN METNİ

Doktora Tezi olarak sunduğum "Yalın Üretim Uygulamalarında İsrafın Azaltılması İle Performans Ölçütleri Arasındaki İlişkilerin ve Etkileşimin Analizi" adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih
..../..../.....
Ejder AYÇIN

ÖZET

Doktora Tezi

Yalın Üretim Uygulamalarında İsrafın Azaltılması İle Performans Ölçütleri Arasındaki İlişkilerin ve Etkileşimin Analizi

Ejder AYÇIN

Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı
İşletme Doktora

Günümüzde artan rekabet koşulları ve pazar koşullarındaki değişimler işletmeleri müşteri odaklı faaliyetlerde bulunmaya zorlamaktadır. Günümüz koşullarına ayak uydurabilmek, müşteri taleplerini eksiksiz ve zamanında karşılayabilmek için işletmeler, geleneksel üretim sistemlerinden vazgeçip, üretim sistemlerini günümüz koşullarına göre şekillendirmişlerdir. Bu koşullarda, işletmelerin rekabetçi güçlerini arttıracak ve müşteri odaklı ilkeler benimseyen yalın üretim sistemleri önemli bir hale gelmiştir. Yalın üretim sistemleri, üretim sürecindeki her türlü israfı ortadan kaldırmaya yönelik faaliyetlere odaklanarak, işletmelerin rekabetçi ortamda var olabilmeleri için değer yaratan üretim süreçleri oluşturmayı hedeflemektedir. Yalın üretim felsefesine sahip işletmeler, üretim sisteminde ortaya çıkabilecek her türlü israfı iyi belirlemeli ve onları ortadan kaldıracak akılcı çözümler yaratarak üretim sistemlerini tasarlamalıdırlar.

Bu tez çalışması yalın üretim sistemine sahip bir işletmede, belirlenen performans ölçütleri ile israf türleri arasındaki ilişkileri ve etkileşimi belirlemeyi amaçlamaktadır. Literatürden referans alınan bir model yardımıyla

performans ölçütleri ve israf türleri arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Bu ilişkiler belirlendikten sonra uygulama yapılan firmada çalışan mühendislerin israf türü-performans ölçütü değerlendirme formlarına verdikleri cevaplardan yararlanılarak, performans ölçütleri ile israf türleri arasındaki etkileşim ortaya konulmuştur. Bu modele ek olarak, performans ölçütleri ve israf türleri arasındaki ilişki ve etkileşimleri daha iyi açıklayabilmek amacıyla uygulama verileri *DEMATEL* yöntemiyle analiz edilmiştir. Firmanın, üretim süreçlerinde değer yaratması ve meydana gelebilecek her türlü israfa neden olacak faaliyetleri belirleyip, bunları üretim sisteminden kaldırması doğrultusunda çözüm üretmesi oldukça önemlidir. Bu çalışma kapsamında kullanılan modelin, firma performans ölçütleri ile israf türleri arasındaki ilişki ve etkileşimi belirleyebildiği analiz sonuçları ile ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yalın Üretim, İsraf Türleri, Performans Ölçütleri, DEMATEL

ABSTRACT

Doctoral Thesis
Doctor of Philosophy(PhD)

An Analysis of Relationships and Interactions between Waste Reduction and Performance Measures in Lean Manufacturing Implementations

Ejder AYÇIN

Dokuz Eylül University
Graduate School of Social Sciences
Department of Business Administration
Business Administration Program

Today, the increasing competition along with the changes in market conditions force businesses to engage in customer-focused activities. Therefore, the businesses aiming to keep up with the recent conditions and meet the customer demands on time in full have abandoned the traditional production systems and structured their production systems in line with today's conditions. In this regard, lean production systems adopting customer-oriented principles that may increase the enterprises' competitiveness becomes necessary. Lean production systems, which focus on activities for eliminating all kinds of waste in the production process, target to generate value-creating production processes to ensure enterprises' existence in a competitive environment. Businesses operating with a lean production philosophy must well identify any potential waste that may arise in the production system and design production systems that are capable of creating smart solutions to eliminate waste.

This dissertation study aims to identify the correlation and interaction between determined performance criteria and waste types at an enterprise. The correlation between performance criteria and waste types was specified based

on a model in the literature. After specification of the correlations, the interaction between the performance criteria and waste type was presented considering the answers given to the waste type -performance criteria evaluation forms by the engineers working for the company, which was the subject of the study. Besides this model, *DEMATEL* method was also employed to analyze the study data in order to explain better the relation and interaction between the waste types and performance criteria.

It is essential for a company to create value in the production process as well as to identify the activities that may cause any waste and come up with solutions to remove such activities from the production system. It has been demonstrated with the analysis results that the model employed in this study was able to identify the interaction and correlation between the company's performance criteria and waste types.

Keywords: Lean Manufacturing, Waste Types, Performance Criteria, DEMATEL

YALIN ÜRETİM UYGULAMALARINDA İSRAFIN AZALTILMASI İLE PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN VE ETKİLEŞİMİN ANALİZİ

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI ii

YEMİN METNİ iii

ÖZET iv

ABSTRACT vi

İÇİNDEKİLER viii

KISALTMALAR xii

TABLOLAR LİSTESİ xiii

ŞEKİLLER LİSTESİ xv

EKLER LİSTESİ xvi

GİRİŞ 1

BİRİNCİ BÖLÜM

YALIN ÜRETİM

1.1. YALIN ÜRETİMİN TARİHÇESİ 4

1.2. YALIN ÜRETİM KAVRAMI 7

1.3. YALIN ÜRETİM İLKELERİ 12

1.3.1. Değer 12

1.3.2. Değer Akışı 13

1.3.3. Akış 14

1.3.4. Çekme 15

1.3.5. Mükemmellik 16
1.4. YALIN ÜRETİM YÖNETİM ARAÇLARI 17
1.4.1. Tam Zamanında Üretim 17
1.4.2. Değer Akış Haritalama 18
1.4.3. İşyerinin Düzenlenmesi – 5S 19
1.4.4. Toplam Kalite Yönetimi 21
1.4.5. Toplam Verimli Bakım 23
1.4.6. Kanban 25
1.4.7. Hücresel Üretim 27
1.4.8. Standartlaştırılmış İş 29
1.4.9. Tek Parça Akışı 30
1.4.10. U Şeklinde Üretim Hatları 32
1.4.11. SMED 34
1.4.12. Poka-Yoke 35
1.4.13. Kaizen 36
1.4.14. Jidoka (Otonomasyon) 38
1.4.15. Altı Sigma 40
1.4.16. Süreç Yönetimi 42

İKİNCİ BÖLÜM

İSRAF TÜRLERİ VE PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ

2.1. İSRAF TÜRLERİ 44
2.1.1. Ürün/Süreç Kusurları (Defects) 45
2.1.2. Fazla Üretim (Overproduction) 47
2.1.3. Fazla Stok (Excessive Inventory) 48

2.1.4. Gereksiz İşlem (Over Processing) 51

2.1.5. Gereksiz Taşıma (Transportation) 53

2.1.6. Gereksiz Hareket (Excessive Motion) 54

2.1.7. Bekleme (Waiting) 56

2.1.8. Çalışanların Yeteneklerinden Faydalanılmaması (Under Utilization of Employees) 57

2.2. PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ 58

2.2.1. Üretilen İş Miktarı (Throughput) 60

2.2.2. Verimlilik (Productivity) 61

2.2.3. Süreç Kalitesi (Process Quality) 62

2.2.4.Takt Zamanı (Takt Time) 63

2.2.5. Dengelenmiş Üretim Programları (Heijunka) 64

2.2.6. Toplam Ekipman Etkinliği (Overall Equipment Efficiency) 66

2.2.7.Ara Stok Miktarı (Work-In-Process) 69

2.3. LİTERATÜR TARAMASI 71

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

3.1. UYGULAMANIN AMACI 79

3.2. UYGULAMA ALANI 80

3.3. UYGULAMA MODELİ 81

3.4. METODOLOJİ 82

3.4.1. Performans Ölçütü-İsraf Türü İlişkilerinin Belirlenmesi 82

3.4.2. Performans Ölçütü-İsraf Türü İlişki Matrisinin Oluşturulması 87

3.4.3. Performans Ölçütü-İsraf Türü Değerlendirme Soruları 88

3.4.4. Performans Ölçütleri-İsraf Türleri Etki Skorlarının Hesaplanması 90

3.4.5. İsraf Türü-Performans Ölçütü Etkileşiminin *DEMATEL* İle Belirlenmesi 97

3.5. UYGULAMA VERİLERİNİN ANALİZİ 100

3.5.1. Performans Ölçütü-İsraf Türü Etki Skorlarının Belirlenmesi 103

3.5.2. İsraf Türü-Performans Ölçütü Etkileşiminin *DEMATEL* Analizi 112

SONUÇ 123

KAYNAKÇA 134

EKLER

KISALTMALAR

TZÜ	Tam Zamanında Üretim
DAH	Değer Akış Haritalama
TKY	Toplam Kalite Yönetimi
TVB	Toplam Verimli Bakım
SMED	Tek Haneli Dakikalarda Kalıp Değiştirme
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
TÖAİK	Tanımla-Ölç-Analiz Et-İyileştir-Kontrol Et
İSHÜ	İlk Seferinde Hatasız Üretim
TEE	Toplam Ekipman Etkinliği
ÜİM	Üretilen İş Miktarı
VER	Verimlilik
KAL	Süreç Kalitesi
TZM	Takt Zamanı
DEN	Üretim Dengeleme
ASM	Ara Stok Miktarı
DEMATEL	The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1:	Literatürdeki Yalın Üretim Tanımlamaları	s. 8
Tablo 2:	Klasik Üretim Sistemi ile Yalın Üretim Sistemi Arasındaki Farklılıklar	s. 11
Tablo 3:	Performans Ölçütleri ve Performans Metrikleri	s. 59
Tablo 4:	TEE Metrikleri ve İlişkili Kayıplar	s. 67
Tablo 5:	Üretim Sektöründe Yalın Üretim Uygulamalarına İlişkin Literatür	s. 71
Tablo 6:	İsraf Türleri	s. 82
Tablo 7:	Performans Türleri	s. 82
Tablo 8:	Süreç Kalitesi İle İsraf Türleri Arasındaki İlişki	s. 84
Tablo 9:	İsraf Türü-Performans Ölçütü İlişkileri Değerlendirme Ölçütleri	s. 84
Tablo 10:	Performans Ölçütü- İsraf Türü Ağırlıkları Matrisi Örneği	s. 85
Tablo 11:	İlişkiler Belirlenmesindeki Aralık ve Semboller	s. 86
Tablo 12:	Performans Ölçütü -İsraf Türü İlişki Matrisi	s. 87
Tablo 13:	Performans Ölçütü İsraf Türü Soru Kategorileri ve Açıklamalar	s. 88
Tablo 14:	Performans Ölçütü-İsraf Türü Soru Grupları ve Soru Sayıları	s. 88
Tablo 15:	İsraf Türlerinin Performans Ölçütleri Üzerindeki Etkisi	s. 91
Tablo 16:	Performans Ölçütlerinin Sistem İsrafı Üzerindeki Etkisi	s. 92
Tablo 17:	Normalize İsraf Türü Etkileri	s. 93
Tablo 18:	Normalize Performans Ölçütü Etkileri	s. 94
Tablo 19:	İsraf Türü Etkisi İçin Hesaplanan Yeni Skor Değerleri	s. 95
Tablo 20:	Performans Ölçütü Etkisi İçin Hesaplanan Yeni Skor Değerleri	s. 96
Tablo 21:	İsraf Türü-Performans Ölçütü İlişkileri İçin Oluşturulan Değerlendirme Ölçütleri	s. 100
Tablo 22:	İsraf Türü-Performans Ölçütü İlişkilerini Gösteren Veriler	s. 101
Tablo 23:	Skor Aralıklarına Göre İlişki Türleri ve Semboller	s. 102
Tablo 24:	Oluşturulan Performans Ölçütü-İsraf Türü İlişki Matrisi	s. 102
Tablo 25:	İsraf Türlerinin Performans Ölçütleri Üzerindeki Doğrudan Etkisi	s. 104

Tablo 26: Performans Ölçütlerinin İsraf Türleri Üzerindeki Doğrudan Etkisi s. 104
Tablo 27: Normalize Edilmiş İsraf Türleri Etkisi s. 105
Tablo 28: Normalize Edilmiş Performans Ölçütleri Etkisi s. 105
Tablo 29: İsraf Türü Etkisi İçin Hesaplamalar s. 106
Tablo 30: Performans Ölçütü Etkisi İçin Hesaplamalar s. 108
Tablo 31: İsraf Türlerine İlişkin Etki Skorları s. 110
Tablo 32: Performans Ölçütlerine İlişkin Etki Skorları s. 111
Tablo 33: *DEMATEL* Karşılaştırma Ölçeği s. 112
Tablo 34: Performans Ölçütü-İsraf Türü Doğrudan İlişki Matrisi s. 113
Tablo 35: Normalize Performans Ölçütü-İsraf Türü Doğrudan İlişki Matrisi s. 113
Tablo 36: Toplam Etki Matrisi s. 114
Tablo 37: D_i+R_j ve D_i-R_j Değerlerinin Belirlenmesi s. 115
Tablo 38: Etkileyen ve Etkilenen İsraf Türleri İle Performans Ölçütleri s. 117
Tablo 39: İsraf Türü-Performans Ölçütü Etkileme ve Etkilenme Durumları s. 126

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1:	Değer Akış Haritalamada Kullanılan Semboller	s. 18
Şekil 2:	İtme Sistemi	s. 26
Şekil 3:	Çekme Sistemi	s. 26
Şekil 4:	Çok Parçalı Akış Sistemi	s. 31
Şekil 5:	Tek Parçalı Akış Sistemi	s. 32
Şekil 6:	Milyonda Kusur Sayıları ve Sigma Seviyeleri	s. 41
Şekil 7:	TEE Hesaplanırken Dikkate Alınan Süreler	s. 68
Şekil 8:	Uygulama Modeli	s. 81
Şekil 9:	Performans Ölçütü-İsraf Türü Etkilerinin Geliştirilmesi Aşamaları	s. 90
Şekil 10:	İsraf Türleri Etki Sıralaması	s. 111
Şekil 11:	Performans Ölçütleri Etki Sıralaması	s. 112
Şekil 12:	İsraf Türleri İlişki Düzeyi Sıralaması	s. 115
Şekil 13:	Performans Ölçütleri İlişki Düzeyi Sıralaması	s. 116
Şekil 14:	İsraf Türü-Performans Ölçütü Etki Diyagramı	s. 118
Şekil 15:	Performans Ölçütü-İsraf Türü İlişki Haritası	s. 119

EKLER LİSTESİ

EK 1: Üretilen İş Miktarı İle İsraf Türleri Arasındaki İlişkiler ek s.1
EK 2: Verimlilik İle İsraf Türleri Arasındaki İlişkiler ek s.2
EK 3: Takt Zamanı İle İsraf Türleri Arasındaki İlişkiler ek s.3
EK 4: Üretim Dengeleme İle İsraf Türleri Arasındaki İlişkiler ek s.4
EK 5: Toplam Ekipman Etkinliği İle İsraf Türleri Arasındaki İlişkiler ek s.5
EK 6: Ara Stok Miktarı İle İsraf Türleri Arasındaki İlişkiler ek s.6
EK 7: Performans Ölçütleri Değerlendirme Formu ve Verilen Cevaplar ek s. 7
EK 8: İsraf Türleri Değerlendirme Formu ve Verilen Cevaplar ek s. 12
EK 9: *DEMATEL* Toplam İlişki Matrisi Değerlerinin Hesaplanması ek s. 16

GİRİŞ

Üretim sistemlerinin tarihine bakıldığında, 18. yüzyıl öncesinde zanaat endüstrisinin, başka bir ifadeyle, üretimin ustalar tarafından yapıldığı bir sistemin hakim olduğu görülmektedir. Ürünler yeterli tecrübeye sahip ustalar tarafından üretilmekte ve ürünlerle ilgili herhangi bir problem olduğunda, bu durum ustalar tarafından çözülmekteydi. Daha sonraki dönemde, özellikle silah üretiminde örneklerinin görülmesiyle birlikte, üretim kavramıyla bağlantılı olan montaj, yedek parça gibi kavramlar literatüre girmiştir. 19. yüzyılın sonlarına doğru Frederick Taylor, üretimle ilgili çalışmalara daha bilimsel bir şekilde yaklaşmış ve 20. yüzyılın başlarında ise Henry Ford tarafından, bu sürecin devamı olan kitlesel üretim modeli geliştirilmiştir.

Seri üretim ve montaj hattı kavramlarını literatüre kazandıran Ford, modern üretimin gelişmesinde kilit rol oynamıştır. Montaj hattının basitliği ile ön plana çıkan bu sistem, zamanla yerini hareketli montaj hatlarına bırakmıştır. İşçilerin önlerinden geçen hattın üzerinde işlem yaptığı bu sistemde çevrim sürelerinde önemli düzeyde düşüş sağlanmıştır. Kitlesel üretim sistemlerinde, sayısal olarak çok yüksek miktarlarda üretim yapılmasına karşın, ürün çeşitliliğinin hiç olmaması ya da az olması nedeniyle, müşteri isteklerini karşılama açısından sıkıntılar yaşanmıştır. Zaman içinde bu çeşitlilik sağlanmasına rağmen, üretim sisteminin verimli bir hal almadığı ve üretimin her aşamasında çok fazla israf ortaya çıktığı görülmüştür. Kitlesel üretim sistemlerinin esnekliğinin düşük olması, değişen müşteri istekleri doğrultusunda bu istekleri karşılayacak ürün teslim sürelerini oldukça arttırmıştır. Üretim süreçlerini hızlandırmak için üreticiler yeni üretim ekipmanlarına yatırım yapmaya başlamış, ancak artan müşteri talepleri doğrultusunda parti büyüklüklerinin artması, stok artışına neden olmuştur. Üretim süreçlerinin dengelenememesi ve üretim planlarının doğru bir şekilde yapılamaması ile birlikte üretimin her aşamasında oldukça ciddi sıkıntılar ortaya çıkmıştır.

İkinci dünya savaşından sonra Japon mühendisler, kitlesel üretim sistemini inceleyerek bu üretim sistemindeki aksaklıkları tespit ederek Toyota üretim sistemini geliştirmeye başlamışlardır. Ford'un kullandığı kitlesel üretim sistemini kullanan Amerikalı üreticiler ile Japon üreticiler arasında üretim miktarları açısından oldukça

büyük farklılıklar bulunmaktaydı. Toyota üretim sistemi, bu üretkenlik farkını azaltmak, kitlesel üretimin yeteri kadar sağlayamadığı müşteri memnuniyetini arttırmak, kalite odaklı ve hatasız üretim yapmak amacıyla yeni bir üretim düşüncesi olarak ortaya çıkmıştır. Bu üretim sisteminin temel amacı, üretim sürecindeki her türlü israfı ortadan kaldırmaktır. Ortaya çıktığı tarihten günümüze kadar yalın üretim felsefesi ile ilgili olan birçok araç ve teknik bu üretim sistemi içinde geliştirilmekte ve uygulanmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde yalın üretim kavramı açıklanmaktadır. Bu bölüm kapsamında, öncelikle yalın üretimin tarihçesi, yalın düşüncenin temel ilkeleri ve kitlesel üretim sistemleri ile yalın sistemler arasındaki farklılıklara değinilmektedir. Toyota üretim sisteminin doğuşundan, yalın üretim felsefesinin ortaya çıkışına kadar kullanılmış olan ve yalın düşüncenin bir üretim sistemine uygulanabilmesi aşamasında kullanılan yönetim araçları ve teknikleri bu bölüm altında ele alınacak bir başka başlık bulunmaktadır. Çalışmanın kapsamına uygun olacak şekilde, tam zamanında üretim, değer akış haritalama, *5S*, toplam kalite yönetimi, toplam verimli bakım, kanban, hücresel üretim, standartlaştırılmış iş, tek parça akışı, U şeklinde üretim hatları, *Smed*, *Poka-yoke*, *Kaizen*, *Jidoka* (otonomasyon), altı sigma gibi yalın teknik ve araçlar bu bölümde incelenmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde yalın düşüncenin temel noktalarından biri olan israf türleri ile performans ölçütleri ilgili literatürle birlikte açıklanmaktadır. Toyota üretim sisteminin öncülerinden olan Ohno tarafından tanımlanan, ürün/süreç kusurları, fazla üretim, fazla stok, gereksiz işlem, gereksiz taşıma, gereksiz hareket ve bekleme olmak üzere yedi tane olan israf türleri ayrı ayrı açıklanmaktadır. Her bir israf türüne neden olabilecek durumlar ve ilgili israf türünün ortadan kaldırılmasında kullanılabilecek yalın teknik ve araçlar bu başlık altında irdelenmektedir. Bir diğer başlık olan performans ölçütleri ise uygulama yapılan firmanın performans durumunu en iyi şekilde yansıtacak şekilde, firmanın yalın üretim birimindeki uzmanlar ile birlikte kararlaştırılmaktadır. Bu ölçütler, üretilen iş miktarı, verimlilik, süreç kalitesi, takt zamanı, dengelenmiş üretim programları, toplam ekipman etkinliği ve ara stok miktarıdır. Bu bölüm altındaki son başlık ise literatür taraması olmaktadır. Bu başlık altında yalın düşünceyi benimseyen üretim işletmelerinde

hangi performans ölçütlerinin dikkate alınarak nasıl uygulamalar yapıldığının ortaya koyulması ve mevcut çalışmanın literatürdeki yerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, üretim sektöründe faaliyet gösteren yalın üretim uygulayan bir işletme için belirlenen performans ölçütleri ile yedi temel israf türü arasındaki ilişkiler ve etkileşimler belirlenmeye çalışılmıştır. Hangi performans ölçütünün israf türleri üzerinde daha fazla etkisi olduğu ve ayrıca hangi israf türünün performans ölçütlerini üzerinde nasıl bir etkisi olduğunun belirlenmesi çalışmanın amaçlarından biri olmaktadır. İsraf türleri ile performans ölçütleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde ve çalışmanın metodolojisinin oluşturulmasında Rawabdeh'in 2005'deki çalışması ile Ogundu'nun 2011 yılındaki çalışması referans alınmıştır (Rawabdeh, 2005; Ogundu, 2011). İsraf türleri ile performans ölçütleri arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi aşaması, ölçüt değerleme formu ve çalışmanın devamındaki matematiksel hesaplamalar, bahsedilen iki çalışma baz alınacak şekilde, uygulama yapılacak firmanın performans ölçütleri ve yedi temel israf türüne göre uyarlanmıştır. İlgili model israf türleri ve performans ölçütleri için bir etki sıralaması sunması açısından önem arz etmekte ancak israf türleri ile performans ölçütleri arasındaki etkileşimi ortaya koyabilme konusunda eksik kalmıştır. Dolayısıyla bu modele ek olarak uygulama verileri *DEMATEL* yöntemiyle analiz edilmiştir. *DEMATEL* yöntemi, israf türleri ile performans ölçütleri için ilişkilerin belirlenmesine ek olarak, israf türleri ve performans ölçütlerini, birbirlerini etkileyen ve birbirinden etkilenen değişkenler olarak gruplandırılabilme imkanı sağlamıştır. Böylece aralarındaki etkileşimi daha detaylı bir şekilde analiz edebilme şansı doğmuştur. Her iki yönteme ilişkin sonuçlar birlikte sunularak literatüre katkı sağlanmaya çalışılmıştır. Çalışma, üretim sektöründe yalın üretim tekniklerini uygulayan bir işletme için hangi performans ölçütünün daha önemli olduğunu işaret etmekte; aynı zamanda, israfı ortadan kaldırmayı temel amaç olarak gören, yalın düşünce ilkelerini benimseyemeye çalışan işletmelerin uygulamalarına, hangi israf türünün daha önem arz ettiğini ortaya koymasıyla ışık tutmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM
YALIN ÜRETİM

1.1. YALIN ÜRETİMİN TARİHÇESİ

Ford Motordan Henry Ford ve General Motordan Alfred Sloan, yirminci yüzyılın başlarında, üretimi bir zanaat endüstrisinden, kitlesel üretim modeline taşımışlardır. Yirminci yüzyılın ortalarında ise Japon otomobil üreticisi Toyota, günümüzde yalın üretim olarak adlandırılan, iyileştirilmiş bir üretim tekniği olan Toyota üretim sistemini geliştirmiştir (Womack vd., 1990: 11).

Henry Ford, kitlesel üretim modeli düşüncesini gelişmekte olan otomobil endüstrisinde uygulamaya koymuştur. Amacı, maliyet azaltma stratejisi belirleyerek kitlesel üretimin gelişmesini sağlayacak üretimde mükemmelliği yakalamaktır. 1920'lerde otomobil endüstrisinde popüler hale gelmiş olan kitlesel üretim modeli, Kuzey Amerika ve Avrupa'daki nerdeyse her endüstri sektörüne hızlı bir şekilde adapte edilmiştir (Womack ve Jones, 2003: 22-23). Henry Ford'un gerçek verimliliği yaratma çabası ve mümkün olan en iyi yöntemleri kullanmak ve geliştirmek sonucu ortaya çıkan kitlesel üretim, montaj hattı üretim modelini ortaya çıkarmıştır (Ford, 1926: 5).

II. Dünya Savaşının ardından, Japon endüstrisinin kendisini yeniden geliştirmesi gerekiyordu. Bu endüstrinin büyük bir kısmı savaş yüzünden yok edilmişti ve üretkenliği ABD'nin çok gerisindeydi. O zamanda, ABD üreticileri, Japon karşılıklarından kat ve kat daha verimliydi. Japon üreticiler Toyota üretim sistemi ile ABD'nin verimini yakalama misyonu belirlemişlerdir. (Ohno, 1988: 1).

1950'li yıllarda Amerika'ya giderek, Detroit'te bulunan Ford'un otomobil fabrikasının çalışma sistemini inceleyen Toyota yetkilileri, Ford'un günlük araba üretim miktarının 7.000 adet olduğunu tespit etmişlerdir. Toyota'nın ise son on üç yılda ürettiği araba sayısı 2.685 araçla sınırlıydı. Ancak Toyota yetkilileri, Ford'un kullandığı kitle üretim sisteminin her aşamasında çok fazla israfın olması nedeniyle Japonya'da uygulanamayacağına karar vermişlerdir (Dahlgaard ve Dahlgaard-Park, 2006: 264).

Toyota'nın Ford'un sahip olduğu kadar kaynak ve pazar payının olmaması nedeniyle, firma yetkilileri, rekabette üstünlük sağlayacak araçlar geliştirme ihtiyacını ortaya koymuşlardır. Toyota'nın kanban kartları, çekme sistemleri, hata önleme sistemleri, tam zamanında stok dağıtımı, problem çözme teknikleri ve süreç iyileştirmek için kaizen gibi geliştirdiği teknikler, bu yeni üretim sisteminde kullanacağı araçlardan bazılarını oluşturmaktadır. Bu konuların her biri, israfın giderilmesine odaklanarak, sermaye yoğun kitlesel üretime alternatif bir model olarak ortaya çıkmıştır (Hines, vd., 2004: 994).

İkinci Dünya Savaşı ile 70'li yıllar arasındaki dönemdeki yenilikler, Toyota ve diğer Japon firmalarının üretim verimliliğinde çok büyük hamleler yapmalarını mümkün kılmıştır. Bunun sonucu olarak, ABD'li üreticiler, Asyalı üreticilere karşı sıkı bir rekabet durumuyla karşı karşıya kalmışlardır. Japonya'da verimlilik, savaş yılları sonrası boyunca, ABD'dekinden oldukça yüksek oranlarda artmıştır (Hall, 1987: 3).

Taiichi Ohno ve Shigeo Shingo, israfı ortadan kaldırmaya dayanan ve yalın üretimin doğuşu olan Toyota üretim sistemini geliştirmiştir. Toyota, Japonya ile ABD arasındaki üretkenlik farkını azaltmak için, araç olarak israfı ortadan kaldırmayı kullanmak suretiyle, günümüzde yalın üretimle ilişkili olan tekniklerin birçoğunu geliştirmiştir. Ohno ve arkadaşlarının Toyota'da geliştirdikleri araçları ve teknikleri belgeleyen bir kitap olan *Toyota üretim sistemi,* 1978'de Japonya'da yayımlanmıştır. Bu kitabın yayımlanmasından sonra üretim yöneticileri, eğitimcileri ve danışmanları Japonya'da geliştirilmiş olan üretim sisteminin değerini anlamaya başlamışlardır. Hall'un 1983'de yayımlanmış olan Sıfır Stok (Zero Inventories) kitabında bu yeni üretim sistemine ilişkin aşağıdaki tanımlama yapılmıştır (Hall, 1983: 22):

> *Geçen 25 yılda, Toyota Motor Company birçok kaynaktan gelen fikirleri birleştirmiş ve stoksuz üretim (o zaman tam zamanında üretim adı verilen) yaratmak için onları kendi düşüncesiyle birleştirmiştir. Fikirlerin bazılarının kökeni bilinmese de, onun fikir babası olarak onurlandırılan Toyota'dan Ohno, başlangıçtaki düşüncelerin çoğunun Henry Ford'un sürekli malzeme akışı sağlayan hareketli montaj hattı kavramından etkilendiğini söylemektedir.*

1986'da Toyota, General Motors'la bağlantılı şekilde çalışarak Toyota yalın ilkelerinden faydalanmak suretiyle Freemont'daki montaj tesisini açmıştır. Freemont tesisi Toyota tekniklerinin otomobil endüstrisine, verimliliğin arttırılması, kusurlu üretimin azaltılması ve azaltılmış stoklar gibi farklar getirebildiğini göstermiştir. Toyota üretim sisteminde kullanılan yönetim araçları zamanla ABD'li üreticiler tarafından da benimsenerek kullanılabilir araçlar haline gelmiştir.

Kitlesel üretimden yalın üretime geçiş 1990'da, *Dünyayı Değiştiren Makine/The Machine That Changed the World* isimli kitapta açıklanmaya çalışılmıştır. Bu çalışma ile Toyota ve General Motors'un girişimleri birleştirilerek, Japon ve Batılı otomotiv endüstrileri arasındaki farklar ortadan kaldırılmıştır. Japon şirketleri daha az insan gücü, daha az sermaye yatırımı, daha az üretim alanı, malzeme ve araç-gereç kullanarak tüm masraflarını azaltarak ürünlerin geliştirilmesi, üretimi ve dağıtımı gibi faaliyetleri sorunsuz gerçekleştirebilmiştir (Womack vd, 1990: 3-4).

1990'lı yıllarda yalın üretim sistemini kullanan üreticiler, geleneksel kitle üretim sistemini kullanan üreticilere göre yüksek bir performans göstermişlerdir. Ancak, yalın üretimle ilgili ilk uygulamalar genellikle sadece uygulamanın yapıldığı alanla sınırlı kalmış, yalın düşüncenin bir firma kültürü haline getirilmesi konusunda zorluklar yaşanmıştır. Yalın üretim sisteminin yalnızca otomobil üretiminde kullanılan bir sistem olduğu düşüncesiyle, işletmelerin performansı üzerindeki etkileri tam olarak belirlenememiştir. Daha sonraki yıllarda üretim alanı dışındaki pek çok faktörün yalın uygulamaların başarısında etkili olduğunun farkına varılarak yalın düşünceye ilişkin yeni bir takım prensipler geliştirilmiştir. Üretimde kullanılan kaynaklar müşteri isteklerine uygun olacak şekilde seçilerek değer zinciri kavramı farklı bir boyut kazanmıştır (Hines vd., 2004:994-995).

Yalın yaklaşımla ilgili olarak altı çizilmesi gereken temel fikir ürün için katma değer oluşturmayan kaynakların tüketiminin mümkün olduğunca azaltılmasıdır. Bunun için geleneksel kitle üretim sistemlerini kullanan üreticilerin günümüz rekabet koşullarını gözden geçirerek, yeni bir fikir olan yalın üretim sistemine adapte olmaları gerekmektedir.

1.2. YALIN ÜRETİM KAVRAMI

Yalın kavramına ilişkin yapılan ilk tanımlamalar literatürdeki bazı eserlerde yer almaktadır (Schonberger, 1982; Hall, 1983; Schonberger, 1986; Ohno, 1988; Womack vd., 1990; Womack ve Jones, 1996a, 2003).

Ancak, 1990'da yayımlanan *Dünyayı Değiştiren Makine/The Machine That Changed the World* adlı eserde yalın kavramına ilişkin ilk tanımlamayı görmek mümkündür (Womack vd,1990: 13):

> *John Krafcik tarafından kullanılan yalın kavramı, kitlesel üretime kıyasla her şeyin daha azının kullanıldığı (gereksinim duyulan işgücünün yarıya inmesi, yeni ürün geliştirmek için daha az mühendislik zamanı, kullanılan fabrika alanı ihtiyacının azaltılması, çalışma sahasında ihtiyaç duyulan stokların yarısından daha azının tutulması, çok daha az kusur gibi) ve artan çeşitte çok daha fazla ürün üretildiği bir sistem olarak tanımlanmıştır.*

Womack ve Jones'e göre yalın üretim, birtakım faaliyetlerden oluşan bir süreçtir (Womack ve Jones, 2003: 12). Bunlar;

- Ürünün değerini doğru bir şekilde belirlemek ve bu değeri artırmak;
- Her bir ürün için değer zincirini tanımlamak ve israfa neden olan faaliyetleri ortadan kaldırmak;
- Herhangi bir kesinti olmaksızın ürün akışını sağlamak;
- Müşterinin üreticiden değeri çekmesini sağlamak;
- Mükemmeli başarmak ve bunu sürdürülebilir bir hale getirmek;

şeklinde sıralanabilir.

Yalın üretim sistemini, süreç içi stokları azaltmak, çalışanları bütün seviyelerde karar alma sürecine katmak ve üreticiden tüketiciye kadar tüm katılımcıları imalat sürecine dahil etmek suretiyle, yüksek kaliteyi ve düşük maliyeti sürdürmek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlamak mümkündür.

Yalın üretim sistemi daha az malzeme, daha az parça, daha kısa üretim işlemleri, daha az kaynak girdisine ihtiyaç duymaktadır. Aynı zamanda daha yüksek kaliteyi, daha yüksek teknik özellikleri, daha fazla ürün çeşitliliğini ve daha yüksek performans çıktısını hedefleyen bir sistemdir (Katayama ve Bennet,1996: 10).

Literatürde yer alan yalın üretime ilişkin tanımlamalar Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1: Literatürdeki Yalın Üretim Tanımlamaları

Yazar	Yalın Üretim Tanımı
Hayes ve Pisano (1994)	Bir ürün üretmek ya da bir hizmet sağlamak için gerekli olan her şeyin minimum düzeyde tutulması yalın kavramının tam karşılığıdır.
Liker (1997)	Müşteri siparişinden siparişin dağıtımına kadar olan geçen süreyi, üretim akışındaki her türlü israfın ortadan kaldırılmasıyla azaltan uygulamaları içeren bir felsefedir.
Dankbaar (1997)	Yalın üretim sahip olunan işgücü yeteneklerinin en uygun kullanımını sağlayarak, onları sürekli iyileştirme faaliyetleri için cesaretlendirir. Sonuç olarak yalın üretim, ürün çeşitliliğini, daha düşük maliyetle daha yüksek kaliteye ulaşmayı, kitlesel üretime kıyasla daha az insan çabası, daha az stok kullanarak girdilerin daha optimal kullanımını sağlar.
Cox ve Blackstone (1998)	Yalın üretim, işletmenin çeşitli aktivitelerinde kullandığı her türlü kaynak miktarını minimize etmeye çalışan bir üretim felsefesidir. Bunu, ürünün tedarik süreçlerinden başlayarak üretim aşamasından müşteriye ulaşmasına kadar geçen süredeki her türlü değer yaratmayan faaliyetin ortadan kaldırılması ile sağlar. Yalın üreticiler, üretimin her aşamasında kullandıkları farklı yeteneklere sahip işgücü sayesinde, esnek bir üretim yapısı ve üretim çeşitliliğine sahiptirler.
Singh (1998)	Toyota üretim sistemi olarak da adlandırılan yalın üretim, müşteri siparişinden nihai ürünün müşterinin eline ulaşmasına kadarki süreçlerdeki süreyi, israfların ortadan kaldırılması ile sağlayan Japon yönetim uygulamalarına dayanan bir üretim felsefesidir.
Naylor vd. (1999)	Her türlü israfın ortadan kaldırılması ile değer akışının yaratılması yalınlaşmak demektir.

Tablo 1: Devamı

Yazar	Yalın Üretim Tanımı
Storch ve Lim (1999)	Yalın üretim günümüz rekabet ortamında müşteri gereksinimlerini dikkate alarak, müşteri tatminini sağlayan etkili bir üretim şeklidir.
Howell (1999)	Kitlesel ve atölye tipi üretime göre, çalışma alanında kullanılan teknikler ve amaçlar bakımından farklı bir düşünce tarzına sahip yalın üretim, müşteri isteklerini karşılamak için mükemmelliği hedefleyerek, üretim sisteminin performansını optimize etmeye çalışır.
Comm ve Mathaisel (2000)	Yalın düşünce maliyetleri düşürüp, çevrim sürelerini kısaltarak değer akışındaki performans iyileştirmelerini sürekli hale getirmeye çalışan bir felsefedir.
Liker ve Wu (2000)	Ürünün en iyi kalitede, tam zamanında teslimi ve en düşük maliyetle üretimine odaklanan bir üretim felsefesidir.
Shah ve Ward (2003)	Yalın üretim, süreçlerdeki israfın ortadan kaldırılması ile müşteri için değer yaratan faaliyetlere odaklanan bir üretim yaklaşımıdır. Tam zamanında üretim, kalite sistemleri, hücresel üretim gibi birçok yönetim uygulamasını yapısında bulunduran geniş kapsamlı bir üretim sistemidir.
Alukal (2003)	Müşteri siparişinden ürünlerin dağıtımına kadar teslim sürelerini kısaltan ve israfın her türünü ortadan kaldırmayı hedefleyen bir yönetim felsefesidir. Çevrim sürelerinin kısalması, maliyetleri düşmesi ve değer yaratmayan faaliyetleri ortadan kaldırılması sonucunda daha rekabetçi, çevik ve müşteri odaklı bir yapı oluşmaktadır.
Haque ve Moore (2004)	İsrafın ortadan kaldırılması ve değer akışının sürekli hale gelmesinin stratejik bir amaç olarak görüldüğü ve bunun tüm işletme süreçlerinde uygulanması gerektiğini düşünen bir felsefedir.
Simpson ve Power (2005)	İsrafın her türünün ortadan kaldırılması ve sürekli iyileştirme faaliyetleriyle etkinliğin sağlanması için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanabilir.

Tablo 1: Devamı

Yazar	Yalın Üretim Tanımı
Seth ve Gupta (2005)	İsrafı minimize ederek, sürekli maksimum değer akışını hedefleyen bir yönetim paradigması olarak tanımlanabilir.
Worley ve Doolen (2006)	Yalın üretim, değer akışının tüm aşamalarındaki israfın ortadan kaldırılması için tasarlanan bir sistematik olarak tanımlanır.
Narasimhan vd. (2006)	Üretim faaliyetleri gerek duyulmayan her türlü faaliyet ve etkin olmayan işlemlerden arındırılarak sürdürülüyorsa, yalın bir üretimden söz edilebilir.
Shah ve Ward (2007)	Tedarikçiden müşteriye ulaşmasına kadar olan ürünün değer yaratacak tüm süreçlerinde ortaya çıkabilecek her türlü israfın tanımlanması ve ortadan kaldırılmasına odaklanan bir yönetim felsefesidir.
Hallgren ve Olhager (2009)	Bütün süreçlerdeki etkinliği artırmayı hedefleyen bir üretim programıdır.

Yalın üretim yalnızca işletmenin üretim fonksiyonunda geçen faaliyetlerle sınırlı değildir. Ürün geliştirmeden tedariğe, üretimden dağıtıma kadar değişen faaliyetlerle ilgilidir. Yalın üretimi bir işletmede uygulamanın esas amacı verimliliği artırmak, kaliteyi yükseltmek, teslim sürelerini kısaltmak, maliyetleri azaltmaktan oluşmaktadır. Bunlar yalın üretimin performansını gösteren faktörlerdir (Karlsson ve Ahlström, 1996: 25).

Toyota üretim sisteminin temelini oluşturan, "bütünleştirilmiş fabrika" tanımıdır. Bütünleştirilmiş fabrika teknik boyutlarıyla 6 sıfırdan oluşan bir üretim modelidir. Bu model ile:

- Sıfır stok (sıfır mal fazlası, sıfır depo),
- Sıfır hata,
- Sıfır çelişki,
- Üretimde sıfır ölü zaman,
- Müşteri için sıfır bekleme süresi,
- Sıfır kağıt (başka bir deyişle, sıfır bürokrasi ve sıfır gereksiz iletişim) hedeflenmektedir (Liker, 2004: 9).

Üretim sistemi olarak yalın üretim sistemlerinin klasik üretim sistemlerinden farklı olduğu noktalar vardır. Bu farklılıklar Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2: Klasik Üretim Sistemi ile Yalın Üretim Sistemi Arasındaki Farklılıklar

KONU	KLASİK ÜRETİM	YALIN ÜRETİM
Planlama	Tahminleme (İtme Sistemi)	Müşteri İstekleri (Çekme Sistemi)
Üretim	Fazla Stok	Sıfır Stok
Bekleme Süresi	Uzun	Kısa
Parti Büyüklüğü	Geniş	Küçük – Devamlı Akış
Muayene	Örnekleme	Kaynakta Kontrol
Yerleşim	Fonksiyonel	Üretim Akışına Göre
Esneklik	Düşük	Yüksek

Kaynak: Jackson, T.L. ve Jones, K.R, **Implementing A Lean Management System**, Portland, Productivity Press, 1996, s.4-5.

Geleneksel olarak tasarlanan iş alanlarında, gereğinden fazla stok, geniş kullanım alanları, operasyonlar arasında malzemelerin yığılması ve gereksiz beklemeler, iş gücüne ek yapılması gibi pek çok örnek faaliyeti görmek mümkündür. Yalın üretim bu faaliyetleri ortadan kaldırarak, bu faaliyetlerle uğraşan iş gücü sayısının minimum düzeye indirip maliyetleri azaltmayı hedefler (Spithoven, 2001:730-731).

Yalın üretim sistemini kullanan firmalar, üretime göre girdi kullandıklarından dolayı maliyetler ve satış gelirleri açısından incelendiğinde daha az kaynak kullanarak üretim sürecinin performansını artırıp, değişken maliyetlerini azaltabilirler. Ayrıca, talep düzeyinin yüksek olduğu durumlarda yalın üretimin kullanılmasının, karlılık potansiyelini artıracağını da söylemek mümkündür (Katayama ve Bennett, 1996: 18-20).

Müşteri talebinin belirlenmesinin tahminlemeye yönelik yapıldığı klasik üretim sistemlerinde, itme sistemleri uygulanmaktadır. Talepte meydana gelebilecek dalgalanmalar karşısında böyle bir üretim sistemine sahip işletmeler, talebi karşılamakta güçlük çekebilir ya da üretilen ürünlere talep bulamama gibi durumlarla karşılaşabilir. Bu sonuçlar, gereksiz stok maliyetleri, iş gücünün doğru kullanılamaması gibi olumsuzlukları beraberinde getirebilir. Yalın üretim uygulayan firmalarda ise kaynakların israf edilmemesi ve iş gücünün doğru kullanılması

oldukça önemlidir. Yalın üretimde çekme sistemleri ile müşteri taleplerini dikkate alan bir üretim sistemi yapısının olması nedeniyle gereksiz stok bulundurulmaz. Dolayısıyla dengeli bir üretim planıyla bir taraftan müşteri talepleri eksiksiz karşılanır, diğer yandan da firma kaynakları en doğru ve verimli şekilde kullanılır.

1.3. YALIN ÜRETİM İLKELERİ

Müşteri değerinin tanımlanması, değer zincirinin yönetilmesi, akış için üretim kapasitesinin geliştirilmesi, malzeme akışını desteklemek için çekme mekanizmasının kullanılması ve son olarak üretim sistemindeki bütün israf unsurlarının ortadan kaldırılarak mükemmele ulaşmaya çalışmak yalın üretimin temel ilkeleri olarak literatürde yer almıştır.

1.3.1. Değer

Yalın üretim uygulamalarının çıkış noktası değer kavramıdır. Değer son müşteri tarafından tanımlanır. Belli bir zamanda ve belli bir fiyatta müşterinin ihtiyaçlarını karşılayan bir ürün (mal ya da hizmet, genellikle her ikisi birlikte) cinsinden ifade edildiğinde anlam taşır (Womack ve Jones, 2003: 16).

Değer yaratan ve değer yaratmayan olmak üzere iki tip üretim işlemi vardır. Geçmişte, geleneksel düşünceye sahip olan üreticiler, değer yaratmayan işlemlerin varlıklarını sürdürmelerine izin vererek, yalnızca değer yaratan işlemlerin iyileştirilmesine odaklanmışlardır (Conner, 2001: 18).

Yalın üretim bu geleneksel düşünce yapısını dikkate alır ve müşteriler için değerin iyileştirilmesini sağlamak için işe yaramayan, katma değeri olmayan işlemlerin ortadan kaldırılmasına odaklanmaktadır (Şahin, 2000: 57).

Değer yaratmayan işlemler israftır. İsraf aşırı harekette ve taşımada, aşırı üretimde, kusurlu parçaların üretiminde ve yeteneklerden olduğundan az faydalanma gibi durumlarda ortaya çıkar. İsraf, müşterinin hem ödeme yapmak istediği hem de ödeme yapmayı beklediği maddeleri içerir (Bodek, 2002: 17).

Carreira, değer yaratan ve değer yaratmayan faaliyetleri *Lean Manufacturing That Works* adlı kitabında şöyle tanımlamıştır (Carreira, 2005: 96).

Değer yaratan faaliyet, ürünün tam bir ürün olmasını sağlayacak herhangi bir şeydir (Parçaları birleştiririz, parçaları torna ederiz vb. faaliyetler). Ürün bitmiş bir hale dönüştürülür. Değer yaratmayan faaliyetler, ürünün bitmiş bir duruma ulaşmasına engel olan aktivitelerdir.

Yalın üretim, müşterinin perspektifinden bakıldığında, ürüne değer katmaya odaklanmaktadır. Değer, boş yere yapılan işlemleri ve değer katmayan faaliyetleri azaltarak, siparişin alınmasıyla ürünün teslimi arasındaki geçen zamanı kısaltarak yaratılabilir. Değer yaratmak ve israfın ortadan kaldırılması yalın üretimin nihai amaçlarındandır (Tapping vd., 2002: 40).

Ürünün değerinin tanımlamadaki en önemli işlerden biri de hedef maliyet belirlenmesidir. Belli şartlara ve yeteneklere uygun bir ürün üretebilmek için gerekli çaba ve kaynak miktarının dikkate alınarak hesaplamalar yapılması hedef maliyet hesaplama işlemidir. Bu işlem süreçteki tüm israf kalemlerinin ortadan kaldırılmasında önemli rol oynayacaktır (Womack ve Jones, 2003: 35).

Yalın üretimde değeri doğru şekilde tanımlamak ilk kritik aşamadır. Müşteriye yanlış mal ya da hizmeti doğru bir şekilde sağlamanın da israf yaratacağı şüphesizdir.

1.3.2. Değer Akışı

Değer akışı belli bir ürünü (mal ya da hizmet, genellikle her ikisi birlikte) elde etmek için gerekli olan işlemler dizisi olup, işletmelerde bulunan üç yönetim fonksiyonu yardımıyla açıklanabilir. Bunlar; ayrıntılı tasarım ve mühendislikten geçerek ürünün piyasaya çıkmasına kadar olan süreçteki *problem çözme görevi*, sipariş alma süreciyle teslimata kadar olan süreçteki *bilgi yönetimi görevi* ve hammadde tedarik başlangıcından müşterinin ürünü teslim almasına kadar olan süreçteki *fiziksel dönüşüm* görevi olarak sıralanabilir (Womack ve Jones, 2003: 19).

Yalın üretimde odak noktası değer olduğundan, firmadaki tüm iş ya da üretim süreçleri değer akışları olarak adlandırılır. Yalın üretim uygulanan firmalarda eskisi gibi süreçler sadece faaliyet ve adımlar olarak düşünülmemektedir. Her bir süreç değer akışı olarak değerlendirilmektedir. Bu sayede değer akışı yalın düşüncenin

temel ilkelerinden biri halini alıp, yalın uygulamaların sağladığı yararlardan biri olmaktadır (Bernard vd., 2008, 34).

Değer akışı analizleri, değer akışı boyunca oluşabilecek üç tip hareketi göstermektedir. Bunlar (Womack ve Jones, 2003: 19-20):

1. Müşterinin istediği şekilde değer yaratan faaliyetler.
2. Değer yaratmayan ancak mevcut teknolojiler ve üretim olanakları nedeniyle kaçınılmaz, zorunlu faaliyetler. (Birinci Tip İsraf)
3. Hiç değer yaratmayan ve hemen ortadan kaldırılması gereken faaliyetler (İkinci Tip İsraf).

Firmanın faaliyetleri müşteri için değer yaratacak faaliyetler olmalıdır. Eğer müşteri bir faaliyetle ilgili ödeme yapma isteğine sahipse, o faaliyetin işletme için değer yaratacak bir faaliyet olduğunu söylemek mümkündür. Üretilen ürünün müşterinin istediği özelliklere sahip olması ve ürünün ilk seferde doğru bir şekilde üretilmesi gibi özellikleri, ilgili ürüne değer katacak faaliyetler olarak nitelendirmek mümkündür.

Bir üretim sürecinde, üretim faaliyetlerinin sürdürülebilmesi için gerekli olan ancak değer yaratmayan faaliyetler yer alabilir. Yasal düzenlemeler, işletmenin sahip olduğu politikalar nedeniyle yapılması gereken faaliyetler bu duruma örnek gösterilebilir ve 1. tip israf olarak adlandırılırlar. Üretim süreci içinde hiçbir değer yaratmayan ve müşterinin ödeme yapmak istemeyeceği, mutlaka ortadan kaldırılması gereken faaliyetler ise 2. Tip israf olarak adlandırılırlar. Çalışma kapsamında dikkate alınacak olan temel israf türlerine ikinci bölümde detaylı bir şekilde yer verilmiştir.

1.3.3. Akış

Müşteri için değer tanımlandıktan ve değer akış haritası çıkarılıp israfa yol açan adımlar yok edildikten sonraki yalın düşüncenin bir sonraki aşama, değer yaratan adımların akışının sağlanması aşamasıdır (Womack ve Jones, 2003: 21).

Akış, materyallerin hareketi anlamına gelmektedir. Tek parçalı bir akış meydana getirmek için üretim adımlarını sırayla düzenleme olarak ta tanımlanabilir. Akış, sipariş almadan ürün teslimine kadar geçen zamanı iyileştiren ürün odaklı bir sistem geliştirirken, israfı ortadan kaldırmak suretiyle başarılır. Yalın üretim

sistemlerinde materyallerin daha hızlı bir şekilde ilerlemesi sağlanarak, akış iyileştirmeye çalışılmaktadır. Materyalin sisteme girdikten tam bir ürün oluncaya kadar onun hareketinin devam etmesi akışı iyileştirmenin bir sonucudur.

Akışa odaklanmadan önce, firmanın sattığı ürünlerdeki müşterilerin hangi değerleri satın aldıklarını anlamak önemlidir. Müşteri değeri belirtildikten sonra, değer akışının planlanması ve değer yaratmayan tüm faaliyetlerin belirlenerek ortadan kaldırılması gerekir. Değer yaratmayan faaliyetler ortadan kaldırıldıktan sonra, sürekli akışa erişmek için süreçler düzenlenir. Akış, daha düşük stoğu, daha iyi kaliteyi, daha az yer kaplanmasını, açık iletişimi, problemlere daha hızlı cevap vermeyi ve daha hızlı iş hacmini sağlayabilir.

Süreçler doğru bir şekilde akarsa, yıllar alan ürünleri tasarlamak aylar alacak, tamamlanması günler gerektiren siparişler saatler içinde tamamlanacak ve fiziksel üretim için iş yapma zamanı aylar veya haftalardan günler veya dakikalara düşecektir (Womack ve Jones, 1996b: 141).

1.3.4. Çekme

Çekme sistemi stok hareketinin, stokların özel olarak var olması ve sadece gerçek müşteri talebinin ardından gerçekleşmesi anlamına gelmektedir (Ohno,1988:5). Çekme kavramı, müşterinin ihtiyaç duyulduğu zaman, müşterinin ürünler istemesini sağlamaktadır. Çekme, akışın alt tarafı olan müşterinin mal veya hizmeti isteyinceye kadar, akışın üst kısmının hiçbir mal veya hizmet üretmediği bir süreçtir (Womack ve Jones, 2003: 67).

Ürünler, tahminlemelere göre değil, gerçek ihtiyaca dayanan müşterinin talebine karşılık üretilmeli ve taşınmalıdır. Üretim sistemindeki stok miktarı ve stokların gerekli yerlere hareketi, Japonca bir sözcük olan ve kart anlamına gelen Kanbanlar tarafından kontrol edilir (Hall,1983: 7). Kanban daha sonra Liker (1997) tarafından şöyle tanımlanmıştır (Liker, 1997: 54):

> *Kanbanlar, bağlandıkları parça hakkında çeşitli bilgi parçaları taşıyan (parça numarası, miktar, yer, teslim sıklığı vb.) kartlardır. Onlar gerçek parçaya bağlanırlar ve fiziksel olarak onlarla hareket ederler. Eğer herkes uygun*

kullanım için kurallara uyarsa, kanban sistemi, doğru zamanda, doğru miktarda doğru parçayı çekmenin güvenli bir yoludur.

Çekme sisteminin başlıca faydasının, birçok parça imal edilmeden önce hataları bulan *ilk giren ilk çıkar* ürün akışının uygulanmasından dolayı, kalitenin her adımda doğrulanması olduğu söylenebilir. Çekme üretim sisteminin hedefi, üretim sürecinin tamamlanmasına ihtiyaç duyulduğu an, gerekli malzemeleri iş ilgili istasyonlarına ulaştırmaktır.

Çekme sistemi uygulayan işletmelerde;

- Stoklardaki değişkenlik azdır.
- Stok ve üretim kontrolü daha kolay yapılmaktadır.
- Fazla üretimden kaynaklanacak israflar engellenir.
- Talepte oluşabilecek dalgalanmalar engellenir.
- Değer yaratan faaliyetlerin süreç boyunca akışı sağlanır.
- Tasarım değişikliği vb. sebeplerle ürünün yeniden üretimi ve ya atılması gibi sıkıntılı durumlarla karşılaşılmaz.

1.3.5. Mükemmellik

Mükemmellik en son yalın üretim hedefi olup müşteri isteklerine cevap verebilmek için, hiç bitmeyen çalışma, zaman, mekan ve hataların azaltılması süreci olarak tanımlanabilir. İşletmeler yalın araçları uygulamaya koyup iyileştirmeleri gerçekleştirirken, süreç iyileştirme çalışmaları sürekli devam etmekte ve her zaman ortadan kaldırmak için daha fazla israf olabilmektedir. Mükemmellik, işletme operasyonlarını iyileştirmek ve müşteriye daha iyi değer sağlamak için uygulanan kalıcı çabadır (Womack ve Jones, 2003: 25)

Mükemmellik için uğraşmak, mevcut değer akışına müşteri perspektifinden bakmak ve daha iyi bir gelecek durum tasarlamak gerekir. Bu adım, gelecek durumu geliştirecek, müşteri, çalışanlar ve işletme sahipleri için doğru bir şekilde çalışacak mükemmel bir sürecin yaratılması için başlangıç adımı olacaktır.

1.4. YALIN ÜRETİM YÖNETİM ARAÇLARI

1.4.1. Tam Zamanında Üretim

Tam zamanında üretim (TZÜ) sistemi, müşteri talebinin alınması ile başlayan ve daha sonra talebin son montaj hattından hammaddeye kadar olan geriye doğru bütün aşamalara iletilmesine dayanan ve böylece tüm gereksinimlerin tam istenildiği zamanda bir önceki aşamadan çekilmesini sağlayan bir sistemdir (Abdulmalek ve Rajgopal, 2007: 224).

TZÜ, müşterinin istediği ürünün, en az miktarda malzeme, ekipman, iş gücü ve alan kullanılarak, ihtiyaç duyulan zamanda, ihtiyaç duyulan miktar kadar üretme felsefesine dayanır.

Hem mamul hem de hammadde için talep ile üretimi eşlemeyi hedefleyen TZÜ, arz ile talep arasında stok maliyeti olmayan, israfların minimize edildiği bir yapı oluşturur. Hatasız olarak üretilen parçaların tam zamanında dağıtımının sağlanabilmesi temeline dayanması sebebiyle TZÜ, sıfır hata ile doğrudan ilgili olan bir prensiptir. Tam zamanındalık kavramı, bütün süreçler için doğru parçaların, istenen kalite düzeyinde ve doğru zamanda sağlanmasını ifade eder (Karlsson ve Ahlström, 1996: 32).

TZÜ felsefesi, israfın ve üretim sürecinin bütün aşamalarındaki gecikmelerin ortadan kaldırılmasını benimsemektedir (Welgama ve Mills, 1995: 245). TZÜ sistemleri bu açıdan bakıldığında yalın düşüncenin merkezinde yer almaktadır. TZÜ sistemlerindeki üretim akışı, üretim sisteminin mükemmelliğini sağlayarak, katma değer sağlayacak bir yapının oluşmasına yardımcı olur (Cooney, 2002: 1132).

Tam zamanında üretim felsefesi ara stokları ortadan kaldırdığından, stoklama maliyetlerinin düşmesini sağlar. Ayrıca stoklama alanlarındaki israfı da azaltır. Üretim sürecinde sadece ihtiyaç olan parçaların üretilmesi, ürünlere ilişkin olası kalite problemlerinin erken tespit edilmesini sağlar. Gereksiz üretimin gerçekleşmemesi de fazla üretimden kaynaklı doğabilecek israfların önüne geçecek bir durumdur.

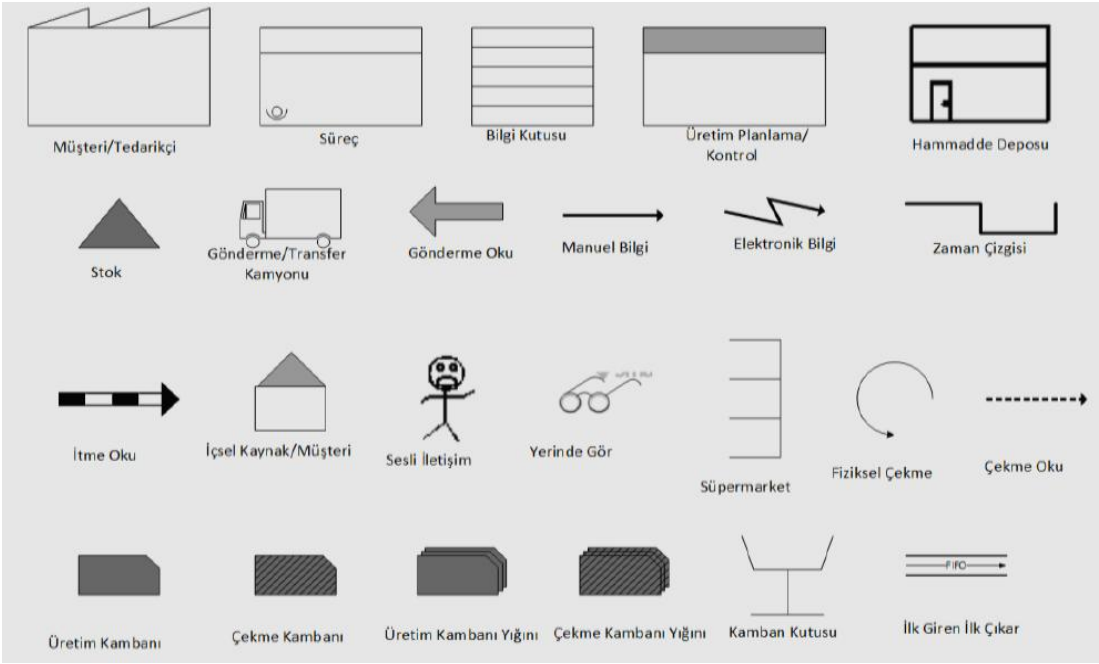
1.4.2. Değer Akış Haritalama

Değer akış haritalama üretim sisteminin mevcut ve gelecek durumunu gösteren, süreçlerde israfa neden olan ve ortadan kaldırılması gereken faaliyetlerin neler olduğunu anlamalarını sağlayan bir haritadır (Lovelle, 2001: 27).

Değer akışının haritalanmasında, bir süreçteki her bir faaliyet analiz edilmektedir ve bu faaliyetlerin ürüne değer katıp katmadığı sorgulanmaktadır. Bir süreçte yapılan her şey, değer katan veya değer katmayan faaliyet olarak sınıflandırılmaktadır (Williams, 2009: 32). DAH'ın sağladığı görsellik, bir değer akışında değer katan adımların belirlenmesine yardımcı olurken, değer katmayan adımların da ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır. Bu durum yalın üretim uygulamalarında uygulama sürecini kolaylaştıracaktır (Lian ve Van Landergem, 2002: 2).

DAH, üretimdeki israfların belirlenmesi ve süreçlerde iyileştirme sağlamak için bir planlama yapılırken kullanılan en etkili araçlardan birisidir. DAH, bir değer akışını göstermek için simge veya sembollerden faydalanmaktadır. Şekil 1'de değer akış haritasında kullanılan bazı semboller gösterilmiştir.

Şekil 1: Değer Akış Haritalamada Kullanılan Semboller



Kaynak: Özveri ve Güçlü, 2015: 3

DAH'ın temel amacı, değer zincirindeki her türlü israfı tanımlayarak israfın önlenmesi için tedbirler almak ve israfı ortadan kaldırmaktır. İsrafın ortadan kaldırılmasına yönelik olarak yapılan çalışmalarla zincir üzerindeki işlemlerin tek tek optimizasyonu için çok sayıda araç geliştirilmiştir. Ancak değer akış haritalama geniş bir bakış açısıyla olaylara yaklaşıp süreçleri tek başına ele almak yerine, resmin bütünü üzerinde çalışmaktadır (Abdulmalek ve Rajgopal, 2007: 225).

DAH'ın kullanımında izlenecek süreç dört adımdan oluşmaktadır (Manos vd., 2006, 27):

- Süreç ailelerinin belirlenmesi.
- Mevcut durum haritasının çizilmesi.
- Gelecek durum haritasının oluşturulması.
- Gelecek duruma ulaşmak için bir plan yapılması.

Değer akış haritaları oluşturulurken tedarik zamanları, üretim sürecindeki parçalar, sürecin çevrim zamanı, stoklar, lojistik ile katma değer oluşturan ve oluşturmayan faaliyetler gözden geçirilir, belirlenir ve dokümanlar hazırlanır. Değer akış haritasının mevcut durumunun analiz edildikten sonra gelecekteki durumun haritası oluşturulmaya çalışılır, iyileştirmeler hedeflenir (Brown vd., 2006: 6).

1.4.3. İşyerinin Düzenlenmesi – 5S

5S daha az kusurlu ürünler üretmek için daha az çaba, mekân, sermaye ve zaman gerektiren üretim süreçlerini organize etmek ve yönetmek için geliştirilen yalın üretimi destekleyen bir araçtır. Disiplinli, temiz ve iyi düzenlenmiş bir iş ortamı yaratır (Chapman, 2005: 28).

Japonca'da S harfiyle başlayan 5 kelime *5S*'in temel felsefesini yansıtmaktadır. Bunlar;

- Seiri: Sınıflandırmak
- Seiton: Düzenleme
- Seiso: Temizlik
- Seiketsu: Standardize Etme
- Shitsuke: Disiplin

Seiri (Sınıflandırmak): Sınıflandırma işlemi, atık malzemeyi (hammadde veya ürün), doğrulanmayan ürünleri, hasarlı araçları ortadan kaldırır. İş yerini temiz tutmaya yardımcı olur ve çalışma alanındaki herhangi bir şeyi arama ve ya bulmayı kolaylaştırarak iyileştirmeler sağlar, işlem zamanlarını kısaltır (Michalska ve Szewieczek, 2007: 212). Yalın üretim için *5S* uygulamalarındaki ilk adım olan sınıflandırmada, bir hedef alanı içinde gözlem yaparak ve bu yerin dışında olması gereken veya gereksizmiş gibi görünen maddeleri kırmızı etiketlerle işaretlemek gereklidir (Bullington, 2003: 56).

Seiton (Düzenlemek): 5S uygulamalarındaki ikinci adım olan "düzenleme", ürünleri ve ekipmanı bulması ve kullanması kolay olacak şekilde sıraya koymak, düzenlemek anlamına gelir. Malzemelerin ihtiyaç duyulduklarında tespit edilmeleri ve kullanılmalarına ihtiyaç kalmadığında elden çıkarılmaları için ekipman ve stok yerlerinin etiketlenmeleri gerekir. Stok yerlerinin çalışma istasyonlarında bantla etiketlenmeleri görsel yönetimi kolaylaştırır. Eksik olanı veya uygun bir şekilde depolanmamış araçları belirlemek için ihtiyaç duyulan tek şey, sadece çalışma alanına göz atmak olacaktır (Bullington, 2003: 57).

Seiso (Temizlik): Çalışma alanının temizlenmesi ve teçhizatların temiz tutulması anlamına gelir. Temiz bir çalışma alanı, hatalı üretimi ve verimsizliği en aza indirgeyecektir (Shil, 2009: 35). Her çalışan kendi üretim alanındaki temizlikten sorumlu olacak şekilde, düzen sağlanmaya çalışılacaktır.

Seiketsu (Standardize Etmek): Prosedürler ve araçlar yapılmakta olan işe göre tasarlanmalıdır. Süreçteki değişkenlik *standart olmayan* kaynakları elimine etmek suretiyle kontrol edilebilir. İşlemlerin bu adımında, eldeki işi tamamlamanın en iyi yolunun belirlenmesi gerekir. Prosedürler ve araçlar doğru uygulamaları yansıtırlar ve değişiklikleri yansıtmayı değiştirirler. Sonunda, işletme en iyi uygulamayı buluncaya kadar çalışacaktır (Becker, 2001: 30).

Shitsuke (Disiplin): Disiplin, kurallara uyma ve bu durumu sürekli hale getirme anlamına gelir. İş üniformaları giymek, yaka kartları takmak ve baret giymek gibi uygulamaları örnek vermek mümkündür. Bunların hepsi, güvenliğe, temiz bir çalışma ortamına ve olumlu bir çalışma tutumuna katkı anlamına gelir. Eğer işyeri, çalışanların disiplini sürdürdüğü bir işyeriyse, ilk dört *S* zorluk olmaksızın eksiksiz

bir şekilde hayata geçirilebilir. Böyle bir işyerinin yüksek verimlilik ve yüksek kalite getirmesi muhtemeldir (Hirano, 1995: 37).

5S daha temiz bir çalışma alanı oluşturan ve çalışma yerini organize eden bir araçtır. *5S*'in sağladığı yararlardan bazıları aşağıda sıralanmaktadır (Ahlström, 2007: 2):

- Karışıklığın azaltıldığı, güvenliğin arttırıldığı daha temiz bir çalışma alanının oluşturulur.
- Verimlilik artışı için düzenli ve etkin bir çalışma yeri oluşturulur.
- Düzenleyici standartlar ile uyumun teşvik edilip, güçlendirildiği her zaman hazır bir ortama sahip olunur.
- Stok ve malzeme maliyetleri azaltılır.
- Çalışma ortamının etkin bir şekilde kullanılması sağlanarak sabit maliyetler azaltılır.
- Çalışanların çalışma alanlarına, organizasyonlarına ve kendilerine olan saygılarını artar.

1.4.4. Toplam Kalite Yönetimi

1980'li yıllardan itibaren kalite yönetimi "toplam" bir yaklaşımla ele alınmış olup, tüm işletme çapında değerlendirmeler yapılması gerektiği tartışılmaya başlanmıştır. Toplam kalite yaklaşımının unsurları, daha önceki dönemlerin kalite yönetimi yaklaşımlarından farklı bir şekilde ortaya çıkmıştır.

Toplam Kalite Yönetimine (TKY) yönelik çeşitli yaklaşımları savunan birçok kalite yönetimi öncüsü ve uygulayıcısı toplam kalite yönetimine ilişkin tanımlamalarda bulunmuşlardır. Crosby (1979), kaliteyi gereksinimlere uygunluk olarak tanımlayarak, toplam kalite yönetiminin verimlilik ve karlılığı artıracağını savunmuştur. Ayrıca kalitenin tepe yönetimin sorumluluğunda olduğunu vurgulamıştır. Ishikawa'ya göre (1985) toplam kalite, tüm çalışanları, bütün süreçler ile bu süreçlerdeki işleri ve ürün yaşam döngüsünü tanımlar. Ishikawa firma üst yönetiminin toplam kalite yönetimine liderlik etmesi gerektiğini vurgulamıştır. Deming (1986), kalitenin verimlilik ve rekabet gücünü artıran bir unsur olduğunu ve istatistiksel olarak ölçülebilir olduğunu vurgulamıştır. Değişimin yöneticilerden

başlayarak, bir organizasyon kültürü oluşturana kadar devam etmesi gerektiğini savunmuştur. Taguchi (1986), kaliteyi ürünün sevkiyatından sonra tüketicide yaratacağı minimal zarar olarak tanımlamıştır ve sıfır hatanın bile yetersiz olabileceğini savunmuştur. Kalitenin ürünün tasarım aşamasından itibaren belirlenmesinin gerekli olduğunu vurgulamıştır. Juran (1988), kaliteyi kullanıma uygunluk olarak tanımlamıştır. Kalitenin yaratıcılığı destekleyen süreçler yardımıyla, kalıcı sorunları önleyen bir olgu olduğunu vurgulamıştır. Feigenbaum (1991), toplam kalitenin bir yönetim felsefesi olduğunu ve firma çalışanlarının bu felsefeye bağlılığının mutlak olması gerektiğini savunmaktadır.

Özetlenecek olursa, tüm bu kalite guruları, toplam kalite yönetiminin etkili bir şekilde uygulamaya konulması için farklı tekniklerin ve örgütsel gerekliliklerin olması gerektiğinin üzerinde durmuşlardır.

TKY, sadece müşterinin ihtiyaçlarını ve isteklerini tatmin etmek için sürekli iyileştirmenin hayata geçirilmesi ve uygulanması suretiyle, kusurları sıfıra indirme hedefi olan örgütsel ve şirket çapında bir yönetim ve kalite kontrol sistemidir. TKY, örgütlerin sürekli iyileştirmeye yönelik olan, kusurları önleyen, rekabetçiliği geliştiren, süreç kalitesini iyileştiren ve insanların değerlerini ve tutumlarını değiştiren bir örgüt kültürü yaratmak suretiyle temel ilkeleri, prosedürleri ve sistemleri yerine getirmesi yıllar alabilen uzun vadeli bir süreçtir. (Dale vd., 1997; Shingo, 1989; Wu, 2003; Longenecker vd, 1994).

Problemlerin belirlenebilmesi için akılcı çözümler sağlayan TKY problemin çözme aşamalarının sıralanması, planlama, kontrollerin yapılması, bu faaliyetlerin tekrar gözden geçirilmesi ve istatistiksel araçlara odaklanır. Bunlara ilave olarak TKY sadece fabrika seviyesinde değil, organizasyonun tamamında problemlerin çözülmesi ve sürekli gelişmenin sağlanmasıyla ilgilidir (Matwani, 2003: 340).

TKY felsefesinin uygulanması aşamasındaki temel noktaları aşağıdaki gibi ifade etmek mümkündür (Halis, 2000: 190-191):

- Toplam kalite anlayışının öncelikle bir temel yönetim anlayışı olduğu kabul edilmeli ve uzun vadeli bir kavram olarak değerlendirilmelidir.
- Tüm personelin toplam kalite anlayışını benimsemeleri sağlanmalı, bunun için de ikna edici iletişim süreci kullanılmalıdır.

- Personelin kendi hür iradeleri ile örgüt kalitesini arttırmak için üretken güçlerini kullanmalarına gerekli zemin hazırlanmalıdır.
- Sözlü, yazılı ve görsel iletişim kanallarının etkin kullanımıyla sürekli geliştirilen ve yenilenen örgüt hedeflerinin yaygın bir biçimde tüm örgüte aktarımları sağlanmalıdır.
- Örgüt içinde çalışanların motivasyonlarını arttırma, bilgi ve beceri düzeylerini yükseltme, işe bağlılık duygularını kuvvetlendirme yönünde gerekli adımlar atılmalıdır.
- Çağdaş ve teknik bir örgüt kültürü oluşturulmalıdır.
- Kalite ve süreç geliştirme ekiplerine gereken önem ve hassasiyet gösterilmelidir.

1.4.5. Toplam Verimli Bakım

Toplam Verimli Bakımın (TVB), Japonya'nın ABD tarzı verimli bakıma bir cevabı olduğu düşünülmektedir. TVB, önleyici bakımı, verimli bakıma daha benzer hale getirmek için genişletmek suretiyle 1970'lerde geliştirilen bir Japon kavramıdır. TVB, tesis bakımına, TKY, TZÜ, sürekli iyileştirme ve diğer dünya sınıfı stratejileriyle tamamlayıcı olan yenilikçi bir yaklaşımdır (Cua vd., 2006: 46).

1971'de Japonya Tesis Bakımı Enstitüsü, üretim sektörüne odaklanan toplam verimli bakımı aşağıdaki gibi tanımlamıştır (Nakajima, 1989: 3):

- TVB, ekipman verimini maksimize etmeyi amaçlamaktadır (genel verim iyileştirmesi).
- TVB, ekipmanın tüm ömrü için tasarlanan toplam bir bakım sistemi kurmayı amaçlamaktadır.
- TVB, kullanma, planlama, bakım sektörünün de içinde bulunduğu ekipmanla ilgili tüm sektörlerde çalışmaktadır.
- TVB, üst yönetimden ön safta bulunan personele kadar tüm üyelerin katılımına dayanmaktadır.
- TVB, küçük grup faaliyetleri aracılığıyla motivasyon yönetimi sağlamaktadır.

TVB, ekipmanın tüm ömrünü kapsayan, ekipmanla bağlantılı tüm alanları (planlama, kullanım, bakım gibi) bünyesinde barındıran ve motivasyon yönetimi veya gönüllü küçük grup faaliyetleri aracılığıyla verimli bakımı teşvik etmek için üst yönetimden alttaki çalışanlarına kadar katılımla geniş kapsamlı bir verimli–bakım sistemi kurmak suretiyle, ekipman verimini maksimize etmek (toplam verimi iyileştirerek) amacıyla tasarlanır (Tsuchiya, 1992: 4).

TVB, adından da anlaşıldığı gibi, üç sözcükten oluşmaktadır (Ahuja ve Khamba, 2007: 340):

Toplam: Her yönü düşünmeyi ve üstten alta kadar herkesi dikkate almayı belirtmektedir.

Verimli: Üretim devam ederken onu yapmaya devam etme ve üretimle ilgili sıkıntıları en aza indirmeye çalışmaya vurgu yapar.

Bakım: Üretim operatörleri tarafından ekipmanın otomatik olarak iyi durumda tutulması anlamına gelmektedir (tamir, temizleme, yağlama ve onun üzerinde gerekli zamanı harcamayı kabul etmek).

TVB, toplam iş gücü gerektiren gün-gün faaliyetler aracılığıyla, ekipman verimliliğini optimize eden, arızaları ortadan kaldıran ve operatörler tarafından sürekli bakımı teşvik eden yenilikçi bir yaklaşımdır (Nakajima, 1989: 5). TVB, işletmelerin ürün kalitesini iyileştirdikleri, israfı azalttıkları, üretim maliyetini düşürdükleri, ekipman kullanılabilirliğini artırdıkları ve işletmenin bakım durumunu iyileştirdikleri bakımla üretim fonksiyonu arasındaki bir ortaklıktır (Rhyne, 1990: 684).

Yalın üretim perspektifinden bakıldığında, toplam verimli bakımın, verimlilik ve kârlılığın artırılmasına, israfın ortadan kaldırılması aracılığıyla işletme içindeki değerin artırılmasına, israfın sistematik belirlenmesine ve ortadan kaldırılmasına ek olarak imalat ve işlemlerdeki kalite kusurlarına odaklandığı söylenebilir (McCarthy, 2004: 15).

TVB ekip çalışmasına dayanmakta olup, tek başına teknoloji veya sistemler aracılığıyla değil insanlar aracılığıyla toplam ekipman etkinliği (TEE) ile ilgili firma çapında başarı için bir yöntem sağlamaktadır. TVB, yalnızca bakıma özgü bir politika değil; bir fikir, bir felsefe ve bakıma yönelik yeni bir tutumdur. Etkili bir

TVB programı, çeşitli boyutları kapsayacak şekilde, örgütsel faaliyetlerin artırılmasını kolaylaştırabilir (Wang, 2006: 656).

Üst yönetim liderliği ve müdahalesi, geleneksel bakım uygulamaları ve bütünsel verimli bakım uygulama çabaları gibi toplam verimli bakımı uygulamaya koymadaki stratejik başarı faktörleri, üretim performansındaki iyileştirmeleri etkilemeye yönelik önemli katkılar yapabilir (Ahuja ve Khamba, 2008,736).

TVB özetlenecek olursa, tek tek çalışanlar veya küçük grup faaliyetleri aracılığıyla, sistematik bir makine ve ekipman ve diğer üretim sistemlerinin bakımıdır. Toplam verimli bakımın temel hedefleri, sıfır ekipman bozulması, sıfır kusur, ekipman veriminin iyileştirilmesi, bakım maliyetlerinin azaltılması ve daha az yedek parça tüketimiyle ilişkili minimum stoklama maliyetleri aracılığıyla, israf azaltma ve kalite verim iyileştirmeleridir. Son yıllarda üretim işletmeleri bakım verimini iyileştirmek için farklı yaklaşımlar benimsemişlerdir. Bakım faaliyetlerini iyileştirmeye yönelik stratejik TVB programları geliştirmek ve hayata geçirmek oldukça önem teşkil etmektedir.

1.4.6. Kanban

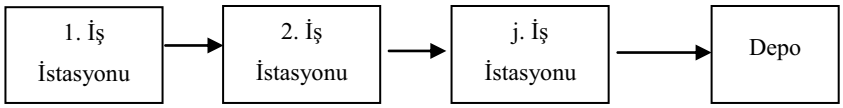
Kanban sistemi, üretim sisteminde önemli bir rol oynayan yeni bir felsefedir. *Kanban*, esas olarak bir ürünün her üretim aşamasında tamamlanması için, her aşamasının ayrıntıları için gerek duyulan tüm bilgiyi içeren bir karttır. *Kanban* sistemi çok aşamalı bir üretim programlaması ve stok kontrol sistemidir. Bu sistem, üretim zamanının ve süreç içi işin azaltılmasıyla, yüksek üretim hacmine ulaşmayı ve yüksek kapasiteden faydalanmayı kolaylaştırır (Kumar ve Panneerselvam, 2007: 393).

İtme ve çekme sistemi olmak üzere iki farklı üretim sistemiyle karşılaşmak mümkündür.

İtme sistemi: Bu geleneksel bir üretim sistemidir. Bir iş, iş istasyonunda kendi sürecini tamamladıktan sonra, bir sonraki işlemin veya depolamanın gerektiği sonraki iş istasyonuna iletilir. Bu sistemde, işin bir iş kartı vardır ve iş kartı aşama aşama sırasına göre transfer edilir. Bu yöntemde, üretim veya talepteki öngörülemeyen değişikliklerden dolayı, işler programdan sapmaya başlar ve süreç

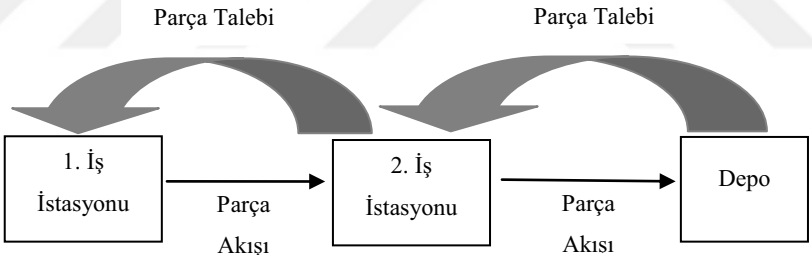
içinde stok birikmesine neden olur. Dolayısıyla stok planlaması yapılırken, kötümser bir şekilde emniyet stoğu seviyesini daha yüksek belirlenebilir. İtme sisteminin yapısı Şekil 2'de gösterilmiştir.

Şekil 2: İtme Sistemi



Çekme Sistemi: Bir çekme tipi üretim, her bir iş istasyonunda değer eklemesi içeren bir iş istasyonları dizisinden oluşmaktadır. Çekme sisteminde, halihazırdaki iş istasyonundaki (j), her bir iş, ardından gelen iş istasyonu (j + 1). istasyon tarafından çekilir. Diğer bir deyişle, iş, önceki iş istasyonu tarafından itilmek yerine, sonraki iş istasyonu tarafından çekilir. Üretim hattı boyunca parçaların akışı *kanban kartları* tarafından kontrol edilir. Şekil 3.'de çekme sistemi şekilsel olarak gösterilmiştir.

Şekil 3: Çekme Sistemi



Kanban sisteminde programlanmış malzeme akışı, itme sistemi yerine çekme sistemi kullanılarak yapılmaktadır. İtme sisteminde ana üretim programı ve daha ayrıntılı olan üretim programları ihtiyaca bakılmaksızın, daha önceden tahmin edilen parça sayılarını dikkate alarak üretim kontrolünü sağlarlar. Çekme sistemi ile ise son montajın gerçekleştiği alana gelen müşteri siparişlerine göre malzeme akışı ve üretim faaliyetleri düzenlenmeye çalışılır. Bu durum sipariş edilmeyen hiçbir şeyin üretiminin yapılamayacağı anlamına gelmektedir (Ahlström ve Karlsson, 1996: 45).

Kanban sistemi aynı zamanda, çok aşamalı bir üretim planlaması ve stok kontrol sistemidir. TZÜ kavramı ile uygulamaya geçirilmiştir ve stok seviyesini minimumda tutmayı hedefler. Bu kavramın altında hiçbir stok türü mutlak bir

gereklilik olarak görülmez. Bu sistem üretim hattı boyunca malzemelerin düzenli ve verimli akışını sürdürmektedir. *Kanban* kavramının özü, üretim hattında bölümlerin ya da bileşenlerin tam olarak ihtiyaca dayalı teslimatını gerçekleştirmektir. Böylece üretim alanında ne malzeme eksikliği ne de fazlalığı olur (Charles vd., 2007: 60).

Kanban sisteminin işletmelere sağladığı yararları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Productivity Press, 2002, 7–8):

- Fazla üretimi ortadan kaldırır.
- Müşteri talebine cevap verebilmek için gerekli olan esnekliği artırır.
- Küçük partilerle ve geniş ürün çeşitliliği ile üretimi sağlar.
- Karmaşık olmayan bir satın alma süreci sunar.
- Tüm süreçleri müşteri ile bağlantılı hale getirecek entegrasyonu sağlar.
- Bilgiyi parça veya ürün ile ilişkilendirir.
- Basit ve görsel üretim talimatları sunar.
- Gereksiz yarı mamul stokunu ortadan kaldırır.
- Süreçlerdeki israfı ortaya çıkarır.

1.4.7. Hücresel Üretim

Grup teknolojisi bir parçanın tamamen üretilmesi için gerekli olan makinelerin, verilen parça aileleri için bir araya getirildiği iş alanlarıdır. İş alanında bulunan farklı operatörler bütün makineleri kullanabilirler. Böylelikle operatörlerin bireysel katkıları artar, operatörler arasındaki taşıma ve bekleme zamanları ortadan kaldırılabilir. Süreç içinde azalan stok miktarları verimliliği artırır. Bütün bunların gerçekleşmesi halinde esnek, iyi eğitilmiş ve istikrarlı iş gücü sağlanabilir (Quintana, 1998: 459).

Hücresel Üretim, materyallerin parça aileleri biçiminde gruplandırıldığı ve üretimde parçalar arasındaki benzerliklerin avantajından yararlanmak için makinelerin, makine hücrelerine tahsis edildiği bir üretim felsefesi olan grup teknolojisi uygulamasıdır. Ayar (setup) sürelerinin azaltılması, süreç içi stokların azaltılması, üretim zamanının azaltılması, stok bulundurma maliyetlerinin azaltılması, ürün kalitesinin iyileştirilmesi ve üretimin dengelenmesi hücresel üretimin önemli faydaları olarak sıralanabilir (Wemmerlöv ve Johnson, 1997: 30)

Hücresel üretim, yalın olmanın köşe taşlarından biridir. Bir hücre, malzeme ve parçaların süreç boyunca düzgün akışını sağlamak amacıyla sıraya dizilmiş teçhizat ve iş istasyonlarından oluşmaktadır.

Hücresel üretim sistemlerinde operatörler, çok becerili iş ekipleri halinde organize edilir. Her bir ekip, montaj işlemlerinin, kalite kontrolünün yanında sağlık ve güvenliğin de içinde bulunduğu üretim sürecinin belli bir kısmından sorumludur. Her bir hücre, bitirilmiş ürünleri üretim süreci içindeki sonraki hücreye teslim eden birkaç ekipten oluşmaktadır. Hücresel üretim ve iş hücreleri yalın üretimin kalbidir. Hücresel üretim üretkenliği ve kaliteyi artırır, malzeme akışını, programlamayı, hücre yönetimini basitleştirir. Basitlik hücresel üretimin esas temasıdır.

Hücre oluşturma problemi, hücresel üretim sistemlerinin tasarımının ilk adımıdır. Hücresel üretimin temel amacı, makine hücreleri ve parça aileleri oluşturmak ve ondan sonra hücre içi ve hücreler arası taşıma maliyeti, grup verimliliği gibi seçilen performans unsurlarını optimize etmek için parça ailelerini makine hücrelerine göndermektir (Pattanaik ve Sharma, 2009: 773).

Hücresel üretimle ilgili faaliyetler:

- Stok azaltmayı (özellikle yarı mamul stok seviyesini),
- Malzeme maliyeti ve malzeme elde bulundurma maliyetinin azaltılmasını,
- Çalışma alanından daha iyi faydalanmayı,
- Sipariş ile teslimat arasında geçen zamanı azaltmayı,
- Kusurların ve makine problemlerinin nedenlerinin belirlenmesini,
- Verimliliğin artırılmasını,
- Ekip çalışması ve iletişimin artırılmasını,
- Esnekliğin ve görülebilirliğin iyileştirilmesini içermektedir.

Hücrelerin talebe duyarlı olmasından dolayı talepteki dalgalanmalardan olumsuz etkilenebilecek olması, sistemin makine duruşlarından fazlasıyla etkilenebilecek olması, mevcut ekipmanların çok büyük olmasından dolayı hücrelere uygun şekilde yeni uygun ekipman yatırımlarından kaynaklanacak maliyet artışları, işçilerin farklı işlerde çalışabilecek yeterliliğe sahip olması için harcanacak zaman ve eğitimlerden doğabilecek maliyetler bu üretim tipinin dezavantajları olarak görülmektedir (Russell ve Taylor, 2009: 273-274).

1.4.8. Standartlaştırılmış İş

Standartlaştırılmış iş, ürünleri üretmek için en iyi yöntemleri tanımlar ve en iyi mevcut ekipmanı, insanları, materyalleri, prosedürleri veya talimatları ve kullanmak suretiyle hizmet sağlar. Standartlaştırılmış iş, açık bir şekilde minimum insan gücü ve çabayı, iş yapmada en yüksek kaliteyi ve güvenliği kullanan, halihazırdaki en iyi uygulamayı, tanımlamakta ve iş istasyonlarında etkili iletişim kurmaktadır (Detty and Yingling, 2000: 429).

Standart iş, uygulamada sık görülen kalıplaşmış iş yapma prosedürleri veya ilkelerinden çok daha fazlasını ifade eden bir kavramdır. İşlerle ilgili prosedür ve talimatlar genellikle çalışma alanına uzak yerlere konulmakta, bu da çalışanların bu prosedürler ve talimatları dikkate almamalarına neden olmaktadır. Ayrıca süreç adımlarının süresi ile ilgili tahmin yapmak da zorlaşmaktadır. Sürelerin standart hale getirilmesi iş yükünün dengelenmesini sağlayacaktır. Tekrar eden görevler için standart iş yönteminin kullanılmasıyla standartlara göre iş yapma konusunda eğitilen çalışanlar kalitenin iyileşmesini sağlayacaklardır (Manos vd., 2006: 26).

Standartlaştırılmış iş ile ilgili açıklanması gerekli kavramlardan biri takt zamanıdır. Takt ritim ya da tempo anlamına gelen Almanca bir kelimedir. Müşteri talebiyle üretim miktarını eşleştirmeye yardım eden bir kavramdır (Rother ve Harris, 2008: 13).

Takt zamanı genellikle çevrim süresi ile karıştırılmaktadır. Bu iki kavram tamamıyla farklı anlamlara gelmekte ve hesaplanmaktadır. Çevrim süresi, sürmekte olan operasyonun mevcut kapasitesini göstermekte iken takt zamanı ise mevcut sürecin üretim kabiliyeti ile alakalı olup öngörülen müşteri talebine dayanmaktadır (Feld, 2001: 70). Takt zamanını aşağıdaki formülle hesaplamak mümkündür.

$$\text{Takt Zamanı} = \frac{\text{Günlük çalışma süresi}}{\text{Günlük müşteri talebi}}$$

Yukarıdaki formül kullanılarak hesaplanan takt zamanının 10 dakika olduğunu varsayalım. Bu zamanın 10 dakika olması, müşteri talebinin karşılanması için her 10 dakikada bir ürün üretilmesi gerektiği anlamına gelmektedir. Üretim yapılan her bir

üretim hücresindeki çevrim süresi de bu 10 dakika ile uyuşmalı ve bu zaman doğrultusunda üretim gerçekleştirilmelidir.

Standardize edilen iş uygulamaları ile aşağıdaki sonuçların ortaya çıkması beklenmektedir (Kasul ve Motwani, 1997: 276):

- Kalitenin sürdürülebilirliği.
- Daha etkin ve güvenilir işlemler.
- Ekipman ve makinelerin uygun bir şekilde kullanımı.
- Problemlerin çözümüne olanak sağlamak.
- Üretim hattının dengelenmesinde kullanılacak bir araç olması.
- İş ile ilgili çevrim zamanı ve takt zamanı gibi hesaplamaların yapılmasını sağlaması.

1.4.9. Tek Parça Akışı

Tek Parça Akışı en önemli yalın üretim tekniklerinden birisi olup, yaygın olarak sürekli akış üretimi olarak da kullanılmaktadır. Tek parça akışı, bir iş parçasının bir çalışma hücresindeki işlemler arasında bir kerede hareket ettirilmesi (taşınması) anlamına gelir. Tek parçalı akış üretim sisteminin birçok faydasını literatürde görmek mümkündür. Bu sistem, işi süreç içinde en düşük seviyede tutar, iş dengesini ve daha iyi kaliteyi teşvik eder ve birçok iç iyileştirmeyi artırır (Miltenburg, 2001a: 304 ; Quintana, 2002: 490).

Bir tek parçalı akış üretim sisteminde, makineden yüksek oranda faydalanma ve yüksek üretim hacmi gibi geleneksel amaçlar daha az önemli olup, tam zamanında üretim çok önemlidir. Tek parça akış uygulayan bir firmada yüksek hız anlayışının yerini takt zamanı anlayışı almıştır (Li ve Rong, 2009: 1656).

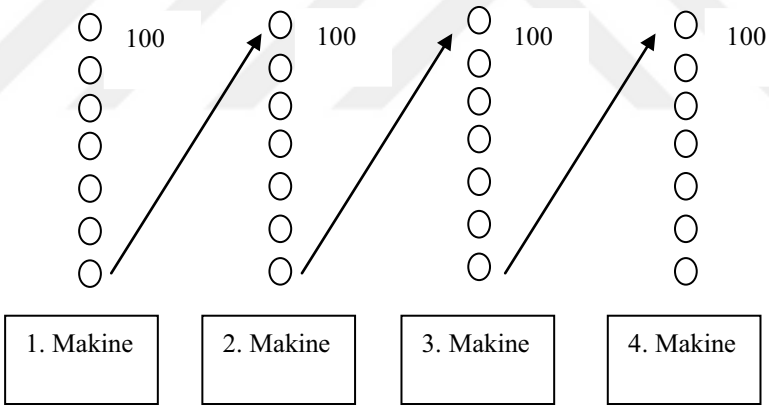
Tek parça akışı, yığın halindeki parçaların makineler ve süreçler arasında tek parça olarak gitmesini sağlar ve yığının geri kalanının tamamlanmasını beklemez. Diğer bir deyişle, farklı makinelerdeki parça işlemleri birbiri üzerine bindirilir ve paralel şekilde yürütülür; bu durum, parça bekleme süresini ve dolayısıyla üretim zamanlarını azaltır (Miltenburg, 2001a: 305)

Takt zamanı, çalışanların makineden makineye aktarabildikleri U-biçimli üretim hatları üzerindeki sürekli akış, standart iş, çekme, üretim kontrolü ve Jidoka

ayrı bir üretim sistemini birlikte tek parçalı hale getiren beş unsurdur (Satoğlu vd., 2010: 5197). Tek parça akış sisteminin çok parçalı bir akış sisteminden farklılığı bir aşağıdaki örnekle açıklanabilir.

Bir üretim hattında işlem gören bir ürünün 4 farklı makineden işlem görerek son halini aldığı varsayılsın. Her işlemin ise 1 dakika olduğu bilinmektedir. Çok parçalı bir akış sistemine sahip bir üretim sistemi varsa; birinci makine parçaları işler ve örneğin işlediği parça sayısı 100'e ulaşınca, bu 100 parça birinci makineden alınarak ikinci makineye aktarılır. İkinci makine de aynı şekilde 100 parça işleyip bu parçaları üçüncü makineye aktarır ve üretim bu şekilde devam eder. Bu durumda, ürün 4 işlemden geçtiğine ve her bir işlem 1 dakika tuttuğuna göre, 100 parçanın herhangi bir işlemi tamamlaması 100 dakika sürer. Ürünün tamamlanması için 4 işlemden geçmesi gerektiğinden, ürünün tamamlanması 400 dakika sürer. Şekil 4'de çok parçalı akış sistemi gösterilmiştir.

Şekil 4: Çok Parçalı Akış Sistemi



Aynı durumun stoksuz çalışan tek parça akış sistemine sahip bir üretim sisteminde gerçekleştiğini varsayalım. *t*. dakika sonunda makinelerin işledikleri parça sayılarını aşağıdaki gibi tanımlamak mümkündür.

t_1: 1. makine ilk parçayı işliyor, 2. 3. ve 4. makineler bekliyorlar. (1.dakika)

t_2: 1. makine ikinci parçayı, 2. makine birinci parçayı işliyor, 3.ve 4. makineler bekliyor. (2.dakika)

t_3: 1. makine üçüncü parçayı, 2.makine ikinci parçayı, 3.makine birinci parçayı işliyor. 4. makine bekliyor. (3.dakika)

t_4: 1. makine dördüncü parçayı, 2.makine üçüncü parçayı, 3.makine ikinci parçayı 4. makine ise birinci parçayı işliyor. (4.dakika)

...

t_{100}:1. makine 100. parçayı, 2. makine 99. parçayı, 3. makine 98. parçayı 4. makine 97. parçayı işliyor (100.dakika)

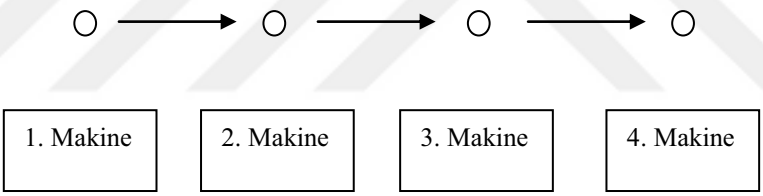
t_{101}: 1. makine bekliyor, 2. makine 100. parçayı, 3. makine 99. parçayı işliyor, 4. makine 98. parçayı işliyor (101.dakika)

t_{102}: 1. ve 2.makine bekliyor, 3. makine 100. parçayı işliyor 4. makine 99. parçayı işliyor (102.dakika)

t_{103}: 1. 2. ve 3. makine bekliyor, 4. makine 100. parçayı işliyor (103.dakika)

Görüldüğü üzere tek parça akışa sahip bir üretim sisteminde 100 parçanın ürünün son halini alması 400 dakika değil 103 dakika sürmektedir. Şekil 5'de tek parça akış sistemi gösterilmiştir.

Şekil 5: Tek Parça Akış Sistemi



Tek parça akışı şeklindeki bir üretim sisteminin en önemli avantajlarından biri örnekte de görüldüğü üzere üretim süresini düşürmesidir. Tek parça akışına ne kadar yaklaşılırsa üretim süresinin o kadar azalır. Bu durum üretim esnekliği gerektiren siparişe göre üretim yapan firmalar için avantaj sağlayıcı bir durumdur. Üretim esnasında karşılaşılacak bir problemin tüm üretim hattını durdurması ise bu akışı uygulayan işletmelerin dezavantajı olarak görülmektedir.

1.4.10. U Şeklinde Üretim Hatları

Literatürdeki birçok yazar *U* tipi üretim hatlarını, tam zamanında üretim sistemlerinde kullanılan hücresel üretimin özel bir türü olarak tanımlamışlardır (Sheridan, 1990: 36).

U şekline sahip üretim hatlarında üretim faaliyetlerinin gerçekleşmesi için makineler *U* şeklinde bir hat şeklinde yerleştirilir. *U* şeklindeki üretim hatları basit ya da birleşik yapıda olabilmektedir. Üretim gereksinimlerine göre periyodik olarak üretim hatlarının dengelenmesi gerekmektedir. Üretim hattındaki işçiler bu *U* tipi hattın içerisinde çalışır. Ürün akışı ve buna bağlı olarak işçilerin hareket yönü, saat yönünde ya da tam tersi yönde gerçekleşebilmektedir. *U* tipi üretim hatlarında bir ürün tamamlanıp üretim hattından çıkmadan, hiçbir malzeme üretim hattına giriş yapamaz. Tamamlanan ürün üretim hattından çekildikten sonra üretim hattına yeni materyaller giriş yapar. Hattaki komşu makineler arasında en fazla bir parça süreç içi stok bulunmaktadır. Bu nedenle, bir ürün ya da bir makinede herhangi bir problem yaşandığında hat çok çabuk bir şekilde durmaktadır. *U* tipi hatta çalışan tek bir işçi varsa bu işçi materyallerin üretim hattına giriş yapmasından çıkmasına kadar geçen süre içerisinde tüm makinelerdeki işlerinden sorumlu olmaktadır (Miltenburg, 2001b: 203).

Yalın felsefenin ilkelerinden biri olan akışın sağlanması için *U* şeklindeki üretim hatları kullanılabilmektedir. Üretim alanına sadece ihtiyaç duyulacak kadar materyalin akışı, israfı ortadan kaldırmaya yardımcı olacaktır. *U* şeklindeki üretim hücrelerinde saat yönünün tersi yönde materyal akışı gerçekleşmektedir. İşçilerin genellikle sağ elini kullanmasından dolayı malzemeler işçinin sağ tarafından gelecek şekilde üretim hattı tasarlanır. Üretim hızının yavaşlamaması bakımından, saat yönünün tersi yönünde gerçekleşen akış oldukça önemlidir (Brown vd., 2006: 6).

U şeklindeki bir üretim hattında, talepte meydana gelebilecek değişikliklere işçi sayısındaki ayarlamalar ile karşılık verip esnekliğin sağlanmasına Japoncada *shojinka* denilmektedir. *U* şeklindeki hatlar talebin değişkenlik gösterdiği durumlarda (talep artışı ya da azalışı), üretimin artmasını ya da azalmasını sağlayan esnek bir sistemdir. Örneğin bir hatta belli miktarda ürün üretilmesinde çalışan 5 işçi olduğu varsayılsın. Hattın üretim miktarı %80'e düşerse, hatta çalışan işçi sayısı (5x0,80=4) 4'e düşürülmelidir. Bu, talepteki %20'lik azalış karşısında, 1 işçi azaltılması gerektiği anlamına gelir.

Sahip olunan işçi sayısındaki ayarlamalar ile esnekliği sağlayan bu sistem üretimde üretkenlik artışı sağlayacaktır. Talep azaldığı zaman hattaki işçi sayısı düşürülerek hattın üretim hızı da düşürülür ve talebe göre ayarlamalar yapılır. Bu

hatta boşa çıkan işçiler başka bir işte değerlendirilebilir. Tam tersi şekilde talep artışının olduğu durumlarda ilgili hatta işçi eklenerek çalışanların daha az makine ile ilgilenmelerini sağlayacak değişimler yapılabilir (Monden, 1994: 159-160).

1.4.11. SMED

Tek Haneli Dakikalarda Kalıp Değiştirme (*Single Minutes Exchange of Dies-SMED*) anlamına gelen bu yöntem, üretim hatlarındaki değişimi hızlandırarak akışı sağlamanın anahtarıdır. Tek haneli dakikadan kasıt 10 dakikadan daha az bir sürede bu işlemin yapılması anlamı taşımaktadır (Shingo, 1985:21). *SMED*, bir üretim sürecindeki israfı azaltmak için kullanılan başlıca yalın üretim tekniklerinden biridir. Bir üretim sürecinde mevcut üründen diğer ürüne geçiş yaparken üretim sürecini dönüştürmenin hızlı ve etkili bir yolunu sağlar.

Toyota'dan Ohno, *SMED*'i 1950 yılında geliştirmiştir. Ohno'nun düşüncesi makinelerdeki değişimi daha hızlı bir şekilde ayarlayabilen bir sistem geliştirmektir. Ohno 1950'lerin sonlarında, bu süreyi bir günden üç dakikaya düşürebilecek çalışmaları tamamlayabilmiştir. *SMED*'in temel fikri bir makinedeki ayar zamanını azaltmaktır. Makinelerin iç ve dış ayar olmak üzere iki tip ayar faaliyeti olmaktadır. İç ayar faaliyetleri makine dururken yapılabilen ayar faaliyetleri iken, dış ayarlar ise makine çalışırken yapılabilenler ayar faaliyetleridir. Temel fikir, içten dışa mümkün olduğu kadar çok faaliyeti yapmak olup, ayarlamaları uygulanabilir bir araç haline getirmektir (Dave ve Sohani, 2012: 28).

SMED metodolojisinin dört aşamada uygulandığı görülmektedir. Bunlar:

- 1. Aşama: Firma iç ve dış ayar işlemleri arasında hiçbir ayrım yapmadan tüm hazırlık işlerini listelemelidir. Bu süre içinde makineler uzun bir zaman dönemi için boş kalabilir. Bu aşamadaki temel amaç, firma çalışma koşullarını çok ayrıntılı bir şekilde, üretim analizi, çalışanlarla görüşmeler ve ayar işlemlerinin video-banda alınması gibi faaliyetlerle incelemektir.
- 2. Aşama: Firma iç ayar işlemleri ile dış ayar işlemlerinden birbirinden ayırır. Bu eylem, ayar işlemi için gerekli zamandan %30-50 civarında tasarruf ettirecektir. Bu ayrımda ustalaşmak *SMED*'in başarıya erişmesi için temel bir konudur.

- 3. Aşama: Firma, maksimum sayıda iç ayar işlemini dış ayar işlemlerine dönüştürür. Bu aşamada, işlemlerin yanlışlıkla iç ayar olarak varsayılıp varsayılmadıklarını değerlendirmek amacıyla, tüm işlemleri yeniden incelemek önemlidir.
- 4. Aşama: Ayar işlemlerinin tüm yönlerinin yoluna konulması. Bu aşama, daha kolay, daha hızlı ve daha güvenli bir şekilde farklı görevleri başarmak için çözümler geliştirmek suretiyle, iç ve dış ayarın her bir temel işleminin sistematik bir şekilde iyileştirilmesine çalışmaktadır.

SMED'in faydalarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Digra ve Sharma, 2014: 86):

- Üretimde daha az zaman harcanır.
- Makinelerin iş oranlarında artışı sağlar. Bu durum ekipmanlardan fiilen daha fazla faydalanıldığı anlamına gelmektedir.
- Verimlilikte bir artış görülür.
- Ayar sırasında ve makineler tekrar çalışmaya başladıktan sonra hatalarda azalma meydana gelir. Daha az kusurlu üretim yapılır.
- Daha az hammaddeye ihtiyaç duyulduğu için stoklama maliyetleri minimumdur.
- Daha az stok sayesinde, depolama yerinden de tasarruf yapmak mümkündür.

1.4.12. Poka-Yoke

Poka-Yoke, 1961 yılında Toyota firmasında mühendis olarak çalışan Shigeo Shingo tarafından ortaya atılan ve çalışma alanındaki insan hatalarını önlemek için kullanılan bir tekniktir. *Poka-Yoke* kusurları azaltmak veya önlemek için durdurma, kontrol ve uyarı olmak üzere üç temel işleve sahiptir (Dudek ve Szewieczek, 2009: 97).

Japoncada hata önleme anlamına gelen *Poka-Yoke* hatalı ürünün sonraki üretim aşamalarına geçmesine engel olmak için hata meydana geldiğinde, sürecin, hattın ya da makinenin otomatik olarak durmasını sağlayan bir tekniktir (Abdulmalek vd., 2006: 16).

Yalın üretim faaliyetlerinde bulunan işletmeler üretim faaliyetlerini kusursuz bir şekilde devam ettirmek amacındadırlar. Ancak sistemin içinde yer alan iş gücü ya da bir başka deyişle insan faktörü göz önüne alındığında, hatalarla karşılaşmanın kaçınılmaz olduğu görülür. Böyle bir durumda hataları tamamen ortadan kaldırmak yerine, hataları en aza indirmek daha akılcı bir hedef olacaktır.

Poka-Yoke'yi geliştiren Shigeo Shingo, hata ile kusuru farklı iki kavram olarak tanımlayarak, hataların her zaman ortaya çıkabileceğini kusurların ise engellenebilir olduğunu belirtmektedir. Shingo, kusurların hata yapıldıktan sonra ortaya çıktığını ve sağlam ürünlerle kusurlu (arızalı ya da defolu) ürünleri birbirinde ayırma işlemini üretim sürecinin sonunda yapan işletmelerin, yalın düşünceden oldukça uzak olduğunu vurgulamaktadır. Yapılan hataların, kusurlara dönüşmeden önce fark edilip önlenmesi noktasında *Poka-Yoke* devreye girmektedir. Bu sistem %100 muayeneyi gerçekleştirerek, üretimde meydana gelen bir sorun durumunda anında geribildirim ve müdahale imkanı sağlamaktadır. *Poka-Yoke* hataları kusurlara dönüşmeden önleyebilmek için tasarlanan ve bunu basit ve ucuz cihazlar kullanılarak gerçekleştiren bir sistemdir. Fiziksel, mekanik ya da elektrikli olabilecek bu cihazlar sürecin içinde yer almakta ve çalışan işgücünün işleri doğru bir şekilde yapmasını kolaylaştıran ya da diğer bir deyişle çalışanların işlerini yanlış bir şekilde yapmasını zorlaştıran bir yapının oluşmasına yardımcı olmaktadır. (Feld, 2001, 84-85).

Yalın üretim faaliyetlerinde sıfır hata ile üretim yapmak önemlidir ancak *Poka-Yoke*'nin tek amacı sıfır hatayı sağlamak değildir. *Poka-Yoke* sistemi işçilerin aktif çalışma sürelerini en etkin şekilde kullanmasına yardımcı olmaktadır. Hataların önceden önlenmesi, üretime gelen parçaların kalite kontrolden geçirilmeden doğrudan üretime alınabilmesi gibi faaliyetler işçilerin çalışma zamanları verimli değerlendirmelerini ve üretim hızının artmasını sağlayacaktır (Arnheiter ve Maleyeff, 2005: 10-12).

1.4.13. Kaizen

1986'da Kaizen terimini getiren Imai, bu terimi *üst yönetim, yöneticiler ve işçiler dahil olmak üzere, herkesi içine alan süreklilik gösteren bir iyileştirme* olarak tanımlamaktadır. Imai, kaizeni ayrıca şöyle tanımlamaktadır (Imai, 1986: 4):

Prensip olarak kaizen, ne özel bir araç ne de özel bir teknik olup, son zamanlarda tüm dünyada kabul görmüş olan, kanban, tam zamanında üretim, sıfır hata ve toplam kalite yönetimi gibi bu kendine özgü Japon uygulamalarının birçoğunu kapsayan şemsiye bir kavramdır.

Kaizen, işyerinde meydana gelen işlemleri ve çevreyi iyileştirmeye çalışan, "sürekli iyileştirme" anlamına gelen Japonca bir sözcüktür. *Kaizen*, çalışanların şirketin gelişmesine katkı yapmalarını amaçlamak suretiyle, işgücünün harekete geçirilmesini sağlamaktadır.

Kaizen, kaynakları daha verimli bir işte kullanılabilir hale getirecek bir plan dahilinde düzenlemek suretiyle, israfı ortaya çıkarma süreci olarak adlandırılır. İşletmeye özgü olmayan herhangi bir şey ve ürüne doğrudan değer katmayan herhangi bir faaliyet israftır. Boş zaman, gereksiz taşıma, gereksiz hareket, aşırı stok, kusurlu parçalar üretmek ve gereksiz işlemelerin hepsi, israfın biçimleri olarak düşünülmektedir. *Kaizen*'in nihai hedefi, üretimin tamamını minimum işçiyle üretmektir (Robertson ve Rinehart, 1992: 78).

Çeşitli yazarlar, kaizenle ilgili birçok anahtar özelliği vurgulasalar da, birçoğu kaizeni üç temel fikre dayandırmaktadır: (Brunet ve New, 2003: 1427):

1. *Kaizen'*in sürekli olması (bir uygulamanın hem yapısını hem de onun kalite ve verime yönelik bitmeyen yolculuğundaki yerini belirlemek için kullanılır)
2. Yapısının artan eğilimli olması (Yönetimin başlattığı yeniden yapılandırmaların veya teknolojik yeniliklerin kullanılması örneğin, yeni teknoloji veya makine sisteminin devreye sokulması)
3. Katılımcı olması (Çalışanlar için kendine özgü psikolojik ve iş yaşamı kalitesi faydaları yaratmak suretiyle, işgücünün katılımını sağlaması)

Kaizen iyileştirmeler yapmak için ekiplerden yararlanan ve odaklanmayı gerektiren bir yaklaşımdır. İnsanları yetenek ve kapasitelerini kullanma noktasında yetkilendiren ve bir sürekli iyileştirme süreci olan *Kaizen*; işle ilgili problemlerin, iş akışı sorunlarının ya da işle ilgili başka bir konunun çözülmesinde kullanılabilmektedir. Nicel analizleri temel alarak çalışanların işlerini nasıl yaptıklarına bakmak, kaizen sürecinde iyi bir başlangıç noktası olacaktır. Ayrıca işçilerden ve yöneticilerden yardım ve bilgi alarak görevlere ilişkin zaman ve iş

etütleri yapılarak israfın belirlenmesi de sağlanacaktır. Bir *Kaizen* olayının yürütülmesi için atılması gerekli genel adımlar şu şekildedir (Breyfogle, 2007, 3–4):

- Ekibin hazır hale getirilip eğitilmesi.
- Mevcut yöntemlerin analiz edilmesi.
- Beyin fırtınası yapılması; fikirlerin test edip değerlendirilmesi.
- İyileştirmelerin uygulanıp ölçülmesi.
- Sonuçların elde edilmesi ve bunların izlenmesi.

Kaizen'in nicel faydalarını ise aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Manos, 2007: 47):

- Paradan tasarruf.
- Zamandan tasarruf (paradan tasarruf edilmesine katkı yaparak).
- Çok daha az kişiye gerek duyulması.
- Teslim süresinin veya çevrim süresinin azaltılması.
- Katma değer yaratmayan faaliyetlere karşı değer yaratan faaliyetler olması.
- Süreçte daha az adım.
- İlk geçiş veriminin iyileştirilmesi.
- Stokların azaltılması.

1.4.14. Jidoka (Otonomasyon)

Toyota üretim sisteminin ikinci direği olan *Jidoka*'nın geçmişi Sakichi Toyoda'ya ve onun otomatik dokuma tezgahını yaratan yenilikçilik günlerine kadar uzanmaktadır. Sakichi'nin buluşları arasında iplik koptuğunda tezgahı durduran bir cihaz yer almaktaydı. İplik koptuğunda tezgah yeniden ayarlanıyor ve daha önemlisi, aynı hatanın tekrarlanmasının önüne geçilerek problemi kökünden çözebiliyordu. Toyota üretim sisteminin birçok öğesinde olduğu gibi, basit bir icat ve basit bir fikir derin ve geniş kapsamlı kavramlara yol açabilmektedir. Kaliteyi ürünün içine işleyerek, bir hata olduğunda bunu saptayacak ve otomatik olarak üretimi durduracak bir yöntem geliştirilmelidir (Ohno, 1988: 77).

Toyota üretim sistemi'nin önemli bir parçası olan *Jidoka*, Toyota Motor Şirketinin alt şirketlerinden biri olan Toyota Spinning & Weaving'te 20. yüzyıl başlarında icat edilmiştir. Üretim tezgahları, diş kırıldığında çalışmayı hemen

durdurmak için tasarlanmıştır. Bir problem ortaya çıktığı zaman bir işlemi durdurma ilkesi ve kusurlu maddenin üretimini önleme Toyota üretim sisteminin temelidir. Bu ilkeye *Jidoka* adı verilmektedir (Togo and Waterman, 1993: 45).

Toyota üretim sistemindeki uzmanlar, *Jidoka* uygulamalarının bazı faydalar getirdiğini savunmaktadır. Onların en önemlisi, işçilerin makine işlemlerini denetleme ihtiyacını ortadan kaldırmasıdır. Sonuç olarak, operatör birçok makineyi işletebilir. Bir operatörün Toyota üretim sisteminde birden fazla makineyi işletmesi alışılmadık bir şey değildir. İnsan makine ayrımı, işgücü maliyet tasarrufunu sağlayıp, hücresel imalat sistemlerini kullanmayı mümkün hale getirmiştir.

Anormallikler olduğu zaman, bir hattı durdurmayla ilgili olarak sağlanacak en önemli avantaj, operatörlerin kusurlu ürünleri üretmenin sonucu olarak üretim hattının durmasının yaratacağı olumsuzlukların farkında olmalarıdır. Bu farkındalık sürekli iyileştirmeyi sağlama konusunda operatörleri motive eder ve üretim kapasitesinde ve üretilen ürünlerin kalitesinde ciddi artışlara neden olur (Fujimoto, 1999: 58).

Jidoka'nın diğer bir faydası, bir dizi kusurlu malzeme üretmekten kaynaklanacak olan israfın ortaya çıkmasına engel olmasıdır. Bu nedenle, *Jidoka*'nın kaliteyi iyileştirecek ve aynı zamanda verimliliği artıracak bir araç olduğu düşünülmektedir (Monden, 1998: 16).

Toyota üretim sisteminde *Jidoka*, kalite kontrol faaliyetlerine yardımcı bir tekniktir. Çünkü *Jidoka* üretim hattından hatalı parçaların geçmesini kesinlikle engeller. Bir hata ile karşılaşıldığında üretim hattının durmasını sağlayarak probleme anında müdahale edilmesini, düzeltici önlemlerin alınmasını ve benzer hataların tekrarının önlenmesini sağlamaktadır.

Belirlenen üretim miktarına ulaşıldığında ya da bir üretim hatası ortaya çıktığında, otomatik olarak tezgahların durabilmesini sağlayan mekanizmaların olması, tezgahların çalışmasını izleyen işçilerinin sayısının önemli ölçüde azalmasını sağlayacaktır. Bir işçinin birden fazla yerde çalışması, işgücünün etkin kullanımına ve maliyetlerin azalmasına neden olacaktır. Tüm üretim hatlarında sadece hatasız parçalar üretilmesi, istenilen üretim miktarına ulaşıldığında hattın otomatik olarak durması, otonomasyon yoluyla fazla stoğun ortadan kaldırılmasını, tam zamanında

üretimin gerçekleştirilmesini ve talep dalgalanmalarına hızla uyum sağlanmasını gerçekleştirecektir (Sugimori vd., 1977: 556-557).

1.4.15. Altı Sigma

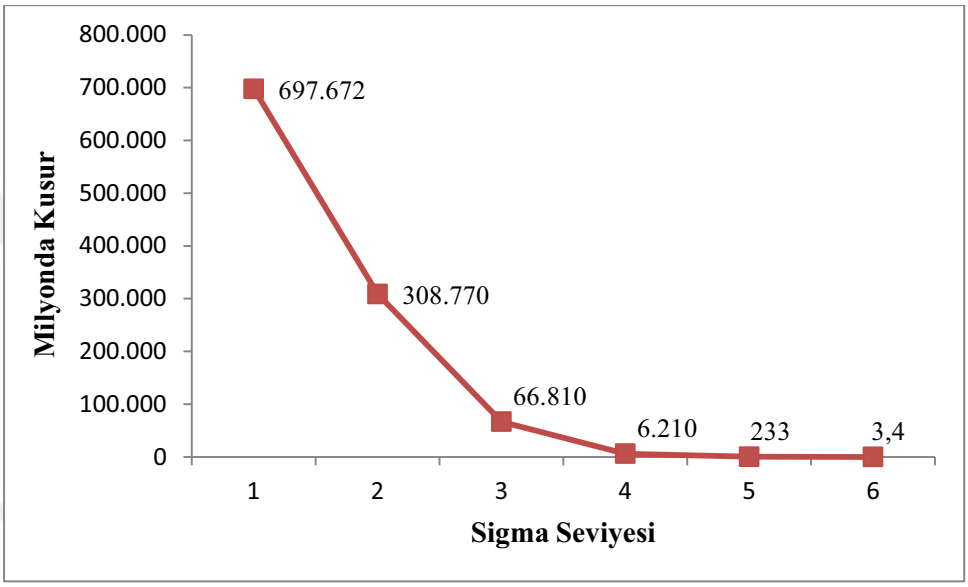
Altı sigma felsefesi, üretim kusurlarını gidermek için 1987'de Motorola şirketi tarafından geliştirilmiştir (Kumar vd., 2007: 456). 1990'da Motorola IBM ile bir araya gelerek istatistiksel yöntemlerde uzman olacak olan siyah kuşakları yaratmışlardır (Barney, 2002: 13). Bundan sonra, yüksek seviyede sonuçlar üretmek, iş süreçlerini iyileştirmek, çalışanların becerilerini genişletmek ve kültürü değiştirmek için bir teknik olarak, altı sigmayı geliştirmişlerdir. Daha sonraları General Electric, 1995'de altı sigma metodolojisini uygulamaya başlamıştır (Schroeder vd., 2008: 537).

Altı sigma, işletmelerin müşteri tatminini artırmayı sağlayacak, israfı ortadan kaldırıp, kaynakları en uygun şekilde kullanarak günlük işletme faaliyetlerini tasarlama ve izleme suretiyle, önemli derecede iyileştirmeleri mümkün kılan bir yönetim süreci olarak tanımlanabilir. Ürün ve süreç kalitesini iyileştirmek için disipline edilmiş ve istatistik temelli bir yaklaşım olarak tanımlanan altı sigma (Hahn vd., 2000: 317); işletmelerde kültürel bir değişiklik gerektiren bir yönetim stratejisi olarak karşımıza çıkmaktadır (Linderman vd., 2003: 194). Altı Sigmayı işletme problemlerinin kök nedenlerini analiz etmek ve onları çözmek için harekete geçirilmiş olan, mükemmeliyetçiliği hedefleyen bir sistem olarak da tanımlamak mümkündür (Blaeslee, 1999: 78).

Tüm bu tanımları dahil etmek suretiyle, altı sigmayı, işletmelerin mükemmele yakın ürün veya hizmet üretmelerine yardımcı olacak bir felsefe olarak tanımlamak yanlış olmayacaktır. Altı sigma, sürekli bir kalite iyileştirme tekniği olarak yaratılmışsa da, günümüzde 1980'lerin Toplam Kalite Yönetimi yaklaşımından anlamlı derecede farklıdır. Altı sigma sağlam ve doğru bir işletme odağıyla işletme performansını artırmayı amaçlayan bir süreç iyileştirme metodolojisi olarak tanımlanabilir (Savolainen ve Haikonen, 2007: 8). Pyzdek altı sigmayı işletmelerin müşterilere en üst seviyede değer vermelerini sağlayacak, yönetim sistemlerini ve işletme süreçlerini bilimsel yöntemlerin uygulanmasına yönelik tasarladıkları bir

sistem olarak tanımlamaktadır. Böylece, süreç iyileştirmelerinde sürekliliği sağlamak için sistematik bir yöntem kullanmak mümkün olacaktır (Pyzdek, 2003: 235). Bu iyileştirmeler doğrultusunda altı sigmanın hedefi *milyonda 3.4* kusuru geçmeyecek şekilde üretim yapmaktır. Şekil 6'da sigma seviyeleri ve milyonda üretimdeki kusur sayılarına ilişkin bir grafik gösterilmektedir.

Şekil 6: Milyonda Kusur Sayıları ve Sigma Seviyeleri



Kaynak: Linderman vd., 2003: 194

Altı sigma projesinde kullanılan araçlar, tanımlama, ölçme, analiz etme, iyileştirme ve kontrol safhalarından oluşan, TÖAİK metodolojisi olarak bilinen basit bir performans iyileştirme modelinde uygulanmaktadır. Tanımlama safhasında, iyileştirme faaliyetinin hedefleri tanımlanır. En önemli hedefler müşterilerden elde edilir. Müşterinin ürün ya da hizmetlerle ilgili istek ve ihtiyaçlarının dikkate alınması bir diğer ifadeyle müşterinin sesinin dikkate alındığı aşamadır. Ölçme safhasında, mevcut sistem ölçülür. Hedefe yönelik süreci izlemeye yardım edecek geçerli ve değerli ölçüler belirlenir. Analiz safhasında, halihazırdaki süreç performansıyla istenilen hedef arasındaki boşluğu ortadan kaldıracak yolları belirlemek için sistem analiz edilir. İstatistiksel araçlar analiz aşamasında sıkça kullanılmaktadır. İyileştirme safhasında, sistem veya süreç iyileştirilir. İşleri, daha iyi, daha ucuz ve daha hızlı yapmak için yollar bulunur. Bu adımda, proje yönetimi ile diğer planlama

ve yönetim araçları kullanılır. İyileştirme, istatistiksel yöntemlerle de doğrulanır. Son olarak, kontrol safhasında, yeni sistem veya yeni süreç kontrol edilir. Yeni sistem veya sürecin istikrarını veya istikrarsızlığını izlemek için istatistiksel araçlar kullanılır (Pyzdek, 2003: 237-238).

1.4.16. Süreç Yönetimi

Günümüzde işletmelerin yönetim kademelerindeki yöneticileri, firmalarının sahip olduğu süreçler ile ilgili birçok problemle karşılaşmaktadırlar. Bu problemlerin klasik yönetim anlayışı ile çözmenin zorluğu, süreçlere odaklı bir yönetim anlayışının ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır.

Bir sürecin performansını en yüksek seviyeye ulaştırmak için planlama ve yönetim faaliyetlerini gerçekleştirmek, kaliteyi arttırarak nihai olarak müşteri memnuniyeti sağlamak süreç yönetiminin temel amacıdır (Evans ve Lindsay, 2002: 360).

Süreç yönetiminde, koyulan hedefleri gerçekleştirmek ve bahsedilen amaçlara ulaşmak için yapılması gerekenler ise şu şekildedir (Zairi, 1997: 65):

- Büyük ve önemli faaliyetlerin dokümantasyonu sağlanmalıdır.
- Müşteriler ile kilit ve önemli aktiviteler arasında yatay bağlantılar aracılığıyla bir odak yaratılmalıdır.
- Süreç yönetimi sistemleri, tutarlılık ve kalite performansının tekrarlanabilirliğini sağlamak için yazılı prosedürlere dayanmalıdır.
- Süreç yönetimi, her sürecin belirlenen hedefler doğrultusunda performansını değerlendirebilecek ve kurumsal hedefleri karşılayabilecek ölçümlere dayanmalıdır.
- Süreç yönetimi, problem çözmek ve fayda sağlamak için sürekli olan bir yaklaşıma dayandırılmalıdır.
- Üst düzeyde rekabet edebilmek ve başarıya ulaşmak için gerekli olan en iyi yöntemler belirlenmeli ve uygulanmalıdır.

İşletmeleri süreç yönetimine yönlendiren, işletme içi ve işletme dışı nedenleri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Özveri, 2007: 77):

İşletme İçi Nedenler:

- Müşteri istek ve beklentilerini karşılayamamak.
- Planlama eksiklikleri.
- Geleceğe ilişkin hedef ve politika değişiklikleri.
- Performans göstergelerinde bozulmalar.
- Ürün yaşam sürelerinin kısalması.
- Klasik yönetim yapısının hantallığı.
- Çalışanların artan beklentileri.
- Ürün/hizmet kalitesindeki düşüşler.
- Müşteri şikayetlerinin artması.
- Ürün/hizmet verimliliğinin ve etkinliğinin azalması.

İşletme Dışı Nedenler:

- Bilgi teknolojilerindeki gelişmeler.
- Küreselleşme.
- Artan rekabet koşulları.
- Müşteri beklentilerindeki değişimler.
- Üretim/hizmet teknolojilerinde yaşanan değişimler.
- Yönetim sistemlerinde meydana gelen değişme ve gelişmeler.

Yalın düşünceyi benimseyen işletmelerin üretim süreçlerini yalın ilkelere göre en iyi şekilde tasarlamaları gerekmektedir. Bunu sağlayabilmek, bu süreçleri uygulayacak olan işgücünün gerekli bilgi ve yeteneğe sahip olmasına bağlıdır. Ayrıca, süreç performansının ölçülmesi için doğru performans metriklerinin belirlenip, onlara odaklanılması gereklidir.

İKİNCİ BÖLÜM
İSRAF TÜRLERİ VE PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ

2.1. İSRAF TÜRLERİ

Küresel rekabetçi ortam ile değişen ve sıkı müşteri taleplerinden dolayı geleneksel üretim sistemlerinin yerini, yalın üretim, dünya çapında üretim ve çevik üretim gibi yeni üretim ilkeleri almıştır. Bu yeni üretim sistemleri ve işlemleriyle ilgili prensipler, işletmeler tarafından, onların rekabetçi güçlerini artıracak yenilikçi üretim sistemlerinin kullanılması suretiyle, israfı azaltma ve israfı ortadan kaldırmanın yanında, işlemlerin maliyetlerinin azalmasını sağlamak için kullanılmaktadır.

Bir üretim sürecinde israf, üretimde verimsizliğe ve boşa giden faaliyetlere neden olacak farklı şekillerde ortaya çıkabilir. İsrafı bir üretim sürecindeki problemleri gizleyen ve bunun sonunda kötü kaliteden dolayı müşteri memnuniyetsizliğine neden olacak her türlü faaliyet olarak tanımlamak mümkündür. Memnuniyetsiz müşteriler, işletmeler için gelir ve karlılık kalemlerinde azalmalara neden olacak satış kayıplarına yol açacaktır. Üretim yapan işletmelerin karlılıklarını korumaları ve rekabetçi ortamda var olabilmeleri için, değer akışı yaratan tüm süreçlerinde meydana gelebilecek israfı, ortadan kaldırması zorunludur. İsrafı azaltmanın ve ortadan kaldırma düşüncesinin hayata geçirilmesi esas olarak, etkinlik azalması, verimlilik kaybı ve kötü kalite gibi üretim hattında israfa neden olacak her türlü faaliyeti belirlemeyi ve bunları üretim sisteminden uzaklaştırılması için çözümler geliştirmeyi gerektirir. Yalın üretim felsefesine sahip işletmeler, kendi mevcut üretim sistemlerinde ortaya çıkabilecek olan israf türlerini iyi belirlemeli ve onları ortadan kaldıracak akılcı stratejiler uygulayacak bir yapıyı kurmalıdırlar.

Yalın felsefenin kurucularından olan Ohno israfı, müşterinin satın aldığı ürün üzerinde hiçbir değer yaratmayan, maliyet artışına neden olan her şey olarak tanımlamıştır. Dolayısıyla israf, müşterinin ödeme yapmak zorunda olmadığı ve ortadan kaldırılması gereken faaliyetlerdir. Ohno, yedi temel israf türünü şöyle tanımlamıştır (Ohno, 1988: 19-20):

- Ürün/Süreç Kusurları (Defects)

- İhtiyaç duyulmayan malların fazla miktarda üretimi (Overproduction)
- İşlenmeyi ve tüketilmeyi bekleyen parça stokları (Inventory)
- Gereksiz İşlem (Over Processing)
- Gereksiz Taşıma (Transportation)
- Gereksiz Hareket (Excessive Motion)
- Bekleme (Çalışanların, süreçteki ekipmanın işini bitirmesini ve önceki aşamadaki faaliyeti beklemesi) (Waiting)

Bu çalışmanın uygulama kısmında yukarıda sayılan yedi temel israf türü dikkate alınacaktır. Bu israf türleri, israf türüne neden olabilecek durumlar ve bu israf türünün ortadan kaldırılması için kullanılabilecek yalın teknikler sırasıyla her israf türü için ayrı ayrı açıklanacaktır.

2.1.1. Ürün/Süreç Kusurları (Defects)

Kusurlu ürün ve üretim sürecine başlamadan önce önlenmesi gereken süreç tasarımlarından dolayı ortaya çıkan israf türüdür. Bu israf türü, kalitesiz parçaların, bileşenlerin üretiminin engellenmesi, sistemlerin ve alt sistemlerdeki hataların önlenmesi yoluyla giderilebilir. Ürün ve süreç kusurları, standartlaştırılmış iş talimatlarının olmaması, yanlış spesifikasyonların kullanılması veya yanlış ölçülerle çalışılmasından dolayı ortaya çıkar. İşletmelerin, hat operatörleri ve diğer çalışanlar tarafından yapılan iş fonksiyonlarının ve işlemlerinin yerine getirilmesi için, gerekli olan uygun ve doğru ölçüleri tanımlaması önemlidir.

Ürün/Süreç Kusurlarına Neden Olabilecek Durumlar

Ürün/Süreç kusurlarında ilk potansiyel neden, süreç kontrollerinin olmamasıdır. Bir kusurun süreç içinde hareket etmesine ne kadar uzun bir süre izin verilirse, bu durum maliyeti o kadar artıracağı için, kusur problemlerini süreç içinde erken belirleme yeteneğimiz çok önemlidir.

Kusurların bir diğer yaygın nedeni, tedarikçiden gelen kalitesiz malzemeler olabilir. Bazı işletmeler, müşterilerinin ödemek istediği değeri yaratmadan önce, bu kalitesiz malzemelerin yeniden işlenmesi ya da yeniden tedarik edilmesi gibi maliyet

doğurucu kalemlerle karşı karşıya kalmaktadırlar. Aksi takdirde üretim sürecinde kusurlardan kaynaklı israfa neden olacak faaliyetleri görmek mümkün olacaktır. Kusurların diğer nedenleri arasında ise, eğitim eksikliği ve kötü veya hiç olmayan çalışma talimatları da sayılabilir.

Ürün/Süreç Kusurları İle Mücadele Etmede Kullanılan Yalın Teknik ve Araçlar

İlk teknik, temel olarak tüm çalışanların yetkilendirildiği ve kusur ne zaman bulunursa bulunsun, sorunu anlama ve problemin asıl nedenine yönelik girişimler göstererek üretim hattını durdurma anlamına gelen *hat durdurma ilkesidir.*

Bir diğer etkili araç, hata önleme olarak da adlandırılan *Poka-Yoke'* dir. *Poka-Yoke* ardındaki temel felsefe ilke, hata yapmanın veya kusurlu bir üretimin imkânsız veya son derece zor olmasını sağlamaktır. Bunun için kullanılabilir olan bir diğer araç, bir problemin kök nedenini belirlemek için, birçok kez niçin sorusunu sormamızın söz konusu olduğu *5 niçin analizidir.* Bunu destekleyici bir benzer araç ise Ishikawa tarafından ortaya koyulan *balık kılçığı diyagramıdır.* Bir sorunla ilgili potansiyel tüm nedenler ve alt nedenler balık kılçığına benzer bir şeklin kılçıklarına yazılır. Soruna götüren nedenler insan, makine, malzemeler, ölçümler, çevre, metot ya da yöntem ana kategorileri altında incelenir. Alt nedenler ise bu ana kategoriler altında listelenir. Bir sorunla ilgili tüm nedenleri üzerinde göstermesi ve bunu görsel bir halde sunan bir teknik olması sayesinde ürün ve süreç kusurlarını ortaya koymada kullanılabilecek bir teknik olarak sayılabilir.

Toyota üretim sisteminin temel yapılarından biri olan otonomasyon veya insan temaslı otomasyon anlamına gelen *Jidoka* adı verilen teknik bu israf türünün giderilmesinde kullanılabilir. *Jidoka*'nın ardındaki temel ilke, bir hata ortaya çıktığında, makinelerin kusur üretebilmesidir. Bunun giderilmesi için, ışıklı ve/veya sesli sinyal vermek suretiyle operatörü uyararak çalışan makineler durdurulabilir. Üretim hattında *Jidoka*'yı başlatmak için, sık sık makine kontrolörlerine kablolarla bağlanan pahalı olmayan sensörlerin kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır.

Milyonda 3.4 hatayı hedefleyen *Altı Sigma* metodolojisinin kullanımı, birçok işletmenin kusurlarla savaşmak ve onları ortadan kaldırmak için kullandığı bir diğer yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır.

Son olarak, çalışanları için çalışma talimatları ve standart çalışma dokümanları olan işletmelerin, kusursuz ürünleri üretme ihtimallerinin büyük ölçüde artacağını söylemek mümkündür.

2.1.2. Fazla Üretim (Overproduction)

Fazla üretim, gerektiğinden çok daha fazla miktarlarda üretmek anlamına gelmektedir. Yani sonraki süreç tarafından gerekli olandan daha erken yapmak suretiyle, sonraki süreç tarafından istenilenden daha fazlasını yapmaktır. Fazla üretim, aşırı stoğa, kusurların gizlenmesine, kötü bilgi akışına, kötü malzeme akışına, uzun teslim sürelerine, yüksek işleme maliyetlerine, işçilik maliyetlerinin artmasına ve saptanması zor olan ürün kusurlarına neden olur (Liker, 2004: 104-105).

Fazla üretime israfı, sıklıkla bir veya bir başka biçimde diğer israflara yol açabilir. Fazla üretim, fazla stok, bekleme veya talepteki değişkenlik gibi birçok problemi kapsar, gerçek kapasiteyi anlamamızı zorlaştırır. Gerçek kapasitenin belirlenememesi, müşteri tarafından gelen talep karşısında işletmelerin neleri taahhüt edebileceğini güçleştiren bir durumdur.

Fazla üretim ihtiyaç duyulmayan ürünlerin üretilmesi olduğundan, talepten fazla olan her üretimin gereksiz bir maliyet doğurduğunu söylemek mümkündür. Bazı sektörlerde gereğinden fazla üretilen ürünleri iskontolu bir şekilde satmak mümkün olabilecekken, bazı sektörlerde ise üretilen fazla ürünlerin direk olarak hurdaya ayrılma durumu ile karşı karşıya kalınabilecektir.

Fazla Üretime Neden Olabilecek Durumlar

Fazla üretim israfına neden olabilecek birçok faaliyet bulunmaktadır. Bunlar;

- Otomasyonun yanlış kullanımı.
- Uzun ayar zamanları.
- Yetersiz tahminde bulunma.

- İhtiyaç duyulandan daha fazla parça yapma.
- Ekstra materyaller kullanma.
- Üretimde, tüm işletmenin ihtiyaç duyduğu kadar üretmek gibi bir felsefeye sahip olmak yerine, daha yerel düşünerek ve belli çalışmalardaki tecrübelere dayanan bir üretim düşüncesine sahip olmak fazla üretimi doğuracaktır.

Fazla Üretimle İle Mücadele Etmede Kullanılan Yalın Teknik ve Araçlar

Fazla üretimle mücadele etmek için sahip olunan birinci ve muhtemelen en etkili araç, üretimin başlaması ve durması gerektiği zaman sinyal vermenin kullanıldığı *kanbandır*. *Kanban* kartları müşteri taleplerine göre, doğru zamanda doğru miktarlarda ve doğru yerlere malzeme akışını sağlaması açısından, fazla üretimin önüne geçebilecek en etkili araçlardan biridir.

Tek haneli dakikalarda kalıp değiştirme veya *SMED* olarak adlandırılan bu teknik küçük partiler halinde üretimi sağladığından, fazla üretim şansını azaltan etkili bir teknik olarak sayılabilir.

Tek parçalı akış hatları, sadece takt zamanında veya müşterilerin ürünü satın aldığı hızda üretimi sağladığından, fazla üretim israfının önüne geçecek bir başka yol olmaktadır. Takt zamanına eşit üretimi yapmak, müşteri talebini birebir karşılamak anlamına gelmektedir. Müşteri talebinin istikrarlı olması bu akış hatlarının başarısını artırarak fazla üretimin önüne geçecek bir durumdur.

2.1.3. Fazla Stok (Excessive Inventory)

Aşırı üretimle bağlantılı olarak, müşteri taleplerini karşılamak için gerekli olanın ötesindeki stok, nakit akışını olumsuz bir şekilde etkiler ve işletmenin fiziksel alanında yer işgal eder. Üretim işletmelerinde yalın ilkeleri hayata geçirmenin en önemli faydalarından biri, depolama alanıyla ilgili genişletme planlarının ortadan kaldırılması veya ertelenmesidir (Kilpatrick, 2003: 2).

Fazla stok, fazla malzeme işlenmesine, fazla yer kullanımına, yüksek taşımacılık maliyetine, fazladan raflar ve konteynerlara, stok yönetimi için fazladan personele ve stokları işlemek için fazladan zamana gerek duyulmasına neden olur. Fazla stok israfı üretim dengesizlikleri, eskimeleri, hasarlı ürünler, taşımacılık ve

depolama maliyeti, tedarikçilerden gecikme ve geç teslimler, ekipman duruş sürelerini ve uzun ayar zamanları gibi kusurları gizler (Liker, 2004: 35).

Stok miktarı, nakit akışıyla doğrudan bağlantılıdır. Diğer bir deyişle, eğer eldeki stoklar sağlıklı bir şekilde kara dönüştürülüyorsa, nakit akışı perspektifinden, bu durum iyi olarak yorumlanabilir. Nakde dönüştürülemeyen sadece raflarda duran aşırı stok seviyelerine sahip olunması ise israf olarak karşımıza çıkacaktır.

Stok kavramından bahsederken stok tipleri üzerinde durulması gereklidir. *Çevrim stoğu* talebi karşılamak için gerekli olan stok miktarıdır. Çevrim stoğu, ortalama günlük stok miktarı ile stok ikmal etmek için gerekli ortalama sürenin çarpılmasıyla bulunur. Örneğin bir parçayı ikmal etmek için gereken süre üç gün ve günde 1000 birim parça gerekli ise, çevrim stoğu 3000 birim olacaktır. Örnekteki çevrim stoğu miktarı, ortalama olarak talebi üç gün karşılayacak şekildedir. Görüldüğü üzere çevrim stoğu miktarını etkileyen iki faktör, ortalama günlük talep ve ortalama parça ikmal süresidir.

Geç teslimler, talep değişiklikleri veya diğer tahmin edilemez değişiklikler gibi durumlarla karşılaşılması durumunda *tampon stok* ve *emniyet stoğu* kavramları devreye girmektedir.

Tampon stoğu, beklenmeyen talep artışlarına karşı önlem almada kullanılan stok türüdür. Üretim akışının dengelenmesi için iş istasyonları arasında belli miktarlarda tampon stok tutmak gerekmektedir. Tampon stoğunun hesaplaması aşamasında, stok ikmal dönemleri sırasında beklenen talep miktarını aşan talep artışının meydana gelmesi olasılığının belirlenmesi gereklidir. Tahmin hataları, talepte meydana gelen dalgalanmalar gibi bazı faktörler gerek duyulan tampon stok miktarını etkilemektedir.

Duruş süresi, hurda ve diğer faktörler nedeniyle kaybolan parçalara karşı güvenliği korumak için gerekli olan stoğa emniyet stoğu denir. Bu stok maksimum muhtemel kayıp miktarı hakkında fikir vermek için yeterli bir zaman dönemi boyunca seçilen ve ölçülen faktörlere dayalı olarak hesaplanır. Hurda, yeniden işleme, duruş süresi ve geç teslim gibi ne kadar az problemli durumlar olursa, emniyet stoğu miktarı da o kadar düşük olabileceği için, bu stok kalemi, sürekli olarak iyileştirilmesi ve güncellenmesi gereken bir alan olmaktadır.

Birçok işletmenin stoklama maliyeti, sadece malzeme satın almak için ödenen paradan çok daha fazlasıdır. Ayrıca işletmeler, stok elde bulundurma ve yönetme maliyetleri, stoktaki malların demode olmasından doğacak maliyetler, fiyat aşınmasının maliyeti ve satılabilecek ürünler yapma yerine, stokta tutulan ürünler yapmanın fırsat maliyeti gibi ekstra maliyetlerle karşı karşıya kalmaktadırlar. Dolayısıyla fazla stoklamanın yalın felsefe açısından bakıldığında önemli israf türlerinden biri olduğunu söylemek mümkündür.

Fazla Stok İsrafına Neden Olabilecek Durumlar

- İşletmeler fazladan üretilen ya da kusur barındıran parçalar ürettiklerinde bu parçaları hurdaya ayırmak durumunda kalabilirler. Kalite problemleri veya dikkatsiz üretim planlarından kaynaklı olumsuzlukları gizlemek için stok kullandıklarından, bu durum israf yaratacak bir olay olarak ortaya çıkar.
- Fazla stoktan kaynaklı israfın bir diğer yaygın nedeni, müşterinin satın almak istediğinden daha fazla üretimin gerçekleşmesidir. Bu durum yalın üretimin temel ilkelerinden olan *çekme* prensibinin kullanılmaması durumunda ortaya çıkar ve stok israfını doğurur.
- Dengelenmemiş veya tutarsız üretim programları, tutarlı ve sağlıklı stok seviyelerini korumayı zorlaştırır.
- Belirsizlik durumlarında, işletmeler müşteri taleplerine yönelik tahminler oluşturmaya çalıştıklarından, bu tahminlerden sapmaların fazla olduğu durumlarda stok israfını doğuracak üretim faaliyetleri gerçekleştirebilirler.

Fazla Stok İle Mücadele Etmede Kullanılan Yalın Teknik ve Araçlar

- Üretimde *kanbanın* kullanılması, herhangi bir işlemdeki süreç içindeki iş miktarını azaltmak için güçlü bir yoldur. Müşteri taleplerine göre üretim yapılmasını sağlayan kanban kartları, gereğinden fazla üretimin önüne geçerek onlardan kaynaklanabilecek stok fazlası durumun oluşmasını da engeller.
- Bir diğer teknik olan *SMED*, makine durduğu zaman bir diğer parçayı hızlı bir şekilde üretmeye hazır hale getirebilmek amacıyla, yapılan ayarlamaların çoğunu,

makine çalışırken yapılması ilkesine dayanmaktadır. Daha az kusurlu üretimin sağlanması ve böylece daha az hammaddeye ihtiyaç duyulmasından dolayı stoklama maliyetleri azalacaktır.

- Birçok yalın üretim sisteminde stok miktarını azaltmak ve verimi artırmak için faydalanılan tekniklerden biri *tek parça akıştır.* Tek parça akışının veya tek hareketin temel ilkesi, her bir işçinin tek parça üretmesi ve onu sadece sürecin ona ihtiyacı olduğu zaman sonraki sürece geçirmesidir. Akış, takt zamanı ile dengelenmekte olup, her bir operatör sonrasında ve öncesinde ne olduğunun farkında olduğunu bilerek üretim sürecinde yer almaktadır.

2.1.4. Gereksiz İşlem (Over Processing)

Müşteri ihtiyacını karşılamak için minimum şekilde gerekli olanın aksine, gereksiz süreç adımlarının, ürünle ilgili yanlış spesifikasyonların, üretim sürecinin temel ve alt sistemlerinde yer alan yanlış süreçlerin mevcut olması gereksiz işlemi doğurmaktadır (Bodek,2004: 41).

Gerektiğinden daha yavaş ve ya daha hızlı çalışan makineler, gerektiğinden daha fazla enerji kullanan ekipmanlar, benzer bilgilerin birçok yerde yer almasından doğabilen bilgi fazlalığı, üretimde yer alan ekipmanları birçok kez temizlemek gibi faaliyetleri örnek göstermek mümkündür. Gereksiz işlemden doğacak israfının maliyeti, gereksiz işlemi yapmak için kullanılan emek, enerji, mekân, malzeme ve ekipmanlar gibi kalemlerin maliyetlerini gözlemek suretiyle ölçülebilir. Gereksiz işlem maliyeti, sahip olunan işgücü ve fiziksel ekipmanların, olabildiği kadar verimli şekilde değer eklemedikleri durumlar oldukça artacaktır. Bu yüzden işletmelerin tüm bu kaynaklarını verimli bir şekilde kullanması bu israf türünden kaynaklı maliyetin artmaması konusunda esastır.

Gereksiz İşlem İsrafına Neden Olabilecek Durumlar

- Birinci neden açık olmayan müşteri gerekliliklerdir. İşletmeler çoğu zaman, müşterilerinin işletmeden ne istediklerini anlayamaz ve bunun sonucunda müşterinin ürüne yönelik gerçekten önem vermediği faaliyetlerde bulunabilirler. Bu israf türüne

engel olmak için yalın felsefenin de temel ilkelerinden biri olan müşteri için değer kavramının doğru belirlenmesi gereklidir.

- İletişimin olmaması -hem içsel hem de dışsal olarak- genellikle gereksiz işlemden kaynaklı israfı doğurur. Müşteri ile olan iletişimin doğru sağlanmaması müşterinin beklentilerini doğru anlamamaya neden olacakken; firma içindeki iletişimi doğru olmaması ise üretim sürecinde müşteri gereksinimleri doğrultusunda yapılması gerekli adımların atlanarak gereğinden fazla işlem ve çabanın gösterilmesine neden olacaktır.
- Ürünlerle ilgili karmaşık tasarımların olması, üretim süreçlerinde birçok işlemin meydana geleceği ve müşteri için değer yaratmayacak birçok işlemin olacağı anlamı taşır. Bu işlemlere harcanan bol miktarda zaman, israf kalemi olarak nitelendirilebilir.

Gereksiz İşlem İle Mücadele Etmede Kullanılan Yalın Teknik ve Araçlar

- Gereksiz işlem israfı karşısında yapabilecek ilk şey bu israf türü fark edildiğinde ona neden olan gereksiz faaliyetleri durdurmaktır. Bu faaliyetlerin durdurulması işletmelere zaman ve para tasarrufu sağlayabilir.
- Gereksiz adımları belirlemek ve ortadan kaldırmak amacıyla, bir iş akışı analizinin veya ayrıntılı süreç haritalarının tamamlanması gereklidir. *Değer akış haritalama* bu amaçla kullanılan güçlü bir tekniktir. Mevcut durum haritası çıkarılarak değer yaratmayan bütün gereksiz işlemler belirlenir, iyileştirmeler yapılarak gelecek durum haritaları oluşturulur. Bu analiz için yazılımsal bir alt yapının olması da olmazsa olmaz değildir. Dolayısıyla uygulanması da kolay bir yöntemdir.
- Müşterilerin işletmelerden ne istedikleri ve ne beklediklerini anlamak son derece önemlidir. Müşterinin sesini yakalamanın yolunu bulmak da en önemli noktalardan biridir. *Altı Sigma yöntemi* müşteri odaklılık ilkesini temel alarak üretim süreçlerindeki iyileştirmeleri müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak yönde şekillendirir. Bunun sonucu olarak müşteriye neredeyse sıfıra yakın hatalı ürün ulaştırmayı hedefler.

▪ *Toplam kalite yönetimi* de müşteri odaklı bir felsefe olduğundan müşteriye sadece gerçekten değer verdiği şeyi sunmayı hedefler. Müşteri istekleri en iyi şekilde belirleyip üretim sürecini de bu doğrultuda her türlü gereksiz işlemden arındırmak, gereksiz işlemden kaynaklı israfı azaltacaktır.

2.1.5. Gereksiz Taşıma (Transportation)

Hammaddelerin, parçaların montaj hattındaki bir noktadan bir başka noktaya veya bir bölgeden bir başka bölgeye gereksiz bir şekilde hareket ettirilmesi veya taşınması ile ortaya çıkan israf türüdür. Bu israf türü, üretim içi ve üretim dışı sistemin içinde operatörler veya malzeme taşıyıcıları tarafından ürünlerin gereksiz elde tutulması ve hareketini içermektedir. Bir tesis içindeki parçaların taşınması, hareket sıklığını azaltan, süreç ve iş istasyonların yerleşimini yeniden düzenleyen bir yapı oluşturmak suretiyle en aza indirilebilir (Rich vd., 2006: 17).

Bitmiş ürünlerin depoya taşınması, işi süreç içindeki başka adıma taşıma işlemi, iş alanları arasında taşıma, parçaları üretim hattına taşıma gibi faaliyetler gerçekleştirilirken, bu israf türü ortaya çıkabilir.

Gereksiz taşıma israfı, taşıma gecikmelerinden dolayı üretim süreçlerindeki ürün teslim zamanını artırır. Aynı zamanda gereksiz taşıma, malzemenin taşınması için sahip olunan işçilik ve ekipmanın doğru zamanda doğru kullanılamamasına neden olabilir. İşçilerin verimli kullanılmaması ve taşıma için gereğinden fazla ekipman hareketliliği maliyet artıcı unsurlar olmaktadır. Birçok işletmede gereksiz taşımadan kaynaklı israf kalemlerinin yüksek olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır.

Gereksiz Taşıma İsrafına Neden Olabilecek Durumlar

▪ İşletmelerin, taşımayı en aza indirmek için optimize edilmemiş olan modası geçmiş tesis yerleşimleri bu israf türünü doğuracaktır.

▪ Kitlesel üreticilerin büyük miktarlarda üretim yapmaları, forkliftlerin taşımaları gerektiren büyük yığın büyüklükleri olmasına neden olur. Bu durum gereksiz taşımalardan dolayı israf doğurabilecek bir olaydır.

▪ Çok fazla stok rafları olan çok büyük depolar, bu israf türüne başlıca neden olabilir. Bu malların taşınmasından dolayı israf ortaya çıkabileceği gibi, bunları gereğinden fazla elde bulundurmanın da ayrı bir israf olan fazla stok maliyetine yol açacağı şüphesizdir. Yalın üretim faaliyetleri yapan bir firmanın mümkün olduğunca az stok bulundurarak bu israf türünden kurtulma hedefi mutlaka olmalıdır.

▪ Son olarak, malzemelerin bir iş alanından sonrakine transfer etme ihtiyacının, bazı durumlarda gereksiz taşıma israfına neden olacağı söylenebilir.

Gereksiz Taşıma İle Mücadele Etmede Kullanılan Yalın Teknik ve Araçlar

▪ Üretim alanının üretimin gerçekleştirilmesi için gerekli makinelerin düzgün ve sürekli bir şekilde *hücresel bir yerleşim* şeklinde yeniden düzenlemek bu israf türünün önüne geçebilir. Böyle bir üretim hattında makine operatörlerinin bireysel katkıları artar. Aralarındaki taşıma ve bekleme zamanları minimuma iner.

▪ Üretim hattındaki malzeme akışını *tek parçalı akış* haline dönüştürmek üretim hattındaki malzemelerin tek parça olarak gitmesini sağlar. Farklı makinelerdeki işlemler paralel şekilde yürür ve parça bekleme süreleri azalır, gereksiz taşımadan kaynaklı israf kalemlerinin önüne geçilir.

▪ Gereksiz taşımadan kaynaklı israfı en aza indirmek için kullanılan bir diğer teknik ana hatları belirlenmiş olan materyal ikmal rutinlerine sahip olmaktır. Doğru parçaların doğru zamanda ve doğru yere aktarılmasını sağlamak, gereksiz taşımanın önüne geçer ve israfı ortadan kaldırır.

▪ İşin yapılması için gerek duyulan hammaddelerin her zaman kullanıma hazır olması gereksiz taşımaların önüne geçecektir.

2.1.6. Gereksiz Hareket (Excessive Motion)

Bu israf türü, operatörlerin işletmeye değer eklemeyen gereksiz hareketlerinden kaynaklanır. Aynı zamanda, kendi görevlerini yapma sırasında, operatörler tarafından boşa yapılan herhangi bir hareket olarak tanımlanabilir (Bodek,2004: 40).

İhtiyaç duyulmayan şeylerden kurtulmakla, gereksiz hareketten kaynaklı israf doğuracak olası faaliyetlerin önüne geçilebilir. İş yapılırken kullanılacak tüm gerekli araçların işi yapan kişinin yakına getirilmesi de önemli noktalardan biridir. Ayrıca işin yapılışının basitleştirilmesine odaklanmak gereklidir. Bu durum yapılacak hareket ve adımların sayısını azaltacağından, gereksiz hareketten kaynaklı israfın önüne geçecektir.

Organize edilmemiş bir iş yerinde çalışan bir kişi her beş dakika içinde otuz saniyesini bir şeyleri aramak için harcamaktadır. Yani 300 saniyelik bir zaman dilimi içinde 30 saniyelik bir zamanını ya da bir başka deyişle toplam zamanın %10'unu bir şeyleri aramak için gereksiz harekete harcamaktadır (http://leanmanufacturingtools.org Erişim Tarihi: 03/05/2015). Dolayısıyla gereksiz hareket üretim yapılan zamanın etkin kullanılmamasına neden olacak bir israf türüdür.

Gereksiz Hareket İle Mücadele Etmede Kullanılan Yalın Teknik ve Araçlar

- Bu israf türüne karşı kullanılabilecek en önemli yalın tekniklerden biri *5S* 'tir. Bu teknik iş yerinin temiz kalmasını sağlayarak çalışma alanındaki herhangi bir şeyi arama ve bulmayı kolaylaştıran bir düzen kurulmasını sağlar. Bu durum gereksiz hareketi engelleyerek işlem zamanlarını kısaltacaktır. Üretim alanındaki ürün ve ekipmanların bir düzen içinde yer alması, gerekli malzemelerin ihtiyaç duyulduklarında tespit edilmelerini kolaylaştırır. Düzenin hakim olduğu ve temiz bir çalışma alanı, hatalı üretimi ve her türlü verimsizliği en aza indirgeyecektir.
- Gereksiz hareketle mücadele etmek için kullanabileceğimiz bir diğer araç, belli bir sürece yönelik ayrıntılı adımları belgelememizi mümkün kılan *zaman gözleme çizelgesidir.* Bunu yapmak suretiyle, örneğin bir siparişin alımından teslimata kadar olan detaylı zaman planı oluşturularak, çalışanların bu plana uygun hareket etmeleri ile bu israf türü ortadan kaldırılabilir.
- İş istasyonlarının ve süreçlerin, o hatta çalışan işçilerin iki elini birden kullanabileceği, ekstra adımların azaltılıp, esnekliğe izin verecek şekilde tasarlanmasıyla bu israf türünün önüne geçmek mümkündür.

2.1.7. Bekleme (Waiting)

Bekleme israfı, üretim sürecinde çalışan işgücünün parçaları veya bileşenleri beklemeleri, makine duruşları gibi nedenlerden dolayı, aktif bir şekilde verimli çalışmayla uğraşmadıkları zaman ortaya çıkar. Süreçler arasındaki akış esnasında bir önceki aşamadaki parçaların zamanında gelmemesi, süreçlerde değer yaratmayan faaliyetlerin yer alması nedeniyle işgücünün etkin şekilde kullanılmaması bu israf türüne neden olacaktır (Yorke ve Bodek, 2005: 163) .

Malzemelerin gelmesini bekleyen çalışanların, işlerini yapamadıkları zamanları; kötü planlanma veya planlanmamış duruş zamanlarından dolayı, makine ve ekipmanların beklenildiği zamanları; çalışma alanında yer alan forkliftlerin malzeme getirmesi esnasında çalışanların işlerinin yapamadıkları zamanları, bu israf türüne örnek olarak göstermek mümkündür.

Bekleme israfı kapasitenin etkin olarak kullanılmaması, kayıp çalışma sürelerinden kaynaklanacak maliyetler, fazla çalışma sürelerinden doğacak maliyetler ile doğrudan ilişkilidir.

Bekleme, değişen müşteri ihtiyaçlarını karşısında işletmelerin esnek olma yeteneklerini azaltır. Müşteri isteklerinin tam zamanında ve kusursuz bir şekilde karşılanması yalın felsefenin temel ilkelerinden biridir. Çünkü müşteriler kendileri için değer yaratmayacak ve israf doğuracak hiçbir faaliyet için ödeme yapmak istemeyeceklerdir.

Bekleme İsrafı İle Mücadele Etmede Kullanılan Yalın Teknik ve Araçlar

- Talepte meydana gelebilecek değişikliklere işgücünde yapılacak ayarlamalar ile karşılık verip esnekliğin sağlanması anlamına gelen *shojinka* işçilerin verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayan bir tekniktir.
- *Standartlaştırılmış iş*, üretim sürecinde kullanılması gereken en iyi yöntemleri tanımlar ve mevcut ekipmanların ve işgücünün optimal kullanılmasını amaçlar. İnsanları, materyalleri, prosedürleri veya talimatları ve kullanmak suretiyle hizmet sağlar. Sağlanan en uygun yapı işgücünün gereksiz beklemesinden kaynaklı israf türünün önüne geçecektir.

▪ *Tek parçalı akış* sistemlerinde üretim sürecindeki tüm iş dengelenir. Tek parça akışı olan üretim sistemlerinde, işler düzgün ve sürekli bir şekilde süreç boyunca aktığı için, bekleme zamanlarının da içinde bulunduğu birçok durum iyileştirilir.

▪ Makine duruş zamanları ve kalıp değişim sürelerini minimize etmeyi hedefleyen bir teknik olan *SMED*, bu değişimler esnasında işgücünün gereksiz bekleme sürelerini de en aşağıya çekmeye çalışır. Bu sayede işgücünün gereksiz beklemesinden kaynaklanacak israfa engel olur.

▪ *Heijunka* üretimin değişen talep koşullarına karşı uyumlu hale getirilmesi anlamına gelmektedir. Üretim hatları talepteki değişikliklere göre şekillendirilir. Böylece, kaynaklar hiç beklemeyecek şekilde ve işgücüne aşırı yüklenmemek suretiyle, sürekli olarak planlanıp programlanarak düzgün bir üretim süreci oluşturulabilir. Böylece israfa neden olacak faaliyetler ortadan kaldırılabilir. Sürece göre yönetim anlayışında faaliyetler arasında koordinasyon sağlandığı için aynı anda birden fazla performansın artırılması sağlanabilmektedir.

2.1.8. Çalışanların Yeteneklerinden Faydalanılmaması (Under Utilization of Employees)

Bu israf türü yedi temel israf türüne ek olarak son zamanlarda tartışılmaya başlanmıştır. İşin gerekliliklerinden daha çok işgücünün işe katılması, süreç iyileştirmelerine katkıda bulunulmaması, işgücünün bireysel olarak potansiyellerinden yararlanılmaması, çalışanların yaratıcı fikirlerinden yararlanılmaması, düzensiz iş dağılımı, yanlış işe atamalar nedeniyle ortaya çıkacak, zaman, fikir ve yetenek kayıpları gibi durumların ortaya çıkması bu israf türünü doğuracaktır (Abdul Wahab vd., 2013: 1296).

Yalın düşüncenin uygulanan firmanın başarılı olmasında etkili olması için firmanın tüm çalışanları tarafından benimsenmesi esastır. Bu açıdan bakıldığında mevcut işgücünden en doğru şekilde yararlanılması oldukça önemlidir. Bu tez çalışmasının uygulama kısmında yedi temel israf türü çalışma modeline dahil edildiğinden, bu israf türüne detaylı bir şekilde yer verilmemiştir.

2.2. PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ

Yalın düşüncenin en önemli özelliklerinden ikisi sürekli iyileştirmeyi ve uygun bir performans karması ile mükemmelliği sağlamaktır. Sürekli iyileştirme faaliyetleri ve mükemmel bir üretimin sağlanabilmesi için işletmeler, değişim göstererek sürece göre yönetim anlayışlarını benimsemişlerdir. Bu anlayış işletmelerin yürüttüğü faaliyetler arasındaki koordinasyon ve bütünleşmenin sağlanmasının bir sonucu olarak, müşteri memnuiyeti ile genel firma performansını artırmayı amaçlamaktadır. Geleneksel yaklaşımda, işletmenin altında yer alan her bir birim, işletmenin performansını en üste çıkarabilmek için kendi birim performansını en üste çıkarmayı hedeflerken; sürece göre yaklaşımda faaliyetler arasındaki koordinasyon sağlandığından aynı anda birden fazla faaliyetin performansının arttırılması hedeflenmektedir (De Toni ve Tonchia, 1996: 221).

Üretim sürecinde yalın uygulamaların belirli bir plan dahilinde yapılabilmesi için pek çok faaliyetin ve görevin eş zamanlı hale getirilmesi gereklidir. Karşılıklı operasyonların yapıldığı üretim süreçleri, görsel yönetim sistemleri gibi performans ölçme sistemleri bu aşamada kullanılabilir. Yalın üretim felsefesi israfın ortadan kaldırılması ve sürekli iyileştirmenin sağlanması için, süreçlerin standardize edilmesi, bakım faaliyetlerinin uygulanması, çekme sisteminin uygulanması, işgücüne yetenek kazandırılarak çok farklı alanlarda değerlendirilmesi, güvenilir tedarikçilerle çalışılması gibi birçok uygulamayı içinde barındırır. Performans ölçütleri yalın üretim uygulamalarının başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için gerekli koordinasyonun yanı sıra gözlemlemeyi ve kontrolü sağlayacak bir yapının en önemli göstergeleri olacaktır (Mahidhar, 2005: 27).

Performans ölçme sistemleri kalite, zaman, maliyet ve verimlilik gibi birbirleri ile karşılıklı ilişkileri barındıran ölçütleri içermektedir. Kalite ile ilgili ölçüler, her bir projeye göre değişen mühendislik sayıları, plana karşılık başlatılan ve tamamlanan geliştirilen projelerin sayısı gibi ürün tasarımı için uygunluk ölçülerini kapsamaktadır. Zamanla ilgili ölçüler, her bir aşama için çevrim zamanı ve yeni ürün tanıtma sıklığı gibi araçları dikkate alır. Verimlilik ve maliyet ölçüleri ise, mühendislik saati ile her proje için kullanılan araçların ve malzemelerin maliyeti gibi ölçütleri içermektedir (Hines vd., 2006: 869).

Yalın üretim felsefesi altında performans ölçümünde kullanılabilecek ölçütleri, biraz daha geniş bir şekilde dokuz farklı başlık altında ele almak da mümkündür (Taj, 2005: 630-631). Bu ölçütler ve ölçütlerle ilişkili olan performans ölçümünde kullanılabilecek metrikler Tablo 3'de özetlenmiştir.

Tablo 3: Performans Ölçütleri ve Performans Metrikleri

ÖLÇÜT	METRİK
Stoklar	▪ Hammadde Miktarı ▪ Ara Stok ▪ Tamamlanmış Ürünler ▪ Stok Geri Dönüş Oranları
Süreçler	▪ Üretilen İş ▪ Esneklik ▪ Kapasite ▪ Teknolojik Seviye ▪ Verimlilik
Zaman	▪ Hazırlık Zamanı ▪ Çevrim Zamanı ▪ Takt Zamanı ▪ Değer Yaratmayan Faaliyet Zamanı
Kalite	▪ Süreç Kalitesi ▪ Hurda Oranı ▪ Kusurlu Ürün Oranı ▪ Müşteri Şikayetleri
Programlama / Kontrol	▪ Dengelenmiş Üretim Programları ▪ Çekme Sisteminin Kullanılması
Yerleşim Düzeni	▪ Hücresel Üretim ▪ Ürün tipine göre yerleşim ▪ İş yeri düzeni
Tedarikçiler	▪ Tedarik Zincirinin Tasarımı ▪ Tedarik Zinciri Yönetimi
Bakım	▪ Makine Arıza Zamanları ▪ Koruyucu Bakım ▪ Arızalar Arası Geçen Süre
Ekip Yaklaşımı	▪ İşgücü Dengeleme ▪ İşgücünün Etkin Katılımı ▪ Personel Devir Hızı ▪ İş Güvenliği

Performans metrikleri, ölçüm yapılacak üretim sisteminin yapısına uygun şekilde seçilmelidir. Bu sayede yalın üretim sistemine sahip işletmelerin

performansları hakkında değerlendirmeler yapmak daha doğru olacaktır. Bu kapsamda, uygulama yapılan firmanın üretim yapısı ve dinamiklerine uygun olacak şekilde ve aynı zamanda çalışmanın amacına en uygun olacak yedi tane performans metriği seçilmiştir. Bu metrikler ilerleyen başlıklarda detaylı şekilde açıklanacaktır.

2.2.1. Üretilen İş Miktarı (Throughput)

Bu metrik, bir sistemin belirtilmiş bir zaman dönemimde üretebileceği işin veya ürünün miktarı olarak tanımlanabilir. İşletmeler tam olarak müşterilerin istedikleri şeyi -ne fazlasını ne de azını- üretmeleri gerektiği için, üretilen iş yönetilmesi ve dikkate alınması gereken bir performans göstergesidir. Bir üretim sürecinde üretilen işin üst limiti o sürecin kapasitesini verecektir.

Müşteri talepleri doğrultusunda oluşturulan üretim miktarında üretim yapmak kadar, müşterinin istediği ürünü hatasız bir şekilde üretmek de bir o kadar önemlidir. Herhangi bir kusur olmayacak şekilde ilk seferde üretilen iş miktarına *First Time Through* adı verilmektedir. İlk seferde hatasız üretim, üretim hattının, ürün kalitesinin ve hatalı üretim miktarlarının hesaplanmasındaki en önemli göstergelerden biridir (Maskell vd., 2011:39). Matematiksel olarak aşağıdaki gibi göstermek mümkündür.

$$\text{İSHÜ} = \frac{\text{Üretim Sürecindeki Tüm Birimler} - (\text{Hurdalar} + \text{yeniden işlem gören parçalar} + \text{onarılan parçalar} + \text{iadeler} + \text{yeniden kontrol edilen ürünler})}{\text{Üretim Sürecindeki Tüm Birimler}}$$

Bir vardiya boyunca bir iş istasyonunun üretim miktarının 1000 birim olduğu ve bunların 50 tanesinin hurdaya ayrıldığını varsayalım. O halde o iş istasyonunun İSHÜ oranı (1000-50)/1000 = %95 olarak hesaplanır. Eğer bir üretim hücresinde üç tane iş istasyonu var ise ve bunların İSHÜ oranları %95, %80 ve %90 olarak biliniyorsa, o üretim hücresinin İSHÜ oranı bu üç oranın çarpılması ise bulunabilir. İSHÜ oranı, 0,95*0,80*0,90 = %68,4 olarak hesaplanır.

İlk seferde doğru üretimi gerçekleştirmenin faydalarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

- Aşırı üretime neden olmayarak, stok miktarında azalma sağlanır.

- Üretim sürecinin çıktısı olan kusursuz ürünler, süreç kalitesini artıracaktır.
- Kusurlu ürünlerden kaynaklı onarım, yeniden işleme vb. giderlerin azalması, işletmenin maliyetini azaltacaktır (Khadem, 2004: 74-75).

2.2.2. Verimlilik (Productivity)

Verimlilik basitçe üretim süreci sonunda elde edilen çıktıların, üretim girdilerine oranlanması olarak tanımlanabilir (Monden, 1994: 311).

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Üretilen Çıktı}}{\text{Kullanılan Girdi}}$$

Ohno, yalın Toyota üretim sisteminin en önemli amacını üretimdeki her türlü israfın ortadan kaldırılarak, üretim sürecinin verimliliğini arttırmak olarak tanımlamaktadır (Ohno, 1988: xiii).

İşletmelerde verimlilik ölçümü faaliyetlerinin temel amacı, sahip olunan kapasite ve kaynakları doğru yönde kullanarak, bu doğrultuda sağlanacak faydayı en yukarı çekmektir (Chan vd., 2003: 637).

Verimlilik ölçütlerini genel olarak kısmi verimlilik ölçütleri ve toplam verimlilik ölçütleri olmak üzere iki kategoride sınıflandırmak mümkündür. Bir işletmenin ürettiği çıktı miktarının, sahip olduğu işgücü, malzeme ve enerji kaynağı gibi girdi olarak kullandığı kaynakların her birine ayrı ayrı oranlanması ile hesaplanacak verimliliğe kısmi verimlilik adı verilmektedir. İstenilen çıktıyı elde etmek için girdilerin sürece ayrı ayrı katkısı belirlenmek istendiğinde bu ölçütler kullanılabilir. İşletmenin ürettiği çıktı miktarının bütün girdilere oranlanması ile hesaplanacak verimliliğe ise toplam verimlilik ölçütleri adı verilir. İşletmenin tamamı ve ya tüm süreçler hakkında fikir sahibi olmamızı sağlayacak verimlilik ölçütleridir. Ancak kısmi verimlilik ölçütlerine göre hesaplanması daha zor olan verimlilik hesaplamaları gerektirir (Tangen, 2003: 351).

İşletmelerin sahip oldukları girdileri, mal ve hizmet üretimine ne kadar iyi bir şekilde dönüştürdükleri anlamına gelen verimlilik önemli bir performans ölçütüdür. Dolayısıyla gerekli çıktıyı üretmek amacıyla daha az malzeme ve emek kullanılması ile verimlilik arttırılabilir. Özellikle yalın düşünceyi benimsemiş olan işletmelerin, üretim süreçlerinin etkinliğini artırarak, her türlü israfı ortadan kaldırarak üretim

kayıplarını azaltmaları ve verimlilik düzeylerini en üst seviyede tutmaları gerekmektedir.

2.2.3. Süreç Kalitesi (Process Quality)

Kalite müşteri ihtiyaçlarını karşılamak ve böylece ürün memnuniyeti sağlamak için ürünün sahip olması gereken özelikleri içermektedir (Juran, 1988: 2). Süreç kalitesi performansı, üretim işlemleri sırasında, bir işletmenin, iç kalite izleme sisteminin yanında kalite çözüm araçlarının iyileştirilmesi suretiyle, kaliteyi kontrol etme yeteneğini ele almaktadır. Çalışma kapsamında, süreç kalitesiyle ilgili aşağıda yer alan kavramların açıklanması önem teşkil etmektedir (Ogundu, 2011: 66).

Sistem İçi Hasar Önleme

Bu kavram, üretim faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi sırasında, bir işletmenin bir ürüne veya parçaya ilişkin hasarı en aza indirmesi veya ortadan kaldırması ile ilgili yeteneğini kapsamaktadır. Üretim alanında veya montaj hattında saatte veya günde meydana gelen kusur ve ya hasar sayısının belirlenmesi ile ölçülmesi mümkündür.

Doğrudan Akış (Direct Run)

Bu kavram, herhangi bir üretim süreci boyunca ortaya çıkan genel bir kalite göstergesidir. Üretim sürecinde kaliteyi oluşturmanın bir değerlendirmesi olup, çözümlenecek kusurlu meseleleri açıklığa kavuşturmaktadır. Matematiksel olarak aşağıdaki gibi göstermek mümkündür:

$$\text{Doğrudan Akış} = \frac{(\text{Gerçekleşen Üretim Hacmi} - \text{Kusurlu Parçalar})\text{x}100}{\text{Gerçekleşen Üretim Hacmi}}$$

Doğrudan Akış Kaybı (Direct Run Loss)

Bu kavram, belli bir zaman çerçevesi içindeki gerçek bir üretim hacmine bölünen tüm onarımların ve hurdaların toplamıyla ifade edilen bir oran olarak tanımlanır. Matematiksel olarak aşağıdaki gibi gösterilir.

$$\text{Doğrudan Akış Kaybı} = \frac{(\text{Onarılan Parçalar} + \text{Hurdalar})\text{x}100}{\text{Gerçekleşen Üretim Hacmi}}$$

Müşteri Şikayetleri

Bu kavram belli bir siparişte ve ya belli bir üretim döneminde ortaya çıkan ürün kalitesiyle ilgili müşteri şikayetlerini içermektedir. Alınan müşteri şikayetlerinin sayısı ve niteliği doğrultusunda, üretim sürecinin kalitesinin iyileştirilmesi doğrultusunda önlemler alınması açısından önemli bir gösterge olarak karşımıza çıkmaktadır (Behrouzi ve Wong, 2011: 392).

2.2.4.Takt Zamanı (Takt Time)

Takt zamanı, müşteri talebinin karşılanabilmesi için, üretim sürecinden çıkan ürünlerin hangi sıklıkla üretilmesi gerektiği hakkında bilgi veren önemli bir ölçüttür. Vardiya başına kullanılabilir çalışma saatinin, vardiya başına üretilmesi gereken müşteri talebine oranlanması ile takt zamanı hesaplanır (Rother ve Shook, 1999: 44)

Takt zamanını basit bir örnekle açıklayalım. Bir üretim işletmesinin 8 saatlik vardiya ile günde 3 vardiya çalıştığı ve müşteri talebinin karşılanması için günlük gerçekleştirilmesi gereken üretim miktarının ise 360 parça olduğu varsayılsın.

Bu durumda;

8 saat=480 dakika ve günde 3 vardiya olduğundan Günlük Çalışma Süresi= 8 x 60 x 3= 1440 dakikadır.

$\text{Takt Zamanı} = \frac{\text{Günlük çalışma süresi}}{\text{Günlük müşteri talebi}} = \frac{1440}{360} = 4$ dakika olarak bulunur.

Firma müşterisinin günlük 360 parça olan talebini karşılamak için her 4 dakikada 1 parça ürün üretmelidir.

Takt zamanı, müşterilerin ürünlere ihtiyaç duyduğu oran olarak tanımlanabilir. Yani, ürünlerin, müşteri talebini karşılamak için, en azından takt zamanına eşit üretilmesi gerekir. Müşteri talebi istikrarlı olduğu ve açıkça bilindiği zaman, takt zamanı daha iyi çalışır, fakat müşteri talebi günlük bazda değişirse, takt zamanını bunun yanında değişen zamana göre üretimin dengelenmesi zor olacaktır. Siparişler her gün değişirse, gerçek sevkiyatla (siparişler değil) ilgili bilginin birkaç ay süreyle veya yıllarca toplanması ve belli bir ürün için takt zamanının hesaplanması gerekir.

Bu şekilde, değişen müşteri talebini karşılamak için üretim dengelenebilir (Hill, 2010: 318).

2.2.5. Dengelenmiş Üretim Programları (Heijunka)

Üretim dengeleme anlamına gelen *Heijunka*, israfı ortadan kaldırma ile operatör ve ekipmanlara uygun miktarlarda iş yükü koymada ortaya çıkabilecek dengesizlikleri gidermeyi hedefleyen önemli bir kavramdır. Dengeli üretim ile üretim programları, işletme yöneticilerinin, işi tüm istasyonlara, istasyonların sayısında azaltmayı sağlayacak ve işgücü gerekliliklerini optimize edecek bir seviyeye getirecek şekilde, dağıtmalarını kolaylaştırmaları sağlanır (Coleman and Vaghefi, 1994: 31)

Üretim dengeleme, belli bir dönem için toplam sipariş hacminin kullanılması suretiyle, hem hacim hem de ürün karmasını tarafından üretimi aynı seviyeye getirmek için kullanılan karma model üretime dayanan bir üretim sistemidir. Üretim dengelemede üretim programlarının aynı seviyeye getirilmesi, günlük programın yanında belirlenmiş her bir program döneminde optimize edilmiş miktar ve karmanın oluşturulması amacıyla, yöneticilerin üretim sürecini daha iyi kontrol etmelerini sağlar. Bu durum, üretim sürecindeki stokların azalmasına neden olur ve akışı sağlayarak çekme sistemini kurmaya yardımcı olur (Swanson, 2008: 859).

Üretimin dengelenmesini basit bir örnekle açıklamak mümkündür (Melnyk ve Denzler, 1996: 418):

Bir işletmenin K, L, M ve N ürünleri olmak üzere dört farklı ürün ürettiğini, bu ürünlerin aylık talep miktarlarının sırasıyla 16000, 12000, 8000 ve 4000 adet olduğu ve işletmenin 20 gün boyunca günde 8 saat boyunca üretim yaptığını varsayalım.

O halde;

Günlük üretilmesi gereken ürün: 40000/20= 2000 adet

Saatlik üretilmesi gereken ürün: 2000/8= 250 adet

Saatte 250 adet ürün üretilmesi gerekliyse, 1 adet ürün 60/250=0,24 dakika içerisinde üretilmelidir. Bir başka deyişle 14,4 saniyede bir ürün üretilmesi gereklidir (Takt zamanı).

Aylık talep miktarları ve takt zamanı göz önüne alınarak bir günlük üretim sürecinde hangi üründen kaç adet üretilmesi gerektiği hesaplanarak üretimin düzgünleştirmesi sağlanabilir.

Ürünler	**Günlük Üretilmesi Gerekli Miktarlar**
A Ürünü	(16000/40000)x250=100 adet
B Ürünü	(12000/40000)x250=75 adet
C Ürünü	(8000/40000)x250=50 adet
D Ürünü	(4000/40000)x250=25 adet

Heijunka, bütünleşik üretim seviyesinin günden güne, haftadan haftaya yayılıp dengelenmesi ile ilişkili bir kavramdır. Toplam üretim hacminin sabit olduğu durumlarda üretilen ürünler için ürün karışımlarının dengelenmesi *Heijunka'nın* en önemli fonksiyonlarından birisidir. Bu durum, eşit miktarlarda A ve B marka otomobil üreten seri üretim yapan bir firmadan basit bir örnekle açıklansın. Bu üretici firma bir gün, bir hafta ve hatta bir ay boyunca sadece A model otomobil üretecek, daha sonra aynı miktarda B model otomobil üretmeye başlayacaktır. Her bir modelden büyük partilerde üretim yapılması hemen hemen bütün hazırlık faaliyetlerini elimine edecek, makine kullanım oranı da yükselecektir. Söz konusu durum maliyet açısından olumlu gözükse de gizli maliyet unsurlarının olacağı göz ardı edilmemelidir. Bu gizli maliyet unsurları, üretim sistemindeki fazla stok, kalite problemlerini teşhis etmek için harcanan uzun zaman ve uzun tedarik süresi olarak sıralanabilir. Yalın üretim ile -hazırlık zamanının minimum düzeyde tutulduğu varsayılarak- bu süreç ele alınacak olursa; parçaların üretimi ABABABAB sırasında yapılacak; böylece üretim akış yönünün tersine hiçbir sipariş gönderilmeyecek, müşterilerin gerçek gereksinimlerine çok daha yakın tarzda üretim yapılacak ve stok düzeyi de minimize edilecektir. Yalın üretici mümkün olduğunca parti büyüklüklerini azaltmaya çalışarak, her bir parçadan düzenli olarak düşük miktarlarda ve müşteri talebiyle de orantılı olacak şekilde üretecektir (Womack vd., 2007: 295–296).

Üretim dengelemenin uygulamaya konulması, işletmelere üretim ve iş yüklerini standart hale getirme yeteneği kazandırır. Bu yetenek değer akışı içindeki tüm stok tiplerinin azaltılmasına, yeniden işleme ve beklemelerin minimize

edilmesine, ayrıca üretim ve kalite problemlerinin daha kolay belirlenmesine yardımcı olur.

Siparişe göre üretim veya büyük ölçekli üretim programlarına sahip işletmelerin, dengeli bir üretim sistemine geçmeleri oldukça zordur. Ancak üretim esnekliğini sağlayıp, üretim kaynaklarının kullanımını dengeleyen ve talebi düzgün hale getirebilen işletmeler, tedarik zinciri boyunca her türlü israfın ortadan kaldırılmasını sağlayıp, bu akışı sürekli hale getirebilmektedirler.

2.2.6. Toplam Ekipman Etkinliği (Overall Equipment Efficiency)

Toplam ekipman etkinliği (TEE), ekipman performansının ölçülmesi amacıyla 1980'li yılların sonuna doğru ortaya atılan bir kavramdır ve önemli performans metriklerinden biri olarak kabul edilmektedir. TEE ile ekipmanların etkin kullanılamamasına ve maliyet artışına neden olacak olumsuzluklar belirlenir. Üretim süreci içerisindeki değer yaratmayan faaliyetler tespit edilerek, üretkenliğin ve kalitenin artırılması yoluyla üretim performansının arttırılması amaçlanır (Raja ve Kannan, 2007: 1735).

TEE hesaplamaları, belirlenen çalışma süreleri içerisinde üretim ekipmanlarının sahip olduğu kapasitelerine oranla ne ölçüde performans ortaya koyduklarını ortaya koyar. TEE bir makinenin beklenen performansı ile ölçülen performansının analiz edilmesine ve mevcut performansın geliştirilmesine olanak sağlar (Kumar vd. 2012: 39).

Nakajima TEE hesaplamaları yapılırken dikkate alınması gereken ekipmana bağlı altı büyük kayıp aşağıdaki gibi tanımlamıştır (Raja ve Kannan, 2007: 1735-1736):

- Ekipman arızalarından kaynaklanan duruşlar
- Yükleme/ayarlama sürelerinden kaynaklı duruşlar
- Makinelerin boşta beklemesinden kaynaklı duruşlar nedeniyle yaşanan zaman kayıpları
- Hız kayıpları
- Ekipmanın ilk olarak çalıştırılması sırasında yaşanan kayıplar
- Kalite hataları/yeniden işleme durumlarında ortaya çıkan kayıplar

TEE bir işletmenin en önemli değerleri olan ekipmanlarını, değer katan ürünler üretmek için ne kadar az kayıp ve israfla yönetebildiğini gösteren bir göstergedir. TEE hesaplamalarının sonuçlarında önemli bir gelişme olması, işletmenin ekipman yönetimi, bakım onarım faaliyetlerini geliştirdiğini ve kısa vadede ekipman kaynaklı altı büyük kaybını azalttığını gösterir (Maran vd., 2012: 1).

TEE hesaplamalarında kullanılabilirlik, performans ve kalite olmak üzere üç metrik kullanılmaktadır. Bu metriklerin hesaplanması aşamasında her metrikle ilişkili kayıp türleri Tablo 4' de gösterilmiştir.

Tablo 4: TEE Metrikleri ve İlişkili Kayıplar

METRİK	İLİŞKİLİ KAYIPLAR (6 TEMEL KAYIP)
Kullanılabilirlik	▪ Arıza kayıpları ▪ Hazırlık ve ayar kayıpları
Performans	▪ Kısa süreli duruşlar ▪ Hız kayıpları
Kalite	▪ Kusur ve yeniden işleme kayıpları ▪ Makinenin yeniden hazırlanması aşamasında geçen verim kaybı.

Kaynak: Maran vd., 2012: 2

TEE hesaplamalarının yapılmasında kullanılacak temel kavramlar aşağıdaki gibi açıklanabilir:

Planlanan Toplam Çalışma Süresi (Total Planned Plant Operating Time): İşletmenin vardiya başına planladığı çalışma süresidir.

Planlanan Üretim Süresi (Planned Production Time): Planlanan toplam çalışma süresinden, planlı duruşlardan kaynaklanan sürenin çıkartılması ile elde edilir.

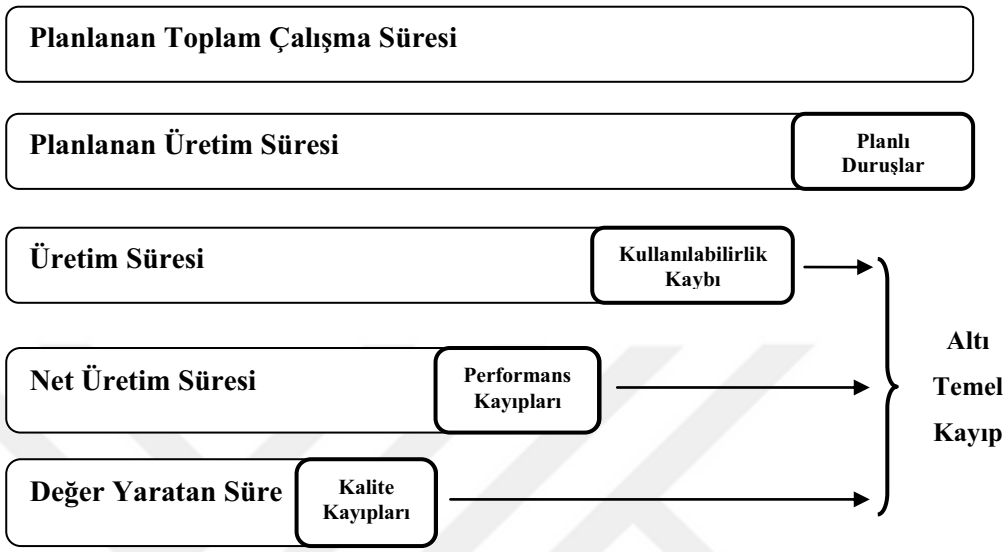
Üretim Süresi (Actual Production Time): Planlanan üretim süresinden kullanılabilirlik kayıplarının çıkartılması ile elde edilen süredir. Makinelerin aktif olarak çalıştığı süredir.

Net Üretim Süresi (Actual Production Time): Üretim süresinden, performans kayıplarının çıkartılması ile elde edilen süredir.

Değer Katan Süre (Value-added Time): Net üretim süresinden, kalite kayıplarının çıkartılması ile elde edilen süredir.

TEE hesaplamaları yapılırken kullanılacak sürelerin şekilsel olarak gösterimi Şekil 7' de gösterilmiştir.

Şekil 7: TEE Hesaplanırken Dikkate Alınan Süreler



Kaynak: Frost ve Sullivan, 2005: 6

TEE hesaplanırken kullanılabilirlik, performans ve kalite metrikleri için aşağıda verilen formüllerden yararlanılır.

$$\text{Kullanılabilirlik} = \frac{\text{Üretim Süresi}}{\text{Planlanan Üretim Süresi}}$$

$$\text{Performans} = \frac{\text{Net Üretim Süresi}}{\text{Üretim Süresi}}$$

$$\text{Kalite} = \frac{\text{Değer Yaratan Süre}}{\text{Net Üretim Süresi}}$$

$$\text{TEE} = \text{Kullanılabilirlik} \times \text{Performans} \times \text{Kalite}$$

TEE hesaplamalarının işletmelere ekonomik açıdan sağladığı faydaları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Frost ve Sullivan, 2005: 9-10):

- Bir makinenin üretim hücresi veya üretim hattındaki kayıplarının belirlenmesiyle üretim performansı arttırılır.
- Operatör ya da makinelerden kaynaklanan ve üretimi olumsuz etkileyen durumların hızlı bir şekilde tespit edilmesi sağlanır.

- Üretime ilişkin sonuçların daha tahminlenebilir bir hale gelmesi ile daha iyi üretim planlanması, daha hızlı karar alma ve uygulamaya geçirme, yeni ürünleri daha kısa sürede pazara ulaştırma gibi faydalar sağlanır.
- İsrafın ortadan kaldırılıp üretim sürekliliğinin sağlanması maliyet azalmasını sağlar.
- Üretim kalitesinin geliştirilmesi ile ürün maliyetlerinin azaltılmasıyla müşteri memnuniyetinin artırılması sağlanır.
- Reaktif tamir ve bakım uygulamalarının yerini proaktif bir yaklaşım alır.

2.2.7.Ara Stok Miktarı (Work-In-Process)

Üretim hattında kullanılmamış olarak yer alan, çalışma zeminine, istasyonlara veya montaj hattına bırakılmış olan malzemeler, parçalar veya bileşenler olarak tanımlanır. Aynı zamanda, diğer bir istasyonda tamamlanmayı veya diğer bir sistemin veya bir diğer istasyondaki alt sistemin parçası olarak kullanılmayı bekleyen önceki istasyonlarda üretilen parçalardır. Ara stoklardaki azalma, fazla üretim israfında, fazla stok israfında ve taşıma israfında azalmayı sağlayacaktır.

Bu stoklar sık sık hücrelerin iş merkezleri arasındaki kanban sayısı ile belirlenmektedir. Bu kanbanların amacı, gecikmeler veya problemlere karşı üretim sürecine tampon oluşturmak, üretimi tetiklemek ve tek parça akışı sürdürmektir. Kanban yöntemi çeşitli formlarda yalın düşüncedeki çekme sisteminin en önemli elemanıdır. Kanbanlar ters giderse değer akışındaki çekme sistemi başarısızlığa uğrar, üretim zamanları uzar, üretim hızı düşer ve süreç dengesiz hale gelir. Çekme sisteminin etkinliğini devam ettirmek bu açıdan oldukça önemlidir (Maskell vd., 2011: 35-36).

Bir üretim sürecinde kusurlu parçaların üretilmesi, işlemler arasında gereğinden fazla ara stok bulunmasına neden olabilir. Ancak ara stok bulundurmanın üretim sistemine sağlayacağı bazı yararlar olduğu unutulmamalıdır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Bai ve Gershwin, 1990: 6-7):

- *İşlem Bağımsızlığı Sağlaması:* Seri üretim sistemlerinde operasyonların etkinliğinin sağlanabilmesi için makinelerin kusursuz bir şekilde üretimlerini gerçekleştirmesi gerekmektedir. Örneğin, üretim sürecinde yer alan bir makinenin,

diğer makinedeki parçanın üretiminin bitmesini beklemesi, üretim sisteminin etkinliğini düşürecek israf yaratacak bir durumdur. İki makine arasında yer alacak en uygun seviyede ara stok bulundurulması, makineler arasında tampon oluşturacak ve üretim işlemlerinin bağımsızlığını sağlayacaktır.

- *Makinelerin Duruşlarından Kaynaklı Etkilerin Ortadan Kaldırılması:* Üretim sisteminde yer alan makinelerde ortaya çıkacak sorunlar nedeniyle üretimde duruşlar yaşanabilir. Bir makinede meydana gelen arıza nedeniyle parça üretememesi, ondan sonraki makinenin de durmasına neden olabilir. Benzer şekilde sonraki makineden meydana gelecek arıza, ondan önce üretim yapan makinenin ürettiği parçaların beklemesine neden olacaktır. Makineler arası tampon görevi gören ara stokların olması, makinelerin yaşayacağı sıkıntılara rağmen üretimin sürekliliğinin sağlamasına yardımcı olacaktır.
- *Ayar Sürelerindeki Değişkenliklere Destek Olması:* Makinelerin ayar sürelerinin düşürülmesi yalın üretimdeki önemli hususlardan biri olmaktadır. Bu süreler esnasında üretimin devamlılığına destek olacak faaliyetlerden biri ara stok seviyesidir.

2.3. LİTERATÜR TARAMASI

Bu başlık altında, literatürde yer alan üretim sektöründeki yalın üretim uygulamaları ele alınmıştır. Servis sektöründeki çalışmalar bu doğrultuda incelenmemiştir. İlgili çalışmalar, kullanılan yalın teknikler ve literatüre sağladıkları katkılar göz önüne alınarak irdelenmiş ve mevcut çalışmanın da bu kapsamda yerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tablo 5'de ilgili literatüre yer verilmektedir.

Tablo 5: Üretim Sektöründe Yalın Üretim Uygulamalarına İlişkin Literatür

YAZAR	LİTERATÜRE SAĞLANAN KATKI
Barber (1992)	Otomotiv sektörüne yönelik yalın üretim uygulamasında kalite, verimlilik ve stok seviyeleri dikkate alınarak, israfın ortadan kaldırılması, sürekli iyileştirme ve müşteri memnuniyeti odağında vurgular yapılmıştır.
Barker (1994)	Üretim yapılan firmanın değer yaratan aktiviteleri belirlenmeye çalışılmıştır. Makine ve süreçlerin iyileştirilmesi ile üretilen iş zamanına değer katacak iyileştirmeler hedeflenmiştir.
Ramarapu vd. (1995)	Yalın tekniklerin en önemlilerinden biri olan tam zamanında üretim uygulamalarına ilişkin literatürdeki çalışmalar karşılaştırmalı bir şekilde ele alınmıştır. İsrafın ortadan kaldırılması ve hazırlık sürelerinin azaltılması, grup teknolojisi gibi üretim stratejileri tam zamanında üretimi sağlayacak en önemli faktörler olarak yer almıştır.
Boyer (1996)	Maden işleme sektöründe gerçekleştirilen yalın üretim uygulamasında en önemli performans ölçütünün verimlilikte sağlanacak artışın olacağı vurgusu yapılmıştır.
Burcher vd. (1996)	Sürekli tekrarlanan parti üretim şeklinde üretim sistemine sahip işletmeler için yalın üretim felsefesi doğrultusunda stok israfını ortadan kaldıracak bir model önerilmiştir.
Kannan ve Ghosh (1996)	Verimliliğin artırılması için küçük partiler halinde üretimi sağlayacak sanal hücresel üretim modeli geliştirerek, bu modeli gerçek hücresel üretim sistemi ile karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir.

Tablo 5: Devamı

YAZAR	LİTERATÜRE SAĞLANAN KATKI
Jina vd. (1997)	Havacılık ve makine üretimi olmak üzere iki farklı sektörü inceleyerek tanımlayıcı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Yalın felsefe çatısı altında ürün çeşitliliği yüksek, düşük miktarda üretime dayalı bir yapının her iki sektör için avantaj ve dezavantajlarına yer verilmiştir.
Soderquist ve Motwani (1999)	Otomotiv tedarik sektöründe rekabet üstünlüğü sağlamak için yalın üretim yönetim aracı olarak kullanılmıştır. Yönetim, müşteri ilişkileri ve üretim süreçleri için anahtar performans ölçütü olarak kalite ele alınmıştır.
Mathaisel ve Comm (2000)	Havacılık sektöründe yapılan uygulamada yalın düşüncenin bu sektör için değer yaratacak yönleri ele alınmış ve verimlilik artışı sağlayacağı vurgulanmıştır.
McDonald vd. (2002)	Bir üretim firmasında yapılan simülasyon tabanlı bir uygulamada, yalın tekniklerden değer akış haritalamadan yararlanılmıştır. Üretim aşamalarındaki ara stok miktarları ve üretimin gerçekleşmesi için gerekli sürelerin azaltılması, hedef performans göstergeleri olarak yer almıştır.
Kalsaas (2002)	Otomotiv sektöründe yapılan uygulamada, yalın tekniklerden değer akış haritalamadan yararlanılarak, ürün aileleri değer yaratacak şekilde yeniden tasarlanmış, anahtar performans ölçütü olarak üretilen iş zamanında iyileştirmeler sağlanmıştır.
Christiansen vd. (2003)	Tam zamanında üretim, toplam kalite yönetimi ve toplam verimli bakım tekniklerinden yararlanılarak bir uygulama yapılmıştır. Performans ölçütleri olarak maliyet, süreç kalitesi, dağıtım hızı ve doğruluğu seçilerek üretim işletmelerinde performans değerlendirmesinde bulunulmuştur.
Bruce vd. (2004)	Tekstil sektöründe faaliyet gösteren dört firma ele alınmıştır. Müşteri için değer yaratacak faaliyetler için, teslim sürelerinin azaltılması ve yüksek cevap hızına ulaşmanın temel gösterge olacağı vurgulanmıştır.

Tablo 5: Devamı

YAZAR	LİTERATÜRE SAĞLANAN KATKI
Taj (2005)	Elektronik sektöründe gerçekleştirilen uygulamada firma performansını geliştirecek bir model önerilmiştir. İlgili model stoklar, süreçler, bakım, tedarikçiler, işgücü, kalite, planlama ve kontrol temel başlıkları altında oluşturulmuştur.
Seth ve Gupta (2005)	Otomotiv sektöründe değer akış haritalama temelinde geliştirilen uygulamada, israfın ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. Performans ölçütleri olarak verimlilik, takt zamanı, çevrim süresi, ara stok miktarı dikkate alınmıştır.
Comm ve Mathaisel (2005)	Tekstil sektöründe gerçekleştirilen simülasyon tabanlı uygulamada yalın tekniklerin kullanılmasının, darboğazların tespitini, üretilen iş artışını, teslim sürelerinin iyileştirilmesini, süreçlerin kalitesinin iyileştirilmesini sağlayacağı vurgulanmıştır.
Huang ve Liu (2005)	Simülasyon tabanlı geliştirilen bir uygulama yapılmıştır. Yalın tekniklerden değer akış haritalama kullanılmıştır ve anahtar performans ölçütleri olarak ara stok seviyesi ve stoklama maliyeti dikkate alınmıştır. Bu ölçütlerin azaltılması ile sistemin etkinliği arttırılıp, israfın ortadan kaldırılması amaçlanmıştır.
Kumar vd. (2006)	Küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin süreç performanslarını iyileştirmeye odaklanan bir çalışma yapılmıştır. Değer akış haritalama, 5S, toplam verimli bakım gibi yalın teknikler ile altı sigma dahil edilerek oluşturulan modelde anahtar performans metrikleri milyonda kusur sayısı, süreç yeterlilik indeksi, toplam ekipman etkinliği, üretilen iş olmaktadır.
Taj ve Berro (2006)	Yalın üretim teknikleri kullanılarak otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın verimliliğini arttırmak amacıyla bir uygulama yapılmıştır. Performans çıktıları olarak çevrim sürelerinin azaltılması, gereksiz hareketten kaynaklı israfın azaltılması, bekleme israfının azaltılması, stok seviyelerinin düşürülmesi, üretilen iş miktarında artış ve hurda seviyesinde azalma sağlanmıştır.

Tablo 5: Devamı

YAZAR	LİTERATÜRE SAĞLANAN KATKI
Bonavia ve Marin (2006)	Seramik sektöründe yalın teknikler kullanılarak, firma büyüklüğü ile firma performansları arasındaki ilişkileri tespit etmek amacıyla bir uygulama yapılmıştır.
Achanga vd. (2006)	Üretim sektöründe faaliyet gösteren yalın üretim uygulayan küçük ve orta büyüklükte firmalar üzerinde bir uygulama yapılmıştır. Kritik başarı faktörleri olarak liderlik, yönetim, finans, örgüt kültürü, yetenek ve tecrübe boyutları dikkate alınmıştır.
Abdulmalek ve Rajgopal (2007)	Çelik sektöründe faaliyet gösteren bir firmada simülasyon tabanlı bir uygulama yapılmıştır. Değer akış haritalama tekniği kullanılarak önce ve sonra senaryoları ortaya konulmuştur. Anahtar göstergeler olarak üretim süresindeki düşüşler ve ara stok miktarındaki azalmalar vurgulanmıştır.
Miltenburg (2007)	Takt zamanı ve çevrim süresini dikkate alarak tam zamanında üretim sistemleri için en uygun üretim programını geliştirecek algoritmalar ortaya konulmaya çalışılmıştır.
Duanmu ve Taaffe (2007)	İki farklı ürün üretimi yapan bir üretim işletmesinde üretilen iş, takt zamanı ve ara stok seviyeleri arasındaki ilişkileri ortaya koyan simülasyon tabanlı bir çalışma yapılmıştır.
Sahoo vd. (2008)	Metal sektöründe faaliyet gösteren bir firmada yalın tekniklerden olan değer akış haritalamadan yararlanılarak israfın ortadan kaldırılması ve üretim süreçlerinin geliştirilmesi için bir uygulama yapılmıştır. Hazırlık sürelerinin azaltılması, ara stok miktarının düşürülmesi ve kusurlu ürünlerin üretiminin minimal seviyeye çekilmesi temel anahtar göstergeler olmuştur.
Grewal (2008)	Üretim faaliyetlerinde bulunan küçük bir firmada yapılan uygulamada yalın performans ölçütleri olarak teslim süresi, takt zamanı, çevrim süresi ve stok seviyesi ele alınmıştır. Değer akış haritalama ile iyileştirmeler sağlanmıştır.

Tablo 5: Devamı

YAZAR	LİTERATÜRE SAĞLANAN KATKI
Hallgren ve Olhager (2009)	Yalın ve çevik üretim yapan 211 firmaya yapısal eşitlik modelinin kullanarak uygulama yapılmıştır. Performans ölçütleri olarak kalite, maliyet, dağıtım ve esneklik ele alınmıştır.
Anand ve Kodali (2009)	3 farklı yalın üretim sistemi analitik serim süreci uygulanarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmede kullanılan performans ölçütleri verimlilik, kalite, maliyet, dağıtım, çalışanların morali, esneklik ve yenilik olarak belirlenmiştir.
Alvarez vd. (2009)	Otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmada yalın teknikler uygulanarak firma performansı arttırılmaya çalışılmıştır. Yalın oranı (lean rate), temin süresi(dock to dock), stok seviyelerinin azaltılması, taşıma ve atıl sürelerin azaltılması temel performans göstergeleri olmaktadır.
Singh ve Sharma (2009)	Üretim sektöründe gerçekleştirilen uygulamada iyileştirme sağlanacak performans ölçütleri olarak teslim süresi, çevrim süresi, ara stok seviyesi ve işgücü gereksinimi dikkate alınmıştır.
Bergmiller ve McCright (2009)	Yalın ve yeşil sistemleri karşılaştırmalı olarak ele alan bir uygulama yapılmıştır. Performans ölçütleri olarak, kalite, maliyet, dağıtım, müşteri memnuniyeti, karlılık, teslim süreleri, ekipman verimliliği gibi ölçütler dikkate alınmıştır. İki sistemin de odak noktası israfı ortadan kaldırmak olmuştur.
Vinodh vd. (2010)	Üretim yapan bir firmada yalın teknikler kullanılarak iyileştirmeler yapılması hedeflenmiştir. Yalın parametreler olarak, atıl zamanların azaltılması, çevrim süresinin düşürülmesi, ara stok seviyesinin azaltılması, zamanında dağıtım performansının iyileştirilmesi, kusurlu ürünlerde azalma seçilmiştir.
Jimenez vd. (2011)	Şarap üretimi yapan bir firmada yapılan uygulamada temel performans ölçütleri olarak üretim teslim süresi ve hammadde miktarı dikkate alınmıştır. Bu iki ölçüt için önemli derecede iyileştirmeler hedeflenmiştir.

Tablo 5: Devamı

YAZAR	LİTERATÜRE SAĞLANAN KATKI
Taj ve Morosan (2011)	Üretim sektöründe faaliyet gösteren 65 firma üzerinde yapılan araştırmada, üretim sistemi tasarımı ile performans faktörleri arasındaki etkiler belirlenmeye çalışılmıştır. Performans faktörleri akış, esneklik ve kalite olmak üzere temel üç başlıkta ele alınmıştır.
Singh vd. (2011)	Bir üretim işletmesinde israfın ortadan kaldırılması amacıyla yalın tekniklerden değer akış haritalama kullanılarak, ara stok seviyesi, ürün teslim süresi, takt zamanı, işgücü gereksinimi gibi performans ölçütleri göz önüne alınarak bir uygulama gerçekleştirilmiştir. İlgili performans ölçütleri dikkate alınarak iyileştirmeler hedeflenmiştir.
Ogundu (2011)	İsrafın ortadan kaldırılması amacıyla, yedi temel israf türü ile firma performans ölçütleri arasındaki ilişkileri gösteren bir model önerisinde bulunulmuştur. Performans ölçütleri olarak ara stok seviyesi, süreç kalitesi, çevrim süresi, üretilen iş miktarı, etkinlik, verimlilik ve üretim dengeleme ele alınmıştır.
Gurumurthy ve Kodali (2011)	PVC kapı ve pencere üretimi yapan bir firmada gerçekleştirilen simülasyon tabanlı bir uygulamada, yöneticilere üretim sisteminin gelecek durumu hakkında fikir sahibi olmalarına yardımcı bir model önerisi sunulmuştur. Anahtar göstergeler ise stok seviyesi, çevrim süresi, işyeri alanı ve işgücünün etkin kullanımı olmuştur.
Behrouzi ve Wong (2011)	Yalın performans ölçütlerinin bir üretim sistemi üzerindeki etkisini ortaya koymak için bulanık mantık ile bütünleşik bir model önerisi sunulmuştur. İsrafı ortadan kaldırma ve tam zamanında üretim iki temel yalın gösterge olacak şekilde, kalite, maliyet, zaman ve dağıtım performans kategorileri ile model oluşturulmuştur.
Gnanaraj vd. (2011)	Yalın düşünce ile altı sigmanın entegrasyonu ile oluşturulan model küçük ve orta büyüklükteki işletmeler için değerlendirilmiştir. Dağıtım süresi ve kalite değişkenleri iki temel gösterge olarak ele alınmıştır.

Tablo 5: Devamı

YAZAR	LİTERATÜRE SAĞLANAN KATKI
Panizzolo vd. (2012)	Küçük ve orta büyüklükte olan 4 üretim işletmesinin performansını yalın teknikler ile karşılaştırmalı bir şekilde değerlendirmek amacıyla bir uygulama yapılmıştır. Ara stok seviyesi, üretilen iş zamanı, üretimdeki süreç zamanları, hazırlık zamanları, hurda ve yeniden işlemeler, toplam ekipman etkinliği ve kapasite kullanımı gibi iç performans ölçütleri dikkate alınarak iyileştirmeler hedeflenilmiştir.
Gupta vd. (2012)	Lastik üretimi gerçekleştiren bir firmada yalın düşünce ile bütünleşik olan altı sigma tekniğinden yararlanılarak temel performans göstergesi olarak üretim sürecinde ortaya çıkan hatalar dikkate alınmıştır.
Ramesh ve Kodali (2012)	Analitik hiyerarşi süreci kullanılarak en iyi değer akış haritalama yönteminin seçilmesi amaçlanmıştır. Ölçütler olarak, verimlilik, kalite, maliyet, dağıtım, güvenlik ve moral olmak üzere altı temel performans ölçütü dikkate alınmıştır. Alt ölçütleri ise yedi temel israf türü oluşturmuştur.
Agus ve Hajinoor (2012)	Yalın üretim performans ölçütleri, ürün kalitesi performansı ve işletme performansı olmak üzere temel 3 performans değişkeni ve alt boyutları arasındaki ilişkileri belirlemek için üretim sektöründe bir uygulama yapılmıştır.
Anvari vd. (2013)	Yalın performansın ölçülmesi amacıyla bulanık mantık yaklaşımıyla bütünleşik bir model önerilmiştir. Yalın performans ölçütleri olarak teslim süresi, maliyet, kusurlar ve değer seçilmiştir.

Literatürde görüldüğü üzere farklı yalın teknikler kullanılarak ve farklı performans ölçütleri göz önüne alınarak birçok çalışma yapılmıştır. Ancak yedi temel israf türü ile firmanın üretim performansını arasındaki ilişkileri gösteren çalışmaların az olduğu söylenebilir.

Bu tez çalışmasında yalın üretim faaliyetlerinde bulunan bir üretim işletmesi ele alınacaktır. Üretim sürecinde ortaya çıkan yedi temel israf türü ile firmanın performans ölçütleri arasındaki ilişkilerin ve etkileşimin belirlenmesi çalışmanın

temelini oluşturacaktır. Firmanın üretim süreçlerinde ortaya çıkan israf türlerinin yaratacağı olumsuz etkiler belirlenmeye çalışılarak, bu durumun performans kalemleri üzerindeki etkileri vurgulanacaktır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
UYGULAMA

Çalışmanın bu bölümünde yalın üretim faaliyetleri gerçekleştiren bir firmada performans ölçütleri ile israf türleri arasındaki ilişki ve etkileşimin belirlenmesi için gerçekleştirilen bir uygulama anlatılacaktır. Uygulama metodolojisi, uygulamanın amacı, uygulama alanı hakkındaki bilgi, ve uygulama verilerinin analizi bu bölümde incelenecektir.

3.1. UYGULAMANIN AMACI

Yalın üretim uygulamaları israfı ortadan kaldırmaya ve sürekli iyileştirmeyi sağlamaya yönelik faaliyetleri içinde barındırmaktadır. Müşteri için değer yaratan, çalışan performansını arttıran, maliyet, zaman ve kalite performansında iyileştirmeler sağlayan bir üretim sistemi yaratmak yalın düşüncenin temel amacı olmaktadır. Üretimin her aşamasında ortaya çıkabilecek israf türlerinin ortadan kaldırması, üretim işlemlerinin performansının optimizasyonu ile sağlanacaktır. Bu optimal yapıyı, performans ölçütlerinin israfı ortadan kaldırma üzerindeki etkilerini ve aradaki ilişkileri anlamaksızın gerçekleştirmek mümkün değildir.

Bu çalışmanın temel amacı, israf türleri ile performans ölçütleri arasındaki ilişkileri ve etkileşimi belirlemektir. Yalın düşüncenin temeli israfı ortadan kaldırmaya odaklanmış olsa da, uygulamada işletmelerin israf türlerini ortadan kaldıracak etkili ve sürdürülebilir bir üretim sistemini hayata geçiremedikleri görülmektedir. Bu noktada performans ölçütlerinin nasıl belirleneceği ve uygulamaya nasıl konulacağı da bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Performans ölçütlerinin israf türleri üzerindeki ilişkileri ve etkileri ile israf türlerinin performans ölçütleri üzerindeki ilişkileri ve etkilerini bilmek, işletmelere değer yaratacak üretim süreçlerini tasarlamada yardımcı olacaktır. Firma performansının optimize edilmesi, kaynakların gerekli yönlere aktarılması konusunda yöneticilere kolaylık sağlayacaktır.

3.2. UYGULAMA ALANI

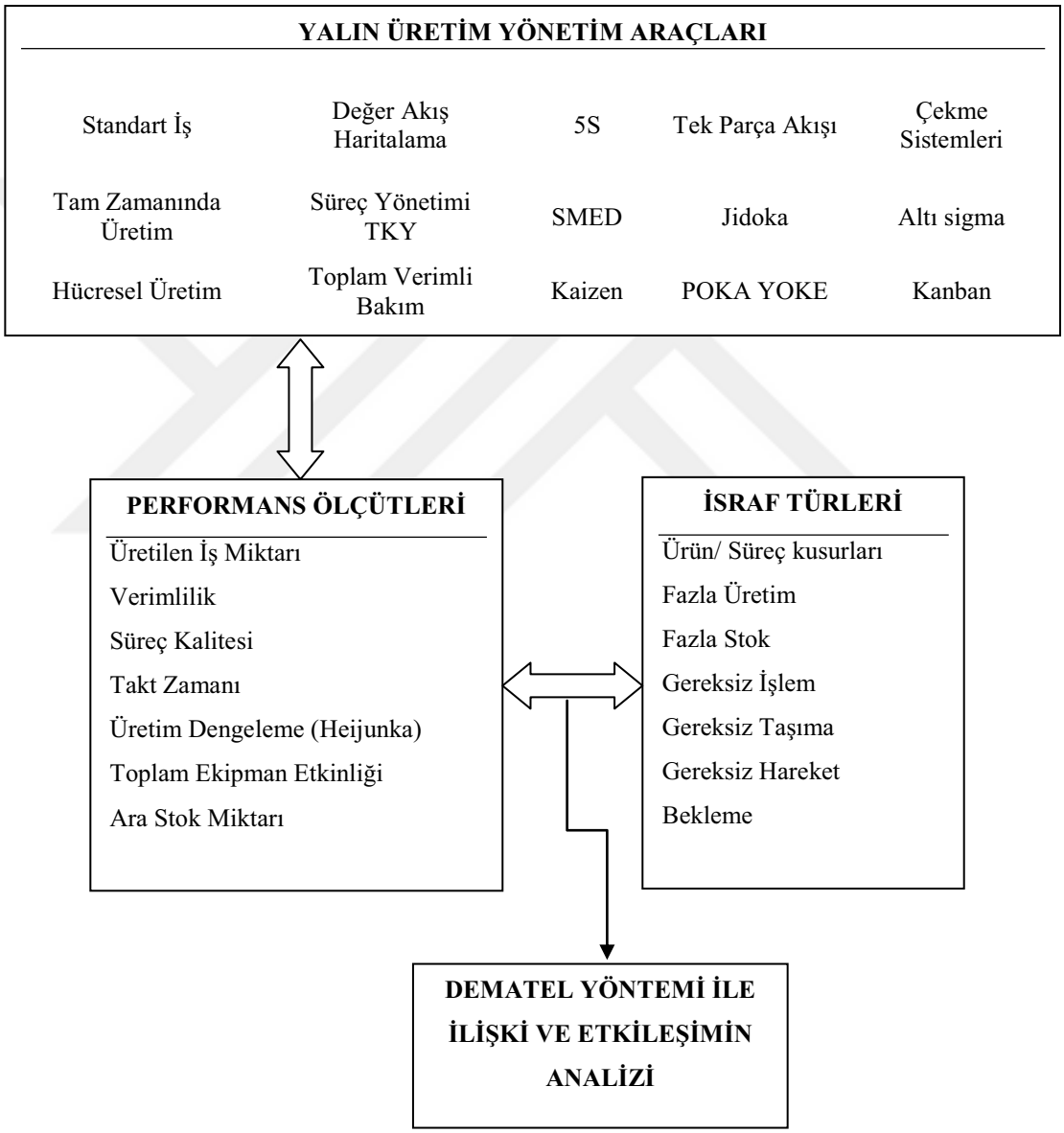
Bu tez çalışmasının uygulaması, otomotiv sektörüne sızdırmazlık profil sistemlerinin tedarikini sağlayan, Dünyada 11 ülkede ve ülkemizde 3 farklı lokasyonda faaliyet gösteren bir firmanın Ege bölgesindeki üretim tesislerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, israf türleri ile performans ölçütleri arasındaki ilişki ve etkileşimleri belirlemek olduğundan, uygulama yapılan firmanın yalın düşünceyi benimsemesi ve üretim sistemlerinde yalın teknikleri kullanması açısından çalışmanın amacına uygun olduğu görülmektedir. Firmanın üretim süreci dört aşamadan oluşmaktadır:

- Kalıplama İşlemi: Firmanın ürettiği profillerin tasarımının yapıldığı aşamadır. Bu kalıpların tasarımını ve üretimini firma kendisi yapmaktadır.
- Hamur Hazırlama: Profillerin üst düzeyde yüzey kalitesi gerektiren görünümlerde olması için, hamur karışımlarının hazırlanması işlemidir. Üretimi tamamlanan hamur karışımları, hava ve ortam koşullarından etkilenmemesi için soğuk hava depolarında muhafaza edilmektedir.
- Ekstrüzyon: Bu aşamada kullanılan ileri teknolojik uygulamalarla, plastik ya da kauçuk ürünlere ait yüzey kontrolleri farklı üretim hızlarında gerçekleşmektedir. Tanımlanan yüzey hatalarını aşan profiller varsa, bu aşamada otomatik olarak işaretlenirler ve bir sonraki aşamaya geçmesi önlenir. Ekstrüzyon sürecindeki veriler hammadde performansının ve üretim parametrelerinin iyileştirilmesi konularında önem arz etmektedir.
- Finisyon: Bu operasyondaki işlemler, teknolojik donanımı yüksek olan makineler ve finisyon tezgahları ile bu hatta çalışan operatörler tarafından yapılmaktadır.

3.3. UYGULAMA MODELİ

Yalın üretim teknikleri kullanılan bir işletmede israf türleri ile performans ölçütleri arasındaki ilişki ve etkileşimin belirlenmesi için oluşturulan uygulama modeli Şekil 8'deki gibi gösterilmektedir.

Şekil 8: Uygulama Modeli



3.4. METODOLOJİ

Çalışmanın amacı doğrultusunda aşağıdaki aşamalar gerçekleştirilerek uygulamanın metodolojisi oluşturulmuştur. Bunlar sırasıyla:

- İsraf Türü- Performans Ölçütü İlişkilerinin Belirlenmesi
- İsraf Türü- Performans Ölçütü İlişki Matrisinin Oluşturulması
- İsraf Türü- Performans Ölçütü Değerlendirme Sorularının Oluşturulması
- İsraf Türü- Performans Ölçütü Etki Skorlarının Hesaplanması
- İsraf Türü- Performans Ölçütü Etkileşiminin *DEMATEL* İle Belirlenmesi

3.4.1. Performans Ölçütü-İsraf Türü İlişkilerinin Belirlenmesi

Uygulamanın ilk aşaması olarak, uygulama kapsamında ele alınan yedi temel israf türü ile firma performansını en iyi şekilde yansıtacak yedi performans ölçütü arasındaki ilişkiler belirlenmeye çalışılmıştır. Uygulamanın geri kalanında gösterim kolaylığı açısından yedi temel israf türü ve yedi performans ölçütü sembollerle gösterilecektir. İsraf türlerine ilişkin semboller Tablo 6'da performans türlerine ilişkin semboller ise Tablo 7'de gösterilmektedir.

Tablo 6: İsraf Türleri

İSRAF TÜRÜ	**SEMBOLÜ**
Ürün/ Süreç Kusurları	K
Fazla Üretim	Ü
Fazla Stok	S
Gereksiz İşlem	İ
Gereksiz Taşıma	T
Gereksiz Hareket	H
Bekleme	B

Tablo 7: Performans Türleri

PERFORMANS ÖLÇÜTÜ	**SEMBOLÜ**
Üretilen İş Miktarı	ÜİM
Verimlilik	VER
Süreç Kalitesi	KAL
Takt Zamanı	TZM
Üretim Dengeleme	DEN
Toplam Ekipman Etkinliği	TEE
Ara Stok Miktarı	ASM

İsraf türleri ile performans ölçütleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde ve çalışmanın metodolojisinin oluşturulmasında Rawabdeh'in 2005'deki çalışması ile Ogundu'nun 2011 yılındaki çalışması referans alınmıştır. Rawabdeh çalışmasında yedi temel israf türünün birbiri arasındaki ilişkileri belirlemeye çalışmış ve israf türleri arasındaki ilişkileri değerlendirecek ölçütleri belirlemiştir. Ogundu ise 2011'deki çalışmasında israf türleri ile performans ölçütleri arasındaki ilişkileri belirlerken Rawabdeh'in modelinden yararlanarak ölçüt değerlendirme formunu oluşturmuştur (Rawabdeh, 2005; Ogundu, 2011).

Bu tez çalışmasında israf türleri ile performans ölçütleri arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi aşaması, ölçüt değerleme formu ve çalışmanın devamındaki matematiksel hesaplamalar, bahsedilen iki çalışma baz alınacak şekilde, uygulama yapılacak firmanın performans ölçütleri ve yedi temel israf türüne göre uyarlanmıştır. Bu çalışmalara ek olarak israf türleri ile performans türleri arasındaki etkileşimin belirlenmesinde *DEMATEL* yöntemi kullanılarak, elde edilen sonuçlar referans alınan modeldeki sonuçlarla beraber verilecektir. Bu açıdan bakıldığında, iki farklı uygulama metodolojisi ile çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca *DEMATEL* yöntemi ile etkileyen ve etkilenen değişkenlerin belirlenebilmesi, uygulama temel amaçlarından biri olan performans ölçütleri ile israf türleri arasındaki etkileşimin belirlenmesi konusunda önem arz etmektedir.

İsraf türü ile performans türleri arasındaki tüm ilişkiler, firmanın yalın üretim birim müdürü ile yapılan görüşmeler sonunda ortaya konulmuştur. Bu ilişkilerin belirlenmesinde "_" sembolünden yararlanılmıştır. Örneğin performans ölçütlerinden biri olan süreç kalitesi (*KAL*) ile israf türlerinden biri olan ürün/süreç kusurları (K) arasındaki ilişkiyi belirlemede *KAL_K* şeklindeki bir gösterimden yararlanılacaktır.

Süreç kalitesi ile israf türleri arasındaki ilişkilerin bir örneği Tablo 8'de gösterilmiştir. Diğer performans ölçütleri ile israf türleri arasındaki ilişkiler ise Ek-1, Ek-2, Ek-3, Ek-4, Ek-5 ve Ek-6'da gösterilmiştir.

Tablo 8: Süreç Kalitesi İle İsraf Türleri Arasındaki İlişki

SEMBOL	PERFORMANS ÖLÇÜTÜ-İSRAF TÜRÜ İLİŞKİ TANIMI
KAL_K:	Kusurlu süreçler, kusurlu parçaların üretilmesine yol açarak düşük kaliteli ürünlerin üretimine neden olur. Kusurlu parçaların üretilmesi doğrudan akış kayıplarının yüksek olması anlamına gelir. Sistem içi hasarın yüksek olması kaliteyi düşürecektir.
KAL_Ü:	Fazla üretim, süreç içi üretimin ve üretimi tamamlanan ürün miktarının çok fazla olmasına neden olur. Üretilen ürünlerin uygun şekilde korunamamaları ürün kalitesinde bozulmalara neden olabilir. Parçaların aşırı üretilmesi üretkenliğin fazla olduğu anlamına gelmemektedir.
KAL_S:	Süreç içi stoklarındaki fazlalık, parçaların hasar görmesine neden olabilir. Bu nedenle, yöneticilerin, yüksek maliyete neden olacak gerekli olmayan parçaları üretmeyi en aza indirmeleri gerekir.
KAL_İ:	Kötü bir şekilde tasarlanmış üretim süreçleri, operatörün yanlış ölçülerle çalışmasına neden olacağından, kalitenin düşmesine yol açar.
KAL_T:	Parçalarda oluşabilecek hasarları en aza indirmek için, parçaların üretimde ve malzeme işleme alanlarında gereksiz taşımalarının önüne geçmek gereklidir. Böylece parçaların taşınırken zarar görmemeleri ve bunun da ürün kalitesine yansımaması sağlanmış olur.
KAL_H:	Kötü ergonomiden kaynaklanan işgücünün gereksiz hareketi, çalışanın yorgunluğuna ve güvenlik kaygısına neden olarak, kalitenin düşmesine yol açabilir.
KAL_B:	Bekleme zamanının ürün kalitesiyle doğrudan bir ilişkisi yoktur.

İsraf türü ile performans ölçütleri arasında yukarıdaki gibi belirlenen ilişkiler Tablo 9'daki değerlendirme ölçütleri formuna göre değerlendirilecektir.

Tablo 9: İsraf Türü-Performans Ölçütü İlişkileri Değerlendirme Ölçütleri

Ölçütler	
1. Performans ölçütü, israf türü üretir mi?	
a. Her zaman	W1
b. Bazen	W2
c. Nadiren	W3
2. Performans ölçütü ile israf türü arasında ne tip bir ilişki vardır?	
a. Performans ölçütü değerlerinin optimize edilmesi, israfın azalmasına ve ortadan kalkmasına neden olur.	W4
b. Performans ölçütü değerlerinin optimize edilmesi, israf değerleri seviyesinde bir azaltmaya neden olur.	W5
c. Performans ölçütleriyle israf türleri arasındaki ilişki, koşullara bağlı olarak rastlantısaldır.	W6

Tablo 9: Devamı

3. Performans ölçütlerinin iyileştirilmesinin israf türlerine etkisi nedir?	
a. Doğrudan ve açık bir şekilde ortaya çıkar.	W7
b. Ortaya çıkması için zamana ihtiyaç vardır.	W8
c. Sık sık ortaya çıkmaz.	W9
4. Performans ölçütleri ve israf türlerinin iyileştirilmesi şununla başarılır:	
a. Yalın üretim yönetim araçlarının hayata geçirilmesiyle	W10
b. Çalışanların ve yöneticilerin birlikteliğiyle	W11
c. İş istasyonlarının yalın araçlar olmaksızın optimize edilmesiyle	W12
5 Performans ölçütlerinden kaynaklanan israf türlerinin etkisi esas olarak şunu etkiler:	
a. Ürün Kalitesi	W13
b. Teslim Süresi	W14
c. Müşteri Tatmini	W15
d. Ürün ve Teslim Süresi	W16
e. Ürün Kalitesi ve Müşteri Tatmini	W17
f. Teslim Süresi ve Müşteri Tatmini	W18
g. Ürün Kalitesi, Teslim Süresi ve Müşteri Tatmini	W19
6 Performans ölçütlerinin iyileştirilmesinin israf türleri üzerindeki etkisi üretim teslim süresini hangi derecede etkiler?	
a. Yüksek Derecede	W21
b. Orta Derecede	W22
c. Düşük Derecede	W23

Tablo 9'daki ağırlıklar, 1=en düşük ağırlık ve 5=en yüksek ağırlık olacak şekilde oluşturulacaktır.

Bir sonraki adım performans ölçütü ile israf türü arasındaki ilişki ağırlıkları matrisinin belirlenmesidir. Tablo 8'de örneği gösterilen süreç kalitesi (KAL) ile israf türleri arasındaki ilişkinin, Tablo 9'daki altı ölçüte göre değerlendirilmesiyle, ilişki ağırlıkları matrisinin oluşturulmasına ilişkin bir örnek Tablo 10'da verilmiştir. Çalışmanın devamında yer alacak verilerin analizi başlığında, tüm ilişkiler için oluşturulan bu matris gerçek uygulama verileri ile oluşturulacaktır.

Tablo 10. Performans Ölçütü- İsraf Türü Ağırlıkları Matrisi Örneği

Ölçüt / İlişki	1		2		3		4		5		6		Skor
	Cvp	Ağr	Cvp	Ağr	Cvp	Ağr	Cvp	Ağr	Cvp	Ağr	Cvp	Ağr	
KAL_K	a	w	b	w	a	w	c	w	f	w	a	w	$\mathbf{W}_s$
KAL_Ü	b	w	a	w	a	w	b	w	b	w	b	w	$\mathbf{W}_s$
KAL_S	a	w	c	w	b	w	a	w	c	w	c	w	$\mathbf{W}_s$
KAL_İ	c	w	b	w	b	w	b	w	d	w	b	w	$\mathbf{W}_s$
KAL_T	a	w	b	w	c	w	a	w	f	w	a	w	$\mathbf{W}_s$
KAL_H	a	w	a	w	a	w	c	w	g	w	a	w	$\mathbf{W}_s$
KAL_B	b	w	a	w	b	w	c	w	a	w	c	w	$\mathbf{W}_s$

Tablo 10'da kullanılan semboller:

w= Her performans ölçütü-israf türü ilişkisi için ağırlık değeri.

W_s= Her performans ölçütü-israf türü ilişki ağırlıkları satır toplamı.

a,b,c,d,e,f,g= Ağırlık atanabilmesi için sorulara verilen cevaplar.

Tablo 10'da örneği verilen performans ölçütü-israf türü ağırlık matrisi tüm ilişkiler için oluşturulduktan sonra, ilişkilerin hesaplanabilmesi için ağırlık etkileri beş kategoriye ayrılmıştır. Her kategori aradaki ilişkinin gücünü gösterecek şekilde sembolize edilmiştir. Bu semboller her performans ölçütü ile her israf türü arasındaki ilişkinin önemliliğini göstermekte ve bir sonraki aşama olan performans ölçütü israf türü ilişki matrisinin oluşturulmasına zemin hazırlayacaktır. İlgili semboller ve ilişkinin önem düzeyi Tablo 11 dikkate alınarak oluşturulacaktır.

Tablo 11: İlişkilerin Belirlenmesindeki Aralık ve Semboller

ARALIK	**İLİŞKİ TÜRÜ**	**SEMBOL**
$W_{ÇAD}$-$W_{ÇÜD}$	Çok Önemli	Ç
$W_{ÖAD}$-$W_{ÖÜD}$	Önemli	Ö
W_{OAD}-$W_{OÜD}$	Orta Düzeyde Önemli	O
W_{DAD}-$W_{DÜD}$	Düşük Düzeyde Önemli	D
W_{AAD}-$W_{AÜD}$	Az Önemli	A

Burada,

$W_{ÇAD}$= Çok önemli kategorisinin alt değeri

$W_{ÇÜD}$= Çok önemli kategorisinin üst değeri

$W_{ÖAD}$= Önemli kategorisinin alt değeri

$W_{ÖÜD}$= Önemli kategorisinin üst değeri

W_{OAD}= Orta düzeyde önemli kategorisinin alt değeri

$W_{OÜD}$= Orta düzeyde önemli kategorisinin üst değeri

W_{DAD}= Düşük düzeyde önemli kategorisinin alt değeri

$W_{DÜD}$= Düşük düzeyde önemli kategorisinin üst değeri

W_{AAD}= Az önemli kategorisinin alt değeri

$W_{AÜD}$= Az önemli kategorisinin üst değeri anlamı taşımaktadır.

3.4.2. Performans Ölçütü-İsraf Türü İlişki Matrisinin Oluşturulması

Tablo 8'de bir örneği gösterilen performans ölçütü israf türü arasındaki tüm ilişkiler, Tablo 9'da verilen israf türü-performans ölçütü ilişkileri değerlendirme ölçütleri dikkate alınarak firmanın yalın üretim müdürü tarafından değerlendirilerek performans ölçütü israf türü arasındaki ilişki matrisi oluşturulacaktır. Tablo 10'daki örneği verilen performans ölçütü israf türü ağırlık matrisi tüm ilişkiler için oluşturularak satır ve sütun toplamlarından oluşan skor değerleri hesaplanacaktır. Bu skor değerleri Tablo 11'de örneği verilen skor aralıkları ve ilişki türlerini gösteren tabloya göre değerlendirilip, nihai performans ölçütü israf türü ilişki matrisi oluşturulacaktır. Tablo 12'de performans ölçütü israf türü ilişki matrisine ilişkin bir örnek verilmektedir.

Tablo 12: Performans Ölçütü - İsraf Türü İlişki Matrisi

	K	**Ü**	**S**	**İ**	**T**	**H**	**B**	**Skor$_{in}$**	**Y$_{in}$**
ÜİM	Ç	O	Ö	D	A	A	D	Skor$_{i1}$	Y$_{i1}$
VER	A	D	Ç	O	Ö	Ö	A	Skor$_{i2}$	Y$_{i2}$
KAL	O	Ç	O	D	Ç	O	Ç	Skor$_{i3}$	Y$_{i3}$
TZM	Ö	Ç	A	A	O	D	Ö	Skor$_{i4}$	Y$_{i4}$
DEN	D	Ç	O	Ö	D	A	O	Skor$_{i5}$	Y$_{i5}$
TEE	A	D	A	D	O	Ö	A	Skor$_{i6}$	Y$_{i6}$
ASM	A	Ç	O	Ö	D	A	C	Skor$_{i7}$	Y$_{i7}$
Skor$_{jn}$	Skor$_{j1}$	Skor$_{j2}$	Skor$_{j3}$	Skor$_{j4}$	Skor$_{j5}$	Skor$_{j6}$	Skor$_{j7}$	Skor$_{T}$	Y$_{iT}$
Y$_{jn}$(%)	Y$_{j1}$	Y$_{j2}$	Y$_{j3}$	Y$_{j4}$	Y$_{j5}$	Y$_{j6}$	Y$_{j7}$	Y$_{jT}$	

Burada,

$\text{Skor}_{in} =$ İsraf türleri üzerindeki her performans ölçütünün etkisi

$\text{Skor}_{jn} =$ Performans ölçütleri üzerindeki her israf türünün etkisi

$\text{Skor}_{T} =$ İsraf türü ve performans ölçütü etkileri için toplam skor

$\text{Y}_{in} = \frac{\text{Skor}_{in}}{\text{Skor}_{T}} \times 100 =$ Her performans ölçütü için etki yüzdesi

$\text{Y}_{jn} = \frac{\text{Skor}_{jn}}{\text{Skor}_{T}} \times 100 =$ Her israf türü için etki yüzdesi

3.4.3. Performans Ölçütü-İsraf Türü Değerlendirme Soruları

Performans ölçütü israf türü değerlendirme soru formu, her bir performans ölçütü üzerindeki israf etkisini belirlemek ve seçilen yedi performans ölçütüyle yedi temel israf türü arasındaki ilişkileri anlamak amacıyla geliştirilmiştir. Değerlendirme soruları, her bir sorunun bir faaliyeti, özel bir israf tipine yol açan durumu veya davranışı belirlemesi ile özel bir performans göstergesinin ölçülmeye çalışılması için geliştirilmiştir. Soru formu dört farklı kategoride olacak şekilde aşağıdaki gibi oluşturulmuştur. Bu kategoriler ve açıklamaları Tablo 13'de gösterilmiştir.

Tablo 13: Performans Ölçütü İsraf Türü Soru Kategorileri ve Açıklamalar

SORU KATEGORİSİ	**AÇIKLAMA**
Performans Ölçütünden Kaynaklanan	İsraf türlerine yol açan mevcut performans ölçütlerinin var olması
Performans Ölçütünü Etkileyen	İsraf türlerinin varlığından kaynaklanan mevcut performans ölçütleri
İsraf Türlerinden Kaynaklanan	Performans ölçütlerini olumsuz etkileyecek mevcut israf türlerinin var olması
İsraf Türlerini Etkileyen	Performans ölçütlerinin kötüleşmesinin neden olacağı mevcut israf türlerinin var olması

Tablo 13'deki gibi kategorize edilen sorular her performans ölçütü ile israf türünün birbiriyle ilişkilerini ortaya koyacak şekilde oluşturulmuştur. Soru kategorileri ve soru sayıları Tablo 14'de gösterilmektedir.

Tablo 14: Performans Ölçütü-İsraf Türü Soru Grupları ve Soru Sayıları

SORU GRUPLARI	**SORU SAYISI**
Üretilen İş Miktarından Kaynaklanan	7
Verimlilikten Kaynaklanan	7
Süreç Kalitesinden Kaynaklanan	7
Takt Zamanından Kaynaklanan	7
Üretim Dengelemeden Kaynaklanan	7
Toplam Ekipman Etkinliğinden Kaynaklanan	7

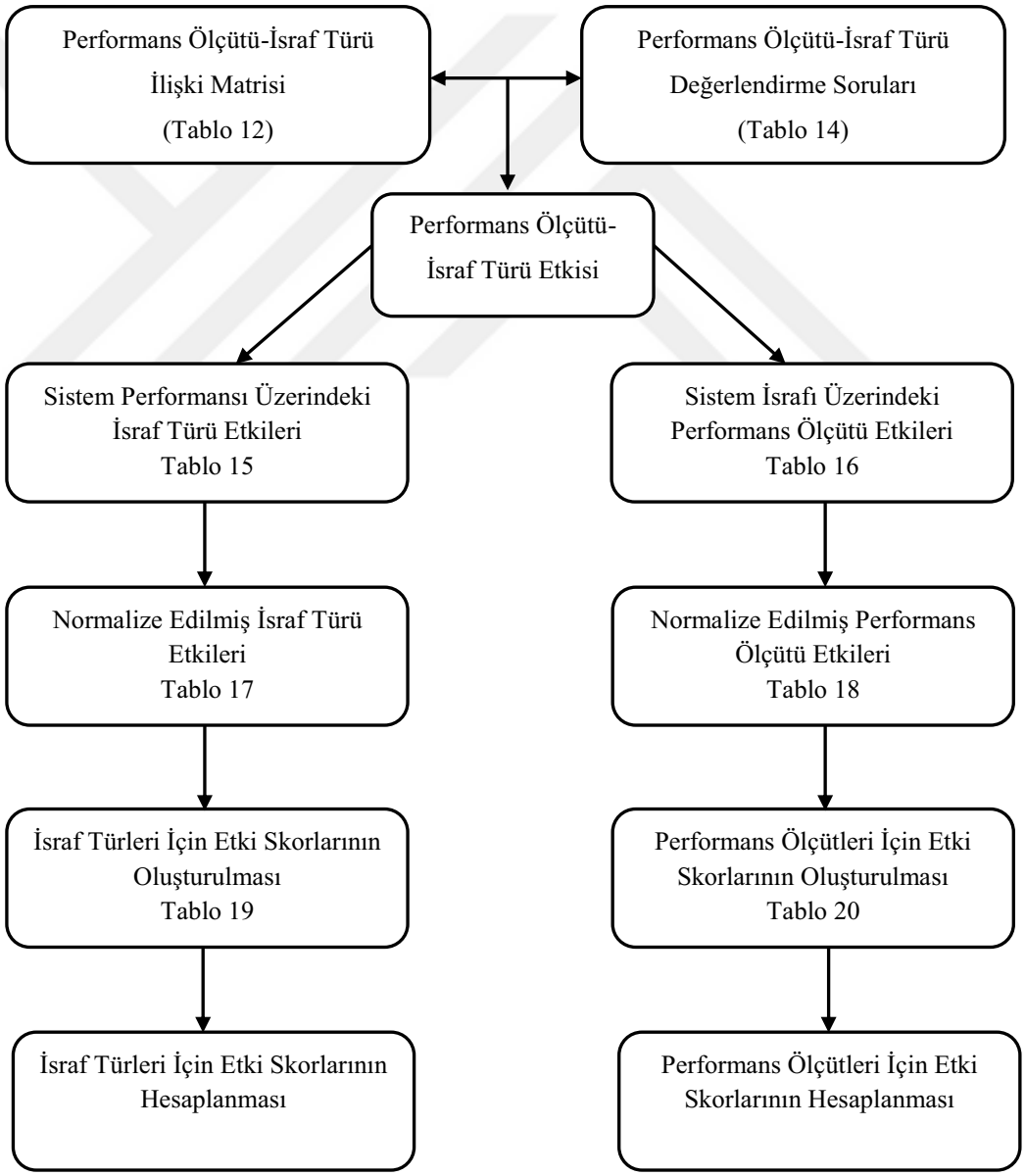
Ara Stok Miktarından Kaynaklanan	7
Üretilen İş Miktarını Etkileyen	7
Verimliliği Etkileyen	7
Süreç Kalitesini Etkileyen	7
Takt Zamanını Etkileyen	7
Üretim Dengelemeyi Etkileyen	7
Toplam Ekipman Etkinliğinden Etkileyen	7
Ara Stok Miktarını Etkileyen	7
SORU GRUPLARI	**SORU SAYISI**
Kusurdan Kaynaklanan	7
Fazla Üretimden Kaynaklanan	7
Fazla Stoktan Kaynaklanan	7
Gereksiz İşlemden Kaynaklanan	7
Gereksiz Taşımadan Kaynaklanan	7
Gereksiz Hareketten Kaynaklanan	7
Beklemeden Kaynaklanan	7
Kusuru Etkileyen	7
Fazla Üretimi Etkileyen	7
Fazla Stoğu Etkileyen	7
Gereksiz İşlemi Etkileyen	7
Gereksiz Taşımayı Etkileyen	7
Gereksiz Hareketi Etkileyen	7
Beklemeyi Etkileyen	7

Karşılıklı ilişkilerin belirlenmesi amacıyla oluşturulan soru formları, değerlendirme kolaylığı için mühendislerin ifadelere katılım düzeylerini beşli ölçekte değerlendirecekleri şekilde oluşturulmuştur. Sorulara verilen ifadelere katılım düzeylerine farklı ağırlıklar atanmış ve ifadelere katılan ortalama mühendis sayıları hesaplanmıştır. Performans ölçütleri ve israf türleri için ayrı ayrı oluşturulan soru formları, hesaplanan ağırlıklar ve ortalama mühendis sayılarını gösteren detaylı bir şekilde Ek-7 ve Ek-8'de verilmiştir.

3.4.4. Performans Ölçütleri-İsraf Türleri Etki Skorlarının Hesaplanması

Bu başlık altında Tablo 12'de gösterilen Performans ölçütü-İsraf türü matrisi ile Tablo 13'deki soru formları kullanılarak, sistem performansı üzerindeki her israf türünün etkisi ile toplam sistem israfı üzerindeki her performans ölçütünün etkisi belirlenmeye çalışılacaktır. Bu amaç doğrultusunda Şekil 9'da gösterilen aşamalar sırasıyla uygulanacaktır.

Şekil 9: Performans Ölçütü-İsraf Türü Etkilerinin Geliştirilmesi Aşamaları



İlk aşama olarak performans ölçütü-israf türü matrisindeki ağırlıklar ile soru formları kullanılarak, sistem performansı üzerindeki israf türü etkileri ile sistem israfı üzerindeki performans ölçütü etkileri hesaplanacaktır. Tablo 15'de israf türlerinin sistem performans ölçütleri üzerindeki doğrudan etkisi gösterilmektedir.

Tablo 15: Performans Ölçütleri Üzerindeki İsraf Türlerinin Etkisi

Performans Ölçütleri Soruları	**K**	**Ü**	**S**	**İ**	**T**	**H**	**B**
Üretilen İş Miktarından Kaynaklanan	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j
Verimlilikten Kaynaklanan	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j
Süreç Kalitesinden Kaynaklanan	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j
Takt Zamanından Kaynaklanan	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j
Üretim Dengelemeden Kaynaklanan	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j
Toplam Ekipman Etkinliğinden Kaynaklanan	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j
Ara Stok Miktarından Kaynaklanan	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j
Üretilen İş Miktarını Etkileyen	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j
Verimliliği Etkileyen	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j
Süreç Kalitesini Etkileyen	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j
Takt Zamanını Etkileyen	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j
Üretim Dengelemeyi Etkileyen	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j
Toplam Ekipman Etkinliğinden Etkileyen	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j
Ara Stok Miktarını Etkileyen	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j
$Skor_j$	S_{j1}	S_{j2}	S_{j3}	S_{j4}	S_{j5}	S_{j6}	S_{j7}

Burada;

$$\mathrm{Skor}_j = \sum_{k=1}^{14} w_j \tag{1}$$

$$w_j = w_1, w_2, w_3, \dots \dots, w_n$$

$$k_j = k_1, k_2, k_3, \dots \dots, k_{14}$$

k performans ölçütünden kaynaklanan ve performans ölçütünü etkileyen olmak üzere soru kategorilerini gösterdiğinden 14' tür. Her sütundaki ağırlıklar toplanarak ise etki skorları elde edilir.

Tablo 16'da ise performans ölçütlerinin sistem israfı üzerindeki etkisi gösterilmektedir.

Tablo 16: İsraf Türleri Üzerindeki Performans Ölçütü Etkisi

İsraf Türleri Soruları	**ÜİM**	**VER**	**KAL**	**TZM**	**DEN**	**TEE**	**ASM**
Kusurdan Kaynaklanan	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i
Fazla Üretimden Kaynaklanan	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i
Fazla Stoktan Kaynaklanan	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i
Gereksiz İşlemden Kaynaklanan	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i
Gereksiz Taşımadan Kaynaklanan	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i
Gereksiz Hareketten Kaynaklanan	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i
Beklemeden Kaynaklanan	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i
Kusuru Etkileyen	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i
Fazla Üretimi Etkileyen	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i
Fazla Stoğu Etkileyen	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i
Gereksiz İşlemi Etkileyen	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i
Gereksiz Taşımayı Etkileyen	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i
Gereksiz Hareketi Etkileyen	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i
Beklemeyi Etkileyen	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i	w_i
$Skor_i$	Si_1	Si_2	Si_3	Si_4	Si_5	Si_6	Si_7

Burada;

$$\mathrm{Skor}_i = \sum_{k=1}^{14} w_i \qquad (2)$$

$$w_i = w_1, w_2, w_3, \dots \dots, w_n$$

$$k_i = k_1, k_2, k_3, \dots \dots, k_{14}$$

k performans ölçütünden kaynaklanan ve performans ölçütünü etkileyen olmak üzere soru kategorilerini gösterdiğinden 14' tür. Her sütundaki ağırlıklar toplanarak ise etki skorları elde edilir.

Tablo 15 ve Tablo 16 oluşturulduktan sonra bir sonraki aşama olan normalizasyon işlemine geçilir. Her iki tabloda yer alan wj ve wi değerleri her kategorideki soru sayısı olan 7'ye bölünerek bu işlem gerçekleştirilir. Daha sonra matematiksel olarak gösterimi 3 ve 4 numaralı eşitlikte gösterildiği üzere israf türleri ve performans ölçütleri için skor değerleri elde edilecektir.

$$S_{isr} = \sum_{k=1}^{14} \frac{w_j}{n_j} \qquad j \text{ tane israf tipi için} \qquad (3)$$

$$S_{per} = \sum_{k=1}^{14} \frac{w_i}{n_i} \qquad i \text{ tane performans ölçütü için} \qquad (4)$$

İsraf türlerinin sistem performans ölçütleri üzerindeki normalize edilmiş etkileri Tablo 17'de gösterilmiştir.

Tablo 17: Normalize İsraf Türü Etkileri

Performans Ölçütleri Soruları	**K**	**Ü**	**S**	**İ**	**T**	**H**	**B**
Üretilen İş Miktarından Kaynaklanan	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j
Verimlilikten Kaynaklanan	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j
Süreç Kalitesinden Kaynaklanan	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j
Takt Zamanından Kaynaklanan	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j
Üretim Dengelemeden Kaynaklanan	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j
Toplam Ekipman Etkinliğinden Kaynaklanan	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j
Ara Stok Miktarından Kaynaklanan	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j
Üretilen İş Miktarını Etkileyen	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j
Verimliliği Etkileyen	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j
Süreç Kalitesini Etkileyen	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j
Takt Zamanını Etkileyen	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j
Üretim Dengelemeyi Etkileyen	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j
Toplam Ekipman Etkinliğinden Etkileyen	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j
Ara Stok Miktarını Etkileyen	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j	w_j/n_j
Skor (S_{isr})	S_{j1}	S_{j2}	S_{j3}	S_{j4}	S_{j5}	S_{j6}	S_{j7}
Frekans (F_{isr})	F_{j1}	F_{j2}	F_{j3}	F_{j4}	F_{j5}	F_{j6}	F_{j7}

Burada;

$n_j = n_1, n_2, n_3, \dots\dots, n_n$ Gruplardaki soru sayısı

$w_j = w_1, w_2, w_3, \dots\dots, w_n$ İsraf türlerinin bireysel ağırlıkları

$k_j = k_1, k_2, k_3, \dots\dots, k_{14}$ Soru kategorisi sayısı

$$S_{isr} = \sum_{k=1}^{14} \frac{w_j}{n_j}$$:Normalize israf türü etkileri toplamı

F_{isr} : Her israf türü için boş olan hücre sayısı çıkarıldıktan sonraki hücre sayısı

Performans ölçütlerinin sistem israfı üzerindeki normalize edilmiş etkileri Tablo 18'de gösterilmiştir.

Tablo 18: Normalize Performans Ölçütü Etkileri

İsraf Türleri Soruları	**ÜİM**	**VER**	**KAL**	**TZM**	**DEN**	**TEE**	**ASM**
Kusurdan Kaynaklanan	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i
Fazla Üretimden Kaynaklanan	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i
Fazla Stoktan Kaynaklanan	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i
Gereksiz İşlemden Kaynaklanan	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i
Gereksiz Taşımadan Kaynaklanan	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i
Gereksiz Hareketten Kaynaklanan	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i
Beklemeden Kaynaklanan	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i
Kusuru Etkileyen	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i
Fazla Üretimi Etkileyen	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i
Fazla Stoğu Etkileyen	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i
Gereksiz İşlemi Etkileyen	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i
Gereksiz Taşımayı Etkileyen	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i
Gereksiz Hareketi Etkileyen	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i
Beklemeyi Etkileyen	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i	w_i/n_i
Skor (S_{per})	S_{i1}	S_{i2}	S_{i3}	S_{i4}	S_{i5}	S_{i6}	S_{i7}
Frekans (F_{per})	F_{i1}	F_{i2}	F_{i3}	F_{i4}	F_{i5}	F_{i6}	F_{i7}

Burada;

$n_i = n_1, n_2, n_3, \dots\dots, n_n$ Gruplardaki soru sayısı

$w_i = w_1, w_2, w_3, \dots\dots, w_n$ Performans ölçütlerinin bireysel ağırlıkları

$k_j = k_1, k_2, k_3, \dots\dots, k_{14}$ Soru kategorisi sayısı

$$S_{per} = \sum_{k=1}^{14} \frac{w_i}{n_i}$$:Normalize performans ölçütü etkileri toplamı

F_{per} : Her performans ölçütü için boş olan hücre sayısı çıkarıldıktan sonraki hücre sayısı

Bir sonraki aşama ise firmanın yalın üretim mühendisleri tarafından doldurulan performans ölçütü israf türü değerlendirme sorularının uygulamaya dahil edilmesidir. Bu aşamada ifadelere katılan mühendislerin ortalama sayısı ve ifadelere katılım düzeylerinin ağırlığı dahil edilecektir. Yine, israf türlerinin performans ölçütleri üzerindeki etkileri ve performans ölçütlerinin sistem israfı üzerindeki etkileri olmak ayrı ayrı incelenmeye devam edilecektir.

Tablo 19'da israf türü etkisi için yeni skor değerlerinin nasıl hesaplanacağı gösterilmektedir. 5 no'lu eşitlikte de matematiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 19: İsraf Türü Etkisi İçin Hesaplanan Yeni Skor Değerleri

Performans Ölçütleri Soruları	**Katılım Düzeyi Ort.**	**K**	**Ü**	**S**	**İ**	**T**	**H**	**B**
Üretilen İş Miktarından Kaynaklanan	φ_j	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)
Verimlilikten Kaynaklanan	φ_j	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)
Süreç Kalitesinden Kaynaklanan	φ_j	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)
Takt Zamanından Kaynaklanan	φ_j	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)
Üretim Dengelemeden Kaynaklanan	φ_j	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)
Toplam Ekipman Etkinliğinden Kaynaklanan	φ_j	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)
Ara Stok Miktarından Kaynaklanan	φ_j	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)
Üretilen İş Miktarını Etkileyen	φ_j	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)
Verimliliği Etkileyen	φ_j	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)
Süreç Kalitesini Etkileyen	φ_j	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)
Takt Zamanını Etkileyen	φ_j	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)
Üretim Dengelemeyi Etkileyen	φ_j	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)
Toplam Ekipman Etkinliğinden Etkileyen	φ_j	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)
Ara Stok Miktarını Etkileyen	φ_j	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)	φ_j (w_j/n_j)
Skor ($S_{isr\text{-}yeni}$)		$S_{j1\text{-}yeni}$	$S_{j2\text{-}yeni}$	$S_{j3\text{-}yeni}$	$S_{j4\text{-}yeni}$	$S_{j5\text{-}yeni}$	$S_{j6\text{-}yeni}$	$S_{j7\text{-}yeni}$
Frekans ($F_{isr\text{-}yeni}$)		$F_{j1\text{-}yeni}$	$F_{j2\text{-}yeni}$	$F_{j3\text{-}yeni}$	$F_{j4\text{-}yeni}$	$F_{j5\text{-}yeni}$	$F_{j6\text{-}yeni}$	$F_{j7\text{-}yeni}$

Burada,

$$S_{isr-yeni} = \sum_{k=1}^{14} \left(\frac{w_j}{n_j}\right) \times \varphi_j \quad \text{: israf türü etkisine ilişkin yeni skor değeri} \qquad (5)$$

$F_{isr-yeni}$: Tüm hücrelerden boş hücre sayısını çıkarılması ile elde edilen yeni frekans değeri

φ_j = Soru formunda yer alan katılım düzeylerinin ağırlığı ile cevaplayan ortalama kişi sayısının çarpımı

Tablo 20'de ise performans ölçütü etkisi için yeni skor değerlerinin nasıl hesaplanacağı gösterilmektedir. 6 no'lu eşitlikte de matematiksel olarak gösterimi yapılmaktadır.

Tablo 20: Performans Ölçütü Etkisi İçin Hesaplanan Yeni Skor Değerleri

İsraf Türü Soruları	**Katılım Düzeyi Ort.**	**ÜİM**	**VER**	**KAL**	**TZM**	**DEN**	**TEE**	**ASM**
Kusurdan Kaynaklanan	φ_i	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)
Fazla Üretimden Kaynaklanan	φ_i	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)
Fazla Stoktan Kaynaklanan	φ_i	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)
Gereksiz İşlemden Kaynaklanan	φ_i	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)
Gereksiz Taşımadan Kaynaklanan	φ_i	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)
Gereksiz Hareketten Kaynaklanan	φ_i	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)
Beklemeden Kaynaklanan	φ_i	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)
Kusuru Etkileyen	φ_i	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)
Fazla Üretimi Etkileyen	φ_i	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)
Fazla Stoğu Etkileyen	φ_i	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)
Gereksiz İşlemi Etkileyen	φ_i	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)
Gereksiz Taşımayı Etkileyen	φ_i	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)
Gereksiz Hareketi Etkileyen	φ_i	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)
Beklemeyi Etkileyen	φ_i	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)	φ_i (w_i/n_i)
Skor ($S_{per-yeni}$)		$S_{i1-yeni}$	$S_{i2-yeni}$	$S_{i3-yeni}$	$S_{i4-yeni}$	$S_{i5-yeni}$	$S_{i6-yeni}$	$S_{i7-yeni}$
Frekans ($F_{per-yeni}$)		$F_{i1-yeni}$	$F_{i2-yeni}$	$F_{i3-yeni}$	$F_{i4-yeni}$	$F_{i5-yeni}$	$F_{i6-yeni}$	$F_{i7-yeni}$

Burada,

$$S_{per-yeni} = \sum_{k=1}^{14} \left(\frac{w_i}{n_i}\right) \times \varphi_i \quad \text{: performans ölçütü etkisine ilişkin yeni skor değeri} \qquad (6)$$

$F_{per-yeni}$: Tüm hücrelerden boş hücre sayısını çıkarılması ile elde edilen yeni frekans değeri

φ_i = Soru formunda yer alan katılım düzeylerinin ağırlığı ile cevaplayan ortalama kişi sayısının çarpımı

Tablo 19'daki israf türü etkisi yeni skor değerleri ile Tablo 20'deki performans ölçütü yeni skor değerleri elde edildikten sonra nihai sonuçların elde edilmesine geçilecektir. 7 ve 8 no'lu eşitlikler yardımıyla son etki skorları hesaplanacaktır.

$$S_{isr-son} = \frac{S_{isr-yeni}}{S_{isr}} \times \frac{F_{isr-yeni}}{F_{isr}} \times \left(Y_{jn}\right) \quad \text{: j tane israf türü için} \qquad (7)$$

$$S_{per-son} = \frac{S_{per-yeni}}{S_{per}} \times \frac{F_{per-yeni}}{F_{per}} \times \left(Y_{in}\right) \quad \text{: i tane performans ölçütü için} \qquad (8)$$

Burada,

$S_{isr-son}$ = İsraf Türü Son Etki Skoru

$S_{per-son}$ = Performans Ölçütü Son Etki Skoru

Y_{jn} ve Y_{in} ise Tablo 12'deki performans ölçütü-israf türü ilişki matrisi matrisinden elde edilen yüzde değerleridir.

3.4.5. İsraf Türü-Performans Ölçütü Etkileşiminin *DEMATEL* İle Belirlenmesi

DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) karmaşık yapıdaki problemlere çözüm üretebilmek için 1970'li yıllarda Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü tarafından geliştirilen bir yöntemdir (Li ve Tzeng, 2009: 9891). *DEMATEL*, karmaşık problem kümelerini ve hiyerarşik yapıda uygulanabilir çözümlerin tanımlanmasına katkıda bulunmak için uygun bilimsel araştırma yöntemlerinin kullanılmasına öncülük etme ümidiyle geliştirilmiştir. Grafiksel temelli *DEMATEL* yöntemi nedensel ilişkinin daha iyi anlaşılmasını sağlayarak, ilgili

faktörleri sebep ve sonuç gruplarına bölerek, problemleri taslak olarak planlama ve çözme imkanı tanır (Aksakal ve Dağdeviren, 2010:907).

DEMATEL metodu sebep-sonuç modeli içeren dolaylı ilişkileri kapsaması açısından önem arz etmektedir. Değişkenler arasındaki yapı ve ilişkiler ile geçerli sayıda alternatifleri inceleyen etkili bir yöntem olan *DEMATEL,* kriterleri ilişkilerin cinsi ve birbirleri üzerindeki etkilerinin önemi yönünden öncelik sırasına göre düzenleyebilir. Diğer kriterler üstünde daha çok etkisi olan ve yüksek önceliği olduğu kriterler etkileyen kriterler, daha çok etki altında kalan ve düşük önceliği olduğu kabul kriterler ise sonuç kriterleri olarak adlandırılır (Tseng ve Lin, 2009: 520). Bu açıdan bakıldığında *DEMATEL* yönteminin en önemli özellikleri, kriterler ve ya değişkenler arasındaki birbirlerini etkileme durumunu ve birbirlerinden etkilenme derecesini belirleyebilme ve ilişkileri açıklayıcı bir model ortaya koyabilmesidir (Tzeng vd., 2007: 1031-1032).

Uygulama amacı doğrultusunda ele alınan israf türleri ile performans ölçütleri arasındaki etkileşimin belirlenmesinde *DEMATEL* yönteminden yararlanılacaktır. Bu yöntemin adımları aşağıda anlatılmaktadır (Chen ve Tzeng, 2011: 26-29; Wang ve Tzeng, 2012: 5605-5607; Chen vd., 2011: 911-912) .

1. Adım: Bu yöntemin ilk aşaması doğrudan ilişki matrisinin oluşturulmasıdır. Uygulamanın ilk kısmında oluşturulan ve Tablo 12'de bir örneği gösterilen doğrudan ilişki matrisi bu başlık altındaki analizlerin ilk aşamasını oluşturacaktır. Doğrudan ilişki matrisi oluşturulurken 0, 1, 2, 3 ve 4 rakamlarından sırasıyla etkisiz, düşük etki, orta düzey etki, yüksek etki ve çok yüksek etkiyi ifade edecek şekilde yararlanılacaktır.

Doğrudan ilişki matrisinde yer alan değerler, i. israf türü yada performans ölçütünün, j.performans ölçütü ya da israf türü üzerindeki doğrudan ilişkisini gösterecektir. Doğrudan ilişki matrisi aşağıdaki gösterilmektedir.

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{1j} & d_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{i1} & d_{ij} & d_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{n1} & d_{nj} & d_{nn} \end{bmatrix}$$

2. Adım: Bu adımda oluşturulan doğrudan ilişki matrisi normalleştirilir. Normalleştirme işlemi 9 ve 10 no' lu eşitliklerden yararlanılarak gerçekleştirilir.

$$\mathbf{X} = \mathbf{s}.\mathbf{D} \tag{9}$$

$$s = \min\left[\frac{1}{\max_i \sum_{j=1}^{n}|d_{ij}|}, \frac{1}{\max_j \sum_{i=1}^{n}|d_{ij}|}\right] \tag{10}$$

3. Adım: Bu adımda bir önceki aşamada normalize edilen doğrudan ilişki matrisi 11 no'lu eşitlikten yararlanılarak, 12 no'lu eşitlikteki toplam etki matrisine dönüştürülür.

$$T = X + X^2 + \cdots + X^h = X(I - X)^{-1} \tag{11}$$

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{1j} & t_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{i1} & t_{ij} & t_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{n1} & t_{nj} & t_{nn} \end{bmatrix} \tag{12}$$

4. Adım: Toplam etki matrisinin satırlar toplamı ***d***, sütunlar toplamı ise **r** olacak şekilde 13 ve 14 no'lu eşitlikler elde edilir.

$$\mathbf{d}_i = \sum_{j=1}^{n} \mathbf{t}_{ij} \rightarrow \mathbf{D} = \begin{bmatrix} \mathbf{d}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{d}_i \\ \vdots \\ \mathbf{d}_n \end{bmatrix}_{n\times 1} \tag{13}$$

$$\mathbf{r}_j = \sum_{i=1}^{n} \mathbf{t}_{ij} \rightarrow \mathbf{R} = [\mathbf{r}_1 \quad \cdots \quad \mathbf{r}_j \quad \cdots \quad \mathbf{r}_n]_{1\times n} \tag{14}$$

13 ve 14 no'lu eşitlikler kullanılarak $d_i + r_j$ ve $d_i - r_j$ değerleri hesaplanacaktır. Buna göre;

- $d_i + r_j$ değeri yüksek olan performans ölçütü ya da israf türünün diğerleri ile daha çok ilişkili, düşük olan performans ölçütü ya da israf türünün diğerleriyle daha az ilişkisi olduğu anlamına gelmektedir.
- $d_i - r_j$ değeri pozitif olan performans ölçütü ya da israf türü diğerlerini etkilemekte, $d_i - r_j$ negatif olan performans ölçütü ya da israf türü ise diğerlerinden etkilenmektedir.

5. Adım: Toplam etki matrisi üzerinden hesaplanan $d_i + r_j$ ve $d_i - r_j$ değerleri ve belirlenen bir eşik değeri ile etki diyagramı çizilmesi yöntemin son adımıdır.

3.5. UYGULAMA VERİLERİNİN ANALİZİ

Bu başlık altında uygulama verileri uygulama metodolojisi başlığında anlatıldığı şekilde analiz edilecektir. Analizin ilk kısmında tüm performans ölçütleri ile tüm israf türleri arasındaki ilişkiler Tablo 21'deki değerlendirme ölçütleri ve ölçüt ağırlıkları dikkate alınarak belirlenmiştir. Ağırlıkların belirlenmesinde mühendis görüşünden yararlanılmıştır.

Tablo 21: İsraf Türü-Performans Ölçütü İlişkileri İçin Oluşturulan Değerlendirme Ölçütleri

Ölçütler	
1. Performans ölçütü, israf türü üretir mi?	
a. Her zaman	5
b. Bazen	3
c. Nadiren	1
2. Performans ölçütü ile israf türü arasında ne tip bir ilişki vardır?	
a. Performans ölçütü değerlerinin optimize edilmesi, israfın azalmasına ve ortadan kalkmasına neden olur.	5
b. Performans ölçütü değerlerinin optimize edilmesi, israf değerleri seviyesinde bir azaltmaya neden olur.	3
c. Performans ölçütleriyle israf türleri arasındaki ilişki, koşullara bağlı olarak rastlantısaldır.	1
3. Performans ölçütlerinin iyileştirilmesinin israf türlerine etkisi nedir?	
a. Doğrudan ve açık bir şekilde ortaya çıkar.	5
b. Ortaya çıkması için zamana ihtiyaç vardır.	3
c. Sık sık ortaya çıkmaz.	1
4. Performans ölçütleri ve israf türlerinin iyileştirilmesi şununla başarılır:	
a. Yalın üretim yönetim araçlarının hayata geçirilmesiyle	5
b. Çalışanların ve yöneticilerin birlikteliğiyle	5
c. İş istasyonlarının yalın araçlar olmaksızın optimize edilmesiyle	1
5 Performans ölçütlerinden kaynaklanan israf türlerinin etkisi esas olarak şunu etkiler:	
a. Ürün Kalitesi	3
b. Teslim Süresi	3
c. Müşteri Tatmini	3
d. Ürün ve Teslim Süresi	4
e. Ürün Kalitesi ve Müşteri Tatmini	4
f. Teslim Süresi ve Müşteri Tatmini	4
g. Ürün Kalitesi, Teslim Süresi ve Müşteri Tatmini	5
6 Performans ölçütlerinin iyileştirilmesinin israf türleri üzerindeki etkisi üretim teslim süresini hangi derecede etkiler?	
a. Yüksek Derecede	5
b. Orta Derecede	3
c. Düşük Derecede	1

Tablo 8'de bir örneği verilen, ayrıca Ek-1, Ek-2, Ek-3, Ek-4, Ek-5 ve Ek-6'da da gösterildiği şekilde tüm performans ölçütleri ile tüm israf türleri arasındaki

ilişkiler yukarıdaki Tablo 21'deki değerlendirme ölçütleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bu ilişkileri ve ağırlıkların yer aldığı performans ölçütü israf türü ilişki matrisi oluşturulmasında kullanılacak olan veriler Tablo 22'de verilmektedir.

Tablo 22: İsraf Türü-Performans Ölçütü İlişkilerini Gösteren Veriler

Ölçüt	**1**		**2**		**3**		**4**		**5**		**6**			
	Cvp	**Ağr.**	**Cvp**	**Ağr.**	**Cvp**	**Ağr.**	**Cvp**	**Ağr.**	**Cvp**	**Ağr.**	**Cvp**	**Ağr.**	**Skor**	**İlişki**
ÜİM_K	b	3	a	5	b	3	b	5	g	5	b	3	**24**	**Ö**
ÜİM_Ü	a	5	a	5	b	3	a	5	b	3	a	5	**26**	**Ç**
ÜİM_S	a	5	a	5	b	3	a	5	f	4	c	1	**23**	**Ö**
ÜİM_İ	b	3	b	3	c	1	a	5	b	3	b	3	**18**	**O**
ÜİM_T	b	3	b	3	b	3	b	3	d	4	a	5	**21**	**O**
ÜİM_H	c	1	c	1	c	1	a	5	b	3	c	1	**12**	**A**
ÜİM_B	c	1	b	3	c	1	b	5	b	3	b	3	**16**	**D**
VER_K	b	3	b	3	b	3	b	5	g	5	c	1	**20**	**O**
VER_Ü	b	3	b	3	a	5	a	5	b	3	b	3	**22**	**Ö**
VER_S	b	3	b	3	a	5	a	5	b	3	b	3	**22**	**Ö**
VER_İ	b	3	a	5	b	3	a	5	b	3	c	1	**20**	**O**
VER_T	b	3	b	3	a	5	b	5	b	3	c	1	**20**	**O**
VER_H	b	3	b	3	b	3	b	5	b	3	b	3	**20**	**O**
VER_B	b	3	a	5	a	5	a	5	b	3	a	5	**26**	**Ö**
KAL_K	a	5	a	5	a	5	a	5	f	4	a	5	**29**	**Ç**
KAL_Ü	b	3	b	3	a	5	a	5	f	4	b	3	**23**	**Ö**
KAL_S	b	3	b	3	a	5	a	5	b	3	b	3	**22**	**Ö**
KAL_İ	b	3	a	5	a	5	a	5	d	4	b	3	**25**	**Ö**
KAL_T	b	3	b	3	b	3	a	5	e	4	a	5	**23**	**Ö**
KAL_H	b	3	c	1	c	1	c	1	a	3	c	1	**10**	**A**
KAL_B	c	1	c	1	b	3	c	1	a	3	c	1	**10**	**A**
TZM_K	b	3	b	3	b	3	b	5	g	5	a	5	**24**	**Ö**
TZM_Ü	b	3	b	3	b	3	a	5	f	4	b	3	**21**	**O**
TZM_S	b	3	b	3	a	5	a	5	f	4	b	3	**23**	**Ö**
TZM_İ	b	3	b	3	b	3	b	5	f	4	b	3	**21**	**O**
TZM_T	c	1	b	3	c	1	b	5	b	3	b	3	**16**	**D**
TZM_H	c	1	b	3	b	3	a	5	b	3	b	3	**18**	**O**
TZM_B	c	1	a	5	b	3	a	5	b	3	b	3	**20**	**O**
DEN_K	b	3	c	1	a	5	b	5	d	4	c	1	**19**	**O**
DEN_Ü	c	1	b	3	c	1	a	5	f	4	b	3	**17**	**D**
DEN_S	c	1	b	3	b	3	a	5	f	4	b	3	**19**	**O**
DEN_İ	b	3	b	3	b	3	a	5	b	3	b	3	**20**	**O**
DEN_T	c	1	b	3	b	3	b	5	a	3	c	1	**16**	**D**
DEN_H	c	1	b	3	b	3	c	1	b	3	b	3	**14**	**D**
DEN_B	c	1	b	3	b	3	a	5	b	3	c	1	**16**	**D**
TEE_K	b	3	a	5	a	5	b	5	f	4	a	5	**27**	**Ç**
TEE_Ü	b	3	b	3	b	3	a	5	b	3	b	3	**20**	**O**
TEE_S	b	3	b	3	b	3	a	5	b	3	b	3	**20**	**O**
TEE_İ	b	3	b	3	a	5	a	5	b	3	a	5	**24**	**Ö**
TEE_T	c	1	b	3	b	3	a	5	b	3	a	5	**20**	**O**
TEE_H	b	3	b	3	b	3	a	5	b	3	a	5	**22**	**Ö**
TEE_B	b	3	a	5	b	3	a	5	b	3	a	5	**24**	**Ö**
ASM_K	b	3	b	3	b	3	b	5	g	5	a	5	**24**	**Ö**
ASM_Ü	b	3	b	3	b	3	a	5	f	4	b	3	**21**	**O**
ASM_S	b	3	a	5	b	3	a	5	f	4	b	3	**23**	**Ö**
ASM_İ	c	1	c	1	c	1	a	5	b	3	c	1	**12**	**A**
ASM_T	b	3	b	3	b	3	b	5	f	4	b	3	**21**	**O**
ASM_H	b	3	c	1	c	1	a	5	b	3	b	3	**16**	**D**
ASM_B	b	3	b	3	c	1	b	5	b	3	c	1	**16**	**O**

Yukarıda Tablo 22'de gösterildiği üzere, her ilişki türü için 6 ölçüt dikkate alınarak verilen cevapların toplamından oluşan skorlar Tablo 23'de yer alan skor aralıklarına göre, ilişki türleri çok önemli, önemli, orta düzeyde önemli, düşük düzeyde önemli ve çok az önemli olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Aralıklar oluşturulurken SPSS paket programının *Visual Binning* menüsünden yararlanılarak skor aralıkları oluşturulmuştur.

Tablo 23: Skor Aralıklarına Göre İlişki Türleri ve Semboller

ARALIK	İLİŞKİ TÜRÜ	SEMBOL
26-29	Çok Önemli	Ç=9
22-25	Önemli	Ö=8
18-21	Orta Düzeyde Önemli	O=7
14-17	Düşük Düzeyde Önemli	D=6
13 ve daha az	Çok Az Önemli	A=5

Tüm ilişkileri gösteren skorlar elde edilip ilişki türleri belirlendikten sonra performans ölçütü israf türü ilişki matrisi oluşturulacaktır. Oluşturulan performans ölçütü israf türü ilişki matrisi Tablo 24'de gösterilmektedir.

Tablo 24: Oluşturulan Performans Ölçütü-İsraf Türü İlişki Matrisi

	K	Ü	S	İ	T	H	B	$Skor_{in}$	Y_{in}(%)
ÜİM	8	9	8	7	7	5	6	50	**14,3**
VER	7	8	8	7	7	7	8	52	**14,9**
KAL	9	8	8	8	8	5	5	51	**14,6**
TZM	8	7	8	7	6	7	7	50	**14,3**
DEN	7	6	7	7	6	6	6	45	**12,9**
TEE	9	7	7	8	7	8	8	54	**15,5**
ASM	8	7	8	5	7	6	6	47	**13,5**
$Skor_{jn}$	56	52	54	49	48	44	46	349	100
Y_{jn}(%)	**16**	**14,9**	**15,5**	**14**	**13,8**	**12,7**	**13,2**	100	

Tablo 24'de gösterilen Performans Ölçütü-İsraf Türü ilişki matrisi ilk önce performans ölçütü-israf türü değerleri değerleme formlarıyla elde edilen cevaplar ile bütünleştirilerek, performans ölçütü ve israf türü etki skorları hesaplanacaktır. Bunun sonucunda hesaplanan skorlar yardımıyla performans ölçütleri ve israf türleri hakkında hangi ölçütün daha önemli olacağı belirlenebilecektir.

Uygulamanın ilk kısmı performans ölçütleri ve israf türleri hakkındaki etkilerin belirlenmesi ile bir sıralama imkanı vermesi açısından önem arz etmektedir. Ancak performans ölçütleri ve israf türleri arasındaki etkileşimin belirlenmesi konusundaki uygulamanın bu kısmı eksik kalmaktadır. Bu eksiklik, aradaki ilişki ve etkileşimin daha iyi açıklanabilmesi için *DEMATEL* yönteminin kullanılmasıyla giderilmeye çalışılmıştır. Uygulama kapsamında ele alınan israf türleri ve performans ölçütleri ile ilgili ilişkileri gösterecek ilişki matrisi *DEMATEL* ilişki ölçeğine uygun bir şekilde firma yalın üretim müdürü tarafından tekrar oluşturulmuştur. *DEMATEL* aşamaları uygulandıktan sonra performans ölçütleri ve israf türleri, etkileyen ve etkilenen değişkenler olarak ayrılacaktır. Birbirlerini etkileyen ve etkilenen olarak ayrılan performans ölçütü ve israf türleri için etki diyagramı çizilerek, aradaki etkileşimin daha iyi anlaşılır ve yorumlanabilir bir hale gelmesi sağlanacaktır.

3.5.1. Performans Ölçütü-İsraf Türü Etki Skorlarının Belirlenmesi

Bu başlık altında Tablo 24'de oluşturulan performans ölçütü-israf türü matrisi ile Ek 7 ve Ek 8'de verilen firmada çalışan tüm yalın üretim mühendislerinin verdikleri cevaplardan oluşan soru formları kullanılarak, sistem performansı üzerindeki israf türü doğrudan etkileri ile sistem israfı üzerindeki performans ölçütü doğrudan etkileri hesaplanacaktır.

İlk olarak Tablo 24'deki ilişki matrisine ait veriler, Tablo 25'de gösterilen israf türlerinin sistem performans ölçütleri üzerindeki doğrudan etkisinin ve Tablo 26'da gösterilen performans ölçütlerinin sistem israfı üzerindeki doğrudan etkisinin hesaplanabilmesi için kullanılacaktır.

Tablo 25: İsraf Türlerinin Performans Ölçütleri Üzerindeki Doğrudan Etkisi

Performans Ölçütleri Soruları	K	Ü	S	İ	T	H	B
Üretilen İş Miktarından Kaynaklanan	8	9	8	7	7	5	6
Verimlilikten Kaynaklanan	7	8	8	7	7	7	8
Süreç Kalitesinden Kaynaklanan	9	8	8	8	8	5	5
Takt Zamanından Kaynaklanan	8	7	8	7	6	7	7
Üretim Dengelemeden Kaynaklanan	7	6	7	7	6	6	6
Toplam Ekipman Etkinliğinden Kaynaklanan	9	7	7	8	7	8	8
Ara Stok Miktarından Kaynaklanan	8	7	8	5	7	6	6
Üretilen İş Miktarını Etkileyen	8	9	8	7	7	5	6
Verimliliği Etkileyen	7	8	8	7	7	7	8
Süreç Kalitesini Etkileyen	9	8	8	8	8	5	5
Takt Zamanını Etkileyen	8	7	8	7	6	7	7
Üretim Dengelemeyi Etkileyen	7	6	7	7	6	6	6
Toplam Ekipman Etkinliğinden Etkileyen	9	7	7	8	7	8	8
Ara Stok Miktarını Etkileyen	8	7	8	5	7	6	6
Skor$_j$	**112**	**104**	**108**	**98**	**96**	**88**	**92**

Tablo 26: Performans Ölçütlerinin İsraf Türleri Üzerindeki Doğrudan Etkisi

İsraf Türleri Soruları	ÜİM	VER	KAL	TZM	DEN	TEE	ASM
Kusurdan Kaynaklanan	8	7	9	8	7	9	8
Fazla Üretimden Kaynaklanan	9	8	8	7	6	7	7
Fazla Stoktan Kaynaklanan	8	8	8	8	7	7	8
Gereksiz İşlemden Kaynaklanan	7	7	8	7	7	8	5
Gereksiz Taşımadan Kaynaklanan	7	7	8	6	6	7	7
Gereksiz Hareketten Kaynaklanan	5	7	5	7	6	8	6
Beklemeden Kaynaklanan	6	8	5	7	6	8	6
Kusuru Etkileyen	8	7	9	8	7	9	8
Fazla Üretimi Etkileyen	9	8	8	7	6	7	7
Fazla Stoğu Etkileyen	8	8	8	8	7	7	8
Gereksiz İşlemi Etkileyen	7	7	8	7	7	8	5
Gereksiz Taşımayı Etkileyen	7	7	8	6	6	7	7
Gereksiz Hareketi Etkileyen	5	7	5	7	6	8	6
Beklemeyi Etkileyen	6	8	5	7	6	8	6
Skor$_i$	**100**	**104**	**102**	**100**	**90**	**108**	**94**

Tablo 25 ve Tablo 26 oluşturulduktan sonra veriler normalize edilecektir. Her iki tabloda yer alan w_j ve w_i değerleri her kategorideki soru sayısı olan 7'ye bölünerek bu işlem gerçekleştirilir. Normalize etkiler Tablo 27 ve Tablo 28'de gösterilmektedir.

Tablo 27. Normalize Edilmiş İsraf Türleri Etkisi

Performans Ölçütleri Soruları	K	Ü	S	İ	T	H	B
Üretilen İş Miktarından Kaynaklanan	1,14	1,29	1,14	1	1	0,71	0,86
Verimlilikten Kaynaklanan	1	1,14	1,14	1	1	1	1,14
Süreç Kalitesinden Kaynaklanan	1,29	1,14	1,14	1,14	1,14	0,71	0,71
Takt Zamanından Kaynaklanan	1,14	1	1,14	1	0,86	1	1
Üretim Dengelemeden Kaynaklanan	1	0,86	1	1	0,86	0,86	0,86
Toplam Ekipman Etkinliğinden Kaynaklanan	1,29	1	1	1,14	1	1,14	1,14
Ara Stok Miktarından Kaynaklanan	1,14	1	1,14	0,71	1	0,86	0,86
Üretilen İş Miktarını Etkileyen	1,14	1,29	1,14	1	1	0,71	0,86
Verimliliği Etkileyen	1	1,14	1,14	1	1	1	1,14
Süreç Kalitesini Etkileyen	1,29	1,14	1,14	1,14	1,14	0,71	0,71
Takt Zamanını Etkileyen	1,14	1	1,14	1	0,86	1	1
Üretim Dengelemeyi Etkileyen	1	0,86	1	1	0,86	0,86	0,86
Toplam Ekipman Etkinliğinden Etkileyen	1,29	1	1	1,14	1	1,14	1,14
Ara Stok Miktarını Etkileyen	1,14	1	1,14	0,71	1	0,86	0,86
Skor (S_{isr})	**16**	**14,86**	**15,43**	**14**	**13,71**	**12,57**	**13,14**
Frekans (F_{isr})	**14**	**14**	**14**	**14**	**14**	**14**	**14**

Tablo 28. Normalize Edilmiş Performans Ölçütleri Etkisi

İsraf Türleri Soruları	ÜİM	VER	KAL	TZM	DEN	TEE	ASM
Kusurdan Kaynaklanan	1,14	1	1,29	1,14	1	1,29	1,14
Fazla Üretimden Kaynaklanan	1,29	1,14	1,14	1	0,86	1	1
Fazla Stoktan Kaynaklanan	1,14	1,14	1,14	1,14	1	1	1,14
Gereksiz İşlemden Kaynaklanan	1	1	1,14	1	1	1,14	0,71
Gereksiz Taşımadan Kaynaklanan	1	1	1,14	0,86	0,86	1	1
Gereksiz Hareketten Kaynaklanan	0,71	1	0,71	1	0,86	1,14	0,86
Beklemeden Kaynaklanan	0,86	1,14	0,71	1	0,86	1,14	0,86
Kusuru Etkileyen	1,14	1	1,29	1,14	1	1,29	1,14
Fazla Üretimi Etkileyen	1,29	1,14	1,14	1	0,86	1	1
Fazla Stoğu Etkileyen	1,14	1,14	1,14	1,14	1	1	1,14
Gereksiz İşlemi Etkileyen	1	1	1,14	1	1	1,14	0,71
Gereksiz Taşımayı Etkileyen	1	1	1,14	0,86	0,86	1	1
Gereksiz Hareketi Etkileyen	0,71	1	0,71	1	0,86	1,14	0,86
Beklemeyi Etkileyen	0,86	1,14	0,71	1	0,86	1,14	0,86
Skor (S_{per})	**14,29**	**14,86**	**14,57**	**14,29**	**12,86**	**15,43**	**13,43**
Frekans (F_{per})	**14**	**14**	**14**	**14**	**14**	**14**	**14**

Bir sonraki aşamada firmanın yalın üretim mühendisleri tarafından cevaplanan Ek 7 ve Ek 8'de yer alan performans ölçütü israf türü değerlendirme soruları uygulamaya dahil edilecektir. Normalize matrislerdeki değerler, mühendislerin katılım düzeylerinin ağırlığı ile cevaplayan ortalama kişi sayısının çarpımından oluşan φ_j ve φ_i değerleri çarpılır. Böylece israf türleri ve performans

ölçütleri etkisi olacak şekilde ayrı ayrı iki skor değeri hesaplanır. İsraf türlerinin performans ölçütleri üzerindeki etkilerinin hesaplanması Tablo 29'da gösterilmiştir.

Tablo 29: İsraf Türü Etkisi İçin Hesaplamalar

Performans Ölçütleri Soruları	Katılım Düzeyi Ağırlığı	Ortalama Kişi Sayısı	Katılım Düzeyi Ort.	K	Ü	S	İ	T	H	B
Üretilen İş Miktarından Kaynaklanan			φ_j							
	0,33	3	0,99	1,13	1,27	1,13	0,99	0,99	0,71	0,85
	0,27	10	2,70	3,09	3,47	3,09	2,70	2,70	1,93	2,31
	0,20	2	0,40	0,46	0,51	0,46	0,40	0,40	0,29	0,34
	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Üretilen İş Miktarını Etkileyen			φ_j							
	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,20	1	0,20	0,23	0,26	0,23	0,20	0,20	0,14	0,17
	0,13	12	1,56	1,78	2,01	1,78	1,56	1,56	1,11	1,34
	0,07	2	0,14	0,16	0,18	0,16	0,14	0,14	0,10	0,12
Verimlilikten Kaynaklanan			φ_j							
	0,33	2	0,66	0,66	0,75	0,75	0,66	0,66	0,66	0,75
	0,27	8	2,16	2,16	2,47	2,47	2,16	2,16	2,16	2,47
	0,20	2	0,40	0,40	0,46	0,46	0,40	0,40	0,40	0,46
	0,13	3	0,39	0,39	0,45	0,45	0,39	0,39	0,39	0,45
	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verimliliği Etkileyen			φ_j							
	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,20	1	0,2	0,20	0,23	0,23	0,20	0,20	0,20	0,23
	0,13	3	0,39	0,39	0,45	0,45	0,39	0,39	0,39	0,45
	0,07	11	0,77	0,77	0,88	0,88	0,77	0,77	0,77	0,88
Süreç Kalitesinden Kaynaklanan			φ_j							
	0,33	8	2,64	3,39	3,02	3,02	3,02	3,02	1,89	1,89
	0,27	5	1,35	1,74	1,54	1,54	1,54	1,54	0,96	0,96
	0,20	2	0,4	0,51	0,46	0,46	0,46	0,46	0,29	0,29
	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Süreç Kalitesini Etkileyen			φ_j							
	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,13	3	0,39	0,50	0,45	0,45	0,45	0,45	0,28	0,28
	0,07	12	0,84	1,08	0,96	0,96	0,96	0,96	0,60	0,60

Takt Zamanından Kaynaklanan			φ_j							
	0,33	2	0,66	0,75	0,66	0,75	0,66	0,57	0,66	0,66
	0,27	10	2,7	3,09	2,7	3,09	2,7	2,31	2,7	2,7
	0,20	3	0,6	0,69	0,6	0,69	0,6	0,51	0,6	0,6
	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Takt Zamanını Etkileyen			φ_j							
	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,27	2	0,54	0,62	0,54	0,62	0,54	0,46	0,54	0,54
	0,20	4	0,8	0,91	0,8	0,91	0,8	0,69	0,8	0,8
	0,13	7	0,91	1,04	0,91	1,04	0,91	0,78	0,91	0,91
	0,07	2	0,14	0,16	0,14	0,16	0,14	0,12	0,14	0,14
Üretim Dengelemeden Kaynaklanan			φ_j							
	0,33	12	3,96	3,96	3,39	3,96	3,96	3,39	3,39	3,39
	0,27	3	0,81	0,81	0,69	0,81	0,81	0,69	0,69	0,69
	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Üretim Dengelemeyi Etkileyen			φ_j							
	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,13	3	0,39	0,39	0,33	0,39	0,39	0,33	0,33	0,33
	0,07	12	0,84	0,84	0,72	0,84	0,84	0,72	0,72	0,72
Toplam Ekipman Etkinliğinden Kaynaklanan			φ_j							
	0,33	9	2,97	3,82	2,97	2,97	3,39	2,97	3,39	3,39
	0,27	4	1,08	1,39	1,08	1,08	1,23	1,08	1,23	1,23
	0,20	2	0,4	0,51	0,40	0,40	0,46	0,40	0,46	0,46
	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam Ekipman Etkinliğini Etkileyen			φ_j							
	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,13	3	0,39	0,39	0,33	0,39	0,39	0,33	0,33	0,33
	0,07	12	0,84	1,08	0,84	0,84	0,96	0,84	0,96	0,96
Ara Stok Miktarından Kaynaklanan			φ_j							
	0,33	3	0,99	1,13	0,99	1,13	0,71	0,99	0,85	0,85
	0,27	10	2,7	3,09	2,70	3,09	1,93	2,70	2,31	2,31

	0,20	2	0,4	0,46	0,40	0,46	0,29	0,40	0,34	0,34
	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ara Stok Miktarını Etkileyen			φ_j							
	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,27	1	0,27	0,31	0,27	0,31	0,19	0,27	0,23	0,23
	0,20	5	1	1,14	1,00	1,14	0,71	1,00	0,86	0,86
	0,13	8	1,04	1,19	1,04	1,19	0,74	1,04	0,89	0,89
	0,07	1	0,07	0,08	0,07	0,08	0,05	0,07	0,06	0,06
Skor ($S_{isr\text{-}yeni}$)				**46,88**	**43,39**	**45,28**	**40,79**	**40,06**	**36,68**	**38,25**
Frekans ($F_{isr\text{-}yeni}$)				**41**	**41**	**41**	**41**	**41**	**41**	**41**

Performans ölçütlerinin sistem israfı üzerindeki etkileri ise Tablo 30'da gösterilmektedir.

Tablo 30: Performans Ölçütü Etkisi İçin Hesaplamalar

İsraf Türleri Soruları	**Katılım Düzeyi Ağırlığı**	**Ortalama Kişi Sayısı**	**Katılım Düzeyi Ort.**	**ÜİM**	**VER**	**KAL**	**TZM**	**DEN**	**TEE**	**ASM**
Ürün/Süreç Kusurundan Kaynaklanan			φ_i							
	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,27	2	0,54	0,62	0,54	0,69	0,62	0,54	0,69	0,62
	0,20	2	0,40	0,46	0,40	0,51	0,46	0,40	0,51	0,46
	0,13	4	0,52	0,59	0,52	0,67	0,59	0,52	0,67	0,59
	0,07	7	0,49	0,56	0,49	0,63	0,56	0,49	0,63	0,56
Ürün/Süreç Kusurunu Etkileyen			φ_i							
	0,33	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,27	7	1,89	2,16	1,89	2,43	2,16	1,89	2,43	2,16
	0,20	3	0,60	0,69	0,60	0,77	0,69	0,60	0,77	0,69
	0,13	3	0,39	0,45	0,39	0,50	0,45	0,39	0,50	0,45
	0,07	2	0,14	0,16	0,14	0,18	0,16	0,14	0,18	0,16
Fazla Üretimden Kaynaklanan			φ_i							
	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,27	3	0,81	1,04	0,93	0,93	0,81	0,69	0,81	0,81
	0,20	4	0,80	1,03	0,91	0,91	0,80	0,69	0,80	0,80
	0,13	3	0,39	0,50	0,45	0,45	0,39	0,33	0,39	0,39
	0,07	5	0,35	0,45	0,40	0,40	0,35	0,30	0,35	0,35
Fazla Üretimi Etkileyen			φ_i							
	0,33	3	0,99	1,27	1,13	1,13	0,99	0,85	0,99	0,99
	0,27	6	1,62	2,08	1,85	1,85	1,62	1,39	1,62	1,62
	0,20	3	0,60	0,77	0,69	0,69	0,60	0,51	0,60	0,60
	0,13	1	0,13	0,17	0,15	0,15	0,13	0,11	0,13	0,13
	0,07	2	0,14	0,18	0,16	0,16	0,14	0,12	0,14	0,14

Fazla Stoktan Kaynaklanan			$\boldsymbol{\varphi_i}$							
	0,33	1	0,33	0,38	0,38	0,38	0,38	0,33	0,33	0,38
	0,27	7	1,89	2,16	2,16	2,16	2,16	1,89	1,89	2,16
	0,20	1	0,20	0,23	0,23	0,23	0,23	0,20	0,20	0,23
	0,13	1	0,13	0,15	0,15	0,15	0,15	0,13	0,13	0,15
	0,07	5	0,35	0,40	0,40	0,40	0,40	0,35	0,35	0,40
Fazla Stoğu Etkileyen			$\boldsymbol{\varphi_i}$							
	0,33	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,27	3	0,81	0,93	0,93	0,93	0,93	0,81	0,81	0,93
	0,20	6	1,20	1,37	1,37	1,37	1,37	1,20	1,20	1,37
	0,13	5	0,65	0,74	0,74	0,74	0,74	0,65	0,65	0,74
	0,07	1	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08
Gereksiz İşlemden Kaynaklanan			$\boldsymbol{\varphi_i}$							
	0,33	2	0,66	0,66	0,66	0,75	0,66	0,66	0,75	0,47
	0,27	2	0,54	0,54	0,54	0,62	0,54	0,54	0,62	0,39
	0,20	3	0,60	0,6	0,6	0,69	0,6	0,6	0,69	0,43
	0,13	4	0,52	0,52	0,52	0,59	0,52	0,52	0,59	0,37
	0,07	4	0,28	0,28	0,28	0,32	0,28	0,28	0,32	0,2
Gereksiz İşlemi Etkileyen			$\boldsymbol{\varphi_i}$							
	0,33	4	1,32	1,32	1,32	1,51	1,32	1,32	1,51	0,94
	0,27	6	1,62	1,62	1,62	1,85	1,62	1,62	1,85	1,16
	0,20	1	0,20	0,2	0,2	0,23	0,2	0,2	0,23	0,14
	0,13	2	0,26	0,26	0,26	0,30	0,26	0,26	0,30	0,19
	0,07	2	0,14	0,14	0,14	0,16	0,14	0,14	0,16	0,1
Gereksiz Taşımadan Kaynaklanan			$\boldsymbol{\varphi_i}$							
	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,20	6	1,20	1,2	1,2	1,37	1,03	1,03	1,2	1,2
	0,13	7	0,91	0,91	0,91	1,04	0,78	0,78	0,91	0,91
	0,07	2	0,14	0,14	0,14	0,16	0,12	0,12	0,14	0,14
Gereksiz Taşımayı Etkileyen			$\boldsymbol{\varphi_i}$							
	0,33	1	0,33	0,33	0,33	0,38	0,28	0,28	0,33	0,33
	0,27	6	1,62	1,62	1,62	1,85	1,39	1,39	1,62	1,62
	0,20	7	1,40	1,4	1,4	1,6	1,2	1,2	1,4	1,4
	0,13	1	0,13	0,13	0,13	0,15	0,11	0,11	0,13	0,13
	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gereksiz Hareketten Kaynaklanan			$\boldsymbol{\varphi_i}$							
	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,27	2	0,54	0,39	0,54	0,39	0,54	0,46	0,62	0,46
	0,20	1	0,20	0,14	0,20	0,14	0,20	0,17	0,23	0,17
	0,13	5	0,65	0,46	0,65	0,46	0,65	0,56	0,74	0,56
	0,07	7	0,49	0,35	0,49	0,35	0,49	0,42	0,56	0,42
Gereksiz Hareketi Etkileyen			$\boldsymbol{\varphi_i}$							

	0,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,27	4	1,08	0,77	1,08	0,77	1,08	0,93	1,23	0,93
	0,20	2	0,40	0,29	0,40	0,29	0,40	0,34	0,46	0,34
	0,13	3	0,39	0,28	0,39	0,28	0,39	0,33	0,45	0,33
	0,07	6	0,42	0,3	0,42	0,3	0,42	0,36	0,48	0,36
Beklemeden Kaynaklanan			$\boldsymbol{\varphi_i}$							
	0,33	2	0,66	0,57	0,75	0,47	0,66	0,57	0,75	0,57
	0,27	1	0,27	0,23	0,31	0,19	0,27	0,23	0,31	0,23
	0,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,13	3	0,39	0,33	0,45	0,28	0,39	0,33	0,45	0,33
	0,07	10	0,70	0,60	0,80	0,50	0,70	0,60	0,80	0,60
Beklemeyi Etkileyen			$\boldsymbol{\varphi_i}$							
	0,33	4	1,32	1,13	1,51	0,94	1,32	1,13	1,51	1,13
	0,27	6	1,62	1,39	6,86	4,29	6,00	5,14	6,86	5,14
	0,20	1	0,20	0,17	0,23	0,14	0,20	0,17	0,23	0,17
	0,13	2	0,26	0,22	0,30	0,19	0,26	0,22	0,30	0,22
	0,07	2	0,14	0,12	0,16	0,10	0,14	0,12	0,16	0,12
Skor ($S_{per\text{-}yeni}$)				**39,22**	**45,47**	**43,13**	**42,11**	**38,74**	**46,72**	**40,15**
Frekans ($F_{per\text{-}yeni}$)				**57**	**57**	**57**	**57**	**57**	**57**	**57**

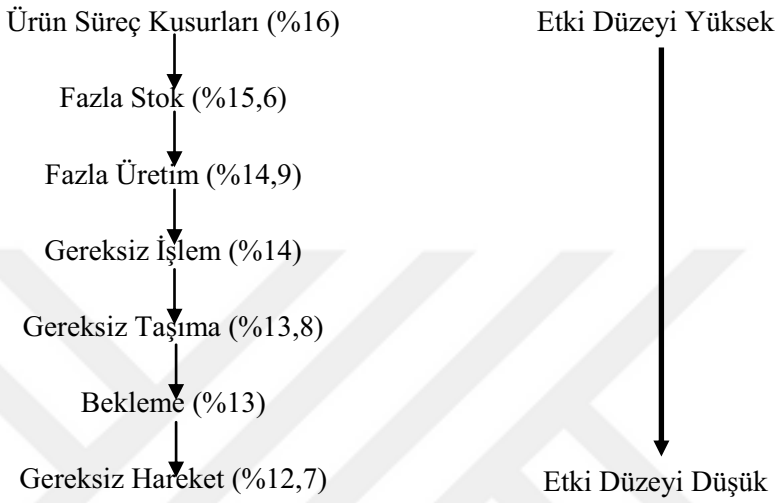
Tablo 29'daki israf türü etkisi yeni skor değerleri ile Tablo 30'daki performans ölçütü yeni skor değerleri elde edildikten sonra 7 ve 8 no'lu eşitliklerden yararlanılarak nihai etki skorları elde edilmiştir. İsraf türlerine ilişkin nihai etki skorları ve bu skorların toplam skora oranlanması ile yüzdesel olarak her israf türünün etkisi hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar ile hangi israf türünün performans ölçütleri üzerinde daha önemli bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. İsraf türlerine ilişkin hesaplamalar Tablo 31'de gösterilmiştir.

Tablo 31: İsraf Türlerine İlişkin Etki Skorları

İsraf Türü	$S_{isr-yeni}$	S_{isr}	$F_{isr-yeni}$	F_{isr}	Y_{jn}	$S_{isr-son}$	$Y_{isr-son}(\%)$
K	46,88	16	41	14	0,160	1,37	**16**
Ü	43,39	14,86	41	14	0,149	1,27	**14,9**
S	45,28	15,43	41	14	0,155	1,33	**15,6**
İ	40,79	14	41	14	0,140	1,19	**14**
T	40,06	13,71	41	14	0,138	1,18	**13,8**
H	36,68	12,57	41	14	0,127	1,09	**12,7**
B	38,25	13,14	41	14	0,131	1,12	**13**
Toplam						8,56	100

Tablo 31'de gösterildiği üzere performans ölçütleri üzerinde en fazla etkiye sahip olan israf türünün ürün/süreç kusurları olduğu görülmektedir. Bu israf türünü fazla stok kusuru ve fazla üretim takip etmektedir. Tüm israf türlerine ilişkin etki düzeyi sıralaması Şekil 10'da gösterilmiştir.

Şekil 10: İsraf Türleri Etki Sıralaması



Performans ölçütlerine ilişkin nihai etki skorları ve bu skorların toplam skora oranlanmasıyla, her performans ölçütünün etkisi yüzdesel olarak hesaplanmıştır. Bu bulgular aracılığıyla hangi performans ölçütünün israf türleri üzerinde daha önemli bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Performans ölçütlerine ilişkin bulgular Tablo 32'de gösterilmiştir.

Tablo 32: Performans Ölçütlerine İlişkin Etki Skorları

İsraf Türü	$S_{per-yeni}$	S_{per}	$F_{per-yeni}$	F_{per}	Y_{in}	$S_{per-son}$	$Y_{per-son}(\%)$
ÜİM	39,22	14,29	57	14	0,143	1,60	**13,3**
VER	45,47	14,86	57	14	0,149	1,86	**15,4**
KAL	43,13	14,57	57	14	0,146	1,76	**14,6**
TZM	42,11	14	57	14	0,140	1,72	**14,2**
DEN	38,74	12,86	57	14	0,129	1,58	**13,1**
TEE	46,72	15,43	57	14	0,155	1,91	**15,8**
ASM	40,15	13,71	57	14	0,138	1,64	**13,6**
Toplam						**12,07**	**100**

Tablo 32'de gösterildiği üzere israf türleri üzerinde en fazla etkiye sahip olan performans ölçütünün toplam ekipman etkinliği olduğu görülmektedir. Bu

performans ölçütünü verimlilik ve süreç kalitesi takip etmektedir. Tüm performans ölçütlerine ilişkin etki düzeyi sıralaması Şekil 11'de gösterilmiştir.

Şekil 11: Performans Ölçütleri Etki Sıralaması

3.5.2. İsraf Türü-Performans Ölçütü Etkileşiminin *DEMATEL* Analizi

İsraf türleri ile performans ölçütleri arasındaki etkileşimin belirlenmesi konusunda *DEMATEL* yönteminden yararlanılacaktır. Uygulamanın bu kısmında oluşturulacak olan Performans Ölçütü-İsraf Türü İlişki Matrisi *DEMATEL* analizinin ilk adımını oluşturacaktır. İsraf türleri ve performans ölçütleri arasındaki ilişkiler, uygulama yapılan firmanın yalın üretim müdürü tarafından Tablo 33'deki *DEMATEL* karşılaştırma ölçeğine uygun bir şekilde oluşturulmuştur.

Tablo 33: *DEMATEL* Karşılaştırma Ölçeği

ETKİ DERECESİ	DEĞER
Çok Yüksek Derecede Etki	4
Yüksek Derecede Etki	3
Orta Derecede Etki	2
Düşük Derecede Etki	1
Etkisiz	0

(**Kaynak:** Aksakal ve Dağdeviren, 2010: 907).

Tablo 33'deki karşılaştırma ölçeğine göre belirlenen ilişkiler sonucu oluşan Performans Ölçütü-İsraf Türü Doğrudan İlişki Matrisi Tablo 34'de gösterilmektedir.

Tablo 34: Performans Ölçütü-İsraf Türü Doğrudan İlişki Matrisi

	K	Ü	S	İ	T	H	B	ÜİM	VER	KAL	TZM	DEN	TEE	ASM	Toplam
K	0	4	4	4	3	3	4	3	4	4	3	4	4	3	**47***
Ü	2	0	4	2	4	3	4	3	4	3	2	4	2	3	40
S	3	4	0	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	4	38
İ	2	3	3	0	2	4	3	3	3	3	4	3	4	1	38
T	3	1	2	2	0	3	2	3	3	3	4	3	4	3	36
H	3	1	1	3	2	0	3	3	3	3	4	3	4	3	36
B	2	1	1	1	1	1	0	3	4	2	4	3	4	3	30
ÜİM	4	4	3	3	3	3	2	0	4	4	3	2	3	2	40
VER	4	4	4	4	2	2	2	4	0	4	2	3	4	3	42
KAL	4	4	4	3	3	2	1	4	4	0	2	2	4	3	40
TZM	3	2	3	3	4	4	2	4	4	4	0	4	3	3	43
DEN	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	0	4	3	39
TEE	4	3	2	4	3	3	4	3	4	4	4	3	0	3	44
ASM	3	2	4	3	3	2	3	2	2	4	3	2	3	0	36
Toplam	40	36	38	37	36	35	36	41	45	43	40	39	46	37	

Tablo 34'deki Performans Ölçütü-İsraf Türü Doğrudan İlişki Matrisi uygulamanın ikinci adımı olan normalizasyon işlemine tabi tutulur. Matristeki tüm değerler, satır ya da sütun toplamlarından en büyüğüne bölünerek, ikinci adım tamamlanır. Normalize edilmiş doğrudan ilişki matrisi Tablo 35'de gösterilmektedir.

Tablo 35: Normalize Performans Ölçütü-İsraf Türü Doğrudan İlişki Matrisi

	K	Ü	S	İ	T	H	B	ÜİM	VER	KAL	TZM	DEN	TEE	ASM
K	0	0,085	0,085	0,085	0,064	0,064	0,085	0,064	0,085	0,085	0,064	0,085	0,085	0,064
Ü	0,043	0	0,085	0,043	0,085	0,064	0,085	0,064	0,085	0,064	0,043	0,085	0,043	0,064
S	0,064	0,085	0	0,043	0,064	0,043	0,064	0,064	0,064	0,064	0,043	0,064	0,064	0,085
İ	0,043	0,064	0,064	0	0,043	0,085	0,064	0,064	0,064	0,064	0,085	0,064	0,085	0,021
T	0,064	0,021	0,043	0,043	0	0,064	0,043	0,064	0,064	0,064	0,085	0,064	0,085	0,064
H	0,064	0,021	0,021	0,064	0,043	0	0,064	0,064	0,064	0,064	0,085	0,064	0,085	0,064
B	0,043	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0	0,064	0,085	0,043	0,085	0,064	0,085	0,064
ÜİM	0,085	0,085	0,064	0,064	0,064	0,064	0,043	0	0,085	0,085	0,064	0,043	0,064	0,043
VER	0,085	0,085	0,085	0,085	0,043	0,043	0,043	0,085	0	0,085	0,043	0,064	0,085	0,064
KAL	0,085	0,085	0,085	0,064	0,064	0,043	0,021	0,085	0,085	0	0,043	0,043	0,085	0,064
TZM	0,064	0,043	0,064	0,064	0,085	0,085	0,043	0,085	0,085	0,085	0	0,085	0,064	0,064
DEN	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,043	0,064	0	0,085	0,064
TEE	0,085	0,064	0,043	0,085	0,064	0,064	0,085	0,064	0,085	0,085	0,085	0,064	0	0,064
ASM	0,064	0,043	0,085	0,064	0,064	0,043	0,064	0,043	0,043	0,085	0,064	0,043	0,064	0

Normalize doğrudan ilişki elde edildikten sonra 12 no'lu eşitlikten yararlanılarak toplam etki matrisi elde edilecektir. Bunun için normalize matrisin birim matristen çıkarılıp tersinin alınması gereklidir. Elde edilen bu matris tekrar normalize matrisle çarpılır ve toplam ilişki matrisine ulaşılmış olunur.

Tüm bu işlemlerin yapılması sonucu elde edilen toplam ilişki matrisi Tablo 36'da gösterilmektedir. Tablo 36'daki etki matrisi elde edilene kadar yapılan hesaplamalara ise Ek-9'da yer verilmiştir.

Tablo 36: Toplam Etki Matrisi

	K	**Ü**	**S**	**İ**	**T**	**H**	**B**	**ÜİM**	**VER**	**KAL**	**TZM**	**DEN**	**TEE**	**ASM**
K	0,380	0,427	0,440	0,433	0,401	0,391	0,418	0,447	0,501	0,483	0,433	0,445	0,507	0,410
Ü	0,364	0,294	0,385	0,340	0,368	0,339	0,366	0,388	0,436	0,403	0,358	0,389	0,406	0,358
S	0,371	0,363	0,297	0,330	0,340	0,311	0,338	0,376	0,405	0,392	0,346	0,359	0,410	0,365
İ	0,354	0,345	0,355	0,292	0,322	0,352	0,339	0,379	0,408	0,393	0,386	0,362	0,431	0,310
T	0,361	0,295	0,325	0,322	0,269	0,322	0,307	0,365	0,392	0,381	0,374	0,348	0,417	0,335
H	0,360	0,294	0,305	0,340	0,308	0,261	0,325	0,364	0,391	0,379	0,374	0,347	0,416	0,333
B	0,297	0,254	0,264	0,260	0,250	0,242	0,225	0,318	0,360	0,313	0,327	0,303	0,364	0,293
ÜİM	0,410	0,383	0,376	0,369	0,358	0,349	0,336	0,337	0,447	0,432	0,383	0,360	0,433	0,345
VER	0,425	0,399	0,410	0,402	0,353	0,343	0,351	0,430	0,384	0,448	0,379	0,393	0,468	0,377
KAL	0,412	0,386	0,397	0,371	0,360	0,331	0,319	0,416	0,447	0,356	0,365	0,361	0,452	0,365
TZM	0,413	0,362	0,394	0,389	0,394	0,385	0,353	0,437	0,468	0,454	0,345	0,416	0,457	0,382
DEN	0,380	0,351	0,363	0,358	0,347	0,339	0,346	0,385	0,415	0,382	0,375	0,308	0,439	0,354
TEE	0,438	0,387	0,383	0,414	0,381	0,373	0,398	0,426	0,477	0,461	0,431	0,406	0,405	0,389
ASM	0,356	0,312	0,360	0,335	0,326	0,298	0,323	0,342	0,370	0,394	0,350	0,326	0,394	0,273

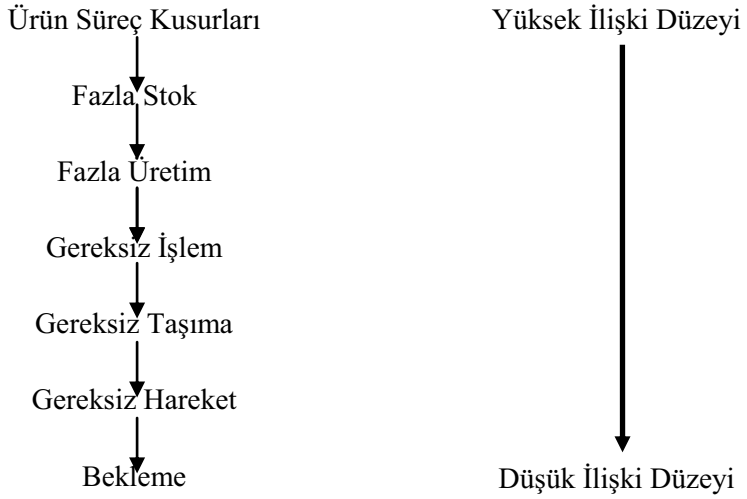
Toplam ilişki matrisi elde edildikten sonra satır ve sütun toplamlarının hesaplanması gereklidir. Satır toplamları d_i ve sütun toplamları r_j değerleri bulunduktan sonra, ilişki düzeyleri ile birbirlerini etkileyen ve birbirlerinden etkilenen değişkenlerin belirlenmesi amacıyla $d_i + r_j$ ve $d_i - r_j$ değerleri hesaplanarak Tablo 37'de gösterilmiştir.

Tablo 37: D_i+R_j ve D_i-R_j Değerlerinin Belirlenmesi

	D_i	R_j	D_i+R_j	D_i-R_j
K	6,116	4,942	11,058	1,174
Ü	5,194	4,852	10,047	0,342
S	5,003	5,056	10,059	-0,052
İ	5,029	4,955	9,984	0,074
T	4,812	4,776	9,588	0,037
H	4,798	4,637	9,435	0,161
B	4,071	4,744	8,815	-0,673
ÜİM	5,319	5,412	10,731	-0,093
VER	5,563	5,901	11,463	-0,338
KAL	5,338	5,671	11,010	-0,333
TZM	5,648	5,226	10,874	0,422
DEN	5,142	5,122	10,265	0,020
TEE	5,769	5,999	11,768	-0,230
ASM	4,760	4,888	9,649	-0,128

Tablo 37'de yer alan $\mathbf{D_i+R_j}$ sütunu performans ölçütü ya da israf türünün diğerleri ile arasındaki ilişkiyi göstermektedir. İsraf türleri dikkate alındığında, ürün/süreç kusurlarının $\mathbf{D_i+R_j}$ değeri en yüksek olduğundan, diğer israf türü yada performans ölçütleriyle arasındaki ilişkinin en yüksek düzeyde olduğu söylenebilir. Ürün/süreç kusurlarını, fazla stok israfı ile fazla üretim israfı takip etmektedir. Daha sonra sırasıyla gereksiz işlem israfı, gereksiz taşıma israfı, gereksiz hareket israfı ve bekleme israfı bu sıralamayı tamamlamaktadır. Bu sıralama Şekil 12'deki gibi özetlenmiştir.

Şekil 12: İsraf Türleri İlişki Düzeyi Sıralaması



Performans ölçütleri dikkate alındığında, toplam ekipman etkinliğinin D+R değeri en yüksek olduğundan, diğer israf türü yada performans ölçütleriyle arasındaki ilişkisinin en yüksek düzeyde olduğu söylenebilir. Toplam ekipman etkinliğini, verimlilik ile süreç kalitesi ölçütleri takip etmektedir. Daha sonra sırasıyla takt zamanı, üretilen iş miktarı, üretim dengeleme ve ara stok miktarı ölçütleri bu sıralamayı tamamlamaktadır. Bu sıralama Şekil 13'deki gibi özetlenmiştir.

Şekil 13: Performans Türleri İlişki Düzeyi Sıralaması

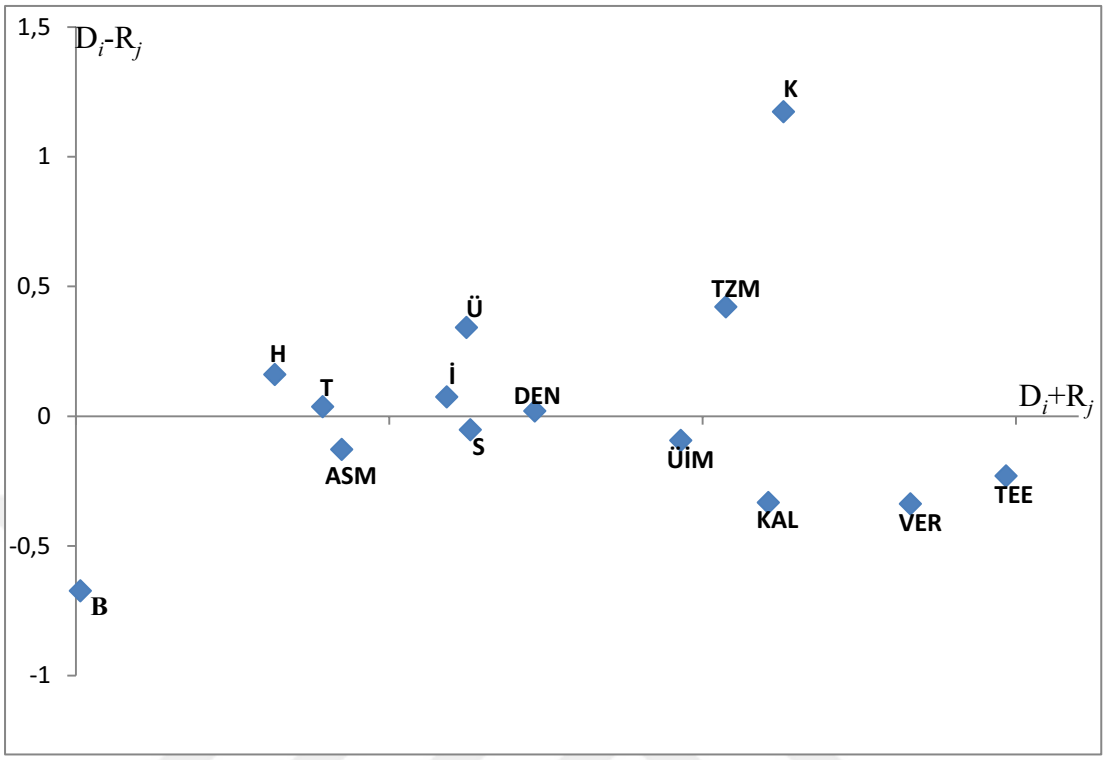
DEMATEL yöntemi ile ilişki sıralaması belirlendikten sonra, yedi temel israf türü ile seçilen yedi performans ölçütünün birbirlerini etkileme ve birbirlerinden etkilenme durumları tespit edilecektir. Bunun için Tablo 37'deki D_i-R_j sütunu dikkate alınarak etkileyen ve etkilenen değişkenler belirlenmiştir. D_i-R_j değeri pozitif olan değişkenler etkileyen grup, D_i-R_j değeri negatif olan değişkenler ise etkilenen grup olarak belirlenmiştir. Etkileyen ve etkilenen performans ölçütü ya da israf türleri Tablo 38'de gösterilmektedir.

Tablo 38: Etkileyen ve Etkilenen İsraf Türleri İle Performans Ölçütleri

İsraf Türü/Performans Ölçütü	**D_i-R_j**	**Etki Grubu**
Ürün/ Süreç Kusurları	1,174	Etkileyen
Fazla Üretim	0,342	Etkileyen
Fazla Stok	-0,052	Etkilenen
Gereksiz İşlem	0,074	Etkileyen
Gereksiz Taşıma	0,037	Etkileyen
Gereksiz Hareket	0,161	Etkileyen
Bekleme	-0,673	Etkilenen
Üretilen İş Miktarı	-0,093	Etkilenen
Verimlilik	-0,338	Etkilenen
Süreç Kalitesi	-0,333	Etkilenen
Takt Zamanı	0,422	Etkileyen
Üretim Dengeleme	0,020	Etkileyen
Toplam Ekipman Etkinliği	-0,230	Etkilenen
Ara Stok Miktarı	-0,128	Etkilenen

Tablo 38'de gösterildiği üzere $\mathrm{d}_i - \mathrm{r}_j$ değerlerinden yararlanılarak, israf türü ve performans ölçütleri etkileyen ve etkilenen değişkenler olarak birbirinden ayrılmışlardır. *DEMATEL* yönteminin son adımı olan etki diyagramının çizilmesi ile israf türleri ve performans ölçütlerinin birbirleri üzerindeki etkileşimi daha iyi anlaşılıp, yorumlanacaktır. Etki diyagramı çizilirken Tablo 37'de verilen $\mathrm{d}_i - \mathrm{r}_j$ ile $\mathrm{d}_i + \mathrm{r}_j$ değerlerinden yararlanılacaktır. Yedi temel israf türü ile yedi performans ölçütünün yatay eksene $\mathrm{d}_i + \mathrm{r}_j$ değerleri, dikey eksene ise $\mathrm{d}_i - \mathrm{r}_j$ yerleştirilerek etki diyagramı oluşturulur. Etki diyagramı aynı zamanda ölçütler arası ilişkilerin belirlenmesini de sağlamaktadır. Bunun için Tablo 36'daki toplam etki matrisinden yararlanılarak belirlenen eşik değerinin üstünde kalan değerler yardımıyla ilişkiler belirlenir. 14 tane değişken olmasından dolayı bu ilişkilerin etki diyagramı üzerinde gösterilmesi çok karmaşık bir yapıya neden olacağından etki diyagramı ve ilişki haritası ayrı ayrı gösterilecektir. Etki diyagramı Şekil 14'de gösterildiği gibidir.

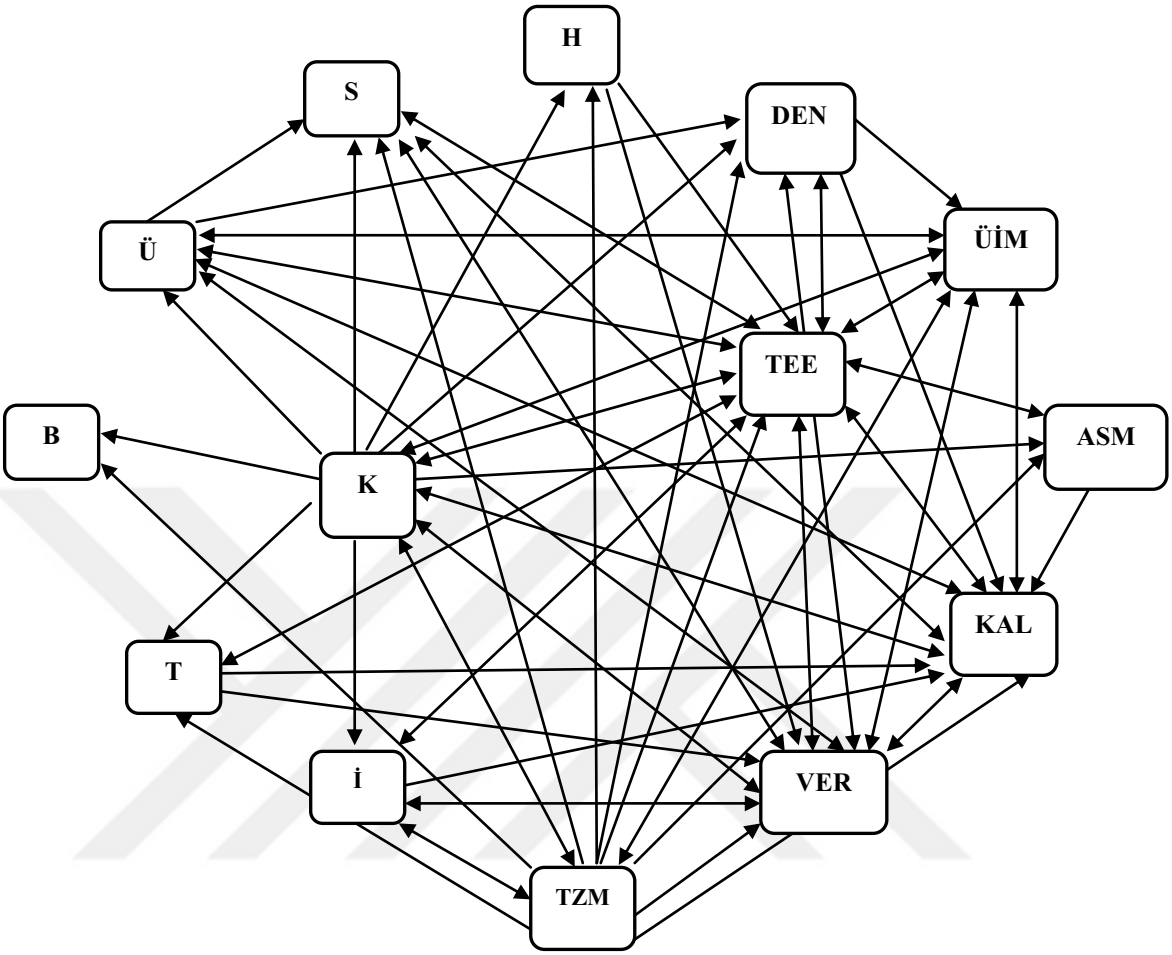
Şekil 14: İsraf Türü Performans Ölçütü Etki Diyagramı



Etki diyagramı incelendiğinde D_i-R_j değeri en yüksek olan ürün/süreç kusurlarının, diğer israf türleri ya da performans ölçütlerini üzerinde en fazla etkisi olan değişken olduğu görülmektedir. Bu sıralamayı takt zamanı ve fazla üretim kusuru takip etmektedir. D_i+R_j değerlerine bakıldığında ise toplam ekipman etkinliğinin en yüksek değere sahip olduğu, bu bağlamda en önemli ölçütlerden biri olduğu görülmektedir. Bu sıralamayı verimlik ve ürün/süreç kusurları takip etmektedir.

Etki diyagramı, birbirini etkileyen ve etkilenen değişkenleri göstermesi açısından önemlidir. Ancak, performans ölçütü ile israf türü arasındaki etkileşimi daha iyi anlayabilmek için aralarındaki ilişkileri gösterecek ilişki haritasının çizilmesi gereklidir. Tablo 36'daki toplam etki matrisindeki değerlerin ortalaması olan 0,38 değeri eşik değer olarak belirlendikten sonra, eşik değerin üzerinde kalan değerlere göre grafikteki okların yönü şekillenmiş ve çizilen ilişki haritası Şekil 15'de gösterilmiştir.

Şekil 15. Performans Ölçütü-İsraf Türü İlişki Haritası



Şekil 15'deki performans ölçütü-israf türü ilişki haritası incelendiğinde, ürün/süreç kusurlarının bütün performans ölçütleri ve israf türleri ile ilişkili olduğu görülmektedir. Okların yönüne dikkat edildiğinde ürün süreç/kusurlarından geri kalan altı israf türü ve yedi performans ölçütüne doğru ok çıktığı, dolayısıyla bütün performans ölçütleri ve israf türlerini etkilediği görülmektedir. Ürün/süreç kusurlarına gelen oklara bakıldığında, bu israf türünün sadece üretilen iş miktarı, verimlilik, süreç kalitesi, takt zamanı ve toplam ekipman etkinliği ölçütlerinden etkilendiği görülmektedir. Dolayısıyla ürün/süreç kusurları ile bahsedilen performans ölçütleri arasındaki oklar çift yönlü olarak gösterilmektedir. Ürün/süreç kusurlarının uygulama yapılan işletmenin üretim sistemi içindeki oldukça önemli bir israf türü olarak görülmektedir.

Fazla üretim israfı incelendiğinde bu israf türünden fazla stok kusuru, üretilen iş miktarı, verimlilik, süreç kalitesi, üretim dengeleme ve toplam ekipman etkinliğine

olmak üzere altı tane ok çıktığı görülmektedir. Dolayısıyla fazla üretimin bahsedilen israf türü ya da performans ölçütlerini etkilediği söylenebilir. Fazla üretim israfına gelen oklara bakıldığında, bu israf türünün sadece ürün/süreç kusurları, üretilen iş miktarı, verimlilik, süreç kalitesi ve toplam ekipman etkinliği ölçütlerinden etkilendiği görülmektedir.

Fazla stok israfı ele alındığında bu israf türünün verimlilik, süreç kalitesi ve toplam ekipman etkinliği ölçütleri arasındaki okların yönünün karşılıklı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla fazla stok israfı bahsedilen performans ölçütlerini etkilemekte aynı zamanda bu ölçütlerden etkilenmektedir. Ayrıca fazla stok israfına gelen diğer oklar dikkate alındığında, bu israf türünün sadece ürün/süreç kusurları, fazla üretim ve takt zamanından etkilendiği görülmektedir.

Gereksiz işlem israfı ele alındığında bu israf türü ile verimlilik, takt zamanı ve toplam ekipman etkinliği ölçütleri arasındaki okların yönünün karşılıklı olması, bu israf türünün bahsedilen ölçütleri hem etkilediği hem de onlardan etkilendiği anlamı taşımaktadır. Ayrıca gereksiz işlem israfının süreç kalitesini etkilediği ve ürün/süreç kusurlarından etkilendiği görülmektedir.

Gereksiz taşıma israfı ele alındığında bu israf türünün verimlilik, süreç kalitesi ve toplam ekipman etkinliği ölçütlerini etkilediği görülmektedir. Bu israf türünün sadece etkilendiği israf türü ya da performans ölçütlerinin ise ürün/süreç kusurları, takt zamanı ve toplam ekipman etkinliği olduğunu söylemek mümkündür.

Gereksiz hareket israfı ele alındığında bu israf türünün verimlilik ve toplam ekipman etkinliği ölçütlerini etkilediği görülmektedir. Bu israf türünün sadece etkilendiği israf türü ya da performans ölçütlerinin ise ürün/süreç kusurları ve takt zamanı olduğunu söylemek mümkündür.

Bekleme israfı ele alındığında, bu israf türünün herhangi bir israf türü ya da performans ölçütünü etkilediği tespit edilememiştir. Bu israf türünün sadece etkilendiği israf türü ya da performans ölçütlerinin ise ürün/süreç kusurları ve toplam ekipman etkinliği olduğunu söylemek mümkündür.

Üretilen iş miktarı ölçütü ele alındığında, bu performans ölçütünün israf türlerinden ürün/süreç kusurları ve fazla üretim israfı; performans ölçütlerinden ise verimlilik, süreç kalitesi, takt zamanı ve toplam ekipman etkinliği ile arasındaki

okların karşılıklı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla üretilen iş miktarı ölçütü bahsedilen israf türleri ve performans ölçütlerini etkilemekte, aynı zamanda bu ölçütlerden etkilenmektedir. Bu performans ölçütünün sadece etkilendiği performans ölçütünün ise üretim dengeleme ölçütü olduğunu söylemek mümkündür.

Verimlilik ölçütü ele alındığında, bu performans ölçütünün israf türlerinden ürün/süreç kusurları, fazla üretim israfı, fazla stok israfı ve gereksiz işlem israfı; performans ölçütlerinden ise üretilen iş miktarı, süreç kalitesi, üretim dengeleme ve toplam ekipman etkinliği ile arasındaki okların karşılıklı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla verimlilik ölçütü bahsedilen israf türleri ve performans ölçütlerini etkilemekte, aynı zamanda bu ölçütlerden etkilenmektedir. Bu performans ölçütünün sadece etkilendiği israf türü ya da performans ölçütlerinin ise gereksiz taşıma israfı, gereksiz hareket israfı ve takt zamanı olduğunu söylemek mümkündür.

Süreç kalitesi ölçütü ele alındığında, bu performans ölçütünün israf türlerinden ürün/süreç kusurları, fazla üretim israfı ve fazla stok israfı; performans ölçütlerinden ise üretilen iş miktarı, verimlilik ve toplam ekipman etkinliği ile arasındaki okların karşılıklı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla süreç kalitesi ölçütü bahsedilen israf türleri ve performans ölçütlerini etkilemekte, aynı zamanda bu ölçütlerden etkilenmektedir. Süreç kalitesi performans ölçütünün sadece etkilendiği israf türü ya da performans ölçütlerinin ise gereksiz işlem israfı, gereksiz taşıma israfı, takt zamanı, üretim dengeleme ve ara stok miktarı olduğu görülmektedir. Gereksiz hareket ve bekleme israfı hariç diğer tüm israf türleri ve performans ölçütlerinden etkilenen süreç kalitesinin, bu açıdan bakıldığında önem arz eden bir performans ölçütü olduğu söylenebilir.

Takt zamanı ölçütü ele alındığında, bu performans ölçütünün israf türlerinden ürün/süreç kusurları, gereksiz işlem israfı; performans ölçütlerinden ise üretilen iş miktarı ve toplam ekipman etkinliği ile arasındaki okların karşılıklı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla takt zamanı ölçütü bahsedilen israf türleri ve performans ölçütlerini etkilemekte, aynı zamanda bu ölçütlerden etkilenmektedir. Takt zamanı ölçütü ayrıca fazla üretim ve bekleme israfı hariç diğer tüm israf türleri ve performans ölçütleri etkilemektedir. Bu açıdan bakıldığında birçok israf türü ve

performans ölçütü ile ilişkili olması bakımından önemli bir performans ölçütü olduğunu söylemek mümkündür.

Üretim dengeleme ölçütü ele alındığında, bu performans ölçütünün israf türlerinden herhangi biri üzerinde etkisi olmadığı görülmektedir. Bu performans ölçütü ile verimlilik ve toplam ekipman etkinliği ölçütleri arasındaki okların karşılıklı olması, üretim dengeleme ölçütünün bahsedilen performans ölçütlerini hem etkilemekte hem de onlardan etkilenmekte olduğunu göstermektedir. Ayrıca üretim dengeleme ölçütü üretilen iş miktarı ve süreç kalitesini sadece etkilemekteyken; fazla üretim ve takt zamanından ise sadece etkilenmektedir.

Toplam ekipman etkinliği ölçütü gereksiz hareket israfı hariç diğer altı israf türü ve tüm performans ölçütlerini etkilemektedir. Ayrıca bekleme israfı hariç diğer israf türleri ve tüm performans ölçütlerinden etkilenmektedir. Hemen hemen bütün ölçütlerle ilişkili olması düşünüldüğünde, toplam ekipman etkinliğinin işletmenin yalın üretim sistemindeki en önemli performans ölçütlerinden biri olduğu söylenebilir.

Ara stok miktarı ölçütü ele alındığında, bu ölçütün toplam ekipman etkinliği ile arasındaki okların karşılıklı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla ara stok miktarı toplam ekipman etkinliğini hem etkilemekte hem de bu ölçütten etkilenmektedir. Ayrıca ara stok miktarı süreç kalitesi ölçütünü etkilemekteyken, ürün/süreç kusurları ve takt zamanı ölçütlerinden etkilenmektedir.

SONUÇ

Üretim sistemleri 19.yüzyılın sonlarından itibaren Frederick Taylor ile bilimsellik kazanmaya başlamış ve bu dönemin devamında Henry Ford ile seri, üretim, montaj hattı gibi kavramların üretim literatürüne girmesiyle ile modernleşmeye uğramıştır. Ford tarafından öncülük edilen ve kitlesel bir yapıda gerçekleştirilen üretim sistemleri zamanla oldukça popüler bir hal almıştır. Nicelik olarak çok fazla miktarlarda üretimin gerçekleştiği bu üretim sistemleri ilk başlarda ürün çeşitliliğinin az olması nedeniyle eleştiriye uğramıştır. Daha sonraları bu çeşitlilik sağlanmış olmasına rağmen, kitlesel yapının esnek olmaması nedeniyle değişen müşteri talepleri karşısında, ürün teslim sürelerinin oldukça uzadığı görülmüştür. Ayrıca kitlesel üretim sistemlerinin verimliliğinin çok düşük olması ve üretim sürecinin her aşamasında birçok israf ile karşılaşılması, değişen müşteri talepleri karşısında üretim planlamalarının düzgün bir şekilde yapılamaması gibi birçok sorun ortaya çıkmıştır. Kitlesel üretim sisteminin bu olumsuzluklarını inceleyen Japon üreticiler müşteri gereksinimlerinin eksiksiz karşılanmasını ve üretim süreçlerindeki her türlü israfın ortadan kaldırılmasını hedefleyen Toyota üretim sistemini geliştirmişlerdir.

Günümüzde işletmeler, artan rekabet koşulları ile beraber teknolojik gelişimlere ayak uydurabilmek ve değişen müşteri taleplerini karşılamak amacıyla üretim sistemlerini yalınlaştırmaya başlamışlardır. Müşterileri ürün kalitesi, uygun fiyat ve zamanında teslim gibi konularda memnun edebilmenin oldukça önemli olduğu günümüz rekabetçi ortamında işletmeler, bunu üretim sistemindeki her türlü israfı ortadan kaldırarak, işletme kaynaklarının en etkin şekilde kullanıldığı ve maliyetlerin olabildiğince azaltıldığı yalın üretim sistemlerini hayata geçirerek sağlayabilmektedirler.

Yalın üretim sistemlerinde müşteri talebinden nihai ürünün teslimine kadar geçen süre içinde, müşteri için değer yaratacak tüm faaliyetlerin üretim sürecine dahil edilmesi gerekmektedir. Ayrıca işletme kaynaklarının kötü kullanılmasına ve maliyetlerin artmasına neden olacak her türlü israfın ortadan kaldırıldığı bir üretim gerçekleştirme hedeflenmektedir. Dolayısıyla üretim sürecindeki israf türlerinin işletme üzerindeki etkilerinin belirlenmesi önem arz eden bir durum olmaktadır.

Üretim sürecinde ortaya çıkan israfın azaltılıp ya da ortadan kaldırılması, üretim performansının optimizasyonu ile sağlanacaktır. Bu optimal yapıyı, üretim süreciyle alakalı performans ölçütleri ile israf türleri arasındaki ilişki ve etkileşimleri anlamadan oluşturmak oldukça zordur.

Bu çalışmanın asıl amacı yalın literatüründe yer alan yedi temel israf türü ile üretim sektöründe faaliyet gösteren yalın düşünceyi benimsemiş bir firmaya uygun şekilde seçilen yedi performans ölçütü arasındaki ilişkileri ve etkileşimleri ortaya koymaktır. İşletmeler için üretim sistemleri içindeki mevcut israf türleri belirleyip bunların ortadan kaldırılmasına yönelik faaliyetlerde bulunulması önemlidir. Aynı zamanda israfa neden olacak performans ölçütlerinin israf türleri üzerindeki etkisi ile israf türlerinin performans ölçütleri üzerindeki etkisinin iyi bir şekilde analiz edilmesi gereklidir. Bu sayede işletmeler için üretim süreçlerinde değer akışı sağlanarak, israfın ortadan kaldırılması ve performans ölçütlerinin optimize edilmesi için gerekli kaynaklara yatırım yapılması kolaylaşacaktır.

Yalın literatürü gözden geçirildiğinde, yalın teknik ve araçların kullanıldığı birçok çalışmanın mevcut olduğu ancak yalın düşüncenin temel taşı olan israf türleri ile performans ölçütleri arasındaki ilişki ve etkileşimlerin ortaya konulduğu sınırlı sayıda uygulamalı çalışma bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında literatürde yer alan iki çalışma referans alınarak, israf türleri ile uygulama yapılan firmanın performans ölçütleri arasındaki ilişki ve etkileşimler belirlenmeye çalışılmıştır. İlgili model sistem israfı üzerindeki performans etkini ve sistem performansı üzerindeki israf etkisini göstermesi açısından önemlidir. Oluşturulan ilişki matrisi ve firmada çalışan tüm mühendislerin katılım derecelerini gösteren değerlendirme formları ile birlikte analiz edilerek her bir performans ölçütünün sistem israfı üzerindeki etkileri ve her bir israf türünün sistem performansı üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Ancak referans alınan bu model israf türleri ile performans ölçütleri için bir etki sıralaması yapmasına karşın, aradaki ilişkileri ve etkileşimi çok net ortaya koyamamaktadır. Bu nedenle *DEMATEL* yöntemi kullanılarak analizler yapılmış ve bu eksiklik giderilmeye çalışılmıştır. *DEMATEL* etki diyagramı ve israf türleri ile performans ölçütleri arasındaki ilişki haritası oluşturularak analizler tamamlanmıştır.

Referans alınan model yardımıyla yapılan analizlere göre, israf türlerinin performans ölçütleri üzerindeki etki sıralaması ile performans ölçütlerinin israf türleri üzerindeki etki sıralaması ayrı ayrı belirlenmiştir. İsraf türleri dikkate alındığında etki düzeyi en yüksek israf türlerinin sırasıyla ürün/süreç kusurları, fazla stok, fazla üretim olduğu tespit edilmiştir. Bu israf türlerini gereksiz işlem, gereksiz taşıma, bekleme ve gereksiz hareket israfı takip etmiştir. Performans ölçütleri dikkate alındığında etki düzeyi en yüksek performans ölçütlerinin sırasıyla toplam ekipman etkinliği, verimlilik ve süreç kalitesi olduğu tespit edilmiştir. Bu performans ölçütlerini takt zamanı, ara stok miktarı, üretilen iş miktarı ve üretim dengeleme ölçütleri takip etmiştir.

Uygulamanın ilk kısmında yer alan referans model yardımıyla, israf türleri ile performans ölçütlerinin birbirlerini etkileme düzeyleri ile ilgili bir bakış açısı oluşturulmuştur. Ancak israf türleri ile performans ölçütleri arasındaki etkileşimin daha net bir şekilde belirlenebilmesi için *DEMATEL* yöntemiyle analiz yapılmıştır. *DEMATEL* analizi sonuçlarına göre israf türleri ve performans ölçütleri, etkileyen ve etkilenen grup olarak birbirinden ayrılmıştır. Bu analize göre israf türlerinden ürün/süreç kusurları, fazla üretim, gereksiz işlem, gereksiz taşıma ve gereksiz hareket; performans ölçütlerinden ise takt zamanı ve üretim dengeleme ölçütleri etkileyen grupta yer almaktadır. İsraf türlerinden fazla stok ve bekleme israfı ile performans ölçütlerinden üretilen iş miktarı, verimlilik, süreç kalitesi, toplam ekipman etkinliği ve ara stok miktarı ölçütleri ise etkilenen grupta yer almaktadır.

Oluşturulan etki diyagramı ve ilişki haritası yardımıyla, israf türleri ile performans ölçütleri arasındaki ilişki ve etkileşimler hakkında daha net bulgular elde edilmiştir. Şekil 15'de gösterilen israf türleri performans ölçütleri ilişki haritasındaki tüm etkileşimler Tablo 39'da aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Tablo 39: İsraf Türü-Performans Ölçütü Etkileme ve Etkilenme Durumları

İsraf Türü/Performans Ölçütü	**Etkilediği Ölçüt**	**Etkilendiği Ölçüt**
Ürün Süreç Kusurları	Fazla Üretim Fazla Stok Gereksiz İşlem Gereksiz Taşıma Gereksiz Hareket Bekleme Üretilen İş Miktarı Verimlilik Süreç Kalitesi Takt Zamanı Üretim Dengeleme Toplam Ekipman Etkinliği Ara Stok Miktarı	Ürün Süreç Kusurları Üretilen İş Miktarı Verimlilik Süreç Kalitesi Takt Zamanı Üretim Dengeleme Toplam Ekipman Etkinliği
Fazla Üretim	Fazla Stok Üretilen İş Miktarı Verimlilik Süreç Kalitesi Üretim Dengeleme Toplam Ekipman Etkinliği	Ürün Süreç Kusurları Verimlilik Ürün Süreç Kusurları Süreç Kalitesi Üretim Dengeleme Toplam Ekipman Etkinliği
Fazla Stok	Verimlilik Süreç Kalitesi Toplam Ekipman Etkinliği	Ürün Süreç Kusurları Üretilen İş Miktarı Verimlilik Süreç Kalitesi Takt Zamanı Üretim Dengeleme Toplam Ekipman Etkinliği
Gereksiz İşlem	Verimlilik Süreç Kalitesi Takt Zamanı Toplam Ekipman Etkinliği	Ürün Süreç Kusurları Üretilen İş Miktarı Verimlilik Takt Zamanı Toplam Ekipman Etkinliği
Gereksiz Taşıma	Üretilen İş Miktarı Verimlilik Süreç Kalitesi Takt Zamanı Üretim Dengeleme Toplam Ekipman Etkinliği	Ürün Süreç Kusurları Takt Süresi Toplam Ekipman Etkinliği
Gereksiz Hareket	Üretilen İş Miktarı Verimlilik Süreç Kalitesi Takt Zamanı Üretim Dengeleme Toplam Ekipman Etkinliği	Ürün Süreç Kusurları Takt Zamanı
Bekleme	-	Ürün Süreç Kusurları Toplam Ekipman Etkinliği

Tablo 39: Devamı

İsraf Türü/Performans Ölçütü	Etkilediği Ölçüt	Etkilendiği Ölçüt
Üretilen İş Miktarı	Ürün Süreç Kusurları Fazla Üretim Fazla Stok Gereksiz İşlem Verimlilik Süreç Kalitesi Takt Zamanı Üretim Dengeleme Toplam Ekipman Etkinliği	Ürün Süreç Kusurları Fazla Üretim Gereksiz Taşıma Gereksiz Hareket Verimlilik Süreç Kalitesi Takt Zamanı Üretim Dengeleme Toplam Ekipman Etkinliği
Verimlilik	Ürün Süreç Kusurları Fazla Üretim Fazla Stok Gereksiz İşlem Üretilen İş Miktarı Süreç Kalitesi Takt Zamanı Üretim Dengeleme Toplam Ekipman Etkinliği	Ürün Süreç Kusurları Fazla Stok Gereksiz İşlem Gereksiz Taşıma Gereksiz Hareket Üretilen İş Miktarı Süreç Kalitesi Takt Zamanı Üretim Dengeleme Toplam Ekipman Etkinliği
Süreç Kalitesi	Ürün Süreç Kusurları Fazla Üretim Fazla Stok Üretilen İş Miktarı Verimlilik Üretim Dengeleme Toplam Ekipman Etkinliği	Ürün Süreç Kusurları Fazla Üretim Fazla Stok Gereksiz İşlem Gereksiz Taşıma Gereksiz Hareket Üretilen İş Miktarı Verimlilik Takt Zamanı Üretim Dengeleme Toplam Ekipman Etkinliği Ara Stok Miktarı
Takt Zamanı	Ürün Süreç Kusurları Fazla Stok Gereksiz İşlem Gereksiz Taşıma Gereksiz Hareket Üretilen İş Miktarı Verimlilik Süreç Kalitesi Üretim Dengeleme Toplam Ekipman Etkinliği	Ürün Süreç Kusurları Gereksiz İşlem Gereksiz Taşıma Gereksiz Hareket Üretilen İş Miktarı Verimlilik Üretim Dengeleme Toplam Ekipman Etkinliği

Tablo 39: Devamı

İsraf Türü/Performans Ölçütü	**Etkilediği Ölçüt**	**Etkilendiği Ölçüt**
Üretim Dengeleme	Ürün Süreç Kusurları Fazla Üretim Fazla Stok Üretilen İş Miktarı Verimlilik Süreç Kalitesi Takt Zamanı Toplam Ekipman Etkinliği	Ürün Süreç Kusurları Gereksiz Taşıma Gereksiz Hareket Üretilen İş Miktarı Verimlilik Süreç Kalitesi Takt Zamanı Toplam Ekipman Etkinliği
Toplam Ekipman Etkinliği	Ürün Süreç Kusurları Fazla Üretim Fazla Stok Gereksiz İşlem Gereksiz Taşıma Gereksiz Hareket Bekleme Üretilen İş Miktarı Verimlilik Süreç Kalitesi Takt Zamanı Üretim Dengeleme Ara Stok Miktarı	Ürün Süreç Kusurları Fazla Üretim Fazla Stok Gereksiz İşlem Gereksiz Taşıma Gereksiz Hareket Üretilen İş Miktarı Verimlilik Süreç Kalitesi Takt Zamanı Üretim Dengeleme Ara Stok Miktarı
Ara Stok Miktarı	Süreç Kalitesi Toplam Ekipman Etkinliği	Ürün Süreç Kusurları Toplam Ekipman Etkinliği

Etkileyen grupta yer alan ürün/süreç kusurlarının tüm israf türleri ve performans ölçütleri ile etkileşim halinde olduğu görülmektedir. Ürün/süreç kusurları üretim sürecinin herhangi bir aşamasında ortaya çıkabilen ve kusurlu parçaların üretim hattında devam etmesiyle daha da büyük sorunlara neden olabilecek bir israf türüdür. Kusurlu parçaların üretimde yer alması, işletmenin müşteri talebini karşılaması için üretmesi gerekli olan ürün miktarını sekteye uğratmaktadır. Dolayısıyla bu kusur türünün ilk seferde doğru üretim miktarı ile ilişkili olan üretilen iş miktarı ölçütünü, girdilerin çıktılara niceliksel olarak dönüşme oranı olan verimlilik ölçütünü ve süreç kalitesi gibi performans ölçütlerini etkilediğini göstermektedir. Ürünlerde ya da üretim sürecinde kusurların ortaya çıkması, yeniden işlem gerektireceğinden üretimde zaman kayıplarına neden olmaktadır. Bu kayıplar ise üretim ekipmanlarının etkinliğini düşürdüğünden, bu israf türünün en önemli ölçütlerden biri olan toplam ekipman etkinliği ile de ilişkili olduğunu göstermektedir. Üretim sürecinde kusurlu parçaların artması, üretim alanındaki ara stok miktarını da

etkilemekte ve bu miktarın artmasına neden olmaktadır. Ayrıca bu israf türü üretim planlarının dengelenememesine ve müşteri talebinin karşılanması konusundaki en önemli ölçütlerden biri olan takt zamanının artmasına neden olmaktadır.

Ürün/süreç kusurları performans ölçütlerini etkilediği gibi diğer tüm israf türlerini de etkilemektedir. Üretim sürecinde kusurlu parçaların fazla olması, gereğinden fazla üretim yapılmasına, bunların stoklarda tutulmasına neden olmaktadır. Ayrıca yeniden işlem gerektirmeye ihtiyacı olan parçaların bulunması, üretim hattındaki işlem sayısını arttırabilmekte, bunların gereksiz yere taşınmasına neden olabilmektedir. Üretim sürecinin bir aşamasında ortaya çıkan olası bir kusurun, bir sonraki aşamadaki işgücünün de etkin bir şekilde çalışamamasına ve beklemesine yol açması mümkündür. Bu açıdan bakıldığından ürün/süreç kusurlarının bütün israf türleri ve performans ölçütlerini etkilediği söylenebilir. Dolayısıyla üretim sistemi üzerinde en etkili olan israf türünün ürün/süreç kusurları olduğu görülmektedir.

Etkilenen grupta yer alan performans ölçütlerinden toplam ekipman etkinliği dikkate alındığında, bu ölçütün tüm israf türleri ve performans ölçütleri ile etkileşim halinde olduğu görülmektedir. TEE, üretim sürecinde her türlü değer yaratmayan faaliyeti tespit edip, bunları ortadan kaldırmayı hedefler. Dolayısıyla süreç içinde yer alan makinelerin mevcut etkinliklerinin arttırılması, israfın ortadan kaldırılarak üretimin istenilen düzeyde gerçekleştirilmesini sağlayacaktır. TEE hesaplanırken dikkate alınan temel kayıplardan olan kusur ve yeniden işleme kayıpları gibi değer yaratmayan durumlar ürün/süreç kusuru israfını ile doğrudan ilişkili olabilecek bir durumdur. Ürün/süreç kusuru açısından bakıldığında ise; ürünlerde ya da üretim sürecinde kusurların ortaya çıkması, yeniden işlem gerektireceğinden üretimde zaman kayıplarına neden olacaktır. Bu kayıplar ise üretim ekipmanlarının etkinliğini düşürecektir. Dolayısıyla toplam ekipman etkinliği ile ürün/süreç kusuru israfı birbirlerini doğrudan etkilemeleri ve ayrıca diğer ölçütlerin tümüyle etkileşim içinde olmaları nedeniyle firma için en önemli ölçütler olarak görülmektedir.

Toplam ekipman etkinliği ürün/süreç kusurlarının yanında diğer tüm israf türleri ile de etkileşim içindedir. Üretimin gerçekleştirilmesi için gerekli işlem sayısı fazlalığından doğacak israf kalemleri, mevcut işgücünün gereksiz hareketliliğinden kaynaklı durumlar ve üretim sürecinde yer alan iş gücü ile makinelerin çalışmadan bekledikleri durumların olması, yalın düşünce açısından değer yaratmayacak süreleri

artıracak olgulardır. Bu sürelerdeki artış ise toplam ekipman etkinliğini etkiyecektir. Dolayısıyla gereksiz işlem, gereksiz hareket ve bekleme israf türleri ile toplam ekipman etkinliği arasındaki ilişki oldukça önemlidir.

Analizler sonucunda süreç kalitesinin gereksiz hareket ve bekleme israfı dışındaki tüm israf türleri ve performans ölçütlerinden etkilendiği tespit edilmiştir. Bu açıdan bakıldığında süreç kalitesi performans ölçütü üretim sürecinin sağlıklı işleyip işlemediğini göstermesi açısından önemli bir ölçüttür. Üretimde kusur yaratan süreçlerin olması, kusurlu parçaların üretilmesine ve bunun sonucu olarak ürün kalitesinde problemler meydana getirmektedir. Kusurlu parçaların üretilmesi, ilk seferinde doğru üretim yapabilme yeteneğini düşürüp, doğrudan akış kayıplarına neden olmaktadır. Dolayısıyla bu performans ölçütü ile ürün/süreç kusuru israfı arasındaki etkileşimin olması, beklenen bir sonuçtur.

Süreç kalitesi ölçütü fazla üretim, fazla stok, gereksiz işlem ve gereksiz taşıma israflarından da etkilenmektedir. Fazla üretim israfı, üretim esnasında ortaya çıkan kusurların göz ardı edilmesine, süreç içi ara stok miktarının ve bitmiş stok miktarının fazla olmasına neden olur. Bu stokların uygun bir şekilde korunamamaları, parçaların hasar görmesi gibi durumlar süreç kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Yine üretim sistemindeki parçaların gereksiz hareketliliği üretim sürecinin kalitesini düşürecektir. Dolayısıyla bu performans ölçütünün sayılan israf türleri ile arasında önemli bir etkileşim olduğu söylenebilir. Ayrıca üretim sürecinin içinde bulunan ara stok miktarı da sürecin kalitesi için önemlidir. Üretim süreçleri arasında optimal seviyede bulundurulacak ara stoklar, üretimin devamlılığını sağlayarak, sürecin kalitesini arttıracaktır. Makine ya da işgücünün gereksiz beklemesinin süreç kalitesini doğrudan etkilememesi normaldir. Dolayısıyla süreç kalitesinin etkilenmediği israf türünün bekleme israfı olması beklenen bir sonuçtur.

Verimlilik ölçütü bekleme israfı ve ara stok miktarı dışındaki tüm israf türü ya da performans ölçütleri ile etkileşim halindedir. Bu açıdan bakıldığında en önemli performans göstergelerinden biri olduğu söylenebilir. Yalın üretim sistemlerinde müşteri talebinin zamanında ve eksiksiz tamamlanması oldukça önemlidir. Müşterinin talebinden fazla üretim kapasitesine sahip olunması, üretilen iş miktarı açısından bakıldığında olumlu bir durum olarak gözükse de, üretim sisteminin verimliliğinin sağlanması için dengelenmelidir. Verimliliği sağlanmış olsa bile bir

üretim hattının gereğinden fazla üretim yapmasının israf doğuracağı açıktır. Fazla üretim israfı ile yakından alakalı olan fazla stok israfının da bu bağlamda verimlilik ölçütü ile arasındaki ilişkinin önemli olacağı düşünülebilir. Ürün/süreç kusurlarının üretimde fazla olması, üretim sisteminin verimliliğinin düşmesine neden olmaktadır.

Analiz sonuçları üretilen iş miktarı performans ölçütünün birçok israf türü ve performans ölçütü ile etkileşim halinde olduğunu göstermiştir. Müşteri talebinin karşılanması firmanın üretim kapasitesine bağlıdır. Üretilen iş miktarı ölçütü firmanın müşteri talebini karşılayabileceğinin bir göstergesidir. Ancak bu miktarın gereğinden fazla olması, fazla üretim israfını doğuracaktır. Bu konuda üretilen iş miktarının müşteri talebiyle örtüşmesi oldukça önem arz etmektedir. Fazla stok israfı, fazla üretim israfına bağlı olarak ortaya çıkabilecek bir israf türü olduğundan üretilen iş miktarı ile arasındaki ilişkinin önemli olması beklenebilir. Üretim süreci içinde yer alan ürünlerin kusurlu bir şekilde üretilmesi, müşterinin talebi karşılayacak üretilmesi gerekli iş miktarını sekteye uğratacaktır. Üretilen iş miktarı kadar önemli olan bir diğer husus ise ilk seferinde doğru üretimi sağlamaktır. Üretilen iş hacminin talebi karşılaması önemlidir ancak müşteri için değer yaratacak olgu bu talebin kusursuz bir şekilde karşılanmasıdır. Dolayısıyla ilk seferinde doğru üretilen iş miktarını ürün kusurlarından kaynaklı israf türü ile yakından ilişkilidir.

Takt zamanı müşteri talebinin karşılanabilme yeteneğini gösterecek önemli bir ölçüttür. Bu ölçüt fazla üretim ve bekleme israfları ile ara stok miktarı dışındaki tüm ölçütler ile etkileşim içindedir. Üretim sürecinde kusurlu ürünlerin fazla olması onların yeniden işlem görmelerini ya da yeniden üretim yapılmasını gerektirdiğinden takt zamanı olumsuz anlamda etkilenecektir. Yine benzer şekilde üretim sürecindeki gereksiz işlem sayısı, parçaların gereksiz hareketliliği ve taşınmalarından kaynaklı israflar, üretim hatlarının çevrim sürelerini arttırarak takt zamanını olumsuz etkilemektedir.

Ara stok miktarı ölçütü üretim sisteminin etkinliğinin sağlanmasına katkıda bulunacak bir performans ölçütüdür. Ancak bu miktarın optimal seviyede olması oldukça önemlidir. Aksi takdirde israf doğuracak faaliyetlere neden olur. Ara stok miktarı ölçütünün ürün/süreç kusurlarından etkilendiği görülmektedir. Üretim sürecinde kusurlu ürünlerin üretilmesi, üretim işlemleri arasındaki stok seviyesini

arttıracaktır. Dolayısıyla üretim zamanları uzayacak ve üretim süreci olumsuz yönde etkilenecektir.

Üretim dengeleme ölçütü ara stok miktarı dışındaki tüm performans ölçütleri ile etkileşim içindedir. Üretimde esnekliğin sağlandığı, üretim kaynaklarının kullanımının dengelendiği bir yapıda, verimlilik, üretim sürecinin kalitesi ve toplam ekipmanların etkinliği gibi ölçütleri olumlu yönde etkileyecektir. Talebi düzgün hale getirebilme yeteneği, talebin karşılanma yeteneğinin bir ölçüsü olan takt zamanında iyileştirmeler sağlayacaktır.

Özetlenecek olursa, bu tez çalışması kapsamında, üretim sürecinde ortaya çıkabilen ve yalın düşünce açısından değer yaratmayan faaliyetler olarak nitelendirilen israf türleri ile uygulama yapılan firmaya uygun olarak seçilen performans göstergeleri arasındaki ilişki ve etkileşimleri ortaya koyan bir model ortaya konulmuştur. Literatürden referans alınan bir model yardımıyla ortaya konulan ilişki ve etkileşimler *DEMATEL* yöntemiyle daha da açıklanabilir ve yorumlanabilir bir şekilde sunulmuştur. Bu açıdan bakıldığında mevcut modelin eksiklikleri giderilmeye çalışılarak literatüre katkı sağlanmaya çalışılmıştır. Uygulama yapılan işletme için hangi israf türü yada performans ölçütünü en fazla öneme sahip olduğu ve aralarındaki etkileşimlerin ne boyutta olduğunun belirlenmesi, firmanın yönetsel kararlarının alınmasında önem arz etmektedir. Üretim performansının optimizasyonun sağlanması ve müşteri için değer yaratan faaliyetlerin sürekliliğinin sağlanması, üretim sistemi içindeki israfın olabildiğince azaltılması veya mümkünse ortadan kaldırılmasıyla gerçekleşecektir.

Mevcut çalışmada yedi temel israf türü (ürün/süreç kusurları, fazla üretim, fazla stok, gereksiz işlem, gereksiz taşıma, gereksiz hareket ve bekleme) ile yedi performans ölçütü (üretilen iş miktarı, verimlilik, süreç kalitesi, takt zamanı, üretim dengeleme, toplam ekipman etkinliği ve ara stok miktarı) arasındaki ilişki ve etkileşimin belirlenmesine yönelik bir model ve analizler yer almıştır. Gelecek çalışmalar için öneriler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yedi temel israf türüne ek olarak literatürde son zamanlarda tartışılan israf türlerine yer verilebilir. Yine benzer şekilde uygulama yapılacak firmanın özelliklerine uygun olacak şekilde başka performans ölçütleri seçilerek daha farklı uygulama modelleri oluşturulabilir.

- İlişkilerin ve etkileşimin belirlenmesinde kurulacak modelin yapısına uygun olacak şekilde, *DEMATEL* yöntemi haricinde başka karar verme teknikleri kullanılarak analizler yapılabilir.
- Mevcut çalışma otomotiv sektörüne sızdırmazlık profil sistemlerinin tedariğini sağlayan bir firmada gerçekleştirilmiştir. Yalın üretim genellikle otomotiv sektörünü çağrıştırsa da, daha farklı sektörlerde faaliyetlerde gösteren firmalar uygulama alanı olarak seçilebilir. Farklı sektörler arasında yapılan uygulamalarda, daha farklı performans ölçütleri ile anlamlı bulgular elde edilebilir.

KAYNAKÇA

Abdulmalek, F.A. ve 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: 223-236.

Abdulmalek, F.A., Rajgopal, J. ve Needy, K.L. (2006). A Classification Scheme for The Process Industry to Guide The Implementation of Lean. *Journal of Engineering Management*. 18(2): 15-25.

Abdul Wahab, A.N., Mukhtar, M. ve Sulaiman, R. (2013). A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. *Procedia Technology*. 11: 1292-1298.

Achanga, P., Shehab, E., Roy, R., ve Nelder, G. (2006). Critical Success Factors for Lean Implementation within SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*. *17*(4): 460-471.

Agus, A. ve Hajinoor, M.S. (2012). Lean Production Supply Chain Management As Driver Towards Enhancing Product Quality and Business Performance. Case Study of Manufacturing Companies in Malaysia. *International Journal of Quality and Reliability Management*. 29(1): 92-121.

Ahlström, J. (2007). Using the 5S Lean Tool for Health Care. *Management Engineering & Process Improvement Community.*

Ahlström, P. ve Karlsson, C. (1996). Change Processes towards Lean Production-The Role of The Management Accounting System. *International Journal of Operations & Production Management*. 16(11): 42-56.

Ahuja I.P.S. ve Khamba J.S. (2007). An Evaluation of TPM Implementation Initiatives in an Indian Manufacturing Enterprise. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. 13(4): 338–352.

Ahuja I.P.S. ve Khamba J.S. (2008). Total Productive Maintenance: Literature Review and Directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*. 25(7): 709-756.

Aksakal, E. ve Dağdeviren, M. (2010). ANP ve DEMATEL Yöntemleri ile Personel Seçimi Problemine Bütünleşik Bir Yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*. *25*(4): 905-913.

Alukal, G. (2003). Create A Lean, Mean Machine. *Quality Progress*. 36(4): 29-34.

Alvarez, R., Calvo, R., Pena, M.M. ve Domingo, R. (2009). Redesigning an Assembly Line through Lean Manufacturing Tools. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 43 (1): 949-958.

Anand, G. ve Kodali, R. (2009). Selection of Lean Manufacturing Systems Using the Analytic Network Process: A Case Study. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 20(2): 258-289.

Anvari, A., Zulkifli, N. ve Yusuff, R.M. (2013). A Dynamic Modeling to Measure Lean Performance Within Lean Attributes. *International Journal of Advance Manufacturing Technology*. 66: 663-677

Arnheiter, E. D. ve Maleyeff, J. (2005).The Integration of Lean Management and Six Sigma. *The TQM Magazine*. 17(1): 5-18.

Bai, X. ve Gershwin, S.B. (1990). *Scheduling Manufacturing Systems with Work-In-Process Inventory Control: Single-Part-Type Systems*. Operations Research and Laboratory for Manufacturing and Productivity. Massachusetts Institute of Technology.

Barber, J.C. (1992). Prudent Investment in Systems. In *Managing the Factory-Computer Systems for Effective Shop Floor Management, IEE Seminar on IET.*

Barker, R.C. (1994). The Design of Lean Manufacturing Systems Using Time-Based Analysis. *International Journal of Operations & Production Management.* 14(11): 86-96.

Barney, M. (2002). Motorola's Second Generation. *Six Sigma Forum Magazine.* 1(3): 13-16.

Becker, J.E. (2001). Implementing 5S: To Promote Safety & Housekeeping. *Professional Safety*. 46(8): 29-31.

Behrouzi, F. ve Wong, K.Y. (2011). Lean Performance Evaluation of Manufacturing Systems: A Dynamic and Innovative Approach. *Procedia Computer Science.* 3: 388-395.

Bergmiller, G.G. ve McCright, P.R. (2009). Parallel Models for Lean and Green Operations. *Proceedings of the 2009 Industrial Engineering Research Conference*. Miami.

Bernard, R., L. Mattice and D. Wright. (2008). Lean Security: Applying Lean Manufacturing Principles to Security is Part of Continual Improvement at Baxter Cherry Hill. *Security Technology &Design.* 18(7): 32–36.

Blakeslee, J.A. (1999). Implementing the Six Sigma Solution. *Quality Progress. 32*(7): 77–85.

Bodek, N. (2002). Lean manufacturing. *Manufacturing Engineering.* 129(3): 17-18.

Bodek, N. (2004). *Kaikaku: The Power and Magic of Lean: A Study in Knowledge Transfer.* PCS Press.

Bonavia, T. ve Marin, J.A. (2006). An Empirical Study of Lean Production in The Ceramic Tile Industry In Spain. *International Journal of Operation & Production Management*. 26 (5): 505-531.

Boyer, K.K. (1996). An Assessment of Managerial Commitment to Lean Production. *International Journal of Operations & Production Management*. 16(9): 48-59.

Breyfogle, F. W. (2007). Lean Tools That Improve Processes: An Overview. *BPTrends.*

Brown, C.B., Collins, T.R. ve McCombs, E.L. (2006). Transformation from Batch to Lean Manufacturing: The Performance Issues. *Engineering Management Journal*. 18(2): 3-13.

Bruce, M., Daly, L. ve Towers, N. (2004). Lean or Agile, A Solution for Supply Chain Management in the Textiles and Clothing Industry? *International Journal of Operations & Production Management*. 24(2): 151-170.

Brunet, A.P. ve New, S. (2003). Kaizen in Japan: An Empirical Study. *International Journal of Operations & Production Management*. 23(12): 1426-1446.

Bullington, K.E. (2003). 5S For Suppliers: How This Technique Can Help You Maintain A Lean Material Supply Chain. *Quality* Progress. 36(1): 56-59.

Burcher, P., Dupernex, S. ve Relph, G. (1996). The Road to Lean Repetitive Batch Manufacturing –Modeling Planning System Performance. *International Journal of Operations &Production Management*. 16(2): 210-220.

Carreira, B. (2005). *Lean Manufacturing That Works.* New York: American Management Association.

Chan, F.T.S., Qi, H.J., Chan, H.K, Lau, H.C.W. ve Ip, R.W.L (2003). A Conceptual Model of Performance Measurement for Supply Chains. *Management Decision*. 41(7): 635-642.

Chapman, C.D. (2005). Clean House With Lean 5S. *Quality* Progress. 38(6): 27-32.

Charles, V., Puthraya, N., ve Kavitha, S. (2007). Simple Kanban Technique for Better Inventory Management. *The IUP Journal of Operations Management*. 60–73.

Chen, F.-H., Hsu, T.-S. and Tzeng, G.-H., (2011). A Balanced Scorecard Approach to Establish a Performance Evaluation and Relationship Model for Spring Hotels Based on a Hybrid MCDM Model Combining DEMATEL and ANP. *International Journal of Hospitality Management*, 30, 908-932.

Chen, C.H. ve Tzeng, G.H. (2011). Assessment Model for Improving Educational Curriculum Materials Based on The DANP Technique with Grey Relational Analysis. *International Journal of Information Systems for Logistics and Management*, 6(2): 23-36.

Christiansen, T., Berry, W.L., Bruun, P. ve Ward, P. (2003). A Mapping of Competitive Priorities, Initiatives, Practices, and Operational Performance in Danish Manufacturers. *International Journal of Operations ve Production Management*. 23(10): 1163-1183.

Coleman, B.J. ve Vaghefi, M.R. (1994). Heijunka (?): A Key to the Toyota Production System. *Production and Inventory Management Journal*. *35*(4): 31-35

Comm, C.L. ve Mathaisel, D.F.X. (2000). A Paradigm for Benchmarking Lean Initiatives for Quality Improvement. *Benchmarking: An International Journal.* 7(2): 118-127.

Comm, C.L. ve Mathaisel, D.F.X. (2005). An Exploratory Analysis in Applying Lean Manufacturing to A Labor-Intensive Industry In China. *Asia Pacific Journal of Marketing & Logistics.* 17(4): 63-80.

Conner, G. (2001). *Lean Manufacturing for the Small Shop.* Dearborn, MI: Society of Manufacturing Engineers.

Cooney, R. (2002). Is Lean A Universal Production System? Batch Production in the Automotive Industry. *International Journal of Operations & Production Management*. 22(10): 1130-1147.

Cox, J.F. ve Blackstone, J.H. (1998). *APICS Dictionary- The Educational Society for Resource Management*. 9th Edition. Falls Church VA.

Crosby, B.P. (1979). *Quality is Free*. McGraw-Hill, New York.

Cua, K.O., McKone-Sweer, K.E. ve Schroeder, R.G. (2006). Improving Performance through An Integrated Manufacturing Program. *The Quality Management Journal.* 13(3): 45-60.

Dahlgaard, J.J. ve Dahlgaard-Park, S.M. (2006) Lean Production, Six Sigma Quality, TQM And Company Culture. *The TQM Magazine*. 18(3): 263-281.

Dale, B.G., Boaden, R.J., Wilcox, M. ve McQuarter, R.E. (1997). Sustaining Total Quality Management: What Are the Key Issues. *TQM Magazine*. 9(5): 372-380.

Dankbaar, B. (1997). Lean Production: Denial, Confirmation or Extension of Socio-Technical Systems Design. *Human Relations*. 50(5): 567-583.

Dave, Y. ve Sohani, N. (2012). Single Minute Exchange of Dies: Literature Review. *International Journal of Lean Thinking*. 3(2): 27-37.

De Toni, A. ve Tonchia, S. (1996). Lean Organization, Management by Process and Performance Measurement. *International Journal of Operations & Production Management*. 16(2): 221-236.

Deming, W.E. (1986). *Out of the Crisis*. MIT Centre for Advanced Engineering, Cambridge.

Detty, R. B. and Yingling, J. C. (2000). Quantifying Benefits Conversion to Lean Manufacturing With Discrete Event Simulation, A Case Study. *International Journal of Production Research*. 38(2): 429-445.

Digra, M ve Sharma, A. (2014). To Find Out the Present Barriers in Achieving Single Minute Exchange of Die in Hand Tool Industries. *MIT International Journal of Mechanical Engineering.* 4(2): 85-89.

Duanmu, J. ve Taaffe, K. (2007). Measuring Manufacturing Throughput Using Takt Time Analysis and Simulation. *Proceedings of the Winter Simulation Conference.*1633-1640.

Dudek-Burlikowska, M., Szewieczek, D. (2009). The Poka-Yoke Method as an Improving Quality Tool of Operations in the Process. *Journal of Achievements in Materials & Manufacturing Engineering*. 95–102.

Evans, J.R. ve Lindsay, W.M. (2002). *The Management and Control of Quality, 5th Edition*. South-Western Thomas Learning. USA.

Feigenbaum, A.V. (1991). *Total Quality Control*. International Edition.

Feld, W. M. (2001). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them.* Boca Raton: The St. Lucie Press/APICS Series on Resource Management.

Ford, H. (1926). *Today and Tomorrow.* Garden City, NY: Doubleday, Page & Company.

Frost ve Sullivan. (2005). *Improving Plant Performance: Overall Equipment Effectiveness.* Industrial Automation Practice.

Fujimoto, T. (1999). *The Evolution of a Manufacturing Systems at Toyota.* Oxford University Press.

Gnanaraj, S.M., Devadasan, S.R., Murugesh, R. ve Sreenivasa, C.G. (2011). Sensitisation of SME's towards the Implementation of Lean Six Sigma – An Initialisation in a Cylinder Frames Manufacturing Indian SME. *Production Planning & Control*. 23(8): 599-608.

Grewal, C. (2008). An Initiative to Implement Lean Manufacturing Using Value Stream Mapping in a Small Company. *International Journal of Manufacturing Technology &Management*. 15(3-4): 404-417.

Gupta, V., Acharya, P. ve Patwardhan, M. (2012). Monitoring Quality Goals Through Lean Six-Sigma Insures Competitiveness. *International Journal of Productivity and Performance Management.* 61(2): 194-203.

Gurumurthy, A. ve Kodali, R. (2011). Design of Lean Manufacturing Systems Using Value Stream Mapping with Simulation: A Case Study. *Journal of Manufacturing Technology Management*. *22*(4): 444-473.

Hahn, G.J., Doğanaksoy, N. ve Hoerl, R. (2000). The Evolution of Six Sigma. *Quality Engineering.* 12(3): 317–326.

Halis, M. (2000). *Paradigmadan Uygulamaya Toplam Kalite Yönetimi ve ISO-9000 ve Kalite Güvence Sistemleri ISO-9002 Kalite Belgesi Çalışmaları*. 1. Baskı, İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.

Hall, R. W. (1983). *Zero Inventories.* Homewood, IL: Dow Jones-Irwin.

Hall, R. W. (1987). *Attaining Manufacturing Excellence.* Homewood, IL: Dow Jones-Irwin.

Hallgren, M. ve Olhager, J. (2009). Lean and Agile Manufacturing; External and Internal Drivers and Performance Outcomes. *International Journal of Operations & Production Management*. 29(10): 976-999.

Hayes, R.H. ve Pisano, G.P. (1994). Beyond World Class- The New Manufacturing Strategy. *Harvard Business Review*. 72(1): 77-86.

Haque, B. ve Moore, M.J. (2004). Measures of Performance for Lean Product Introduction in the Aerospace Industry. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B-Journal of Engineering Manufacture*. 218(10): 1387-1398.

Hill, A.V. (2010). *The Encyclopedia of Operations Management: A Field Manual and Encyclopedic Glossary of Operations Management Terms and Concepts*. Clamshell Beach Press.

Hines, F., Francis, M. ve Found, P. (2006). Towards Lean Product Lifecycle Management: A Framework for New Product Development. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 17(7): 866-887.

Hines, P., Holweg, M., ve Rich, N. (2004). Learning to Evolve: A Review of Contemporary Lean Thinking. *International Journal of Operations & Production Management.* 24(10): 994-1011.

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

Howell, G.A. (1999). What is Lean Construction-1999? *Proceedings Seventh Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. University of California, Berkeley.

Huang, C.C. ve Liu, S.H. (2005). A Novel Approach to Lean Control for Taiwan-Funded Enterprises in Mainland China. *International Journal of Production Research*. 43(12): 2553-2575.

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

Ishikawa, K. (1985). *What is Total Quality Control? The Japanese Way.* NJ, Prentice Hall.

Jackson, T. L. ve Jones, K. R. (1996). *Implementing a Lean Management System*. Portland, Productivity Press.

Jimenez, E., Tejeda, A., Perez, M., Blanco, J. ve Martinez, E. (2011). Applicability of Lean Production with VSM to the Rioja Wine Sector. *International Journal of Production Research*. 50(7): 1890-1904.

Jina, J., Bhattacharya, A.K. ve Walton, A.D. (1997). Applying Lean Principles for High Product Variety and Low Volumes: Some Issues and Propositions. *Logistics Information Management*. 10(1): 5-13.

Juran, J.M. (1988). *Juran on Planning for Quality*. New York: Free Press.

Kalsaas, B.T. (2002). Value Steam Mapping: An Adequate Method for Going Lean?. *NOFOMA, The 14th International Conference*. Trondheim.

Kannan, V.R. ve Ghosh, S. (1996). Cellular Manufacturing Using Virtual Cells. *International Journal of Operations & Production Management*. 16(5): 99-112.

Karlsson, C. ve Ahlström, P. (1996). Assessing Changes towards Lean Production. *International Journal of Operations & Productions Management.* 16(2): 24-41.

Kasul, R. A. ve Motwani, J. G. (1997). Successful Implementation of TPS in A Manufacturing Setting: A Case Study. *Industrial Management & Data Systems.* 97(7): 274-279.

Katayama, H. ve Bennet, D. (1996). Lean Production in A Changing Competitive World: A Japanese Perspective. *International Journal of Operations & Production Management*. 16(2): 9-10.

Khadem, M. R. (2004). A Comparative Study of Lean Matrix and Traditional Manufacturing Performance Measure. *Ph.D. Dissertation.* University of Wisconsin.
Kilpatrick, J. (2003). *Lean Principles*. Utah Manufacturing Extension Partnership, 1-5.

Kumar, C.S. ve Panneerselvam, R. (2007). Literature Review of JIT-KANBAN System. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 32:*(3-4), 393-408.

Kumar S.J., Sujatha G. ve Thyagarajan D. (2012). Assesment of Overall Equipment Effectiveness, Efficiency and Energy Consumption of Breakfast Cereal. *International Journal of Applied Engineering &Technology*. 2(2): 39-48.

Kumar, M., Antony, J., Singh, R.K., Tiwari, M.K. ve Perry, D. (2006). Implementing the Lean Sigma Framework in an Indian SME: A Case Study. *Production Planning &Control*. 17(4): 407-423.

Kumar, U.D., Nowicki, D., Ramirez-Marquez, J.E. ve Verma, D. (2007). On The Optimal Selection of Process Alternatives in a Six Sigma Implementation. *International Journal of Production Economics.* 111: 456-467.

Li, S.G ve Rong, Y.L. (2009). The Reliable Design of One-Piece Flow Production System Using Fuzzy Ant Colony Optimization. *Computers & Operations Research*. 36: 1656-1663.

Li, C.W. ve Tzeng, G.H. (2009). Identification of a Threshold Value for the DEMATEL Method Using the Maximum Mean De-Entropy Algorithm to Find Critical Services Provided by A Semiconductor Intellectual Property Mall. *Expert Systems with Applications*. *36*(6): 9891-9898.

Lian, Y. H. ve Van Landeghem, H. (2002). An Application of Simulation and Value Stream Mapping In Lean Manufacturing. *Department of Industrial Management,* Ghent University, Technologiepark, *903*.

Liker, J.K. (1997). *Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers*. Productivity Press.

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

Liker, J.K. ve Wu, Y.C: (2000). Japanese Automakers, US Suppliers and Supply-Chain Superiority. *Sloan Management Review*. 42(1): 81-93.

Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S. ve Choo, A. S. (2003). Six Sigma: A Goal-Theoretic Perspective. *Journal of Operations Management*. 21(2): 193-203.

Longenecker, C.O., Scazzero, J.A. ve Stansfield, T.T. (1994). Quality Improvement through Team Goal Setting, Feedback, and Problem Solving: A Field Experiment. *International Journal of Quality & Reliability Management*. 11(4): 45-52.

Lovelle, J. (2001). Mapping the Value Stream - Use Value-Stream Mapping to Reveal the Benefits of Lean manufacturing, *IIE solutions*, 33(2): 26-33.

Mahidhar, V. (2005). Designing the Lean Enterprise Performance Measurement System. *Master of Science in Engineering Systems*. Massachusetts Institute of Technology.

Manos, A. (2007). The Benefits of Kaizen and Kaizen Events. *Quality Progress*. 40(2): 47-48.

Manos, A., Sattler, M. ve Alukal, G. (2006). Make Healthcare Lean. *Quality Progress.* 39(7): 24–30.

Maran M., Manikandan G. ve Thiagarajan K. (2012). Overall Equipment Effectiveness Measurement by Weighted Approach Method. *Proceeding Of The International Multiconference of Engineers & Computer Scientists*. Hong Kong.

Maskell, M., Baggaley, B. ve Grasso, L. (2011). *Practical Lean Accounting: A Proven System for Measuring and Managing the Lean Enterprise Second Edition.* CRC Press, USA.

Mathaisel, D.F.X. ve Comm, C.L. (2000). Developing, Implementing and Transferring Lean Quality Initiatives from the Aerospace Industry to All Industries. *Managing Service Quality*. 10(4): 248-256.

Matwani, J. (2003). A Business Process Change Framework for Examining Lean Manufacturing: A Case Study. *Industrial Management & Data Systems*. 103(5): 339-346.

McCarthy, D. (2004). *Lean TPM*. Butterworth Heinemann, U.K.

McDonald, T., Van-Aken, E.M. ve Rentes, A.F. (2002). Utilizing Simulation to Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application. *International Journal of Logistics: Research & Applications*. 5(2): 213-232.

Melnyk, S.A. ve Denzler, D.R. (1996). *Operations Management: A Value-Driven Approach*. Richard d Irwin.

Michalska, J. ve Szewieczek, D. (2007). The 5S Methodology as a Tool for Improving the Organization. *Journal of Achievements in Materials & Manufacturing Engineering.* 24(2): 211-214.

Miltenburg J. (2001a). One-Piece Flow Manufacturing On U-Shaped Production Lines: A Tutorial. *IIE Transactions*. 33: 303-321.

Miltenburg J. (2001b). U-Shaped Production Lines: A Review of Theory and Practice. *International Journal of Production Economics*. 70: 201-214.

Miltenburg, J. (2007). Level Schedules for Mixed-Model JIT Production Lines: Characteristics of the Largest Instances that Can Be Solved Optimally. *International Journal of Production Research*. 45(16): 3555-3577.

Ming-Te, L., Kuo-Chung, M.A. ve Pan, W.T. (2013). Using Data Mining Technique to Perform the Performance Assessment of Lean Service. *Neural Computing & Application*. 22(7-8): 1433-1445.

Monden, Y. (1994). *Toyota Production System*. Springer-Verlag US.

Monden, Y. (1998). *Toyota Production System - An Integrated Approach To Just-In-Time,* EMP Books.

Moreira, A. C. ve Garcez, P.M.T. (2013). Implementation of the Single Minute Exchange of Die (SMED) Methodology in Small to Medium-sized Enterprises: A Portuguese Case Study. *International Journal of Management*. 30(1): 66-87.

Nakajima, S. (1989). *TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance.* Productivity Press Inc., Cambridge.

Narasimhan, R., Swink, M. ve Kim, S.W. (2006). Disentangling Leanless and Agility: An Empirical Investigation. *Journal of Operations Management.* 24(1): 440-457.

Naylor, J.B., Naim, M.M. ve Berry, D. (1999). Leagility: Integrating the Lean and Agile Manufacturing Paradigms in the Total Supply Chain. *International Journal of Production Economics.* 62(1): 107-118.

Ogundu, J.M. (2011). Direct Relationships and Effects between Waste/reduction Elimination and Operating Performance Measures. *Doctor of Engineering in Manufacturing Systems*. Lawrence Technological University.

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

Özveri, O. ve Güçlü, P. (2015). Değer Akış Haritalamada Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Uygulanması. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi.* 7(1): 1-12.

Özveri, O. (2007). *Kalite Yolculuğu*. Altın Nokta Basım. İzmir.

Panizzolo, R., Garengo, P., Sharma, M.L. ve Gore, A. (2012). Lean Manufacturing in Developing Countries: Evidence from Indian Smes. *Production Planning and Control: The Management of Operations*. 23(10-11): 769-788.

Pattanaik, L.N. ve Sharma, B. P. (2009). Implementing Lean Manufacturing with Cellular Layout: A Case Study. *International Journal of Advance Manufacturing Technology*. 42: 772-779.

Productivity Press. (2002). *Kanban for the Shopfloor.* Portland, Oregon: The Productivity Press Development Team, Shopfloor Series.

Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts and Managers at All Levels*. USA: McGraw-Hill.

Quintana R. (2002). Recursive Linear Control of Order Release to Manufacturing Cells with Random Yield. *IIE Transactions*. 34: 489-500.

Quintana, R. (1998). A Production Methodology for Agile Manufacturing in a High Turnover Environment. *International Journal of Operations & Production Management*. 18(5): 452-470.

Raja, N. ve Kannan, S.M. (2007) Evolutionary Programming to Improve Yield and Overall Equipment Effectiveness of Casting Industry. *Journal of Engineering & Applied Sciences*. 2 (12): 1735-1742.

Ramarapu, N.K., Mehra, S. ve Frolick, M.N. (1995). A Comparative Analysis and Review of JIT Implementation. *International Journal of Operations & Production Management*. 15(1): 38-49.

Ramesh, V. ve Kodali, R. (2012). A Decision Framework for Maximising Lean Manufacturing Performance. *International Journal of Production Research*. 50(8): 2234-2251.

Rawabdeh, I.A. (2005). A Model for the Assessment of Waste in Job Shop Environments. *International Journal of Operations & Production Management*. 25(8): 800-822.

Rhyne D.M. (1990). Total Plant Performance Advantages through Total Productive Maintenance. *Conference Proceedings*, APICS, Birmingham: 683–686.

Rich, N., Bateman, N. ve. Esain, A. (2006). *Lean Evolution: Lessons from the Workplace.* New York: Cambridge University Press.

Robertson, D. ve Rinehart, J. (1992). Team Concept and Kaizen: Japanese Production Management in a Unionized Canadian Auto Plant. *Studies in Political Economy*. 39: 77-107.

Rother, M. and Harris, R., (2008). *Creating Continuous Flow: An Action Guide for Managers, Engineers and Production Associates*. One Cambridge Center, Cambridge USA: Lean Enterprise Institute.

Rother, M. ve Shook, J. (1999). *Learning To See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. The Lean Enterprise Institute, Massachusetts, USA.

Russell, R.S: ve Taylor, B.W. (2009). *Operations Management along the Supply Chain International Student Version*: *Sixth Edition*. John Wiley & Sons Inc.

Sahoo, A.K., Singh, N.K., Shankar, R. ve Tiwari, M.K. (2008). Lean Philosophy: Implementation in a Forging Company. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 36(1): 451-462.

Satoğlu, S.I., Durmuşoğlu, M.B. ve Ertay, T. (2010). A Mathematical Model and a Heuristic Approach for Design of the Hybrid Manufacturing Systems to Facilitate One-Piece Flow. *International Journal of Production Research*. 48(17): 5195–5220.

Savolainen, T. ve Haikonen, A. (2007). Dynamics of Organizational Learning and Continuous Improvement in Six Sigma Implementation. *The TQM Magazine. 19* (1): 6-17.

Schonberger, R. J. (1982). *Japanese Manufacturing Techniques: Nine Hidden Lessons in Simplicity*. New York: The Free Press.

Schonberger, R. J. (1986). *World Class Manufacturing: The Lessons of Simplicity Applied*. New York: The Free Press.

Schroeder, R.G., Linderman, K., Liedtke, C., ve Choo, A.S. (2008). Six Sigma: Definition and Underlying Theory. *Journal of Operations Management.* 26: 536-554.

Seth, D. ve Gupta, V. (2005). Application of Value Stream Mapping for Lean Operations and Cycle Time Reduction: An Indian Case Study. *Production Planning & Control*. 16(1): 44-59.

Shah, R. ve Ward, P.T. (2003). Lean Manufacturing Context, Practice, Bundles and Performance. *Journal of Operations Management.* 21(2): 129-149.

Shah, R. ve Ward, P.T. (2007). Defining and Developing Measures of Lean Production. *Journal of Operations Management.* 25(2): 785-805.

Sheridan, J. (1990). World-Class Manufacturing. *Industry Week*. 239(13): 36-46.

Shil, N. C. (2009). Explicating 5S: Make you Productive. Interdisciplinary Journal of Contemporary Research In Business. 1(6): 33-47.

Simpson, D.F. ve Power, D.J. (2005). Use the Supply Relationship to Develop Lean and Green Suppliers. *Supply Chain Management: An International Journal*. 10(1): 60-68.

Singh, S. (1998). Lean Manufacturing: Changing Paradigms in Product Manufacturing, Design & Supply. *The Third Conference on Quality Management.*

Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing, the SMED System*. Productivity Press.

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

Singh, B. ve Sharma, S.K. (2009). Value Stream Mapping as a Versatile Tool for Lean Implementation: An Indian Case Study of a Manufacturing Firm. Measuring. *Business Excellence*. 13(3): 58-68.

Singh, B., Garg, S.K. ve Sharma, S.K. (2011). Value Stream Mapping: Literature Review and Implications for Indian Industry. *International Journal Advanced Manufacturing Technology*. 53(1): 799-809.

Soderquist, K. ve Motwani, J. (1999). Quality Issues in Lean Production Implementation: A Case Study of a French Automotive Supplier. *Total Quality Management*. 10(8): 1107-1122.

Spithoven, A.H.G.M. (2001). Lean Production and Disability. *International Journal of Social Economics*. 28(9): 725-742.

Storch, R.L. ve Lim, S. (1999). Improving Flow to Achieve Lean Manufacturing In Shipbuilding. *Production Planning & Control*. 10(2): 127-137.

Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F. ve Uchikawa, S. (1977). Toyota Production System and Kanban System Materialization of Just In Time and Respect for Human System. *International Journal of Production Research*. 15(6): 553-564.

Swanson, R. E. (2008). A Generalized Approach to Demand Buffering and Production Leveling for JIT Make-To-Stock Application. *Canadian Journal of Chemical Engineering.* 86(5): 859-868.

Şahin, F. (2000). Manufacturing competitiveness: Different Systems to Achieve the Same Results. *Production & Inventory Management Journal.* 41(1): 56-65.

Taguchi, H. (1986). *Introduction to Quality Engineering, Designing Quality into Products and Process.* New York.

Taj, S. (2005). Applying Lean Assessment Tools in Chinese Hi-Tech Industries. *Management Decision*. 43(4): 628-643.

Taj, S. ve Berro, L. (2006). Application of Constrained Management and Lean Manufacturing in Developing Best Practice for Productivity Improvement in an Auto-Assembly Plant. *International Journal of Productivity & Performance Management*. 55(4): 332-345.

Taj, S. ve Morosan, C. (2011). The Impact of Lean Operations on the Chinese Manufacturing Performance. *Journal of Manufacturing Technology Management.* 22(2): 223-240.

Tangen, S. (2003). An Overview of Frequently Used Performance Measures. *Work Study*. 52(7): 347-354.

Tapping, D., Luyster, T., ve Shuker, T. (2002). *Value Stream Management: Eight Steps to Planning, Mapping, and Sustaining Lean Improvements.* New York: Productivity Press.

Togo, Y. ve Waterman, W. (1993). *Against All Odds: The Story Of The Toyota Motor Corporation And The Family That Created It.* St. Martin's Press.

Tseng, M.L. ve Lin, Y.H. (2009). Application of Fuzzy DEMATEL to Develop a Cause and Effect Model of Municipal Solid Waste Management in Metro Manila. *Environmental Monitoring and Assessment*. 158: 519-533

Tsuchiya, S. (1992). *Quality Maintenance: Zero Defects through Equipment Management*. Productivity Press, Cambridge, MA.

Tzeng, G.H., Chiang, C.H. ve Li, C.W. (2007). Evaluating Intertwined Effects in E-Learning Programs: A Novel Hybrid MCDM Model Based nn Factor Analysis and DEMATEL. *Expert systems with Applications*. *32*(4): 1028-1044.

Villa, D. (2010). Automation, Lean, Six Sigma: Synergies for Improving Laboratory Efficiency. *Journal of Medical Biochemistry*. 29(4): 339-348.

Vinodh, S. ve Joy, D. (2011). Structural Equation Modelling of Lean Manufacturing Practices. *International Journal of Production Research*. 50(6): 1598-1607.

Vinodh, S., Arvind, K.R. ve Somanaathan, M. (2010). Application of Value Stream Mapping in an Indian Camshaft Manufacturing Organization. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 21(7): 888-900.

Wang, F.K. (2006). Evaluating the Efficiency of Implementing Total Productive Maintenance. *Total Quality Management*. 17(5): 655–667.

Wang, Y.L. ve Tzeng, G.H. (2012). Brand Marketing for Creating Brand Value Based on A MCDM Model Combining DEMATEL with ANP and VIKOR Methods. *Expert Systems with Applications*, 39: 5600-5615.

Welgama, P.S. ve. Mills, R.G.J. (1995). Use of Simulation in the Design of A JIT System. *International Journal of Operations & Production Management*. 15(9): 245-260.

Wemmerlöv U. ve Johnson D.J. (1997) Cellular Manufacturing at 46 User Plants: Implementation Experiences and Performance Improvements. *International Journal of Production Research*. 35: 29–49

Williams, S. (2009). The Lean Toolkit Part 2. *Circue Tree*. 22(5): 32.

Womack, J. P. ve Jones. D. T. (1996a). *Lean Thinking*. New York: Simon & Schuster.

Womack, J. P. ve Jones. D. T. (2003). *Lean Thinking*. New York: Simon & Schuster.

Womack, J.P ve Jones, D.T. (1996b). Beyond Toyota: How to Root Out Waste and Pursue Perfection. *Harvard Business Review*. 140-158.

Womack, J.P., Jones, D.T. ve D. Ross. (1990). *The Machine That Changed The World*. New York: Cambridge University Press.

Womack, J.P., Jones, D.T. ve Roos, D. (2007). *The Machine That Changed the World.* New York: Free Press.

Worley, J.M. ve Doolen, T.L. (2006). The Role of Communication and Management Support in Lean Manufacturing Implementation. *Management Decision*. 44(2): 228-245.

Wu, Y.C. (2003). Lean Manufacturing: A Perspective of Lean Suppliers, *International Journal of Operations & Production Management*. 23(11): 1349-1376.

Yorke, C. ve Bodek, N. (2005). *All You Gotta Do Is Ask.* PCS Press.

Zairi, M. (1997). Business Process Management: A Boundaryless Approach to Modern Competitiveness. *Business Process Management Journal*. 3(1): 64-80.

http://leanmanufacturingtools.org (Erişim Tarihi: 03.05.2015)

EKLER

EK 1: Üretilen İş Miktarı İle İsraf Türleri Arasındaki İlişkiler

SEMBOL	PERFORMANS ÖLÇÜTÜ-İSRAF TÜRÜ İLİŞKİ TANIMI
ÜİM_K:	Kusurlu ürünlerin üretilmesi, üretilmesi gerekli iş miktarının sağlanamamasına neden olacaktır.
ÜİM _Ü:	Fazla üretim, üretilmesi gerekli iş miktarının daha hızlı karşılanmasını sağlayabilir ancak ortaya çıkacak gereğinden fazla üretim maliyet artışına neden olur.
ÜİM _S:	Fazla stok seviyesi müşteri talebinin daha hızlı karşılanmasını sağlayabilir ancak gereğinden fazla stoklama maliyetlerini doğurması açısından bu durum yalın düşünce ile örtüşmemektedir.
ÜİM _İ:	Gereksiz işlem sayısının artması, üretilen iş hacmi gerekliliklerini tehlikeye sokar. Bu durumun olması çekme sistemine zarar verir ve müşteri siparişlerinin karşılanamamasına neden olur.
ÜİM _T:	Uzun mesafelerden alınan parçaların üretim alanına taşınması iş miktarını tehlikeye düşürür. Kanban kartlarının kullanılması bu aşamada önem arz edecektir.
ÜİM _H:	Operatörün yürümesini ve hareketliliğini en aza indirecek şekilde üretim sistemlerinin tasarımı, üretilen iş hacmi için gerekliliklerin yerine getirilmesine yardımcı olur.
ÜİM _B:	Operatörler ya da makineler üretim süreci içinde parça beklediklerinde, üretilmesi gerekli iş miktarını üretme yetenekleri azalır.

EK 2: Verimlilik İle İsraf Türleri Arasındaki İlişkiler

SEMBOL	PERFORMANS ÖLÇÜTÜ-İSRAF TÜRÜ İLİŞKİ TANIMI
VER_K:	Üretimde kusurlu parçaların olması, bunların yeniden işlenmesi ya da hurdaya ayrılması gibi olumsuzluklara neden olacağından verimliliği düşürecek kalemler olduğu söylenebilir.
VER _Ü:	Müşteri talebinden fazla üretim yapmak yalın düşünceye göre değer yaratmayan bir durumdur. Talepten daha fazla üretme yeteneği olsa bile firmanın verimlilik sağlayabilmesi için bu durumun dengelenmesi gereklidir.
VER _S:	Fazla stok bulundurmak yalın düşüncedeki temel israflardan biridir. İsraf yaratacak kalemlerin olması üretim sisteminin verimliliğine zarar verecektir.
VER _İ:	İçerisinde gereksiz işlemi barındırmayan üretim süreçleri üretilmesi gereken iş miktarının zamanında gerçekleşmesini sağlar. Bu durum işgücünün verimli bir şekilde çalıştığını gösterir.
VER _T:	Üretim sisteminde yer alacak her türlü gereksiz taşıma zamanı, katma değer yaratmayan süreler olarak verimlilik kaybına neden olur.
VER _H:	Üretim sürecinin ergonomik bir şekilde tasarımı gereksiz hareketliliği azaltacağından, üretim sürecinde yer alan operatörlerin ve sistemin verimliliğinin artması beklenebilir.
VER _B:	Bekleme zamanı makine ya da operatörlerin üretkenliğini düşürecek değer yaratmayan faaliyetlerdir.

EK 3: Takt Zamanı İle İsraf Türleri Arasındaki İlişkiler

SEMBOL	PERFORMANS ÖLÇÜTÜ-İSRAF TÜRÜ İLİŞKİ TANIMI
TZM_K:	Üretim sürecinden kusurlu parçaların çıkması, onların yeniden işlem görmesini gerektirebilir. Bu durum üretim sürecindeki sürenin artmasına neden olur.
TZM _Ü:	Fazla üretimden kaynaklı üretim sisteminde ihtiyaç duyulmayan parçalar sistemin tıkanmasına neden olur.
TZM _S:	Süreç içi stoklarındaki fazlalık, parçaların aranması, taşınması ve işlenmesi için gerekli süreleri arttırarak, takt zamanının artmasına neden olur.
TZM _İ:	Kötü bir şekilde tasarlanan edilmiş üretim süreçleri, iş istasyonlarının çevrim sürelerini olumsuz etkiler. Takt zamanının artmasına neden olur. Bu sürenin artması talebin karşılama yeteneğini düşürür.
TZM _T:	Üretimde yer alan parçaları depolardan iş istasyonlarına taşırken kanban sisteminin kullanılması, bu parçaları taşımak için gerekli süreyi en aza indirecektir.
TZM _H:	Gereksiz hareketin olduğu üretim süreçleri, çevrim sürelerinin artmasına neden olur. Bu sürenin artması takt zamanını da olumsuz etkiler.
TZM _B:	Makine ya da operatörler, diğer istasyonlardaki parçaların üretiminin tamamlanmalarını beklerse, her üretim hücresi için çevrim süresi artmış olur. Takt zamanı bu durumdan olumsuz etkilenir.

EK 4: Üretim Dengeleme İle İsraf Türleri Arasındaki İlişkiler

SEMBOL	PERFORMANS ÖLÇÜTÜ-İSRAF TÜRÜ İLİŞKİ TANIMI
DEN_K:	Kusurlu süreçler, kusurlu parçaların üretilmesi müşteri taleplerine ve firma kaynaklarına uygun bir şekilde dengelenmiş üretim programlarının yeniden oluşturulmasını gerektirebilir.
DEN _Ü:	Fazla üretim, dengelenmemiş bir üretim sisteminde ortaya çıkan bir israf türü olacaktır. Üretimin dengelenmesi sağlanarak bu israf türünün önüne geçilebilir.
DEN _S:	Değer akışının sağlanması için fazla stok israfının ortadan kaldırılması, dengelenmiş bir üretim programı uygulayarak gerçekleştirilir.
DEN _İ:	Dengelenmiş sağlam bir üretim sürecinin oluşturulması, üretim sürecinde yer alan gereksiz işlem sayısını azaltacaktır.
DEN _T:	Üretim sisteminde taşımalardan kaynaklı israfın, dengelenmiş bir üretim sisteminin kurulmasıyla ortadan kaldırılabileceği düşünülebilir.
DEN _H:	Üretim istasyonları için aynı seviyeye getirilmiş ve dengelenmiş üretim programları, üretimdeki gereksiz hareketliliğin önüne geçer.
DEN _B:	Müşteri siparişlerine göre dengelenmiş bir üretim programı, üretim sürecinde görev alan işgücü ve operatörlerin bekleme zamanlarını azaltır.

EK 5: Toplam Ekipman Etkinliği İle İsraf Türleri Arasındaki İlişkiler

SEMBOL	PERFORMANS ÖLÇÜTÜ-İSRAF TÜRÜ İLİŞKİ TANIMI
TEE_K:	Kusurlu parçaların yeniden işlem gerektirmeleri zaman kayıplarına neden olduğu için, ekipmanların ve üretim sürecinin etkinliğini azaltır.
TEE _Ü:	Fazla üretim, müşteri isteklerinden fazlasını üretmek olarak düşünüldüğünde, gereğinden fazla üretilen her şey yalın düşünce perspektifinden bakıldığında israfa neden olur. Bu durum da üretim sürecinin etkinliğini azaltır.
TEE _S:	İçinde gereğinden fazla stok bulunduran bir üretim sistemi yalın düşünceye göre içerisinde israf bulunduran bir yapıdır. Bu durum etkinliğin düşük olmasını tetikleyebilir.
TEE _İ:	Üretim sürecinde yer alan gereksiz işlem sayısı, üretim sürecinin etkinliğini düşürecektir. Standartlaştırılmış iş tanımlarının yapılması ve uygulamaya koyulması bu israf türünün ortadan kaldırılmasını ve etkinliğin artmasını sağlayacaktır.
TEE _T:	Parçaların gereksiz taşınmaları, katma değer yaratmayan süreçler olarak görülür. Bu durumun neden olacağı zaman kaybı etkinliği düşürecektir.
TEE _H:	Kötü ergonomiden kaynaklanan işgücünün gereksiz hareketi, ekipmanların verimliliğini düşürecek kayıplara neden olur
TEE _B:	Üretim sürecindeki işgücü ve makineler için çalışmayıp bekledikleri her süre, değer yaratmayan süre olarak ele alınabilir ve etkinliği düşüreceği söylenebilir.

EK 6: Ara Stok Miktarı İle İsraf Türleri Arasındaki İlişkiler

SEMBOL	PERFORMANS ÖLÇÜTÜ-İSRAF TÜRÜ İLİŞKİ TANIMI
ASM_K:	Kusurlu süreçler, kusurlu parçaların üretilmesine yol açabileceğinden dolayı, süreç içindeki ara stok miktarının artmasına neden olur.
ASM _Ü:	Üretim sürecindeki ara stok miktarının fazla olması, gereğinden fazla üretim yapılmasına neden olur.
ASM _S:	Ara stok seviyesindeki artış, genel olarak firmanın stok miktarını arttıracaktır.
ASM _İ:	Standardize edilmemiş ve gereksiz adımları bünyesinde bulunduran üretim süreçleri, ara stok seviyesini arttırabilir.
ASM _T:	Süreç içindeki ara stok miktarının fazla olması, parçaların iş istasyonları arasında taşınmasında artışa neden olur.
ASM _H:	İşgücünün gereksiz hareketinden kaynaklanabilecek zaman kayıpları ara stok miktarını arttırabilir.
ASM _B:	Ara stok seviyesinin düşük olmasından dolayı üretim sürecinde beklemeler meydana gelebilir.

EK 7: Performans Ölçütleri Değerlendirme Formu ve Verilen Cevaplar

Mühendislerin katılım düzeylerini belirlemeye yönelik soruların tümünde katılım düzeyinin düşük çıkması durumu, performans ölçütünün israfa yol açma düzeyinin ya da israf türlerinin performans ölçütlerini olumsuz etkileme düzeyinin az olduğu anlamı taşımaktadır. Bir diğer ifadeyle, katılım düzeyleri yardımıyla hesaplanacak skor değerleri ne kadar düşük ise, bu durum işletme için o kadar iyi bir durumdur. Dolayısıyla katılım düzeylerine, düşük düzey daha önemli olacak şekilde ağırlık atanmıştır. Katılım düzeyleri toplamı 15 puan;

$1 \rightarrow 5k$

$2 \rightarrow 4k$

$3 \rightarrow 3k$

$4 \rightarrow 2k$

$5 \rightarrow 1k$ ile orantılı olacak şekilde

$w_1 = \frac{5}{15} = 0{,}33; w_2 = \frac{4}{15} = 0{,}27; w_3 = \frac{3}{15} = 0{,}20; w_4 = \frac{2}{15} = 0{,}13; w_5 = \frac{1}{15} = 0{,}07$

olarak ağırlıklar belirlenmiştir.

	Katılım Düzeyi/Ağırlık				
SORULAR	**1 (0,33)**	**2 (0,27)**	**3 (0,2)**	**4 (0,13)**	**5 (0,07)**
Üretilen İş Miktarından Kaynaklanan					
Üretilen iş miktarı iyileştirmeleri kusurlu parçalardan kaynaklı israfa neden olur.	2	13			
Üretilen iş miktarı iyileştirmeleri fazla üretim israfına neden olur.	2	10	3		
Üretilen iş miktarı iyileştirmeleri fazla stok israfına neden olur.	1	2	12		
Üretilen iş miktarı iyileştirmeleri gereksiz işlemden kaynaklı israfa neden olur.	4	11			
Üretilen iş miktarı iyileştirmeleri taşıma israfında artışa neden olur.	3	12			
Üretilen iş miktarı iyileştirmeleri gereksiz hareket israfına neden olur.	5	10			
Üretilen iş miktarı iyileştirmeleri beklemeden kaynaklı israfa neden olur.	4	11			
Ortalama:	**3**	**10**	**2**	**0**	**0**

SORULAR	Katılım Düzeyi/Ağırlık				
	1 (0,33)	**2 (0,27)**	**3 (0,2)**	**4 (0,13)**	**5 (0,07)**
Üretilen İş Miktarını Etkileyen					
Ürün/süreç kusurlarından kaynaklı israflar, üretilen iş miktarını düşürür.				12	3
Fazla üretim israfı, üretilen iş miktarında azalışa neden olur.			5	9	1
Fazla stok israfı, üretilen iş miktarında azalışa neden olur.				13	2
Gereksiz işlem israfı, üretilen iş miktarında azalışa neden olur.				12	3
Gereksiz taşıma israfı, üretilen iş miktarında azalışa neden olur.				13	2
Gereksiz hareket israfı, üretilen iş miktarında azalışa neden olur.				12	3
Bekleme israfı, üretilen iş miktarında azalışa neden olur.				12	3
Ortalama:	**0**	**0**	**1**	**12**	**2**
Verimlilikten Kaynaklanan					
Verimlilik iyileştirmeleri kusurlu süreç/ürün israfına neden olur.	3	9	3		
Verimlilik iyileştirmeleri fazla üretim israfına neden olur.	4	10	1		
Verimlilik iyileştirmeleri fazla stok israfına neden olur.		1	2	12	
Verimlilik iyileştirmeleri gereksiz işlem israfına neden olur.	3	11	1		
Verimlilik iyileştirmeleri gereksiz taşıma israfına neden olur.	2	11	2		
Verimlilik iyileştirmeleri gereksiz hareket israfına neden olur.		2	3	10	
Verimlilik iyileştirmeleri bekleme israfına neden olur.	4	10	1		
Ortalama:	**2**	**8**	**2**	**3**	**0**
Verimliliği Etkileyen					
Ürün/süreç kusurlarından kaynaklı israflar, verimliliği düşürür.				4	11
Fazla üretim israfı, verimlilik azalışına neden olur.			5	3	7
Fazla stok israfı, verimlilik azalışına neden olur.			4	3	8
Gereksiz işlem israfı, verimlilik azalışına neden olur.				3	12
Gereksiz taşıma israfı, verimlilik azalışına neden olur.				3	12
Gereksiz hareket israfı, verimlilik azalışına neden olur.				2	13
Bekleme israfı, verimlilik azalışına neden olur.				3	12
Ortalama:	**0**	**0**	**1**	**3**	**11**
Süreç Kalitesinden Kaynaklanan					
Süreç kalitesinin artması kusurlu parçalardan kaynaklı israfa neden olur.	10	4	1		
Süreç kalitesinin artması fazla üretim israfına neden olur.	2	8	5		
Süreç kalitesinin artması fazla stok israfına neden olur.	3	8	5		
Süreç kalitesinin artması gereksiz işlemden kaynaklı israfa neden olur.	9	5	1		
Süreç kalitesinin artması taşıma israfında artışa neden olur.	10	4	1		
Süreç kalitesinin artması gereksiz hareket israfına neden olur.	11	3	1		
Süreç kalitesinin artması beklemeden kaynaklı israfa neden olur.	10	4	1		
Ortalama:	**8**	**5**	**2**	**0**	**0**

SORULAR	Katılım Düzeyi/Ağırlık				
	1 (0,33)	**2 (0,27)**	**3 (0,2)**	**4 (0,13)**	**5 (0,07)**
Süreç Kalitesini Etkileyen					
Ürün/süreç kusurlarından kaynaklı israflar, süreç kalitesini azaltır.				1	14
Fazla üretim israfı, süreç kalitesinde azalışa neden olur.				4	11
Fazla stok israfı, süreç kalitesinde azalışa neden olur.				4	11
Gereksiz işlem israfı, süreç kalitesinde azalışa neden olur.				3	12
Gereksiz taşıma israfı, süreç kalitesinde azalışa neden olur.				3	12
Gereksiz hareket israfı, süreç kalitesinde azalışa neden olur.				4	11
Bekleme israfı, süreç kalitesinde azalışa neden olur				4	11
Ortalama:	**0**	**0**	**0**	**3**	**12**
Takt Zamanından Kaynaklanan					
Takt zamanı iyileştirmeleri, kusurlu parçalardan kaynaklı israfa neden olur.	2	12	1		
Takt zamanı iyileştirmeleri fazla üretim israfına neden olur.	1	5	9		
Takt zamanı iyileştirmeleri fazla stok israfına neden olur.	1	5	9		
Takt zamanı iyileştirmeleri gereksiz işlemden kaynaklı israfa neden olur.	2	12	1		
Takt zamanı iyileştirmeleri taşıma israfında artışa neden olur.	2	12	1		
Takt zamanı iyileştirmeleri gereksiz hareket israfına neden olur.	2	12	1		
Takt zamanı iyileştirmeleri beklemeden kaynaklı israfa neden olur.	3	11	1		
Ortalama:	**2**	**10**	**3**	**0**	**0**
Takt Zamanını Etkileyen					
Ürün/süreç kusurlarından kaynaklı israflar, takt zamanını arttırır.				11	4
Fazla üretim israfı, takt zamanını arttırır.		1	10	4	
Fazla stok israfı, takt zamanını arttırır.			2	10	3
Gereksiz işlem israfı, takt zamanını arttırır.				11	4
Gereksiz taşıma israfı, takt zamanını arttırır.		2	10	3	
Gereksiz hareket israfı, takt zamanını arttırır.		10	3	2	
Bekleme israfı, takt zamanını arttırır.				10	5
Ortalama:	**0**	**2**	**4**	**7**	**2**
Üretim Dengelemeden Kaynaklanan					
Aynı seviyeye getirilmiş ve dengelenmiş üretim süreçleri, kusurlu parçalardan kaynaklı israfa neden olur.	11	4			
Aynı seviyeye getirilmiş ve dengelenmiş üretim süreçleri, fazla üretim israfına neden olur.	12	3			
Aynı seviyeye getirilmiş ve dengelenmiş üretim süreçleri, fazla stok israfına neden olur.	12	3			
Aynı seviyeye getirilmiş ve dengelenmiş üretim süreçleri, gereksiz işlemden kaynaklı israfa neden olur.	13	2			
Aynı seviyeye getirilmiş ve dengelenmiş üretim süreçleri, taşıma israfında artışa neden olur.	13	2			
Aynı seviyeye getirilmiş ve dengelenmiş üretim süreçleri, gereksiz hareket israfına neden olur.	12	3			
Aynı seviyeye getirilmiş ve dengelenmiş üretim süreçleri, beklemeden kaynaklı israfa neden olur.	11	4			
Ortalama:	**12**	**3**	**0**	**0**	**0**

SORULAR	Katılım Düzeyi/Ağırlık				
	1 (0,33)	**2 (0,27)**	**3 (0,2)**	**4 (0,13)**	**5 (0,07)**
Üretim Dengelemeyi Etkileyen					
Ürün/süreç kusurlarından kaynaklı israflar, üretim süreçlerinin dengelenmesine engel olur.				2	13
Fazla üretim israfı, üretim süreçlerinin dengelenmesine engel olur.				3	12
Fazla stok israfı, üretim süreçlerinin dengelenmesine engel olur.				3	12
Gereksiz işlem israfı, üretim süreçlerinin dengelenmesine engel olur.				2	13
Gereksiz taşıma israfı, üretim süreçlerinin dengelenmesine engel olur.				2	13
Gereksiz hareket israfı, üretim süreçlerinin dengelenmesine engel olur.				3	12
Bekleme israfı, üretim süreçlerinin dengelenmesine engel olur.				3	12
Ortalama:	**0**	**0**	**0**	**3**	**12**
Toplam Ekipman Etkinliğinden Kaynaklanan					
Etkinlik iyileştirmeleri, kusurlu parçalardan kaynaklı israfa neden olur.	10	5			
Etkinlik iyileştirmeleri, fazla üretim israfına neden olur.	5	6	4		
Etkinlik iyileştirmeleri, fazla stok israfına neden olur.	5	6	4		
Etkinlik iyileştirmeleri, gereksiz işlemden kaynaklı israfa neden olur.	11	4			
Etkinlik iyileştirmeleri, taşıma israfında artışa neden olur.	12	3			
Etkinlik iyileştirmeleri, gereksiz hareket israfına neden olur.	12	3			
Etkinlik iyileştirmeleri, beklemeden kaynaklı israfa neden olur.	11	4			
Ortalama:	**9**	**4**	**2**	**0**	**0**
Toplam Ekipman Etkinliğini Etkileyen					
Ürün/süreç kusurlarından kaynaklı israflar, etkinliğin azalmasına neden olur.				3	12
Fazla üretim israfı, etkinliğin azalmasına neden olur.				3	12
Fazla stok israfı, etkinliğin azalmasına neden olur.				2	13
Gereksiz işlem israfı, etkinliğin azalmasına neden olur.				3	12
Gereksiz taşıma israfı, etkinliğin azalmasına neden olur.				4	11
Gereksiz hareket israfı, etkinliğin azalmasına neden olur.				4	11
Bekleme israfı, etkinliğin azalmasına neden olur.				2	13
Ortalama:	**0**	**0**	**0**	**3**	**12**

SORULAR	Katılım Düzeyi/Ağırlık				
	1 (0,33)	**2 (0,27)**	**3 (0,2)**	**4 (0,13)**	**5 (0,07)**
Ara Stok Miktarından Kaynaklanan					
Ara stok miktarındaki azalma, kusurlu parçalardan kaynaklı israfa neden olur.	4	9	2		
Ara stok miktarındaki azalma, fazla üretim israfına neden olur.	2	9	4		
Ara stok miktarındaki azalma, fazla stok israfına neden olur.	2	9	4		
Ara stok miktarındaki azalma, gereksiz işlemden kaynaklı israfa neden olur.	3	10	2		
Ara stok miktarındaki azalma, taşıma israfında artışa neden olur.	2	11	2		
Ara stok miktarındaki azalma, gereksiz hareket israfına neden olur.	3	11	1		
Ara stok miktarındaki azalma, beklemeden kaynaklı israfa neden olur.	4	10	1		
Ortalama:	**3**	**10**	**2**	**0**	**0**
Ara Stok Miktarını Etkileyen					
Ürün/süreç kusurlarından kaynaklı israflar, ara stok miktarında artışa neden olur.			2	12	1
Fazla üretim israfı, ara stok miktarında artışa neden olur.			2	11	2
Fazla stok israfı, ara stok miktarında artışa neden olur.			1	11	3
Gereksiz işlem israfı, ara stok miktarında artışa neden olur.		3	9	3	
Gereksiz taşıma israfı, ara stok miktarında artışa neden olur.		2	10	3	
Gereksiz hareket israfı, ara stok miktarında artışa neden olur.		2	11	4	
Bekleme israfı, ara stok miktarında artışa neden olur.			1	13	1
Ortalama:	**0**	**1**	**5**	**8**	**1**

EK 8: İsraf Türleri Değerlendirme Formu ve Verilen Cevaplar

	Katılım Düzeyi/Ağırlık				
SORULAR	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Ürün/Süreç Kusurlarından Kaynaklanan:	**(0,33)**	**(0,27)**	**(0,2)**	**(0,13)**	**(0,07)**
Kusurlu parçaların üretimi üretilen iş miktarında azalmaya neden olur.			3	10	2
Kusurlu parçaların üretimi verimlilik azalmasına neden olur.				2	13
Kusurlu parçaların üretimi süreç kalitesinin düşmesine neden olur.				2	13
Kusurlu parçaların üretimi takt zamanının artmasına neden olur.			11	3	1
Kusurlu parçaların üretimi aynı seviyeye getirilmiş ve dengelenmiş bir üretim programına engel olur.				2	13
Kusurlu parçaların üretimi toplam ekipman etkinliğini düşürür.				12	3
Kusurlu parçaların üretimi ara stok miktarında artışa neden olur.	1	11	3		
Ortalama:	**0**	**2**	**2**	**4**	**7**
Ürün/Süreç Kusurlarını Etkileyen:					
Üretilen iş miktarındaki azalmalar ürün/süreç kusurlarına neden olur.		13	2		
Verimlilikte meydana gelen düşüşler ürün/süreç kusurlarına neden olur.		12	3		
Süreç kalitesinin bozulması, ürün/süreç kusurlarına neden olur.				3	12
Takt zamanındaki artışlar ürün/süreç kusurlarına neden olur.	2	13			
Dengelenmemiş üretim programları ürün/süreç kusurlarına neden olur.			8	5	2
Toplam ekipman etkinliğinin azalması ürün/süreç kusurlarına neden olur.			3	12	
Ara stok miktarının artması ürün/süreç kusurlarına neden olur.		11	4		
Ortalama:	**0**	**7**	**3**	**3**	**2**
Fazla Üretimden Kaynaklanan:					
Fazla üretim israfı üretilen iş miktarında azalışa neden olur.		3	10	2	
Fazla üretim israfı verimlilik azalmasına neden olur		3	8	2	2
Fazla üretim israfı süreç kalitesinde düşüşe neden olur	3	12	1		
Fazla üretim israfı takt zamanında artışa neden olur				3	12
Fazla üretim israfı aynı seviyeye getirilmiş ve dengelenmiş üretim programlarına engel olur				11	4
Fazla üretim israfı toplam ekipman etkinliğinde düşüşe neden olur		2	9	2	2
Fazla üretim israfı ara stok miktarında artışa neden olur				3	12
Ortalama:	**0**	**3**	**4**	**3**	**5**

	Katılım Düzeyi/Ağırlık				
SORULAR	**1 (0,33)**	**2 (0,27)**	**3 (0,2)**	**4 (0,13)**	**5 (0,07)**
Fazla Üretimi Etkileyen:					
Üretilen iş miktarındaki azalmalar fazla üretim israfına neden olur.	4	11			
Verimlilikte meydana gelen düşüşler fazla üretim israfına neden olur.	3	11	1		
Süreç kalitesinin bozulması, fazla üretim israfına neden olur.	2	4	9		
Takt zamanındaki artışlar fazla üretim israfına neden olur.	12	3			
Dengelenmemiş üretim programları fazla üretim israfına neden olur.			1	3	11
Toplam ekipman etkinliğinin azalması fazla üretim israfına neden olur.	3	11	1		
Ara stok miktarının artması fazla üretim israfına neden olur.		1	11	3	
Ortalama:	**3**	**6**	**3**	**1**	**2**
Fazla Stoktan Kaynaklanan:					
Fazla stok israfı üretilen iş miktarında düşüşe neden olur.				3	12
Fazla stok israfı verimlilik iyileştirmelerine engel olur.	2	11	2		
Fazla stok israfı süreç kalitesinde düşüşe neden olur.	1	13	1		
Fazla stok israfı takt zamanında artışa neden olur.				3	12
Fazla stok israfı aynı seviyeye getirilmiş ve dengelenmiş üretim programlarına engel olur.		11	4		
Fazla stok israfı toplam ekipman etkinliğinde azalışa neden olur.	3	11	1		
Fazla stok israfı ara stok miktarında artışa neden olur.			1	2	12
Ortalama:	**1**	**7**	**1**	**1**	**5**
Fazla Stoğu Etkileyen:					
Üretilen iş miktarındaki azalmalar fazla stok israfına neden olur.	1	13	2		
Verimlilikte meydana gelen düşüşler fazla stok israfına neden olur.	2	4	9		
Süreç kalitesinin bozulması, fazla stok israfına neden olur.			3	11	1
Takt zamanındaki artışlar fazla stok israfına neden olur.		1	10	2	2
Dengelenmemiş üretim programları fazla stok israfına neden olur.			3	11	1
Toplam ekipman etkinliğinin azalması fazla stok israfına neden olur.			9	4	2
Ara stok miktarının artması fazla stok israfına neden olur.			9	5	1
Ortalama:	**0**	**3**	**6**	**5**	**1**
Gereksiz İşlemden Kaynaklanan:					
Gereksiz işlem israfı üretilen iş miktarında azalışa neden olur.		3	12		
Gereksiz işlem israfı verimlilik iyileştirmelerine engel olur.		11	4		
Gereksiz işlem israfı süreç kalitesinde düşüşe neden olur.	12	3			
Gereksiz işlem israfı takt zamanında artışa neden olur.			1	12	2
Gereksiz işlem israfı aynı seviyeye getirilmiş ve dengelenmiş üretim programlarına engel olur.				3	12
Gereksiz işlem israfı toplam ekipman etkinliğinde düşüşe neden olur.			4	11	
Gereksiz işlem israfı ara stok miktarında artışa neden olur.				3	12
Ortalama:	**2**	**2**	**3**	**4**	**4**

	Katılım Düzeyi/Ağırlık				
SORULAR	**1 (0,33)**	**2 (0,27)**	**3 (0,2)**	**4 (0,13)**	**5 (0,07)**
Gereksiz İşlemi Etkileyen:					
Üretilen iş miktarındaki azalmalar gereksiz işlem israfına neden olur.	5	10			
Verimlilikte meydana gelen düşüşler gereksiz işlem israfına neden olur.	4	11			
Süreç kalitesinin bozulması, gereksiz işlem israfına neden olur.			3	12	
Takt zamanındaki artışlar gereksiz işlem israfına neden olur	2	10	3		
Dengelenmemiş üretim programları gereksiz işlem israfına neden olur.				2	13
Toplam ekipman etkinliğinin azalması gereksiz işlem israfına neden olur.		11	4		
Ara stok miktarının artması gereksiz işlem israfına neden olur.	14	1			
Ortalama:	**4**	**6**	**1**	**2**	**2**
Gereksiz Taşımadan Kaynaklanan:					
Gereksiz taşıma faaliyetlerindeki artış üretilen iş miktarında azalışa neden olur.			8	3	4
Gereksiz taşıma faaliyetlerindeki artış verimlilik iyileştirmelerine engel olur.			10	3	2
Gereksiz taşıma faaliyetlerindeki artış süreç kalitesinde düşüşe neden olur.			2	10	3
Gereksiz taşıma faaliyetlerindeki artış takt zamanında artışa neden olur.			3	10	2
Gereksiz taşıma faaliyetlerindeki artış aynı seviyeye getirilmiş ve dengelenmiş üretim programlarına engel olur.			3	10	2
Gereksiz taşıma faaliyetlerindeki artış toplam ekipman etkinliğinde azalışa neden olur.			2	10	3
Gereksiz taşıma faaliyetlerindeki artış ara stok miktarında artışa neden olur.			11	3	1
Ortalama:	**0**	**0**	**6**	**7**	**2**
Gereksiz Taşımayı Etkileyen:					
Üretilen iş miktarındaki azalmalar gereksiz taşıma israfına neden olur.	6	4	5		
Verimlilikte meydana gelen düşüşler gereksiz taşıma israfına neden olur.	2	11	2		
Süreç kalitesinin bozulması, gereksiz taşıma israfına neden olur.		4	8	3	
Takt zamanındaki artışlar gereksiz taşıma israfına neden olur.		10	5		
Dengelenmemiş üretim programları gereksiz taşıma israfına neden olur.		3	10	2	
Toplam ekipman etkinliğinin azalması gereksiz taşıma israfına neden olur.		4	10	1	
Ara stok miktarının artması gereksiz taşıma israfına neden olur.	1	3	9	2	
Ortalama:	**1**	**6**	**7**	**1**	**0**

	Katılım Düzeyi/Ağırlık				
SORULAR	**1 (0,33)**	**2 (0,27)**	**3 (0,2)**	**4 (0,13)**	**5 (0,07)**
Gereksiz Hareketten Kaynaklanan:					
Gereksiz hareket israfı üretilen iş miktarında azalışa neden olur.			1	2	12
Gereksiz hareket israfı verimlilik iyileştirmelerine engel olur.			1	3	11
Gereksiz hareket israfı süreç kalitesinde azalışa neden olur.		11	2	2	
Gereksiz hareket israfı takt zamanında artışa neden olur.				3	12
Gereksiz hareket israfı aynı seviyeye getirilmiş ve dengelenmiş üretim programlarına engel olur.				13	2
Gereksiz hareket israfı toplam ekipman etkinliğinde azalışa neden olur.			1	2	12
Gereksiz hareket israfı ara stok miktarında artışa neden olur.			3	12	
Ortalama:	**0**	**2**	**1**	**5**	**7**
Gereksiz Hareketi Etkileyen:					
Üretilen iş miktarındaki azalmalar gereksiz hareket israfına neden olur.		13	2		
Verimlilikte meydana gelen düşüşler gereksiz hareket israfına neden olur.		13	2		
Süreç kalitesinin bozulması, gereksiz hareket israfına neden olur.				12	3
Takt zamanındaki artışlar gereksiz hareket israfına neden olur.				3	12
Dengelenmemiş üretim programları gereksiz hareket israfına neden olur.				2	13
Toplam ekipman etkinliğinin azalması gereksiz hareket israfına neden olur.				3	12
Ara stok miktarının artması gereksiz hareket israfına neden olur.			11	4	
Ortalama:	**0**	**4**	**2**	**3**	**6**
Beklemeden Kaynaklanan:					
Bekleme israfı üretilen iş miktarında azalışa neden olur.				4	11
Bekleme israfı verimlilik iyileştirmelerine engel olur.				2	13
Bekleme israfı süreç kalitesinde azalışa neden olur.	11	4			
Bekleme israfı takt zamanında artışa neden olur.				4	11
Bekleme israfı aynı seviyeye getirilmiş ve dengelenmiş üretim programlarına engel olur.					15
Bekleme israfı toplam ekipman etkinliğinde azalışa neden olur.				2	13
Bekleme israfı ara stok miktarında artışa neden olur.				10	5
Ortalama:	**2**	**1**	**0**	**3**	**10**
Beklemeyi Etkileyen:					
Üretilen iş miktarındaki azalmalar bekleme israfına neden olur.	13	2			
Verimlilikte meydana gelen düşüşler bekleme israfına neden olur.	11	4			
Süreç kalitesinin bozulması, bekleme israfına neden olur.	2	13			
Takt zamanındaki artışlar bekleme israfına neden olur.				12	3
Dengelenmemiş üretim programları bekleme israfına neden olur.				3	12
Toplam ekipman etkinliğinin azalması bekleme israfına neden olur.	4	11			
Ara stok miktarının artması bekleme israfına neden olur.		9	6		
Ortalama:	**4**	**6**	**1**	**2**	**2**

EK 9: *DEMATEL* Toplam İlişki Matrisi Değerlerinin Hesaplanması

Normalize Matris (X)

	K	Ü	S	İ	T	H	B	ÜİM	VER	KAL	TZM	DEN	TEE	ASM
K	0	0,085	0,085	0,085	0,064	0,064	0,085	0,064	0,085	0,085	0,064	0,085	0,085	0,064
Ü	0,043	0	0,085	0,043	0,085	0,064	0,085	0,064	0,085	0,064	0,043	0,085	0,043	0,064
S	0,064	0,085	0	0,043	0,064	0,043	0,064	0,064	0,064	0,064	0,043	0,064	0,064	0,085
İ	0,043	0,064	0,064	0	0,043	0,085	0,064	0,064	0,064	0,064	0,085	0,064	0,085	0,021
T	0,064	0,021	0,043	0,043	0	0,064	0,043	0,064	0,064	0,064	0,085	0,064	0,085	0,064
H	0,064	0,021	0,021	0,064	0,043	0	0,064	0,064	0,064	0,064	0,085	0,064	0,085	0,064
B	0,043	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0	0,064	0,085	0,043	0,085	0,064	0,085	0,064
ÜİM	0,085	0,085	0,064	0,064	0,064	0,064	0,043	0	0,085	0,085	0,064	0,043	0,064	0,043
VER	0,085	0,085	0,085	0,085	0,043	0,043	0,043	0,085	0	0,085	0,043	0,064	0,085	0,064
KAL	0,085	0,085	0,085	0,064	0,064	0,043	0,021	0,085	0,085	0	0,043	0,043	0,085	0,064
TZM	0,064	0,043	0,064	0,064	0,085	0,085	0,043	0,085	0,085	0,085	0	0,085	0,064	0,064
DEN	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,043	0,064	0	0,085	0,064
TEE	0,085	0,064	0,043	0,085	0,064	0,064	0,085	0,064	0,085	0,085	0,085	0,064	0	0,064
ASM	0,064	0,043	0,085	0,064	0,064	0,043	0,064	0,043	0,043	0,085	0,064	0,043	0,064	0

Birim Matris (I):

	K	Ü	S	İ	T	H	B	ÜİM	VER	KAL	TZM	DEN	TEE	ASM
K	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ü	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İ	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ÜİM	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
VER	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
KAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
TZM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
DEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
TEE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ASM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

$(I - X)^{-1}$ Matrisi:

	K	Ü	S	İ	T	H	B	ÜİM	VER	KAL	TZM	DEN	TEE	ASM
K	1,3802	0,4267	0,4404	0,4326	0,4009	0,3909	0,4183	0,4471	0,5007	0,4833	0,4329	0,4450	0,5075	0,4095
Ü	0,3643	1,2940	0,3851	0,3402	0,3678	0,3393	0,3658	0,3884	0,4361	0,4028	0,3577	0,3890	0,4059	0,3580
S	0,3712	0,3632	1,2972	0,3304	0,3399	0,3110	0,3381	0,3757	0,4048	0,3917	0,3457	0,3591	0,4099	0,3654
İ	0,3545	0,3451	0,3552	1,2916	0,3218	0,3524	0,3387	0,3793	0,4081	0,3931	0,3864	0,3618	0,4313	0,3096
T	0,3613	0,2951	0,3252	0,3221	1,2691	0,3217	0,3070	0,3650	0,3920	0,3805	0,3736	0,3477	0,4169	0,3351
H	0,3597	0,2940	0,3051	0,3401	0,3084	1,2610	0,3254	0,3641	0,3915	0,3792	0,3735	0,3469	0,4162	0,3331
B	0,2966	0,2542	0,2636	0,2603	0,2496	0,2424	1,2249	0,3184	0,3604	0,3129	0,3273	0,3033	0,3642	0,2927
ÜİM	0,4103	0,3829	0,3763	0,3691	0,3577	0,3487	0,3358	1,3375	0,4465	0,4323	0,3832	0,3603	0,4327	0,3451
VER	0,4253	0,3987	0,4103	0,4020	0,3527	0,3430	0,3507	0,4304	1,3842	0,4482	0,3793	0,3927	0,4678	0,3773
KAL	0,4122	0,3859	0,3974	0,3709	0,3596	0,3309	0,3193	0,4164	0,4471	1,3559	0,3652	0,3608	0,4517	0,3651
TZM	0,4131	0,3623	0,3939	0,3885	0,3941	0,3855	0,3525	0,4365	0,4676	0,4535	1,3449	0,4158	0,4570	0,3825
DEN	0,3799	0,3512	0,3630	0,3581	0,3470	0,3391	0,3462	0,3849	0,4146	0,3824	0,3749	1,3082	0,4390	0,3538
TEE	0,4376	0,3873	0,3826	0,4136	0,3813	0,3729	0,3980	0,4258	0,4773	0,4614	0,4314	0,4058	1,4054	0,3887
ASM	0,3562	0,3117	0,3604	0,3351	0,3259	0,2985	0,3233	0,3425	0,3696	0,3943	0,3504	0,3258	0,3940	1,2726

Toplam İlişki Matrisi $(X \cdot (I - X)^{-1})$:

	K	Ü	S	İ	T	H	B	ÜİM	VER	KAL	TZM	DEN	TEE	ASM
K	0,380	0,427	0,440	0,433	0,401	0,391	0,418	0,447	0,501	0,483	0,433	0,445	0,507	0,410
Ü	0,364	0,294	0,385	0,340	0,368	0,339	0,366	0,388	0,436	0,403	0,358	0,389	0,406	0,358
S	0,371	0,363	0,297	0,330	0,340	0,311	0,338	0,376	0,405	0,392	0,346	0,359	0,410	0,365
İ	0,354	0,345	0,355	0,292	0,322	0,352	0,339	0,379	0,408	0,393	0,386	0,362	0,431	0,310
T	0,361	0,295	0,325	0,322	0,269	0,322	0,307	0,365	0,392	0,381	0,374	0,348	0,417	0,335
H	0,360	0,294	0,305	0,340	0,308	0,261	0,325	0,364	0,391	0,379	0,374	0,347	0,416	0,333
B	0,297	0,254	0,264	0,260	0,250	0,242	0,225	0,318	0,360	0,313	0,327	0,303	0,364	0,293
ÜİM	0,410	0,383	0,376	0,369	0,358	0,349	0,336	0,337	0,447	0,432	0,383	0,360	0,433	0,345
VER	0,425	0,399	0,410	0,402	0,353	0,343	0,351	0,430	0,384	0,448	0,379	0,393	0,468	0,377
KAL	0,412	0,386	0,397	0,371	0,360	0,331	0,319	0,416	0,447	0,356	0,365	0,361	0,452	0,365
TZM	0,413	0,362	0,394	0,389	0,394	0,385	0,353	0,437	0,468	0,454	0,345	0,416	0,457	0,382
DEN	0,380	0,351	0,363	0,358	0,347	0,339	0,346	0,385	0,415	0,382	0,375	0,308	0,439	0,354
TEE	0,438	0,387	0,383	0,414	0,381	0,373	0,398	0,426	0,477	0,461	0,431	0,406	0,405	0,389
ASM	0,356	0,312	0,360	0,335	0,326	0,298	0,323	0,342	0,370	0,394	0,350	0,326	0,394	0,273