

**KOCAEL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YÜKSEK RAFF YÖNETİMİNDE KAYNAK MALZEME
HAREKETLERİNİN ALTISIGMA YÖNTEMİLE YERLEŞTİRİLMESİ**

AHMET SEYHAN

KOCAELİ 2015

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

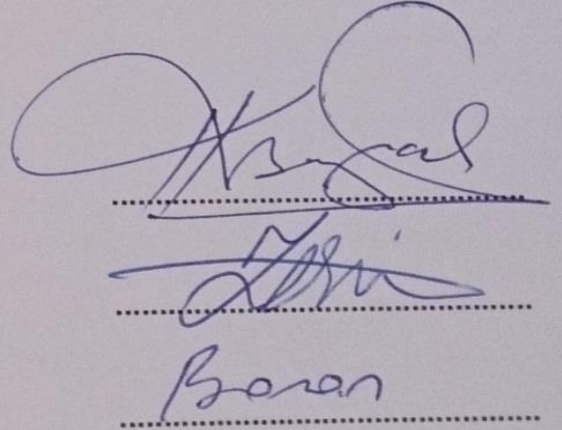
YÜKSEK RAF YÖNETİMİNDE KAYNAK MALZEME
HAREKETLERİNİN ALTI SİGMA YÖNTEMİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ

AHMET SEYHAN

Yrd.Doç.Dr. Kasım BAYNAL
Danışman, Kocaeli Üniv.

Prof.Dr. Zerrin ALADAĞ
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

Doç.Dr. Semra BORAN
Jüri Üyesi, Sakarya Üniv.



The image shows three handwritten signatures in blue ink, each followed by a dotted line. The first signature is the most prominent and appears to be 'Kasım Baynal'. The second signature is smaller and appears to be 'Zerrin Aladağ'. The third signature is also smaller and appears to be 'Semra Boran'.

Tezin Savunulduğu Tarih: 15.06.2015

ÖNSÖZ ve TE EKKÜR

Bir endüstri mühendisi olarak iç lojistiğin önemini ve bu alanında yapılabilecek pek çok çalışma olduğunu Türkiye'nin ve Dünya'nın önde gelen otomotiv üreticilerinde birinde Üretim Planlama Departmanı bünyesinde yer alan Planlama ve İç Lojistik biriminde görev yapmaya başladığım 2010 yılında daha da iyi kavradım. O tarihten sonra alanımda uzmanlaşmak için iyi bir yüksek lisans tezi gerektiğini anlamam da çok uzun sürmedi.

Üretim planlama ve iç lojistik meslek hayatım boyunca uğraşacağım, kafa yoracağım, kendimi geliştirmekten zevk alacağım bir alan olacak. İş hayatımdaki bu yolculukta en önemli kilometre taşlarından biri olan yüksek lisans eğitimimi alırken ve tezimi hazırlarken bana desteklerini esirgemeyen hocam Yrd.Doç.Dr. Kasım BAYNAL'a, Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda görev yapan tüm hocalarıma, çalışmalarım sırasında fikren ve fiilen benimle birlikte çalışarak bana yardımcı olan iş arkadaşlarıma ve bana hep destek olan, inanan eşim Zehra SEYHAN'a ve beni yetiştiren bu günlere getiren babam Ramazan SEYHAN'a ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran - 2015

Ahmet SEYHAN

Ç İNDEK İLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
TABLOLAR DİZİNİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT	x
GİRİŞ.....	1
1. ALTI SİGMA YÖNTEM BİLİMİ	3
1.1. Altı Sigma Kavramı.....	3
1.2. Altı Sigma'nın Tarihsel Gelişimi.....	5
1.3. Altı Sigma'da Değişkenlik.....	6
1.4. Fırsatlar ve Hatalar Yönetimi (DPMO).....	9
1.5. Altı Sigma'nın Önemi	10
1.6. Altı Sigma'nın İlkeleri	13
1.7. Altı Sigma'nın İşletmeye Sağladığı Faydalar.....	14
1.8. Altı Sigma'nın Süreç Haritası	15
1.9. Altı Sigma'da Proje Seçimi.....	17
2. ALTI SİGMA'DA ORGANİZASYON VE SORUMLULUKLAR	23
2.1. Sponsor	24
2.2. Şampiyon.....	25
2.3. Uzman Kara Kuşak.....	25
2.4. Kara Kuşak	26
2.5. Yeşil kuşak	27
2.6. Takım Üyesi.....	28
3. ALTI SİGMA DÖNGÜSÜ.....	29
3.1. Tanımlama (Define)	34
3.2. Ölçme (Measure)	45
3.3. Analiz (Analyze).....	49
3.4. İyileştirme (Improve)	58
3.5. Kontrol (Control)	63
4. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE ALTI SİGMA UYGULAMALARI	67
4.1. Dünya'da Altı Sigma	67
4.2. Türkiye'de Altı Sigma	71
5. LOJİSTİK VE İÇ LOJİSTİK.....	78
5.1. Lojistik.....	78
5.1.1. Lojistiğin tanımı	79
5.1.2. Lojistiğin tarihçesi.....	80
5.2. İç Lojistik.....	81
5.2.1. İç Lojistik malzeme taşıma sistemleri	83
5.2.2. İç lojistikte malzeme taşımanın amaçları	85
5.2.3. İç lojistikte malzeme taşımanın ilkeleri.....	87
5.2.4. İç lojistikte performans göstergeleri	88
5.2.5. İç lojistikte malzeme taşıma araçlarının türleri	90
5.2.6. İç lojistikte kullanılan yardımcı malzeme taşıma araçları	97
5.2.7. İç lojistikte hat besleme tipleri.....	99
5.3. Otomotiv Lojistiği	100

6. ALTI SİGMA YAKLAŞIMI VE OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE İÇ LOJİSTİK VERİMLİLİĞİ UYGULAMASI	102
6.1. Firmanın Tanıtımı ve Tarihçesi	102
6.2. Tanımlama.....	104
6.3. Ölçüm	111
6.4. Analiz.....	113
6.5. İyileştirme	121
6.6. Kontrol	128
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	137
KAYNAKLAR	140
ÖZGEÇMİŞ	149

EK LLER D Z N

Şekil 1.1.	Normal Dağılım Eğrisi, Altı Sigma ve Spesifikasyon Limitleri	7
Şekil 1.2.	Farklı değişkenliklere sahip süreç örnekleri	8
Şekil 1.3.	Bir kuruluştaki problemler ve bunların zorluklarına göre dağılımları.....	11
Şekil 1.4.	Altı Sigma'nın yol haritası	16
Şekil 1.5.	Proje seçme ve tanımlama	20
Şekil 1.6.	Proje seçim aşamaları	21
Şekil 2.1.	Altı Sigma organizasyon yapısı.....	23
Şekil 3.1.	PUKÖ çevrimi.....	29
Şekil 3.2.	DMAIC çevrimi.....	31
Şekil 3.3.	TÖAİK döngüsü içeriği.....	32
Şekil 3.4.	TÖAİK adımlarında kullanılan araçlar	33
Şekil 3.5.	Altı Sigma tanımlama adımı faaliyet süreci	35
Şekil 3.6.	Proje tanımlama formu	37
Şekil 3.7.	Müşteriler kaçaya ayrılır?	38
Şekil 3.8.	Kritik kalite fonksiyon ağacı örneği.....	39
Şekil 3.9.	Değer akış haritası sembolleri	42
Şekil 3.10.	Değer akış haritası örneği.....	43
Şekil 3.11.	TGSÇM modeli.....	44
Şekil 3.14.	Ölçme aşaması faaliyet süreci	46
Şekil 3.13.	Standart sapma ve sigma seviyeleri	48
Şekil 3.14.	Analiz aşaması faaliyet süreci.....	51
Şekil 3.15.	Balık kılıcı diyagramı.....	53
Şekil 3.16.	Serpilme diyagramı.....	54
Şekil 3.17.	Pareto grafiği örneği	56
Şekil 3.18.	Histogram örnekleri.....	57
Şekil 3.19.	İyileştirme aşaması faaliyet süreci	59
Şekil 3.20.	Kontrol aşaması faaliyet süreci	64
Şekil 3.21.	İstatistiksel süreç kontrol kartı örneği	66
Şekil 4.1.	GE'de kalitenin gelişimi.....	70
Şekil 4.2.	GE'de Altı Sigma uygulama sonuçları.....	70
Şekil 4.3.	Arçelikte'de Altı Sigma uygulama sonuçları	73
Şekil 5.1.	Lojistik yönetimi	78
Şekil 6.1.	Uygulamaya ait TGSÇM diyagramı.....	107
Şekil 6.2.	Uygulamaya ait "Müşterinin Sesi" diyagramı	108
Şekil 6.3.	Mevcut durum süreç görseli.....	109
Şekil 6.4.	Mevcut durum iş akış şeması	110
Şekil 6.5.	Haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri dağılım grafiği	113
Şekil 6.6.	Haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri normallik testi.....	114
Şekil 6.7.	Haftalık hatalı konteyner ikmal verisine ait Johnson Dönüşüm Testi	115
Şekil 6.8.	Johnson Dönüşüm Testi sonrası haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri dağılım grafiği	117
Şekil 6.9.	Johson Dönüşüm Testi sonrası haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri normallik testi.....	117
Şekil 6.10.	Uygulamaya ait Pareto Analizi diyagramı.....	118
Şekil 6.11.	Uygulamaya ait Balık Kılıcı diyagramı.....	119

Şekil 6.12. Smart parça talep sistemi ve WMS Depo Yönetim Sistemi iş akış şeması.....	123
Şekil 6.13. WMS sandık depolama ve indirme algoritması	124
Şekil 6.14. İyileştirme sonrası iş akış şeması	126
Şekil 6.15. İyileştirme uygulaması yazılımına ait görseller.....	127
Şekil 6.16. Yüksek rafta istiflenen sandık görselleri.....	127
Şekil 6.17. İyileştirme sonrası haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri dağılım grafiği.....	128
Şekil 6.18. İyileştirme sonrası haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri normallik testi.....	129
Şekil 6.19. İyileştirme sonrası haftalık hatalı konteyner ikmal verisine ait Johnson Dönüşüm Testi	129
Şekil 6.20. Johnson Dönüşüm Testi ile iyileştirme sonrası haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri dağılım grafiği.....	131
Şekil 6.21. Johson Dönüşüm Testi ile iyileştirme sonrası haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri normallik testi	131
Şekil 6.22. Sistem ölçümlerine değerlerine göre Boxplot diyagramı	133
Şekil 6.23. Johson Dönüşüm testi sonrası değerlerine göre Boxplot diyagramı.....	134
Şekil 6.24. Sistem ölçümlerine değerlerine göre Histogram diyagramı	134
Şekil 6.25. Johson Dönüşüm testi sonrası değerlerine göre Histogram diyagramı.....	135

TABLolar D Z N

Tablo 1.1. Hata oranı Sigma seviyesi çevrimi	9
Tablo 1.2. Dünyada Altı Sigma uygulayan firmalar ve kazançları	13
Tablo 1.3. Altı Sigma'nın yararları	15
Tablo 1.4. Altı Sigma proje seçim kriterleri	18
Tablo 1.5. Somut ve soyut tasarruflar	19
Tablo 1.6. SMART hedef özellikleri	19
Tablo 1.7. Altı Sigma kontrol listesi.....	22
Tablo 2.1. Genel roller ve kuşaklar	24
Tablo 2.2. Altı Sigma sponsoru temel sorumlulukları	24
Tablo 2.3. Altı Sigma şampiyonu temel sorumlulukları	25
Tablo 2.4. Altı Sigma uzman kara kuşak temel sorumlulukları.....	26
Tablo 2.5. Altı Sigma kara kuşak temel sorumlulukları	27
Tablo 2.6. Altı Sigma yeşil kuşak temel sorumlulukları	27
Tablo 3.1. Altı Sigma adımları ve kritik süreçleri	30
Tablo 3.2. Altı Sigma'nın temel adımlarında sorulması gereken sorular	31
Tablo 3.3. Altı Sigma yöntem biliminin çıktıları	33
Tablo 3.4. TGSÇM unsur tablosu	44
Tablo 3.5. Ölçülmesi gereken alanlar	47
Tablo 3.6. Süreç yeterlilik indeksleri ve formülleri	49
Tablo 3.7. Süreç yeterlilik indekslerinin yorumlanması	49
Tablo 4.1. Altı Sigma uygulayan firmalar	67
Tablo 4.2. Şirket bazında Altı Sigma'da sağlanan kazançlar	68
Tablo 4.3. Türkiye'de Altı Sigma uygulayan firmalar	77
Tablo 6.1. Proje başlangıç tanımlamaları	105
Tablo 6.2. Performans metriği	105
Tablo 6.3. Organizasyon yapısı.....	106
Tablo 6.4. Aylık atıla düşen ve korozyona uğrayan parça sayısı.....	111
Tablo 6.5. Aylık hatalı ikmal nedenli hat duruş süresi (dakika).....	111
Tablo 6.6. Aylık hatalı ikmal nedenli hücre duruş süresi (dakika).....	111
Tablo 6.7. Haftalık hatalı ikmal edilen konteyner sayısı	112
Tablo 6.8. Temel kusur DPMO	113
Tablo 6.9. Alt kusur DPMO.....	113
Tablo 6.10. Johnson dönüşüm testi sonrası haftalık hatalı ikmal edilen konteyner sayısı	116
Tablo 6.11. Hatalı ikmal nedenleri	118
Tablo 6.12. Uygulamaya ait Sebep & Sonuç matrisi	120
Tablo 6.13. Hatalı ikmal nedeniyle yapılan ek elleçleme analizi.....	120
Tablo 6.14. Atıla düşen ve korozyona uğrayan parça sayı ve tutar analizi.....	121
Tablo 6.15. Johnson dönüşüm testi sonrası haftalık hatalı ikmal edilen konteyner sayısı	130
Tablo 6.16. Uygulama hedeflerinin gerçekleşme durumu	132
Tablo 6.17. İyileştirme öncesi ve sonrası DPMO değerleri.....	132
Tablo 6.18. İyileştirme öncesi ve sonrası Alt kusur DPMO değerleri.....	133
Tablo 6.19. İyileştirme kazanç tablosu.....	136

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

f	: Fonksiyon
Σ	: Toplam simgesi
μ	: Ortalama
C_p	: Process capability ratio (Süreç yeterlilik oranı)
C_{pk}	: Process capability index (Süreç yeterlilik indeksi)
H_0	: Sıfır hipotezi, yokluk hipotezi
H_1	: Karşıt hipotez, araştırma hipotezi
N	: Sistemdeki veri sayısı
σ	: Sigma

Kısaltmalar

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AGV	: Automated Guided Vehicle (Otomatik Kılavuzlanmış Araç)
AKL	: Alt Kontrol Limiti
ANOVA	: Analysis Of Variance
CEO	: Chief Executive Officer (İcra Kurulu Başkanı)
CLM	: Council of Logistics Management (Lojistik Yönetim Konseyi)
CPL	: Lower Limit of Process capability (Alt Kontrol Limiti)
CPU	: Upper Limit of Process capability (Üst Kontrol Limiti)
CTQ	: Critical to Quality (Kritik Kalite Özellikleri)
DAKO	: Depolama Alanı Kullanım Oranı
DMAIC	: Define, Measure, Analyze, Improve, Control (Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme, Kontrol)
DPMO	: Defects Per Million Opportunities (Milyon Fırsattaki Hata Sayısı)
DPU	: Defect Per Unit (Birim Başına Hata)
DR	: Doktor
EO	: Enerji Oranı
FIFO	: First In First Out (İlk Giren İlk Çıkar)
FMEA	: Failure Mode Effect Analysis (Hata Modu Etki Analizi)
FÜS	: Ford Üretim Sistemleri
GE	: General Electric
HMEA	: Hata Modu Etki Analizi
HO	: Hareket/Operasyon Oranı
HYO	: Hatalı Yük Oranı
İPK	: İstatistiksel Süreç Kontrol
JIT	: Just In Time (Tam Zamanında)
KAKO	: Koridor Alanı Kullanım Alanı
LY	: Lojistik Yönetimi
MAIC	: Measure, Analyze, Improve, Control (Ölçme, Analiz, İyileştirme, Kontrol)
MAM	: Marmara Araştırma Merkezi
MHO	: Milyonda Hata Olasılığı
MMYS	: Merkezi Malzeme Yönetimi Sistemi
MTAKO	: Malzeme Taşıma Aracı Kullanım Oranı

MTIO	: Malzeme Taşıma İşçilik Oranı
ÖAİK	: Ölçme, Analiz, İyileştirme, Kontrol
ÜDV	: Üretim Döngü Verimliliği
PFEP	: Plan For Every Part (Her Parça İçin Plan)
PUKÖ	: Planla, Uygula, Kontrol Et, Önlem Al
SIPOC	: Supplier, Input, Process, Output, Customer (Tedarikçi, Girdi, Süreç Çıktı ve Müşteri)
SMART	: Specific, Measurable, Attainable, Realistic, Timely (Belirli, Ölçülebilir, Ulaşılabilir, Gerçekçi, Zaman Kısıtlı)
SWOT	: Strength, Weakness, Opportunity, Threat (Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler)
T & T	: Tekrarlanabilirlik & Tekrar Üretilebilirlik
TEI	: Turkish Engine Industry (Türk Motor Sanayi)
TGSÇM	: Tedarikçi, Girdi, Süreç Çıktı ve Müşteri
TÖAİK	: Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme, Kontrol
TQM	: Total Quality Management (Toplam Kalite Yönetimi)
TZY	: Tedarik Zinciri Yönetimi
ÜKL	: Üst Kontrol Limiti
WMS	: Warehouse Management System (Depo Yönetim Sistemi)

YÜKSEK RAF YÖNETİMİNDE KAYNAK MALZEME HAREKETLERİNİN ALTI SİGMA YÖNEMİYLE İZLENİMLERİ

ÖZET

2008 yılında yaşanan küresel kriz ve kriz sonucunda yaşanan pazar payı daralmasının en büyük getirisi, işletmelerin maliyet kalemlerini azaltma yönünde yaptıkları çalışmalarını arttırmasıyla sonuçlanmıştır. Ekonomik buhranı en çok hissedilen sektörler arasında önde yer alan üretim sektörünün otomotiv üretim ayağı, pazar payı daralmasında ayakta kalabilmek için, çalışmalarına ürüne değer katmayan tüm süreçlerde iyileştirme yaparak başladı. Lojistik, müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürünün, servis hizmetinin ve bilgi akışının, kaynağı olan başlangıç noktasından, tüketildiği son noktaya kadar olan tedarik zinciri içindeki hareketinin etkili ve verimli bir şekilde planlanmasıdır. Bu planın uygulanması, taşınması, depolanması ve kontrol altında tutulması olarak da tanımlanan lojistik süreçleri son ürüne kadar geçen sürenin % 95'ini içermesi nedeniyle değer katmayan süreçlerinin başında yer almaktadır. Bu sebeple lojistik süreçlerinin fabrika içinde devamı olan malzeme hareketleri ve iç lojistik tüm modern üretim sistemlerinde, önemini arttırarak önümüzdeki yıllarda karşımıza sık sık gelmeye başlayacaktır. Sürekli iyileştirmenin bu süreçte ele alınması ve iç lojistik süreçlerinin tamamının optimize edilerek üretime değer katmayan tüm öğelerden arındırılması gerekecektir. Bu tezin amacı; malzeme hareketleri ve iç lojistik açısından önemli bir ambarlama çeşidi olan yüksek raf ambarlama optimizasyonu için Altı Sigma metodolojisinden faydalanarak bir sistem önerisi getirmek ve öneriyi uygulamaya dökmektir.

Anahtar Kelimeler: Altı Sigma, İç Lojistik, Malzeme Hareketleri, Stok Yönetimi, Yüksek Raf Ambarlama.

AN IMPROVEMENT AT HIGH SHELF MANAGEMENT FOR INTERNAL LOGISTICS OF BODY WITH USING SIX SIGMA METHODOLOGY

ABSTRACT

The biggest earnings of global crisis in 2008 and market share contraction were increasing the cost reduction activities by enterprises. Automotive production; the leg of production sector which lived economic crisis dramatically; to survive they started to improve their processes which has no value on product. Logistic operations; which is defined as planning, applying, transporting, stocking and controlling all types of products, services, data flow from start point (source) to end point (last customer) efficiently; leads the no value activities on products because of 95 % time to product. Hence, the material handlings and internal logistics, the continuous of logistic processes in factories at modern production systems, is going to increasing its importance. Continuous improvement and decreasing no value activities on product by optimization internal logistics must be enhanced. The purpose of this thesis is a system suggestion to optimization and application of high shelf bin which is the important type of warehouse for material handlings and internal logistics with using 6 Sigma methodology.

Key Words: Six Sigma, Internal Logistics, Material Handling, Stock Management, High Shelf Bin.

G R

On sekizinci yüzyılda İngiltere’de başlayıp, on dokuzuncu yüzyılda Avrupa’ya yayılan endüstri devrimi ve sonrasında Henry Ford’un 1902 yılında basit şekilde geliştirdiği yürüyen bant tekniğiyle kurduğu montaj hatlarıyla popüler hale gelen seri üretim sistemleri, Ford Üretim Sistemleri’dir. FÜS olarak kısaltılan bu modern üretim tekniklerini benimseyen şirketler, küresel ve rekabetçi pazarda yer edinmeye çalışmaktadırlar. Şirketler için müşteri ve müşteri memnuniyeti de öncelikli hedefler arasında yer almaya bu değişimden sonra başlamıştır.

Günümüz şirketleri için müşterilerin en temel gereksinimlerinin ve asgari isteklerinin karşılanmasının ötesinde, kaliteli ürün ve hizmet sağlama olgusu müşteri memnuniyeti kavramını karşılamaktadır. Satış öncesi ve sonrası hizmetlerinde kusursuzlaşmaya çalışan şirketlerde, rekabet gücü ve müşteri memnuniyeti açısından en önemli olan zamanında tedarik yetisidir. Zira ürün ve hizmet zamanında tedarik edilememiş ise müşteri memnuniyetini doğrudan etkileyecektir.

Modern üretim sistemlerinde şirketler için süreklilik; maliyetlerin kontrol altında tutulması ve minimize edilmesi ile sağlanabilir. Ürün ve hizmet maliyetinde; stok tutma, işçilik, iç ve dış lojistik süreçlerinin etkisi büyüktür. İyi bir satınalma süreciyle stok ve hammadde maliyetleri düşürülebilirken; iyi bir üretim planlama süreciyle de iş gücü ve diğer kaynaklardan en uygun değerde fayda sağlanabilir. İç ve dış lojistik faaliyetleri ise nakliye, depolama, elleçleme gibi birçok süreci kapsamaktadır. Tüm bu süreçlerin birbirini etkilemesi de iç ve dış lojistik yönetimini güçleştirerek ürün maliyetini arttırır. Şirketler bu olgular eşliğinde stok yönetiminin, depo yönetiminin ve lojistik yönetiminin önemini daha iyi kavramışlardır. Kavramakla da yetinmeyerek yönetim süreçlerinin tamamını, bünyesinde personel çalıştırılan bölümler haline getirmişlerdir.

Süreç iyileştirmenin en etkili yollarından bir tanesi, dünyada da pek çok şirket tarafından uygulanmış ve etkinliği kabul edilmiş olan Altı Sigma yaklaşımıdır. Altı Sigma yaklaşımında firmalar, süreçlerde sıfır hata oranlarına yani mükemmellik modeline ulaşmayı amaçlamıştır. Altı Sigma yaklaşımı, mükemmellik modeli için neler yapılması gerektiğinden çok, neyin nasıl yapılabileceğinin yöntemlerini

göstermektedir. Bununla beraber, Altı Sigma yöntem bilimi etkin ve verimli çalışma ile işletmelerde yaşanan hataların asgari düzeye indirilmesinde, verimsizliklerin ve her türlü iş kaybının ve buna bağlı olarak gizli fabrikaların yok edilmesinde, istatistiki bakış açısıyla uzun vadeli ve sürdürülebilir çözüm olanağı sunmaktadır (Tatlı ve Arslankaya, 2013). Son yıllarda dünyada birçok lider kuruluş tarafından uygulanmakta olan Altı Sigma yaklaşımı; üretimden personel yönetimine, finanstan pazarlamaya şirketlerin her türlü sürecini daha verimli hale getirerek karlılıklarını arttırmalarına ve büyümelerine yardımcı olmaktadır.

Projelere dayalı bir yaklaşım olan Altı Sigma yöntem biliminde, bu amaca ulaşmak için, en modern yönetim ve istatistiksel teknikleri kullanılarak süreçlerdeki değişkenliğin olumsuz etkileri ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. Ürün için hata oranını azaltmak, belirli bir sürecin ürettiği çıktı oranını artırmak, ilk maddelerin daha etkin kullanımını sağlamak, maliyet azaltmak, teslimatın zamanında yapılmasını sağlamak, bir süreci, tasarımı veya kaliteyi iyileştirmek üst yönetimin onay verdiği projelerde el alınmaktadır. Gerçekleştirilen Altı Sigma projeleri neticesinde sıçramalı iyileştirmeler beklenmektedir. Altı Sigma tek bir metot ya da stratejinin uygulandığı bir yöntem modası değildir. Bunun yerine gelişmiş iş liderliği ve performans için esnek bir sistemdir. Geçtiğimiz yüzyılın çok sayıda önemli yönetim fikri ve en iyi uygulamaları üzerine kurulmuştur. Yirmi birinci yüzyılda başarı için güçlü bir formül niteliğindedir (Thomsett, 2004).

Çalışma altı bölümden meydana gelmektedir. Birinci bölümde Altı Sigma terminolojisi, tarihçesi, yol haritası ve proje seçim ölçütlerinden bahsedilmiştir. İkinci bölümde Altı Sigma yöntem bilimindeki organizasyon yapısı ele alınmıştır. Üçüncü bölümde Altı Sigma'ya ait DMAIC; Define, Measure, Analyze, Improve, Control (Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme, Kontrol); döngüsünün her bir aşaması detaylandırılarak aktarılmıştır. Dördüncü bölümde Dünya'daki ve Türkiye'deki Altı Sigma'nın yeri ve öneminden bahsedilmiştir. Beşinci bölümde lojistik, iç lojistik ve otomotiv lojistiğinden bahsedilmiştir. Çalışmanın son bölümü olan uygulama kısmında otomotiv sektöründe önde gelen bir firmada, iç lojistik hat ikmal metriğini iyileştirmek için yapılan "Kaynak Malzeme Hareketleri Yüksek Raf Depo Yönetimini ve Hat İkmalinin İyileştirilmesi" başlıklı Altı Sigma yeşil kuşak projesi yer almaktadır. Altı Sigma öncesindeki ve sonrasındaki durumu ayrıntılı olarak değerlendirilmiş; elde edilen sonuçlar üzerine tartışmalar yapılarak ileriye yönelik önerilerde bulunulmuştur. Bu tez çalışmasını, firmaların Altı Sigma felsefesi üzerine dikkatleri çekmesi ve teşvik edici bir unsur olmasını arzu edilerek hazırlanmıştır.

1. ALTI SIGMA YÖNTEM B L M

1.1. Altı Sigma Kavramı

“Altı Sigma Nedir?” sorusuna cevap verirken, Altı Sigma’nın yeni veya bilinmeyen araçlar dizisi olmadığı anlaşılmalıdır. Altı Sigma araçları ve teknikleri TQM, Total Quality Management (Toplam Kalite Yönetimi), gibi pek çok gelişim yönetim biliminde bulunmaktadır. Altı Sigma, ele alındığı kurumun stratejik planlarına paralel olarak ve uygun zamanda önemli projeleri seçmeye yarayan istatistiki araçların ve tekniklerin uygulamasıdır. Altı Sigma proje tabanlı olarak sürdürülebilir stratejik sonuçlar elde etmek için proje tabanında uygulanan tekniklerin ve araçların yapısal uygulamasıdır (Çabuk ve Karayılmazlar, 2000).

Altı sigma kavramını açıklamaya yönelik çok çeşitli tanımlar mevcuttur. Bu tanımlardan bazıları şunlardır:

Altı Sigma, operasyonlarda mükemmelliğin sağlanması amacıyla işletmelerde süreçlerin tanımlanması, ölçülmesi, analiz edilmesi, iyileştirilmesi ve kontrolü için kolay ve etkili istatistik araçlarının kullanıldığı bir yönetim stratejisidir (Antony, 2004 ; URL-10).

Altı Sigma, üretim sürecinde son zamanda ortaya çıkan hatalı ürünleri değil tüm süreç içerisindeki bütün hataları dikkate alan bir anlayışı açıklamaktadır. Bir şirket içerisinde yapılan her işlemde üretimden sipariş almaya kadar daha az hata yapılması için rehberlik yapmaktadır. Altı Sigma müşteri ihtiyaç ve isteklerinin karşılanmasında mükemmel ya da mükemmel yakın performans hedefidir (Yıldırım, 2015).

Jane Erwin, Altı Sigma’nın, günümüz ve gelecek yüzyıl için, ürüne değil müşteriye odaklanan önemli bir kavram olduğundan bahsediyor ve ekliyor:

“Bu yüzden altı sigma, kültürel değişimi ve kalite seviyesinin yükseltilmesini amaçlayan bir paradigma olarak düşünülebilir” (Erwin, 2015).

Dr. Yılmaz Argüden Altı Sigma’yı, toplam kalite toplam kalite yönetiminin önemli odak noktalarından biri olan süreçlerin kalitesinin ölçümü ve iyileştirilmesinde, kullanılabilen bir yöntem olarak tanımlıyor (Argüden, 2015a).

“Altı Sigma, istatistiksel verileri hızlı bir şekilde analiz ederek kalite problemlerinin kaynağını bulmayı ve kontrollerini gerçekleştirmeyi sağlayan bir yöntem bilimidir ve aynı zamanda bir felsefedir” (Markarian, 2004).

Breyfogle, Altı Sigma’yı, operasyonel mükemmelliğe yolculuk olarak adlandırmış ve tanımlamıştır (Breyfogle, 2003).

Altı Sigma yaklaşımı, ürün ve süreç kalitesinin ölçülmesine ve geliştirilmesine yönelik olarak yüksek disiplin ve istatistiksel tekniklerin kullanımına dayanan bir yaklaşımdır. Altı Sigma, tek bir yöntem ya da strateji üzerine kurulu, gelip geçici bir heyecan değil; yöneticilik becerisini ve performansı iyileştirmeyi hedefleyen esnek bir sistemdir. Bu sistemi benimsemiş işletmeler sürekli olarak hataları azaltmaya, ürünleri ve/veya hizmetleri geliştirmeye çalışmaktadırlar. Bu açıdan, Altı Sigma yöntemi bir iş geliştirme aracı ve yeni bir işletme kültürü olarak düşünülebilir (Demirel, 2004).

“Herkes İçin Altı Sigma”, kitabında George Eckes, Altı Sigma’yı şöyle özetliyor:

“Altı Sigma dünyayı kasıp kavuran popüler bir yönetim felsefesidir. Amacı bir organizasyonu daha etkili ve verimli hale getirmektir. Etkinlik bir organizasyonun müşterilerinin ihtiyaçlarını ve beklentilerini karşılama ve aşma derecesidir. Verimlilik ise, etkinliğe ulaşmak için tüketilen kaynakları ifade eder” (Eckes, 2003).

Altı Sigma, süreçleri ve ürünleri sistematik ve bilimsel yaklaşımlarla müşteri gereksinimlerine göre iyileştirmek ve verimliliği arttırarak sürekli kılmak için, verileri ve istatistiksel araçları kullanan ve kritik başarı faktörlerine göre kaliteye ve verimliliğe projelerle odaklanan bir yöntemdir (Işığışık, 2005).

Altı Sigma; organizasyonun temel süreçlerini, müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde, değerlendirmek ve iyileştirmek için, şimdi ve gelecekte, tüm personelin bilgilerinin ve niceleyici metotların etkin olarak kullanılmasıdır (Baş, 2005).

Tüm bu tanımlar eşliğinde Altı Sigma; değişkenlik, işlem süreleri, yararlılık derecesi etkenlerine yönelik iyileştirmeye uygun, proje temelli, sonuç odaklı, sistematik bir yönetim bilimidir. Her şeyden önce istatistiksel bir ölçümdür. Yapılan işin ne kadar iyi olduğu bilgisini veren bir ölçüm tekniğidir.

Altı Sigma, bir işletmenin bütünsel olarak iyileştirilmesi sürecidir. İşletmenin daha fazla müşteri odaklı ve rekabetçi pozisyon için kültürel değişim gayretidir. Organizasyonun rönesans ve reform hareketi olarak adlandırılabilir ve tanımlanabilir.

1.2. Altı Sigma'nın Tarihsel Gelişimi

Altı Sigma'nın geçmişi 1920'li yıllarda Walter Shewhart'ın ürün bazında ölçüm ve ölçüm sonrası saptanan kusurların normal dağılımı kullanılarak çözümüne gidilmesine dayanmaktadır. Shewart normal eğri ortalamasından 3 sigma kadar uzağında bulunan hataların düzeltilmesi gerektiğini savunmuştur. Henry Ford seri üretim hatlarını 84 ayrı istasyona ayırıştırarak yalın üretim felsefesini uygulamaya geçmiştir. 1900 ve 1920'li yıllarda Taylor istatistik teorilerini geliştirmiştir (Tatlı, 2013).

Altı Sigma'nın gelişimi; 1970'lerde bir Japon şirketi olan Matsushita'ya, Amerikan şirketi olan Motorola'nın Quasar adlı televizyon şirketini, çok fazla hata oranının getirdiği verimsizlikten dolayı satması ve bunun üzerine Matsushita fabrikasının çalışmasında hızlı ve etkili değişikliklere gidip buradaki hata oranını %150'den %3'e düşürmesiyle devam etmiştir (Akın, 2010).

Japonların bu başarısının nedenlerini inceleyen Motorola uzmanları, ürün kalitesinden daha çok ürünün süreç kalitesiyle ilgili olduğunun anladıktan sonra 1980'lerin başında Motorola yönetim kurulu başkanı olan Robert Galvin'in liderliğiyle Motorola'da performansta gelişme için mücadeleye başlanmıştır. Galvin'in amacı temellerini yeni atılan sistemi kullanarak çağrı cihazları ve telefonların kalitesini artırmaktı. Eckes'in, "Herkes için Altı Sigma" kitabında aktardığı gibi 1986 yılında, Motorola'da çalışan yetenekli, bilgili, eğitimli bir mühendis ve istatistikçi olan Mikel Harry, farklı süreçlerdeki değişkenlikler, sapmaları üzerinde çalışmaya başladı. Çalışmalara başladıktan kısa bir süre sonra süreçlerdeki sapmaların çok fazla olmasının müşteri memnuniyetsizliğine ve müşterilerin ihtiyaçlarının karşılamada yetersizliğe neden olduğu gördü (Eckes, 2003). Harry daha sonra yüksek mühendis ve istatistikçi olan Bill Smith ile çalışmaya başladı (Quinn, 2003).

Brady'nin "Altı Sigma ve Üniversite" kitabında Altı Sigma'nın tarihsel gelişimi ile ilgili verdiği bilgilere göre; 1985'te Smith'in hazırladığı Galvin'in de dikkatini çeken kalite raporunda ürünün ömrü süresince kullanım alanındaki performansıyla, imalat sürecinde gerektirdiği yeniden işlemler arasında bir ilişki olduğunu keşfetti. Ayrıca bu rapor sonucunda, standartlarla daha az uyumsuzluk gösteren ürünlerin müşteriye ulaştıktan sonra daha yüksek performans elde ettiğini de varsaydı. Motorola yöneticileri Smith'in bu varsayımlarına sıcak yaklaşımlarıyla beraber asıl sorun hataların azaltılmasını sağlayacak pratik yollar bulmaktı. Bunun üzerine Smith dört

aşamalı problem çözme yaklaşımı olan MAIC'i; Measure, Analyze, Improve, Control (Ölçme, Analiz etme, İyileştirme, Kontrol etme); geliştirdi. Daha sonra ÖAİK, Altı Sigma seviyesine ulaşmak için kullanılan bir problem çözme yöntemi olmuştur. 15 Ocak 1987'de Galvin Motorola'da şirketin uzun dönemli politikasını belirleyen "Altı Sigma Kalite Programı" adlı yeni kalite içeriğini devreye aldı. Kabul edilen kalite programında Altı Sigma ürün, hizmet, süreç ve yönetim olmak üzere her alanda kullanılabilen gerekli yeterlilik standartları olarak kabul edildi (Brady, 2015).

Altı sigma kalite programı uygulanmaya başladıktan sonra 1988 yılında Motorola Malcolm Baldrige Ulusal Kalite Ödülü'nü kazandı ve bu olaydan sonra Altı Sigma pek çok şirketin ilgisini çekmeye başladı (Işığışık, 2005). Altı Sigma'nın 1993'de Allied Signal'da uygulanmaya başlamasıyla Altı Sigma gerçek anlamda iş dünyasına aktarılmış oldu (Brady, 2015). Altı Sigma'yı uygulamaya başladığında 14 milyar dolar ciroya sahip olan firma 8 yılda 800 milyon dolar elde etmiştir. 1995'in sonlarında General Electric Ceo'su olan Jack Welch, Altı Sigma'yı tüm destek ve liderlik sistemleriyle firmada uygulamaya başladı (Eckes, 2003). Firmada Altı Sigma ile ilgili eğitimlere 1997 yılında 400 milyon dolar harcanmış, Altı Sigma'nın uygulamaları sonucunda 600 milyon dolar getiri elde edilmiştir (Argüden, 2015b).

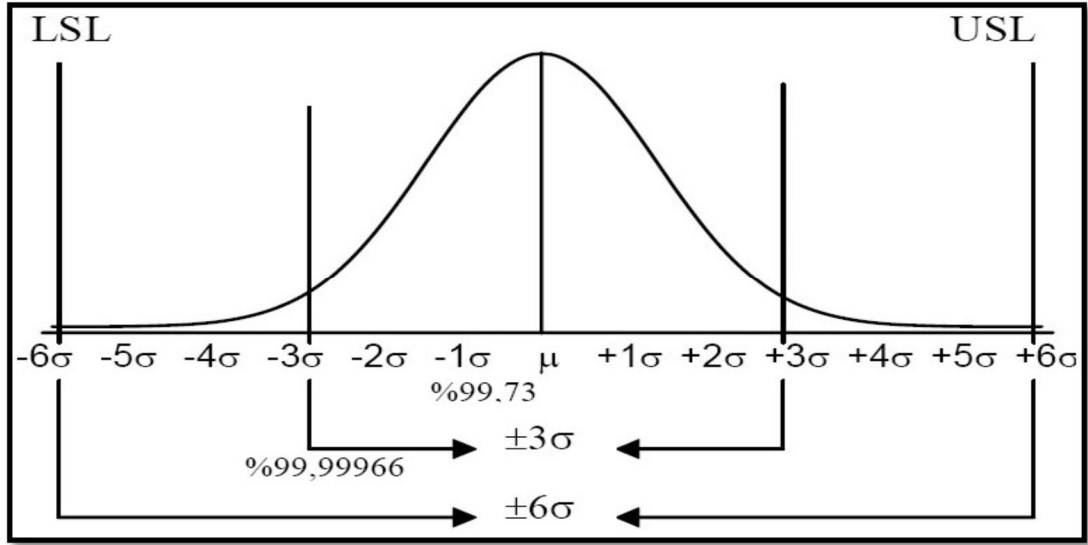
2000 yılından itibaren Altı Sigma yaklaşımı artık lüks olmaktan çıkıp zorunluluk haline gelmiş ve Dünya'da ve Türkiye'de Altı Sigma ile ilgili bölümde aktarılacağı gibi birçok dünya devi firma tarafından uygulanmaya ve sonuçları alınmaya başlanmıştır.

1.3. Altı Sigma'da Değişkenlik

Değişkenlik, aynı türden olayların bize göre aynı sayılan koşullarda bile isteğimizden ve kontrolümüz dışında az veya çok farklı sonuçlarla ortaya çıkmasıdır. Ortam ya da koşulların değişmesi ile bu farklılaşmaların daha da büyüüp, belirgin hale geldiğini görürüz (URL-2).

Teknik olarak Altı Sigma bir milyonda 3,4 hata olarak tanımlanan kalitenin özellikli bir ölçümüdür. "Sigma" terimi süreç ortalamasından sapmayı göstermek için kullanılan bir terimdir (Banuelas, 2005). "Standart Sapma" , serilerin serpilme durumunu en iyi şekilde ortaya koyan bir kavramdır (Akın, 1996). Standart sapma küçük değerlerde ise, seri elemanlarının ortalama X değeri etrafında yoğun bir şekilde toplandığı; standart sapma büyük değerlerde ise, seri elemanlarının ortalama X değeri etrafındaki dağınıklığı anlaşılır. Özetle standart sapma, ortalama değerden ne kadar sapıldığını bulmak amacıyla hesaplanan bir ölçüdür (Çakır, 2000).

Şekil 1.1.'de görüldüğü gibi "Normal Dağılım Eğrisi ve Altı Sigma Spesifikasyon Limitleri" , alt ve üst limitler arasında yer alan eşit sigma süreçlerinden oluşmuştur. Sigma değeri arttıkça değişkenlik ve kusur değeri azalmaktadır (Çakır, 2000). Süreç daha kontrollü hale gelmektedir. Altı sigma için genelde kullanılan dağılım süreç ortalaması merkezde değil $1,5 \sigma$ 'ya kayabileceği kabul edilmiştir. Bu kayma durumu ve kayma miktarı matematiksel bir gerekçeden ortaya çıkmamış daha çok deneyimler sonucu elde edilmiştir. Altı Sigma'nın babası olarak kabul edilen Mikel Harry, en kararlı sürecin bile $1,5 \sigma$ kayabileceğini iddia eder (Breyfogle, 2003).

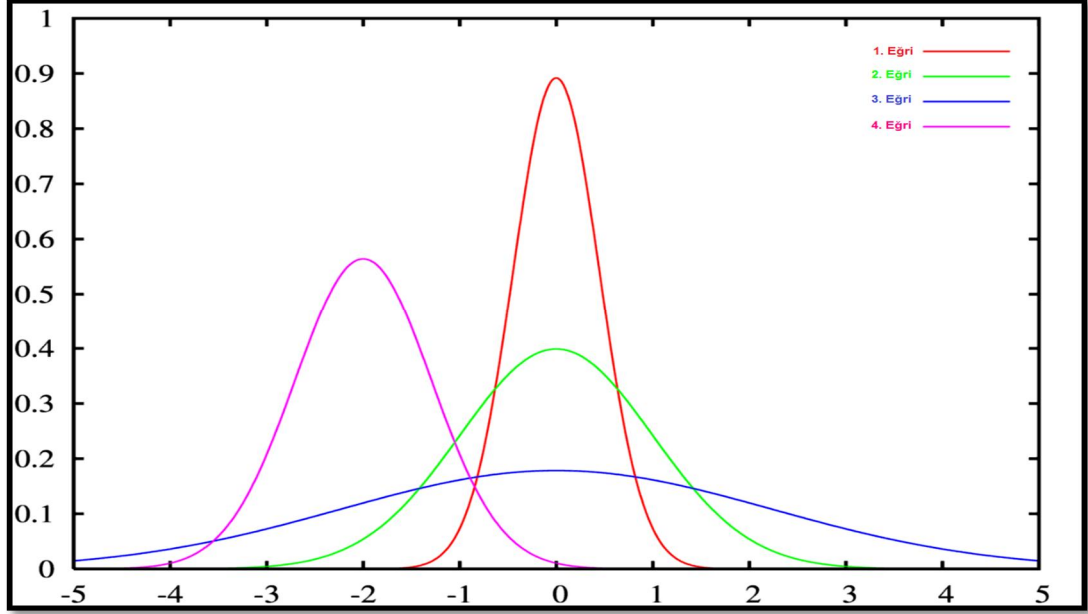


Şekil 1.1. Normal Dağılım Eğrisi, Altı Sigma ve Spesifikasyon Limitleri

Şekil 1.2.'de görüldüğü gibi üçüncü dağılımdaki değerler, ikinci dağılımdaki değerlere göre ortalamadan daha uzakta yer almaktadır. İkinci dağılımdaki değerler ise dördüncü dağılımdaki değerlere göre ortalamasından daha uzakta yer almaktadır. Ortalamasına en yakın değerleri birinci dağılıma ait değerler oluşturmaktadır. Sonuç olarak dördüncü dağılım en değişken, birinci dağılım en istikrarlı değerlere sahip dağılımlardır.

Değişkenlik kavramının etkileri ve Altı Sigma'nın bu bağlamda değerlendirilmesi Pande, Neuman ve Cavanagh açısından, "işe gitme süreci" ile örneklenmiştir. Hedeflenen durum işe her gün zamanında gitmektir. "Zamanında" sözcüğü ile belirtilmek istenen sabah 08:30'da işe varmaktır. Evden daima saat 08:12'de çıkıldığı varsayılır. İşe hedeflenen zamanda ulaşmak için "hedeflenen" ulaşım süresi 18 dakika olarak hesaplanır. 18 dakikalık ulaşım süresi, işe hazırlanma ve gün içerisinde yapılacakları planlama fırsatı sağlayacağı için bu süre ideale yakın bir değerdir. 08:30'dan 2 dakika erken ya da geç varmak, sosyal yargılar göz önüne

alınarak “kabul edilebilir” olduğuna göre, “spesifikasyon sınırları” 16 ile 20 dakikalık bir ulaşım süresi aralığında değişim göstermektedir. Bu aralık içinde kalan her dakika “kabul edilebilir” bir zamandır (Pande ve diğ., 2000).



Şekil 1.2. Farklı değişkenliklere sahip süreç örnekleri

Bu sınırlar; Pyzdek'in de belirttiği üzere, teknik olarak “alt spesifikasyon limiti” ve “üst spesifikasyon limiti” olarak ifade edilir (Pyzdek, 2009). Ürün ve hizmetlerdeki bu farklılaşma onları ürettiğimiz süreçteki değişkenliğin neden olduğu ispat gerektirmeyen bir gerçek. Öyle ise ürün ve hizmetlerindeki değişkenliği azaltmak isteyen bir işletme, öncelikle süreçlerini ve süreçlerindeki değişkenliği anlamak, farklılıkları kontrol altında tutmak üzere süreci takip etmek ve nihayet süreç değişkenliğini azaltmak için mücadele etmek zorundadır. Altı Sigma ölçmeye ve ölçmelerden elde edilen verileri istatistiksel analize dayanır. İşletmeleri milyonda 3,4 hataya taşımayı hedefler. Hataya duyarlılık, gelişmeye açıklık, verimlilik bilinci ve sorumluluğu gibi kültürel değerleri benimser.

Altı Sigma yaklaşımı ile maliyetler düşer, verimlilik artar, pazar payı ve müşteri sadakati gelişir, çevrim süreleri kısalmış ve kalite yükselir (Özkan, 2015). Çok ileri ve iddialı bir hedef, sıfır sapmalı (sapmasız) sistemlere, süreçlere sahip olabilmektedir. Bu özlemin kalite dünyasındaki karşılığı “sıfır kusur” ve “sıfır tolerans” kavramlarıdır. Altı Sigma aslında, sıfır kusur stratejisinin ulaşılabilir bir hedef olarak yaşama geçirilebilmesinde yararlanılan bir istatistiksel yönetim düzeneğidir (URL-4).

1.4. Fırsatlar ve Hatalar Yönetimi (DPMO)

Altı Sigma'nın tanımını yaparken DPMO, Defects Per Million Oppurtunities (Milyon Fırsattaki Hata Sayısı), kavramından da bahsetmek gerekmektedir. Bir süreç veya ürünün kalite niteliğinin standartlar temel alınarak iyi veya kötü veya kabul veya ret olarak değerlendirilmesi sonrası elde edilen sonuçlar da DPU, Defect Per Unit (Birim Başına Hata), şeklinde değerlendirilir. Sürece duyarlı, yüksek karmaşıklık ve çeşitlilikte ürünlerin üretildiği üretim ortamlarında ise, DPU ile beraber DPMO kullanılır. Fırsatlar ve hatalara göre yapılan bu hesap yöntemi, en fazla kullanılan hesaplama yöntemidir. Milyon fırsatta oluşan hatanın doğrudan sigmaya çevrilmesi ile sigma değerine ulaşılır. Fırsatlar ve hatalar yöntemi (DPMO) , bir ürün ya da süreçte ortaya çıkabilecek her 1 milyon durumdan kaç tanesinde kusur oluştuğunu aşağıdaki formüldeki gibi gösterir (Sevinç, 2013).

$$DPMO=(Hata \hat{a}deti/ \text{Ölçüm } \hat{a}deti) \times 1.000.000 \quad (1.1)$$

$$DPU=Hata \hat{a}deti/ \text{Ünite } \hat{a}deti \quad (1.2)$$

Tablo 1.1.'de milyonda hata sayılarına göre, sigma seviyeleri ve yüzdeler yer almaktadır (Pande ve diğ., 2000). Bu tablodaki değerlere paralel olarak 1 sigma seviyesinde çalışan bir seri üretim hattında üretilen 1.000.000 birim üründen 691.500 âdeti kusurlu olacaktır. Bu hat 6 sigma seviyesinde çalışıyor olsaydı ürettiği 1.000.000 birim üründen sadece 3,4 âdeti hatalı ürün olacaktır.

Tablo 1.1. Hata oranı Sigma seviyesi çevrimi

Sigma Seviyesi	Ba arı Yüzdesi %	Milyon Fırsattaki Hata Sayısı
1	30,85	691.500
1,5	50,00	500.000
2	69,15	308.500
2,5	84,13	158.727
3	93,32	66.800
3,5	97,73	22.700
4	99,38	6.200
4,5	99,87	1.300
5	99,977	230
6	99,9997	3,4

1.5. Altı Sigma'nın Önemi

Yoğun rekabet şartlarının yaşandığı günümüzdeki piyasa şartlarında şirketler tüm işleri kendileri yapmak yerine belli bir konuda yoğunlaşarak daha verimli olmayı hedeflemektedirler. Elde stok tutmanın maliyeti her geçen gün artarken Altı Sigma süreç faaliyetlerin önemi her geçen gün artmaktadır.

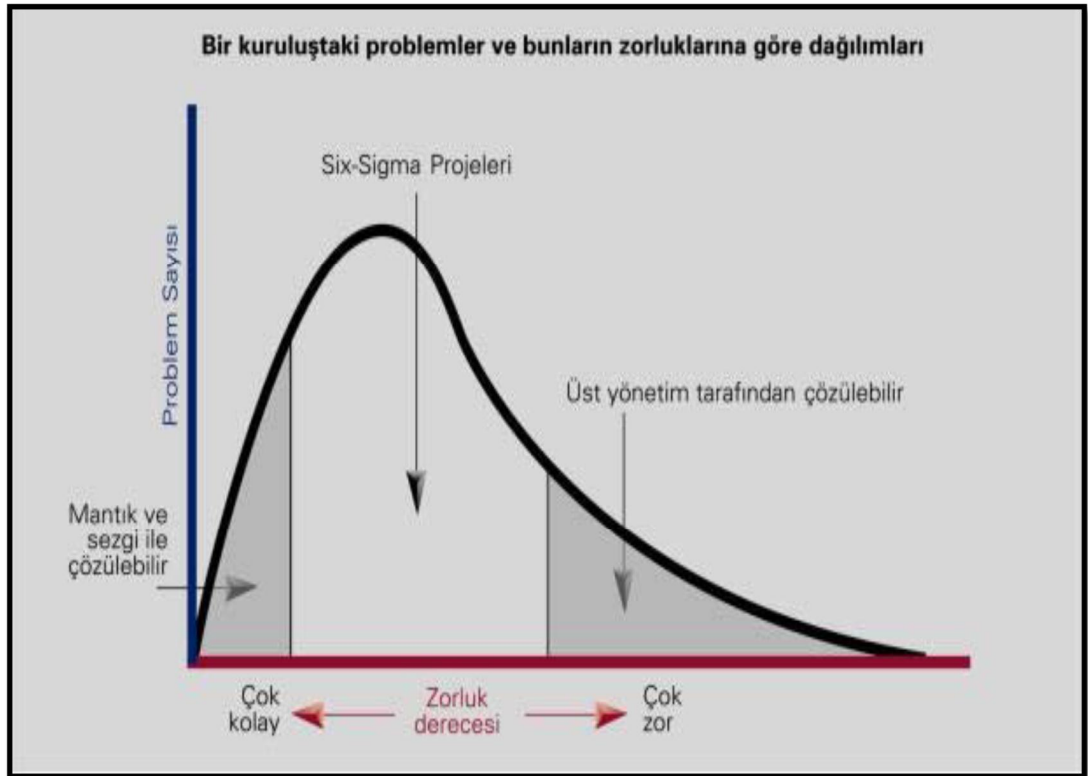
Günümüzde Altı Sigma başlığı altında pazarlaması yapılan, aslında yalın bir Altı Sigma düzeneği değil, kontrol dışı değişkenliğin küçültülmesi, hataların önlenmesi yolunda verilen sistemli bir savaş anlamına geliyor. Günümüze değin kalite yönetimi, toplam kalite yönetimi, mükemmellik anlayışı, başarılı kurum oluşturma adına verilen emeğin ve kazanılan birikimlerin ve deneyimlerin istatistiksel yöntemlerin bilinçli ve istekli kullanımı eşliğinde başarı yolunda kullanılması çabasıdır (URL-4).

Altı Sigma metodu ürünlerimize, hizmetlerimize ve süreçlerimize benzeyen veya benzemeyen diğer ürünler, hizmetleri ve süreçleri karşılaştırmamızı sağlar. Bu durumda bize diğerlerinden ne kadar ileride veya geride olduğumuzu gösterir. En önemlisi nereye gitmemiz gerektiğini ve bunu başarmak için ne yapmamız gerektiğini söyler. Başka bir ifadeyle Altı Sigma "Toplam Müşteri Tatmini" yarışında bize yolumuzu gösteren bir ölçü aletidir. Örneğin bir sürecin 6 sigma kalite düzeyinde olması, onun sınıfının en iyisi (best in class) olduğu anlamını taşımaktadır. Bir diğer sürecin 4 sigma kalite düzeyinde olması, onun ortalama kalite düzeyinde olduğunu gösterir. Bu da bir milyon ürün veya hizmette 6.200 hatalı ürün veya hizmetin üretilmesi anlamını taşımaktadır. Bu hassasiyette sigma, ürünlerimizin, hizmetlerimizin ve süreçlerimizin yeterliliklerini ölçen ve karşılaştırma imkânını sağlayan bir ölçüm çizelgesidir (URL-4).

Altı Sigma'nın etkisini ve önemini daha net anlamak için herhangi bir işletmenin muhasebe bölümünü basit bir örnek olarak ele alalım. Bölümün süreçleri sırası ile tedarikçi faturalarının sisteme girmesi, faturaların sevk irsaliyesi ve satın alma emri ile eşleştirilmesi, ödeme için onaya gönderilip onaylanması ve muhasebe tarafından ödemenin yapılması olarak dört ana süreçte özetleyelim. Her bir sürecin ise %97 başarı oranı ile çalıştığını düşünürsek muhasebe bölümü beklendiği gibi %97 başarı oranı ile değil % 88,52 başarı oranı ile çalıştığını buluruz. Süreçlerin toplam standart sapması $0,97 \times 0,97 \times 0,97 \times 0,97 = 0,8852 = \% 88,52$ denklemi şeklinde hesaplanır. Özellikle muhasebe gibi her işletme için kritik önem taşıyan bölümlerde Altı Sigma yönetim sistemi büyük önem taşımaktadır (Demiralp, 2014).

Altı Sigma yöntem biliminin sağladığı önemli bir yarar da, kurumlar için problem çözümlerini sistematik hale getirip, zorluklarına göre bu problemlerin sınıflandırılmasını sağlamaktır. Kurumlarda karşılaşılan bazı problemler mantık, tecrübe ve sezgisel yöntemlerle çözülebilir. Bu tarz problemler kolay olarak nitelendirilir ve uzun zaman ihtiyacı gerekmemektedir. Kolay problemler harici problemler zor problem olarak nitelendirilirken ve maliyet gerektiren problemlerdir. Orta dereceli zor olan problemler kurumların en çok karşılaştığı ve sayısı fazla olan problemler olup Altı Sigma projelerine dönüştürülmeleri faydalıdır. Bu sayede orta zorluğa sahip problemler daha kolay ve hızlı çözüm bulunup üst yönetime çıkmadan kazanç sağlanmış olur. Maliyeti yüksek problemler, üst yönetim bilgisinde kontrollü ortadan kaldırılmalıdır.

Özellikle iş sonuçlarına ve kârlılığa etkisi yüksek olan problemlerin olağanüstü bir süratle çözülmesini sağlayan bir ortam, altyapı ve etkin insan kaynağı sağlayan Altı Sigma yönetim sistemi pek çok firmada uygulanarak büyük kârlar elde edilmesini sağlamış ve kendisini kanıtlamıştır. Altı Sigma kuruluşları geleceğe taşıyan en etkili sistemdir. Şekil 1.3.'te görüleceği gibi sistem, iş sonuçlarına büyük etkisi olan ancak yatırım gerektirmeyen projelere odaklanır (URL-5).



Şekil 1.3. Bir kuruluştaki problemler ve bunların zorluklarına göre dağılımları

Bir yönetim ve işletme felsefesi olan Altı Sigma, alanında mükemmeliyetçi olmayı, değişkenliği azaltarak, müşteri tatminini arttıran, müşterilere hatasız mal ve hizmet sunmayı amaç edinerek müşteri beklentilerinin ötesinde bir kaliteye ulaşmaktır.

Altı Sigma yöntem biliminin önemi işletmeler için aşağıdaki maddelerle özetlenebilir:

- Altı Sigma, bir işletmenin bütünsel olarak iyileştirilmesi ve yenilenmesi programıdır ve bu sebeple önemlidir.
- Ürün ve süreçlerin en uygunlaşmasına yönelik istatistiksel ve mühendislik yönü baskın olan bir yöntemdir ve bu sebeple önemlidir.
- Altı Sigma, her ürün, her süreç ve her dönüştürme eyleminin neredeyse hatasız olarak yapılabilmesine uygun bir programdır ve bu sebeple önemlidir.
- Müşteri gereksinimlerinin tam olarak karşılanmasıdır ve bu sebeple önemlidir.
- İşletmenin müşteri memnuniyetini yükseltme, karlılık ve yararlılığı güvenceye almayı amaçlayan bir kültür dönüşümüdür ve bu sebeple önemlidir.
- Altı Sigma, toplam kalite yönetiminin kristalleşmiş halidir ve bu sebeple önemlidir.
- Altı Sigma, işletme başarısını sağlamaya, sürdürmeye ve yükseltmeye yönelik kapsamlı ve esnek bir sistemdir ve bu sebeple önemlidir.
- Uygulama amacı; müşteri gereksinimlerinin önemsenmesi ve tam olarak karşılanmasıdır ve bu sebeple önemlidir.

Yöntem bilimi olguların, verilerin ve istatistiksel analizin disiplinli bir şekilde kullanılması, her tür uygulamanın büyük bir özetle gerçekleştirilmesidir (Şahin, 2006).

Tüm bu önem özellikleri sayesinde Altı Sigma, işlem sürelerinin kısılmasına, hataların azalmasına, maliyetlerin küçülmesine, verimliliğin yükselmesine, sadık müşteri sayısının artmasına, pazar payının büyümesine, firmalarda kültür değişiminin yaşanmasına sebep olmaktadır.

Altı Sigma'yı uygulayan birçok firma verimlilik, etkenlik, kalite, müşteri tatminin de birçok artı sağlamanın yanı sıra pek çok tasarruf sağlayabilmişlerdir. Yalnız büyük firmalar da değil küçük ve orta ölçekli pek çok firmada da uygulanabilmesi mümkün olan bir yaklaşımdır.

Altı Sigma öneminin anlaşıldığı firmalara ait kazanç stratejileri ve Altı Sigma sayesinde stratejilerini yerine getirerek sağladıkları kazanç değerleri Tablo 1.2.'de yer almaktadır (Çabuk ve Karayılmazlar, 2000).

Tablo 1.2. Dünyada Altı Sigma uygulayan firmalar ve kazançları

Firma / Proje	Kazanç ekli	Kazanç
Motorola(1992)	Süreç sırası hata oranı	150 defa azaltıldı
Raytheon Hava Taşıtı Entegrasyon Sistemleri	Depo bakım muayene süresi	%88 oranında azalma
GE	Tamir atölyelerindeki işlem süreleri	%62 oranında azalma
Allied Signal(Honeywell)	Stok çevrim süreleri	%100 oranında yükselme
Allied Signal(Honeywell)	Yollama çevrim süresi	18 aydan 8 aya düşürüldü
Hughes Askeri Operasyonlar Misilli Sitemler Grubu	Kalite/Verimlilik	%1000 ve %500 oranında iyileştirmeler
GE	Finansal	2 milyar \$ kazanç (1999)
Motorola	Finansal	11 yılda 15 milyar \$
Dow Kimya	Finansal	2.45 milyar \$
DuPont	Finansal	25 milyar \$
Telefonica de Espana	Finansal	10 ayda 30 milyar €
Texas Instruments	Finansal	600 milyar \$
Johnson and Johnson	Finansal	500 milyar \$
Honeywell	Finansal	1.2 milyar \$

1.6. Altı Sigma'nın İlkeleri

Altı Sigma yaklaşımının altı temel ilkesi şunlardır (Pense, 2009):

- Gerçek Müşteri Odağı: Altı Sigma'da performans ölçümü müşteri ile başlamaktadır. Altı Sigma'daki iyileştirmeler müşteri tatmini ve değeri üzerindeki etkileri ile tanımlanır.
- Verilere Dayalı Yöntem: Altı Sigma, hem sonuçları hem de süreçleri izleyen etkili bir ölçüm sistemine sahiptir. Bu yüzden Altı Sigma'ya dayalı karar vermek ve çözüm üretebilmek için yöneticilerin hangi veri ve bilgilere ihtiyaçlarının oldukları ile bu veri ve bilgileri en fazla nasıl yarar sağlayarak kullanabileceklerini cevaplamaları gerekmektedir.
- Süreç Odağı: Altı Sigma'da süreç faaliyetin olduğu yer olmaktadır. Altı Sigma ile elde edilen tüm kazanımlar süreçlerin müşteriye değer sağlamak için kullanılması ile gerçekleştirilmiştir.
- Proaktif Yöntem: Başarı için gerekli olan iş alışkanlıkları ile ilgilidir. Hedefler oluşturmak, bunları sık sık gözden geçirmek, açık politikalar geliştirmek, problemlerin önlenmesine olanak sağlamak yani hedeflere ilişkin fikirleri ve bir işin nasıl yapıldığını sorgulamaktır.

- Sınırsız iş birliği: Şirketlerin tedarikçileri, çalışanları, müşterileriyle bir arada çalışması ve son kullanıcıların gerçek ihtiyaçlarının ve süreçler arasındaki ilişkilerin anlaşılmasını sağlamaktadır.

- Kusursuzu iste, Başarısızlığa Tolerans Göster: Bir takım riskler içeren fikir ve yaklaşımları uygulamaya koymadan bir şeyler elde etmek mümkün değildir. Ayrıca performans iyileştirmesi için Altı Sigma'nın sunduğu araç ve yöntemler önemli ölçüde risk içermektedir.

1.7. Altı Sigma'nın İşletmeye Sağladığı Faydalar

Altı Sigma modeli, işletmelerin hedeflerine ulaşmalarında çalışanlara yol gösterici, mevcut problemleri çözücü, Altı Sigma kalitesinde ürün ve süreçleri tasarlayıcı bir proje yaklaşımıdır. Altı Sigma modelinin işletmelere sağladığı yararlar şunlardır:

- Sürekli Bir Başarı Yaratır: Günümüzde iki haneli büyümeyi sürdürebilmenin ve değişen pazarlara ayak uydurabilmenin tek yolu sürekli olarak yenilik yapmak ve organizasyonu değişen şartları karşılayacak şekilde yeniden yapılandırmaktır. Altı Sigma organizasyonun kendini sürekli yenileyebilmesi için gerekli yetenek ve kültürü yaratır.

- Herkes İçin Bir Performans Hedefi Sağlar: Bir işletmedeki herkesin tek bir noktaya odaklanması ve aynı yönde faaliyet göstermesi başarının en önemli şartlarından biridir. Aslında tüm bölüm, fonksiyon ve bireylerin hedef tanımları birbirinden farklıdır. Ancak bunların hepsi müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılayacak ürün ya da hizmet sağlamak için faaliyet gösterirler. Bu ortak özellik Altı Sigma yaklaşımının çıkış noktasıdır. Altı Sigma müşteri şartlarının %99,9997 gibi kusursuza çok yakın bir hata oranı ile karşılanmasını ön görür. Aslında bu hedef o kadar yüksektir ki çok sayıda şirketin mükemmel performansa ilişkin düşünceleri bunun yanında çok zayıf kalır.

- Müşteriye Verilen Değeri Arttırır: Günümüz rekabet ortamında ürünlerinizin iyi ya da hatasız olması başarınızı garantilemez. Altı Sigma'nın özünde yer alan müşteri odağı, müşterilerin nelere değer verdiğinin öğrenilmesi ve bunu onlara karlı olarak nasıl sağlanacağını planlanmasını öngörür.

- İyileştirme Hızını Arttırır: Günümüzde yarışları, kendini en hızlı geliştiren yarışçılar kazanmaktadır. Altı Sigma sahip olduğu güçlü araçlarla yalnız performansı iyileştirmez aynı zamanda iyileştirmeyi de iyileştirir.

- Öğrenme ve Bilgi Alışverişini Arttırır: Altı Sigma yeni fikirlerin üretilmesini ve paylaşılmasını arttıracak ve hızlandıracak bir yaklaşımdır. Allied Signal yöneticilerine göre "herkes öğrenme hakkında konuşmakta fakat pek azı bunu başarabilmektedir".

GE gibi büyük ve dağınık bir şirkette dahi bir öğrenme aracı olarak son derece başarılı sonuçlar vermiştir (Bircan, 2012).

Tablo 1.3.'te Altı Sigma faydaları kavram ve etkileşim olarak özetlenmiştir. Bu tabloya birçok avantaj ve dezavantaj kalemi de eklenebilir.

Tablo 1.3. Altı Sigma'nın yararları

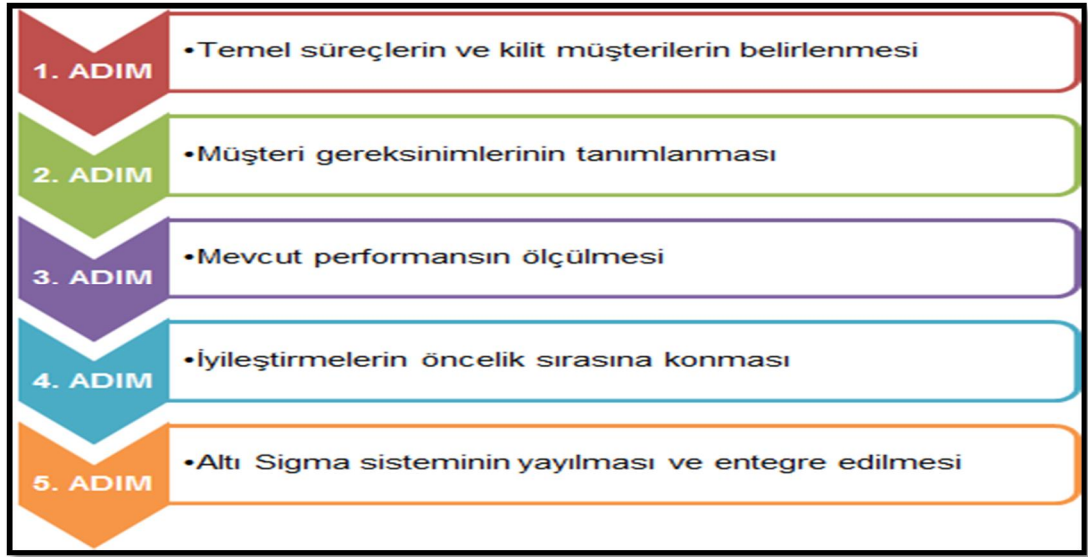
Etkilenen Süreçler	Etki Durumu
Başarı	Artar
Ciro	Artar
Çalışan ve Paydaşların İş Standardı	Artar
İyileştirme	Artar
Müşteri Sadakati	Artar
Özgüven	Artar
Pazar Payı	Artar
Üretkenlik	Artar
Ürün ve Hizmet Gelişimi	Artar
Verimlilik	Artar
Değişime olan Direnç	Azalır
Değişkenlik	Azalır
Hata	Azalır
İsraf	Azalır
İşlem Süresi	Azalır
Maliyet	Azalır

1.8. Altı Sigma'nın Süreç Haritası

Altı Sigma yöntem bilimini süreçlerinde uygulamak isteyen firmaların sayısı da gün geçtikçe artmaktadır. Ancak, sadece sayılı kişileri bu konuda eğiterek kısa süre içinde hataları azaltıp, karlılığı arttırmak mümkün olmamaktadır. Altı Sigma yöntem bilimine bu tarzda yaklaşan firmalar, uygulamada başarısızlığa uğramışlardır. Bunun yerine, Altı Sigma yöntem bilimine firma geneline yaymış ve bir şirket kültürü oluşturabilmiş firmalar istedikleri başarıyı yakalayabilmişlerdir.

Bu bağlamda bir yol haritası yardımı ile Altı Sigma yöntem bilimini için gerekli yapının hazırlanması mümkün olmaktadır. Hazırlanan yol haritası ile yapılacak tüm işler, harcamalar ve projenin tamamlanabilmesi için gerekli zaman önceden belirlenebilir (Gross, 2001).

Altı Sigma yol haritasını beş adımda Şekil 1.4.'te aşağıdaki gibi sıralamıştır (Pande ve Holpp, 2001):



Şekil 1.4. Altı Sigma'nın yol haritası

Altı Sigma sisteminde yol haritası oluşturulurken, işletmenin amaçları ve ihtiyaçları da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu yol haritası sayesinde, yapılacak işler düzenlenir ve projenin başarıya ulaşması için gerekli önlemler önceden alınır (Soykan, 2002).

Temel süreçlerin ve kilit müşterilerin belirlenmesi adımında elde edilecek bilgiler, müşteriler hakkında bilgi toplama çalışmalarının yürütüleceği bir sonraki adıma zemin oluşturması açısından oldukça önemlidir. Bu kapsamlı döküm çalışmasının hiç kuşkusuz daha yararlı bir çıktısı ise, kuruluş hakkında bir bütün olarak yeni ve daha belirgin bir tablo ortaya koymaktır (Pande ve diğ., 2000).

Müşterilerin ne istediği bilinmiyorsa, onlara istedikleri ürünü/hizmeti sunabilmek de neredeyse olanaksızdır. Altı Sigma performansına ulaşma çerçevesinde, açık ve net gereksinimler saptamadan, anlamlı ölçümler gerçekleştirmeye olanak yoktur. Müşterilerin zaman içerisinde değişim gösteren taleplerinden haberdar olunmadığı sürece taleplerin aynı kaldığını düşünmek başlı başına bir sorun kaynağıdır. Başarıyı yakalayacak işletmelerin çoğu, müşterilerin sesine gerçekten kulak verenler olacaktır (Pande ve diğ., 2000).

Mevcut performansın ölçülmesi, mevcut durumda müşteri taleplerinin ne kadar iyi karşılanacağını ve bu durumun gelecekte nasıl sürdürülebileceğinin irdeleneceği adımdır. Daha geniş bir anlatımla; müşteriye odaklanan performans ölçümleri, daha etkili ölçüm sistemlerinin kurulabilmesi için bir ön koşuldur. Mevcut performansın ölçülmesi adımının yararlarını aşağıdaki gibi sıralamıştır (Pande ve diğ., 2000):

- Bir ölçüm altyapısının oluşturulması
- Önceliklerin belirlenmesi ve kaynaklara odaklanması
- En iyi iyileştirme stratejilerinin seçilmesi
- Taahhütlerin ve yeterliliklerin uyumunun sağlanması

Altı Sigma yol haritasındaki önemli noktalardan biri de firmanın öncelikli iyileştirme alanlarını seçmesidir. Uygulanacak iyileştirme çalışmalarının önemi; hataları ortadan kaldırmak, süreç verimliliğini ve kapasitesini arttırmak için en iyi teknikleri içeriyor olmasıdır. Altı Sigma teknik ve araçları hem büyük ve karmaşık iş sorunlarının çözümünde hem de nispeten daha basit süreç iyileştirme fırsatlarının değerlendirilmesinde kullanılabilir (Pande ve diğ., 2000).

Bir Altı Sigma kuruluşunun uzun vadedeki vizyonunu belirleyen adım, Altı Sigma sisteminin yayılması ve entegre edilmesidir. Bu adım, Altı Sigma girişimleri açısından adeta anahtar bir unsur olarak kabul edilebilir. Altı Sigma sisteminin uygulandığı bir kurumda aşağıdaki kazanımlar elde edilmektedir (Pande ve diğ., 2000):

- Doğru ve iyi yönlendirilmiş bir müşteri geri besleme sistemi
- Hattın her iki yönünde de sorunsuz iş akışı ve işbirliği, iyi bütünleşmiş edilmiş pürüzsüz süreçler
- Yalnızca kasaya giren paraları değil; hataları, temel etkinliklerdeki değişimleri ve hammadde benzeri temel girdilerdeki değişkenlikleri ölçen hassas bir sistem
- Değişen müşteri gereksinimlerini karşılamak için süreçleri daha hassas hale getirerek ya da tümüyle yeni süreçler, ürünler ve hizmetler yaratarak sorunları düzeltme ve iyileştirme sağlama konusunda kazanılmış uzmanlık.

1.9. Altı Sigma'da Proje Seçimi

Literatürde proje seçimi ile ilgili yer alan kriterler altı başlıkta özetlenebilmektedir. Bu kriterleri altı genel başlıkta toplamak mümkündür. Bu kriterler:

- Müşteriye etkisi
- Finansal etkisi
- Üst yönetimin taahhüdü
- Ölçülebilir ve yapılabilir olması
- Öğrenmeye ve büyümeye olan katkısı
- Kurumsal stratejilerle bağlantısıdır.

Altı Sigma projelerinin seçimi için kullanılacak kriterleri belirlemek için yapılan araştırmalarda çıkan sonuçların Tablo 1.4.'te özet aktarımı yer almaktadır (Banuelas, 2005). Altı Sigma sisteminde doğru projeyi seçme herhangi bir kuruluş için başarıyı erken elde edip uzun süreli olabilmesi için en önemli faktördür.

Projeler gerçekçi ve ölçülebilir metrikler üzerine seçilmiş olmalıdır (Antony, 2004). Proje seçimi için tek bir kriter bulunmamaktadır, fakat her Altı Sigma projesinde aranan kriter projenin firmaya finansal kazançlar cinsinden sağlayacağı faydalardır.

Finansal kazançlar, projelerin kurumsal stratejilerle ve temel yetkinliklerle bağlantılı olmasının sonucu olarak ortaya çıkmakta ve önemli bir gösterge haline gelmektedir. Bu yüzden proje seçiminden önce doğru şekilde finansal fayda hesaplanarak doğru projeler tetiklenmelidir (Banuelas, 2005).

Projeler, somut ya da soyut tasarruflar sağlarlar. Somut tasarruflar, yapılan harcamalardaki gerçek azalmaya; soyut tasarruflar ise, projeden elde edilmesi beklenen projeksiyonu yapılmış harcama miktarlarındaki azalmaya ifade etmektedir (Pyzdek, 2009). Soyut tasarrufları sayısallaştırmak ve görmek somut olan tasarruflara göre daha zordur. Tablo 1.5.'te tasarruf türlerine göre tasarruf kategorileri örneklendirilmiştir (Snee ve Rodebaugh, 2002).

Tablo 1.4. Altı Sigma proje seçim kriterleri

Altı Sigma projelerinin seçiminde kullanılan kriterler	Pande, Neuman ve Cavanagh (2000)	Harry ve Schroeder (2000)	Goldstein (2001)	Snee (2001)	Leavitt (2002)	Pyzdek (2000, 2003)	Coronada ve Antony (2002, 2004)	Kwak ve Anbari (2006)	Chakrabarty ve Tan (2007)
Finansal Etkisi	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
Ölçülebilirliği ve Yapılabilirliği	☑	☑	☑	☑	☑	☑		☑	
Müşteriye Etkisi	☑	☑				☑	☑		☑
Üst Yönetim Taahhüdü	☑				☑		☑	☑	☑
Öğrenmeye ve Büyümeye Katkısı	☑						☑	☑	☑
Kurumsal Stratejilerle ve Temel Yetkinliklerle Bağlantısı	☑	☑		☑	☑	☑	☑		

Tablo 1.5. Somut ve soyut tasarruflar

Tasarruf Türü	Tasarruf Kategorisi	Tanım
Maliyet Azaltma	Somut	Önceki yılın harcamalarını temel alarak harcamaların azaltılması
Gelir Artırma	Somut	Çok fazla sermaye kaynağı kullanılmadan herhangi bir süreçte üretim kapasitesinin artırılması ve bu şekilde daha yüksek talep düzeyinin karşılanması
Nakit Akı larını yile tirme	Soyut	Stoklara, geç tarihli alacaklara ve erken tarihli ödemelere bağlanan nakit akışlarının miktarının azaltılması
Maliyet Artı inin Önlleme	Soyut	Gelecekteki harcamaların ertelenmesi veya ortadan kaldırılması
Sermaye Kullanımından Kaçınma	Soyut	Gelecekte sermaye kullanımının ertelenmesi veya ortadan kaldırılması

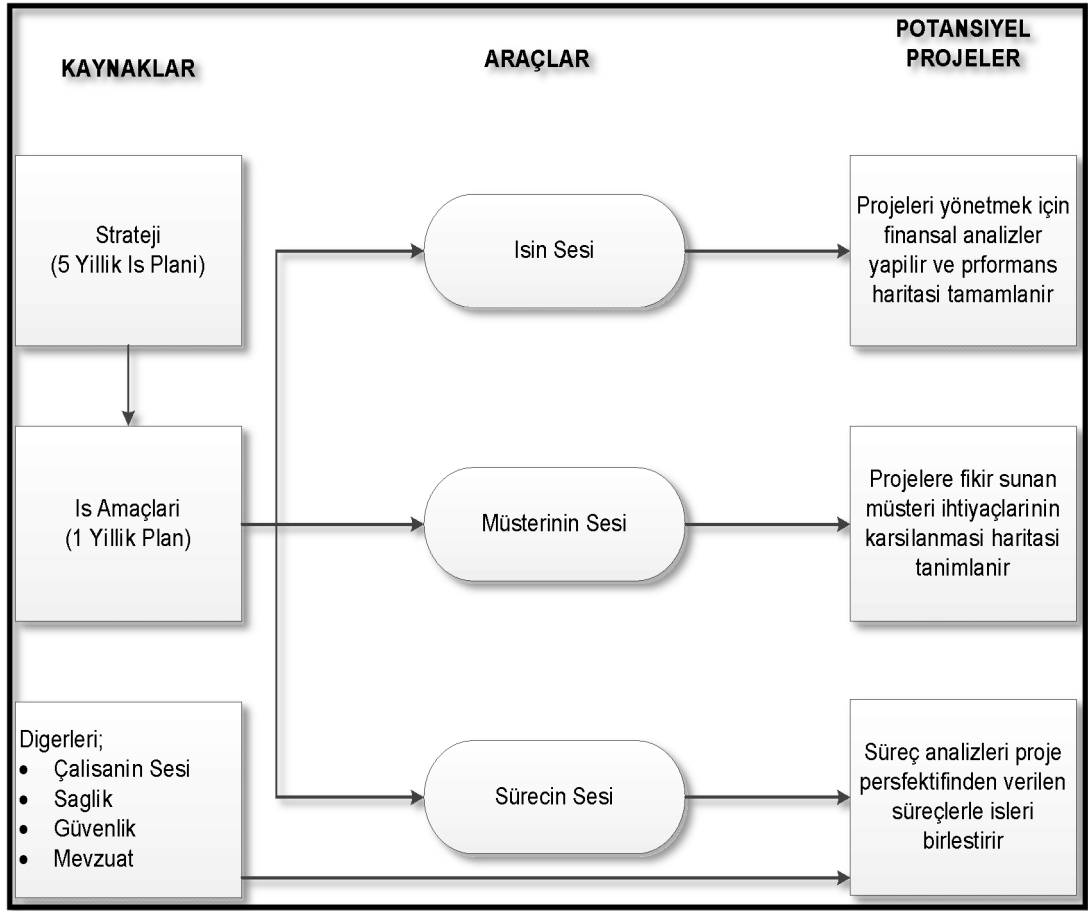
Proje hedefleri SMART olmalıdır. Tablo 1.6.'da SMART hedefin özellikleri belirtilmiştir (Tatlı, 2013). İlk Altı Sigma uygulamaları önemlidir. İlk uygulamalarda başarı elde edilemezse, yönetim gereksiz bir maliyet olarak proje ve eğitim yatırımlarını inceleyip bitirecektir. Bu durumda Altı Sigma'nın başarısız bir yöntem olduğu inancı gündeme gelecektir. Bunun içinde Altı Sigma projeleri belirlenirken, hedeflenen iyileşme değerlerinin ulaşılabilir ve gerçekçi olması gerekmektedir (Firuzan ve diğ., 2012).

Tablo 1.6. SMART hedef özellikleri

Harf	Kavram	Açıklama
S	Spesific	Hedef kesin ve net tanımlanmalıdır.
M	Measurable	Hedef ölçülebilir olmalıdır.
A	Accepted	Hedef kabul edilir olmalıdır.
R	Realistic	Hedef gerçekçi olmalıdır.
T	Timely	Hedef belirli zaman diliminde yerine getirilebilir olmalıdır.

Proje seçme sürecinde üç önemli ses dinlenilmelidir. Bunlar (George ve diğ., 2004):

- Sürecin sesi
- Müşterinin sesi
- Stratejik iş hedeflerinin sesidir.



Şekil 1.5. Proje seçme ve tanımlama

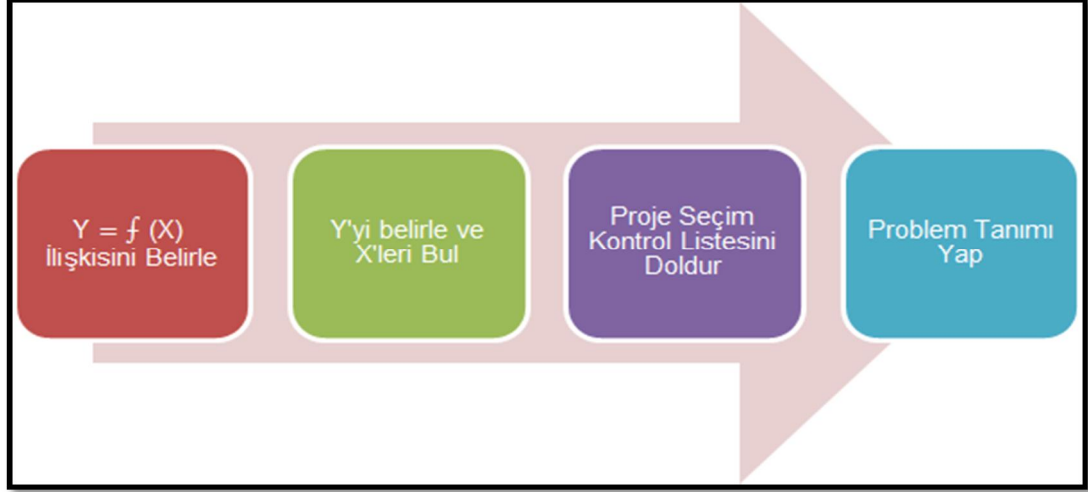
Sürecin sesi süreci iyi tanımak ve süreçle ilgili verilere ulaşabilmektir. Sürece hâkim olmadıkça yapılan ya da yapılacak projeler gerçekçi olmayacak ve başarısız olacaktır (Antony, 2004).

İşletme öncelikli olarak kendi durumunu ve müşteri isteklerini inceleyerek hangi konunun iyileştirilmesi gerektiğini tespit etmelidir. Bu konular tespit edilirken şimdiki ve hedeflenen durumun ölçülebilir nitelikte olması, Altı Sigma proje başarısını değerlendirme konusunda yardımcı olacaktır. Müşteri ihtiyaçlarının anlaşılıyor olması firma için avantaj sağlayacak, Altı Sigma için daha doğru projelerin belirlenmesine katkı sağlayacaktır (Demiralp, 2014).

Altı Sigma yöntem bilimi uygulanmaya karar verildikten sonra proje seçimi için aşağıdaki üç şartın sağlanmasına dikkat edilmelidir (Sevinç, 2013) :

- Mevcut durum ve hedeflenen durum arasında bir fark olmalıdır
- Problemin sebebi belirlenmemiş olmalıdır
- Probleme çözüm önceden belirlenmemiş olmamalıdır veya en uygun çözüm bilinmemelidir.

Şekil 1.6.'da gösterilen proje seçim adımları başarılı bir şekilde geçiliyorsa bu o projenin Altı Sigma yöntem bilimiyle çözüm kazanmaya aday bir problemi konu aldığını göstermektedir. Bu adımların herhangi birinde sorulan soruya cevap bulunamıyorsa bu proje Altı Sigma projesi için uygun değildir (Tatlı, 2013).



Şekil 1.6. Proje seçim aşamaları

Altı Sigma yöntem biliminin ana unsuru $Y=f(X)$ fonksiyonunu belirlemektir. Girdi olan X'lerin bir fonksiyonu çıktı olan Y'dir. Sebep ve sonuç ilişkisi bu fonksiyon tarafından sağlanarak ana problemin ve bu probleme neden olan etmenlerin gözlemlenebilmesini sağlar. Altı Sigma özetle X'leri bulmak ve kontrol edebilmektir.

Bir Y çıktısının birden fazla X girdisi olabilir. Bu durumda ilgili fonksiyon $Y=f(X_1, X_2, X_3...X_n)$ şeklinde olacaktır. Örnek olarak Y değerini eğer bir işletme için yüksek pazar payı olarak düşünürsek $Y=f(X)$ fonksiyonunu aşağıdaki gibi oluşturabiliriz:

Yüksek Pazar payı= $Y=f$ (kalite, servis, verimlilik, rekabet, reklam, ürün çeşitliliği, müşteri memnuniyeti)

Kalite, servis, verimlilik, rekabet, reklam, ürün çeşitliliği ve müşteri memnuniyeti girdi X değerlerinin hepsi, çıktı Y değeri olan yüksek pazar payını etkilemektedir. Altı Sigma projelerinde bir çıktının belirli bir girdisine üzerine yoğunlaşılması gerekmektedir. $Y=f(X_1, X_2, X_3...X_n)$ fonksiyonun her bir X girdisi başka bir fonksiyonun Y çıktısı olacaktır.

Yüksek Pazar payı= $Y=f$ (kalite, servis, verimlilik, rekabet, reklam, ürün çeşitliliği, müşteri memnuniyeti) fonksiyonunda bulunan kalite girdisi Y çıktısı olarak ele alınacak olunursa;

Kalite= f (süreç kabiliyeti, malzeme, kalifiye eleman) fonksiyonunu oluşturabiliriz. Bu fonksiyonda X olarak alınan kalifiye eleman girdisi yine başka bir $Y=f$ ($X_1, X_2, X_3...X_n$) fonksiyonunun çıktısı olabilir. Bu fonksiyon; Kalifiye eleman= f (eğitim, deneyim, yetenek, maaş) olarak oluşturabiliriz. Yüksek Pazar payı kavramı hakkında Altı sigma çalışması için operatörlerin maaş seviyeleri ile ilgili iyileştirmeler yapılabilir.

Altı Sigma projelerindeki üçüncü aşama proje seçim kontrol listesinin doldurulmasıdır. Kontrol listesinde yer alan her soru projeyi yapmayı planlayan kişi tarafından cevaplanır. Örnek bir kontrol listesi, Altı Sigma yöntem bilimini uygulamaya başarısı için kritik maddeleri içerir.

Örnek bir Altı Sigma kontrol listesine ait sorular Tablo 1.7.'de gösterilmiştir. Tabloda yer alan sorulara verilen her evet yanıtı seçilen projenin Altı Sigma yöntem bilimine uygunluğunu kanıtlar hale getirecektir.

Tablo 1.7. Altı Sigma kontrol listesi

#	Soru	Evet	Hayır
1	Olay tekrarlı mı?		
2	Projenin çalışma alanı yeterince spesifik hale getirildi mi?		
3	Girdi verileri mevcut mu?		
4	Girdi verileri mevcut değilse kısa sürede elde edilebilir mi?		
5	Sürecin kontrolü ekip tarafından sağlanabilir mi?		
6	Proje müşteri memnuniyetini arttıracak mı?		

Altı Sigma yöntem biliminde proje seçimindeki dördüncü ve son adım problem tanımının en doğru şekilde yapılmasıdır. Problem tanımı yaparken aşağıdaki maddelere dikkat edilmesi önemlidir :

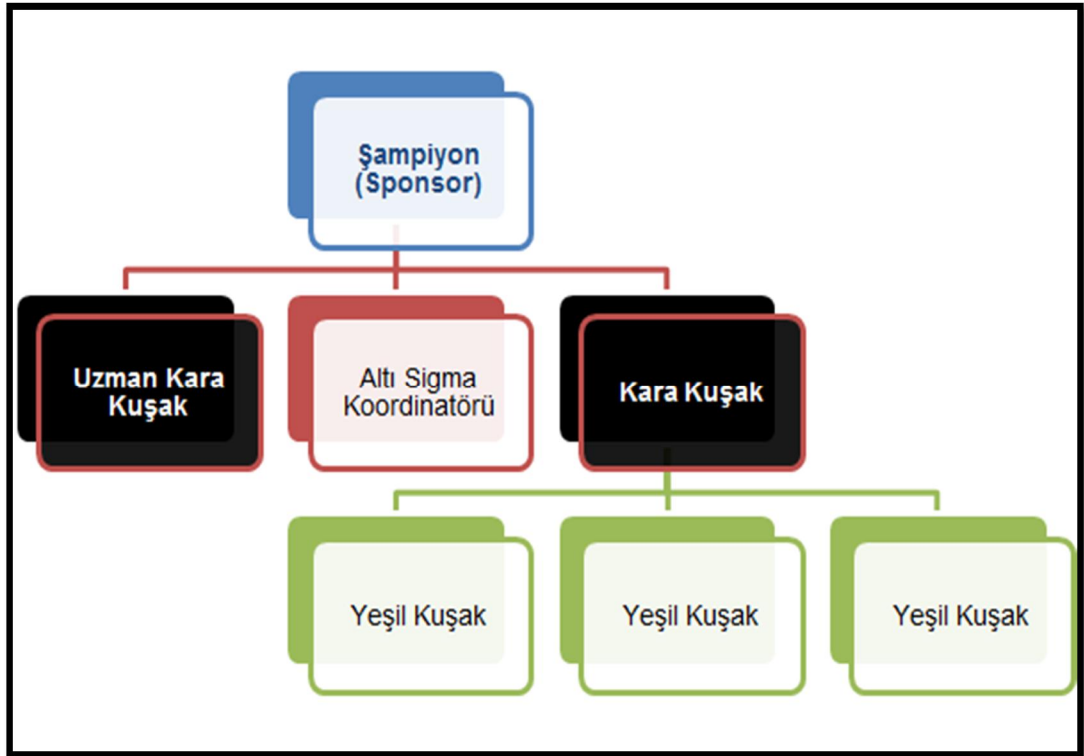
- Problemin spesifik bir tanımlaması yapılmalıdır.
- Problemin olduğu yer bilgisi verilmelidir.
- Problemin tekrarlanma frekansı hakkında bilgi verilmelidir.
- Problemin kapsamı hakkında bilgi verilmelidir.

Bu maddelere ek olarak problemin niteliğine göre bilgisi verilmek istenen kavramlar ve açıklamaları eklenmelidir.

2. ALTI SIGMA'DA ORGANİZASYON VE SORUMLULUKLAR

Altı Sigma veri araçları ve hata hesaplamalarından oluşan bir sistem olmasından daha çok takımlar içinde çalışan insanların oluşturduğu sistemdir. Takımlar tek başına şirket yapısını değiştiremez ancak bu takımlar bir araya geldiklerinde organizasyonun alt yapısının parçası haline gelerek kültürü değiştirirler (Pande ve diğ., 2002).

Altı sigma projelerinin başarısı, oynanacak rollerin çok iyi belirlenmesine bağlıdır. Altı sigma organizasyonlarında görev alan herkes, aldıkları eğitimlere göre ünvanlar alır. Eğitimler, altı sigma projelerinin başarıya ulaşması için kritik öneme sahiptir. Altı sigma eğitimi, süreç çıktısını arttırmak, kalitesizlik maliyetlerini azaltmak ve istatistiksel araçların kullanımı yoluyla, kapasite artışını sağlamak amacıyla tasarlanmış bir programdır (Yavuz, 2005). Altı Sigma'yı uygulayan şirketin, organizasyon yapısına, proje türlerine ve kapsamına göre değişen bu rollerin birbiri arasındaki ilişki Şekil 2.1.'de gösterilmiştir (Yavuz, 2005).



Şekil 2.1. Altı Sigma organizasyon yapısı

Eğitim sonunda verilen ünvanların bazıları, Uzakdoğu sporlarında verilen ünvanlarla aynı adları taşımaktadır. Bunun sebebi, Altı Sigma organizasyonunda görev alan kişilerin, kalitesizliğe karşı mücadele eden birer savaşçı olarak görülmesidir. Bir Altı Sigma organizasyonu; üst kalite konseyi, yönetim temsilcisi, kalite şampiyonu, uzman kara kuşak, kara kuşak ve yeşil kuşak vb. rollerinden oluşur (Akdamar, 2014). Tablo 2.1.'de Altı Sigma organizasyonundaki genel roller ve kuşaklar bir bütün içerisinde gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Genel roller ve kuşaklar

Genel Rol	"Ku ak" Ya Da Di er Ünvanlar
Liderlik konseyi	Kalite konseyi, Altı Sigma yönetim komitesi
Sponsor	Şampiyon, Süreç Sahibi
Uygulama Lideri	Altı Sigma Müdürü, Kalite lideri, Uzman Kara kuşak
Rehber	Uzman Kara kuşak ya da Kara kuşak
Ekip Lideri	Kara kuşak ya da Yeşil kuşak
Ekip Üyesi	Ekip Üyesi ya da Yeşil kuşak
Süreç Sahibi	Sponsor ya da Şampiyon

2.1. Sponsor

Genellikle üst yönetim takımının üyelerinden oluşurlar. Çoğu kuruluşta Altı Sigma sponsoru olarak üst düzey bir yönetici bulunmaktadır. Sponsorlar Altı Sigma projelerini yöneten kişidir. Altı Sigma hedeflerinin akılda tutulmasını ve hedefe odaklı olmalarını sağlamaktadırlar. Ayrıca, proje ekip üyelerinin görevlerini iyi anladıklarını ve bunu nasıl başaracaklarını bildiklerinden emin olmak için bir denetleyici gibi hareket etmektedirler. Ek eğitim ve destek ihtiyacı söz konusu olduğunda sponsorlar bunu sağlamakla yükümlüdür. Takımı denetlemek ve eğitim ihtiyaçlarını sağlamak gibi görevleri mevcuttur. Başlanacak projeleri onaylarlar, projelere kaynak sağlarlar ve yaşanacak problemlerin çözümlenmesine yardımcı olurlar. Altı Sigma sponsorunun temel sorumlulukları Tablo 2.2'de yer almaktadır (Erwin, 2015; Henderson ve Evans, 2000) .

Tablo 2.2. Altı Sigma sponsoru temel sorumlulukları

Ünvan	Rol	Sorumluluklar
Sponsor	Altı Sigma altyapısını ve kaynaklarını yöneten stratejik liderler	1-Proje için yeterli kaynakları sağlamasını güvence altına almak
		2-İlerlemeyi kişisel olarak takip etmek
		3-Engellerin ve tartışmaların üstesinden gelmek
		4-Edinilen faydaları değerlendirmek ve onaylamak

2.2. ampiyon

Şampiyonlar, bir veya daha fazla Altı Sigma projesinde sorumluluk alan yöneticilerdir. Şampiyonlar proje planlarını onaylamaktadırlar ve aynı zamanda Altı Sigma projesinin kaynaklarından sorumludurlar. Ekiplerin Altı Sigma projesinin stratejik hedeflerini daha iyi anlamalarını sağlamak için ekiplerle yakın ilişki içinde çalışmaktadırlar. Aynı zamanda ekiple düzenli toplantılar yapmakta, sonuçlarını gözden geçirmekte, onlara rehberlik etmekte ve öneriler sunmaktadırlar. Projelerle ilgili olarak işletme liderlerine ya da üst yöneticilere geribildirim sağlamaktadırlar (Bremer ve diğ., 2004).

Şampiyon olabilmek için iş tecrübesinin yanı sıra buldukları şirketin kritik süreçlerini ve başarı faktörlerini de bilmesi gerekmektedir. Şampiyonların, iyileştirme projelerinin işletme amaçları ile uyumlu olmasını sağlamak, projelerinin tamamlanma sürelerini belirlemek ve iyileştirme takımları arasında koordinasyonu sağlamak gibi görevleri bulunmaktadır. Altı Sigma şampiyonu temel sorumlulukları Tablo 2.3 'te yer almaktadır (Erwin, 2015; Henderson ve Evans, 2000).

Tablo 2.3. Altı Sigma şampiyonu temel sorumlulukları

Unvan	Rol	Sorumluluklar
Şampiyon	Projeleri tanımlayan uzman yöneticiler	1- Proje faaliyetleri ile firma amaçları ve hedefleri arasında bağlantı kurmak
		2- Altı Sigma projelerini seçmek
		3- İhtiyaç duyulduğunda engelleri kaldırmak
		4- Projelerin ilerlemesini izlemek tamamlanmasından sonra en iyi uygulamaları firma çalışanları ile paylaşmak
		5- Proje kazançlarını geçerli kılmak ve proje üyelerini ödüllendirmek

2.3. Uzman Kara Kuşak

Uzman Kara Kuşak Altı Sigma ile ilgili olarak en üst düzey bilgiye sahip kişidir. "Deneyimli Kara Kuşaklar" olarak nitelendirmekte mümkündür. Uzman Kara Kuşak işletme içinde tüm çalışanlara ve proje ekiplerine Altı Sigma konusunda sürekli hizmet içi eğitim vermektedirler. Proje ekiplerine koçluk yaparak proje bildirimlerinin kontrolü, proje süresinin belirlenmesi, projede kullanılacak Altı Sigma araçlarının ve yöntemlerinin seçilmesi konularında her türlü teknik desteği sağlamaktadırlar. Bu bağlamda Uzman Kara Kuşakları, Altı Sigma projelerinin teknik liderleri olarak da ifade edilebilmektedirler. Proje sonuçlarını bir araya getirip özetleyerek, çalışanları

bilgilendirmek suretiyle Altı Sigma'nın organizasyon çapında benimsenmesine katkıda bulunmaktadır (Pande ve diğ., 2000).

Ayrıca birçok Altı Sigma organizasyonunda uzman kara kuşaklardan Altı Sigma eğitimi verilmesi konusunda da yararlanılmaktadır. Uzman Kara Kuşakların temel sorumlulukları Tablo 2.4.'te yer almaktadır (Erwin, 2015; Henderson ve Evans, 2000).

2.4. Kara Kuşak

“Kara Kuşaklar”, istatistiksel yöntemlerle ilgili olarak sıkı bir eğitimden geçmiş, projede ihtiyaç duyulan verileri toplayıp, analiz edecek, tam zamanlı bir Altı Sigma uygulayıcısıdır. En iyi Kara Kuşak adayları teknik bakımından donanımlı kişilerdir. Aynı zamanda, kuruluş genelinde projeyi yönetebilecek bilgi ve beceriye sahip olmalıdırlar. Bir koç ya da danışman gibi Yeşil Kuşaklara yön verebilmeli ve Altı Sigma projeleri için iyi adaylar belirleyebilmelidirler (Bremer ve diğ., 2004).

Tablo 2.4. Altı Sigma uzman kara kuşak temel sorumlulukları

Unvan	Rol	Sorumluluklar
Uzman Kara Kuşak	Altı Sigma yöntemi kullanma konusunda son derece becerikli olan ve Altı Sigma eğitiminden, yayılımından ve sonuçlarından sorumlu eğitimli kalite liderleri	1- Süreç iyileştirmenin farklı yönlerinde, Kara Kuşak seviyesinin ötesinde uzmanlık bilgisi sağlamak
		2- Firma çapında Altı Sigma yaklaşımını uygulamak için önemli fırsatları tanımlamak
		3- Temel Kara Kuşak eğitimi vermek
		4- Yeşil Kuşaklara eğitim vermek
		5- Kara Kuşaklara koçluk yapmak
		6- Kara Kuşak ve Yeşil Kuşakları sertifikalandırmak için sertifikasyon kuruluna katılmak

Proje ekibinin lideridir. Projenin seçiminden ve elde edilecek sonuçlardan birinci derecede sorumluluk üstlenmektedirler. Çalışmanın gereğinden fazla uzaması değişen şartlar gereği önemini yitirmesine neden olabileceğinden dolayı Kara Kuşakların tam zamanlı çalışması daha etkin sonuçlar alınmasını sağlamaktadır. Kara Kuşakların ilk projesinin kendi işiyle ilgili olmasına dikkat edilmelidir. Proje ekibine gerektiğinde eğitim vererek koçluk yapmaktadırlar.

Proje bitiminde ise aynı göreve devam edebileceği gibi daha üst bir göreve terfi edebilmektedirler. Altı Sigma yöntem bilimini bir yönetim felsefesi olarak kabul eden organizasyonlar üst kademe yöneticilerini siyah kuşaklardan seçmek eğilimindedirler (Pande ve diğ., 2000). Kara Kuşakların temel sorumlulukları Tablo 2.5.'te yer almaktadır (Erwin, 2015; Henderson ve Evans, 2000).

Tablo 2.5. Altı Sigma kara kuşak temel sorumlulukları

Unvan	Rol	Sorumluluklar
Kara Kuşak	Altı Sigma konusunda tam eğitilmiş ve donanımlı teknik uzmanlar	1- Altı Sigma yaklaşımının kullanıldığı süreç iyileştirme projelerine öncülük etmek
		2- Firmaya somut katkılar sağlayacak etkisi yüksek projeleri başarıyla tamamlamak
		3- Kara Kuşak Bilgi Seti konusunda uzman olmak
		4- Altı Sigma yaklaşımını uygulayarak somut sonuç alma konusunda gerekli yeterliliği göstermek
		5- Süreç iyileştirme girişimlerini yönetmek
		6- Fonksiyonel alanlar için danışmanlık yapmak Yeşil Kuşaklara koçluk ve eğitmenlik yapmak
		7- Sertifikasyon için Yeşil Kuşak adaylarını önermek

2.5. Yeşil Kuşak

“Yeşil Kuşak”, genellikle yarı zamanlı Altı Sigma uygulayıcısıdır. Birçok organizasyon, sürecin ölçüm, analiz ve iyileştirme aşamalarında çoğunlukla yeşil kuşaktan faydalanmaktadır. Yeşil kuşaklara, Altı Sigma TÖAİK; Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme, Kontrol; problem çözme yöntem bilimi ve temel istatistiksel araçları konularında eğitim verilmektedir. Yeşil kuşaklar genellikle proje ekibinin üyelerindedir. Bazı kuruluşlarda ya da bazı projelerde Yeşil Kuşaklar proje lideri de olabilmektedirler (Bremer ve diğ., 2004). Organizasyonlarda Altı Sigma yayılımı için yeşil kuşakların yetiştirilmesi şirkette Altı Sigma kültürünün yerleşmesi için önemlidir. Yeşil kuşakların temel sorumlulukları Tablo 2.6.’da yer almaktadır (Erwin, 2015; Henderson ve Evans, 2000).

Tablo 2.6. Altı Sigma yeşil kuşak temel sorumlulukları

Unvan	Rol	Sorumluluklar
Yeşil Kuşak	Öğretme ve liderlik yeteneği olan iyi eğitilmiş kalite liderleri	1- Yeşil Kuşak bilgi seti konusunda uzman olmak
		2- Altı Sigma yaklaşımını uygulayarak somut sonuç alma konusunda gerekli yeterliliği göstermek
		3- Altı Sigma projelerini yönetmek veya proje ekiplerine katılmak
		4- Yerel iyileştirme projelerinde ekiplere liderlik etmek
		5- Projelerde veri analiz yöntemlerini uygulamak için diğer iyileştirme ekipleriyle birlikte çalışmak
		6- Yerel ekiplere öğretmenlik yapmak ve Altı Sigma bilgisini paylaşmak
		7- Yeşil Kuşak belgesini korumak için yılda en az bir Yeşil Kuşak projesi yürütmek

2.6. Takim Üyesi

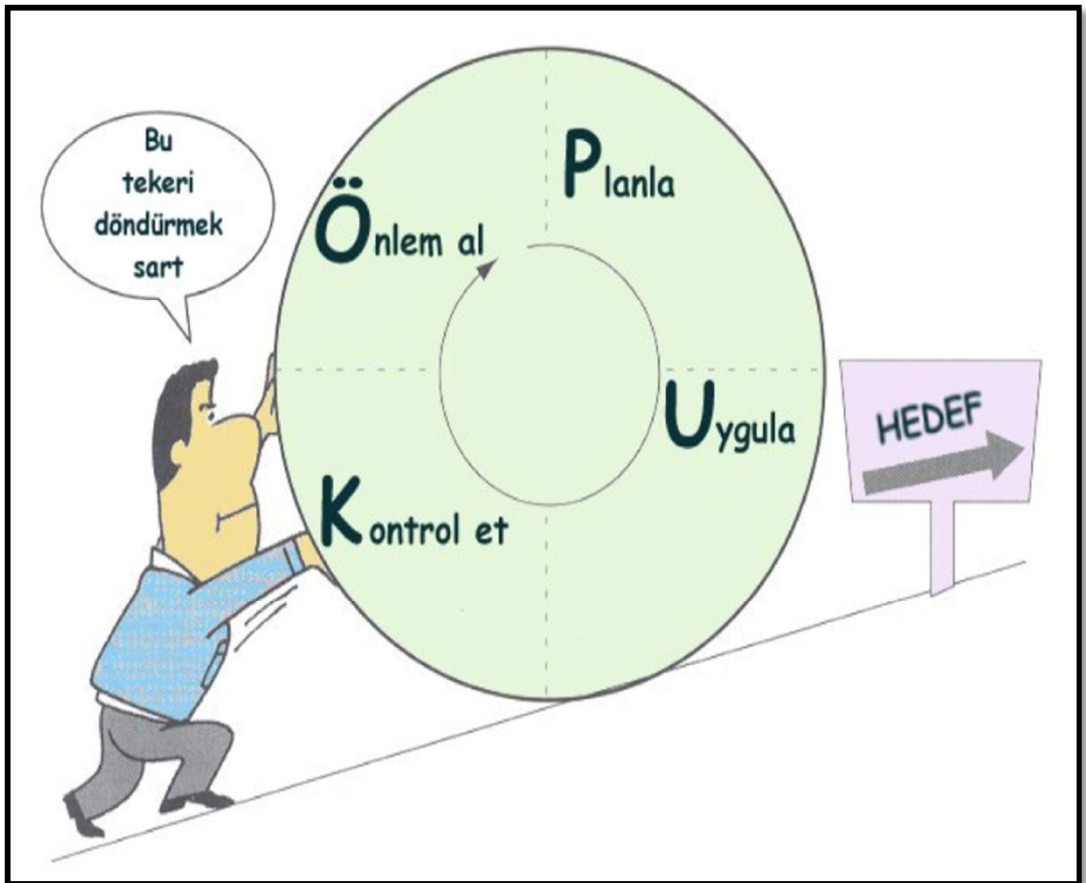
Farklı bölümde çalışan kişilerin proje içinde sorumluluk alması olarak tanımlanabilir. Takım üyeleri özel Altı Sigma görevleri üstlenirler ve proje planına göre diğer üyeler ile birlikte proje amacını gerçekleştirmek için çalışırlar (Thomsett, 2004).

Takım üyeleri projelerde genelde yarı zamanlı olarak çalışırlar. Kendilerine verilen görevleri zamanında yerine getirirler. Süreç hakkında veri toplar ve analiz ederler. Takım üyelerini ürün ve müşteri hakkında bilgisi olan, süreç ve problem ile ilgili veriye ulaşabilecek, işbirliği içinde çalışabilecek çalışanlardan seçmek gerekir (Pande ve diğ., 2002).

3. ALTI SIGMA DÖNGÜSÜ

Altı Sigma sisteminin amacı müşteri tatminini ve şirket performansını arttırmaktır. Bunun için sistem ve süreçlerde müşteri tatmini ve şirket performansını olumlu yönde etkileyecek değişiklikler yapılmalıdır. Ancak bu değişikliklerin uygun bir planlama olmaksızın gerçekleştirilmesi mümkün değildir (Akdamar, 2014). Planlama ise iyi tahmin yeteneği gerektirir. Tahmin, konu hakkında bilgiye dayanmaktadır. Bilgi ise içgüdülere dayalı olarak geliştirilemez. Bu nedenle, bilginin geliştirilmesinde bilimsel metotlar kullanılarak toplanan verilerden yararlanılmalıdır (Sevinç, 2013).

Bilimsel metodun işletme faaliyetlerine uygulanmasında kullanılan çok sayıda iyileştirme döngüsü bulunmaktadır. Fakat bu döngülerin hemen hemen hepsinin W.Edwards Deming'in PUKÖ; Planla, Uygula, Kontrol et, Önlem al; döngüsüne dayandığı söylenebilir. Şekil 3.1.'de PUKÖ döngüsü yer almaktadır (URL-6).



Şekil 3.1. PUKÖ çevrimi

Temel olarak PUKÖ döngüsünden büyük fark göstermeyen TÖAİK modelinde ölçme ve iyileştirme süreçleri özel olarak vurgulanmış ve birer aşama olarak ifade edilmiştir (Sevinç, 2013). Daha önce de belirtildiği gibi altı sigma yönteminde TÖAİK döngüsü kullanılmaktadır (Karaköse, 2004).

TÖAİK, şimdiye kadar kullanılan en etkili sorun çözme yöntemlerinden biri olduğunu ispatlamıştır, çünkü ekipleri veri kullanarak aşağıdakileri yapmaya zorlar (George ve diğ., 2003):

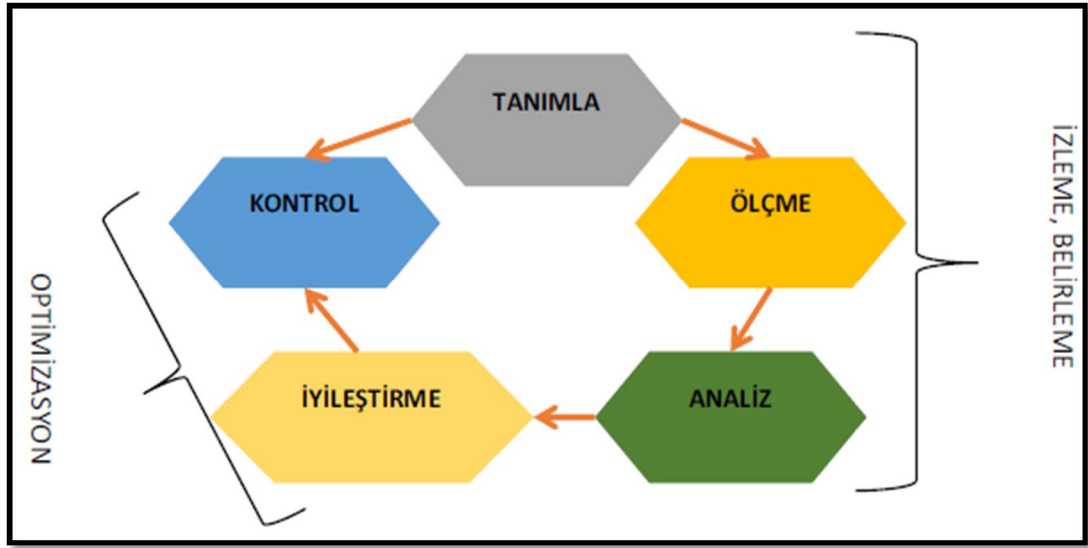
- Sorunun yapısını ve kapsamını sorgulamak
- Sorunların gerçek nedenlerini tanımlamak
- Elde edilen kanıtlar doğrultusunda sebeplere bağlı çözüm üretmek
- Proje tamamlandıktan sonra bile kullanılacak izlekler oluşturmak

Altı Sigma süreci yol haritası olarak kabul edilen sistematik bir yaklaşımla yürütülmektedir. Altı Sigma yol haritası, uygulama yöntemi veya TÖAİK iyileştirme modeli, birbirini sırasıyla izleyen ve beş aşamadan oluşan proje odaklı döngüsel bir yaklaşımdır. Beş adımdan oluşan TÖAİK adımları izlenerek proje yapılmaktadır (Işığışık, 2005). TÖAİK modelindeki kritik adımları Tablo 3.1.'deki gibi özetlemiştir (Kwak ve Anbari, 2006).

Tablo 3.1. Altı Sigma adımları ve kritik süreçleri

Altı Sigma Adımları	Kritik Süreçler
1. Tanımlama	a- Müşteri beklenti ve ihtiyaçlarının tanımlanması
	b- Proje kapsamının ve sınırlarının belirlenmesi
	c- Sürecin iş akışları çizilerek tanımlanması
2. Ölçme	a-Müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak süreç ölçümünün yapılması
	b- Veri toplama planının oluşturulması
3. Analiz	a- Süreçteki hata ve değişkenlik kaynaklarının belirlenmesi
	b- İyileştirmeler için fırsatların önceliklendirilmesi
4. İyileştirme	a- İyileştirmeleri devreye alma planının oluşturulması
	b- Değişkenlikleri azaltacak şekilde Sürecin iyileştirilmesi
5. Kontrol	a- İyileştirilen Sürecin ihtiyaçlarını karşılama derecesinin kontrolü
	b-İyileştirilen Sürecin sürekli olarak izlenmesi ve kontrolüne ilişkin stratejiler geliştirilmesi

Bahsedilen TÖAİK döngüsü, uluslararası literatürde DMAIC yaklaşımı olarak geçmektedir. DMAIC, TÖAİK, yaklaşımına ait döngü de Şekil 3.2.'de gösterilmiştir (Sevinç, 2013).



Şekil 3.2. DMAIC çevrimi

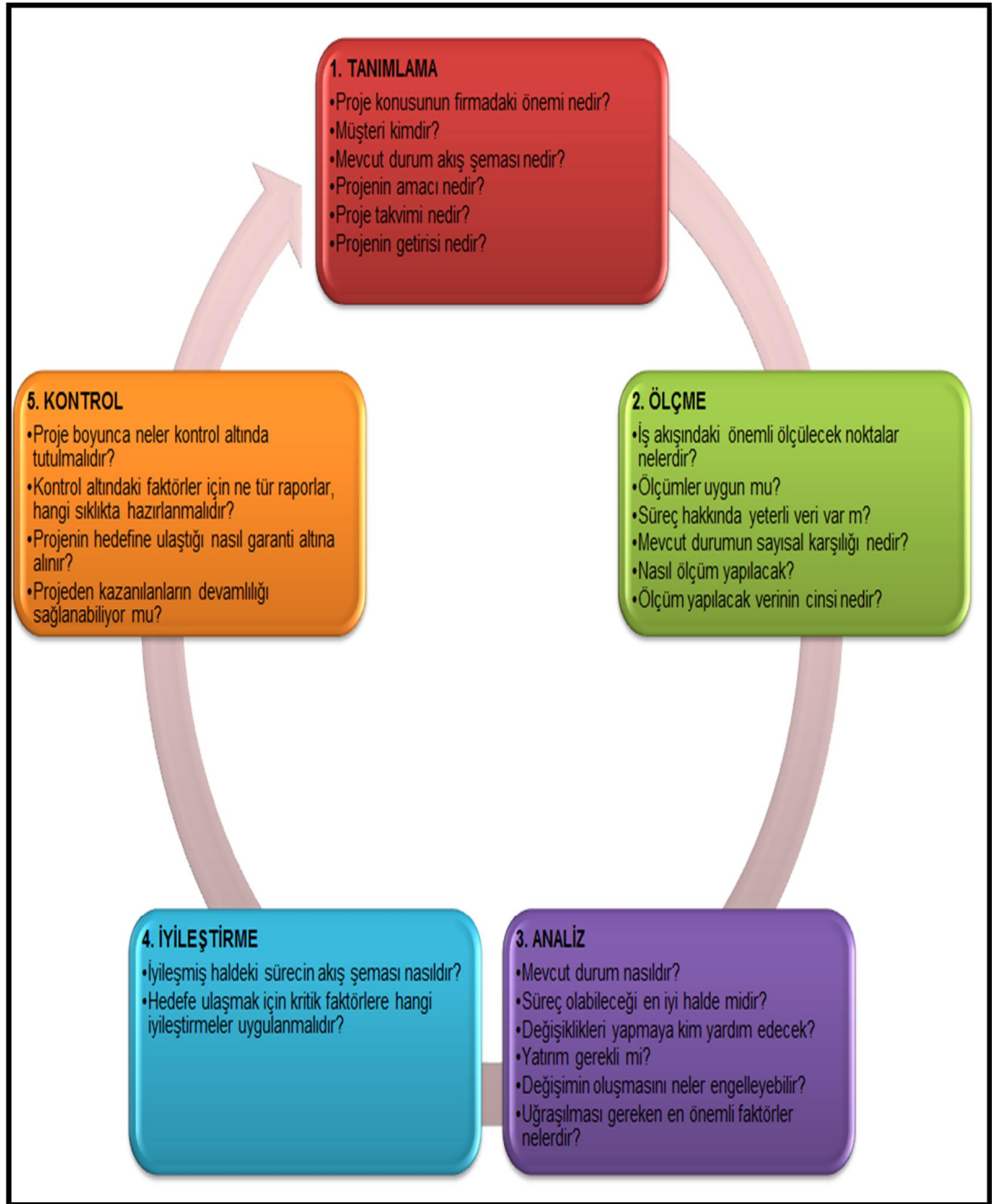
Tanımlama, ölçme, analiz adımları sistemi isleme ve karakterini belirleyici olarak sınıflandırılmıştır. İyileştirme ve kontrol adımları ise optimizasyon ve sürdürülebilirlik sağlayıcı olarak sınıflandırılmıştır (Tatlı, 2013).

Altı sigma yöntem bilimi bizi bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkileri anlamaya zorlar. Amacımız süreçleri matematiksel olarak anlamaktır. Bu ilişkileri anlayabilmek için Altı Sigma'nın temel adımlarında belirli sorular sorulmalıdır. Bunlar Tablo 3.2."deki gibidir (Harry ve Schroeder, 2006).

Tablo 3.2. Altı Sigma'nın temel adımlarında sorulması gereken sorular

Altı Sigma Adımı	Sorulacak Soru
Tanımlama	Süreçten müşteri beklentileri nelerdir?
Ölçme	Hataların frekansı (sıklığı) nedir?
Analiz	Neden, ne zaman ve nerelerde hatalar olmaktadır?
iyile tirme	Süreci nasıl iyileştirebiliriz?
Kontrol	Süreci iyileştirdikten sonra bu şekilde kalmasını ve daha da iyileştirmeyi nasıl sağlayabiliriz?

TÖAİK çevriminin içeriği Şekil 3.3.'te verilmiştir (Sevinç, 2013). Altı Sigma yaklaşımının uygulanmasında, öncelikle firmanın stratejik ve kritik başarı faktörlerine yönelik olarak doğru projeler ile kendisini bu projeye adayacak kişilerden oluşan bir ekip seçilir. Söz konusu ekipte bulunanlar, yeşil kuşak veya kara kuşak eğitiminden geçirilir. Daha sonra, Altı Sigma iyileştirme planı ve aşamaları uygulanır. Altı Sigma iş stratejileri her bir durum için doğru metriklerin oluşumunu sağlamalıdır.



Şekil 3.3. TÖAİK döngüsü içeriği

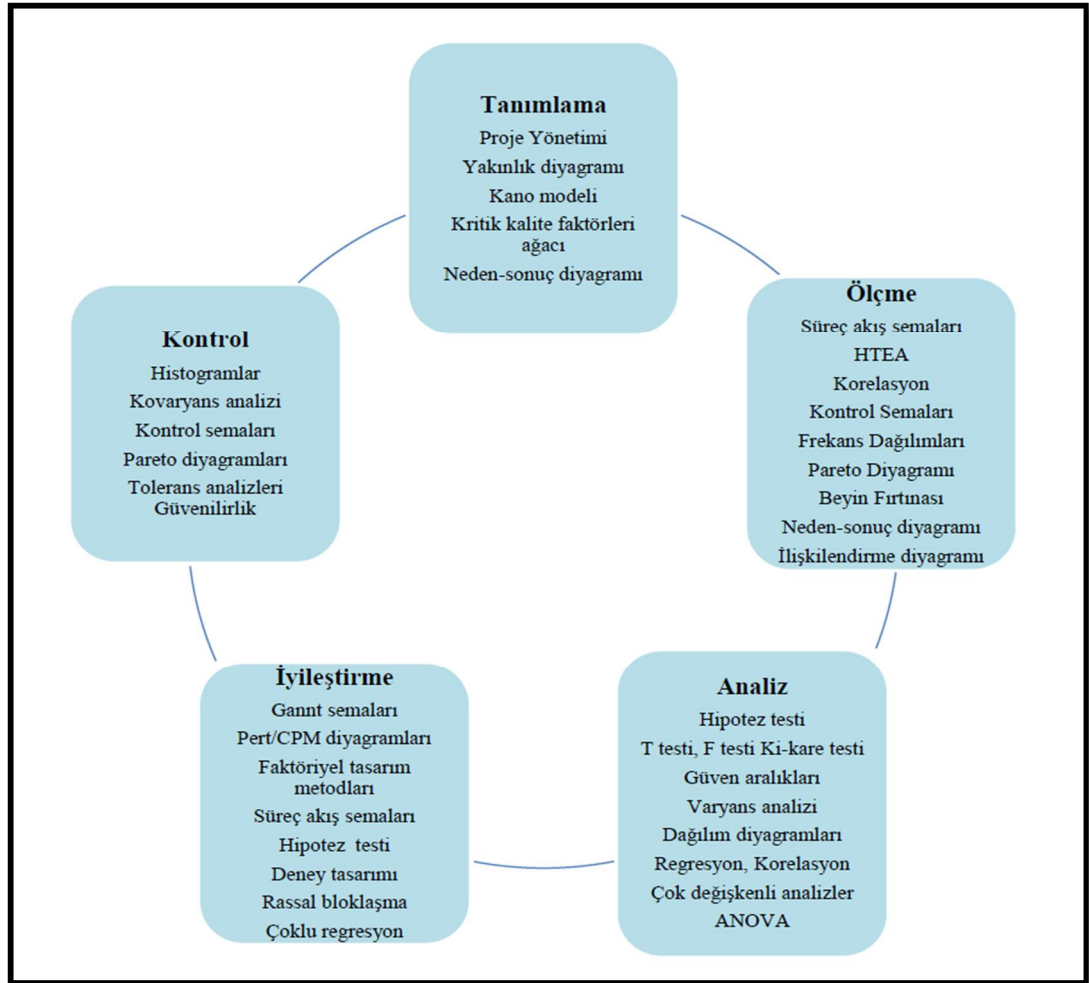
Bir süreç gelişim yönteminin seçimi organizasyon kültürüne bağlıdır. Birçok organizasyon kendi kültürüyle en iyi uyan ve çalışacak olan gelişim yöntemini belirlemeye çalışır. Proje seçimi genellikle operasyonel amaçlar içerisinde bir firma stratejisinin çevrimine dayanır. Proje seçimi, stratejiler ve müşteri değeri ile bağlantılıdır (Firuzan ve Gerger, 2010).

Altı Sigma TÖAİK metodolojisi ile her adımın sonunda yer alan çıktılar Tablo 3.3.'te belirtilmiştir (Ünder, 2012).

Tablo 3.3. Altı Sigma yöntem biliminin çıktıları

Tanımlama	Ölçme	Analiz	iyile tirme	Kontrol
Proje bildirisi	Süreç indikatörleri	Veri analizi	Çözümler	Süreç kontrol sistemi
Ekip bildirisi	Operasyonel tanımlamalar	Süreç haritası	Süreç Haritaları	Standartlar
Aksiyon planı	Veri toplama planı	İspatlanmış kök nedenler	Uygulama planı	Çalışma talimatları
Süreç haritaları	Mevcut performans-sigma seviyesi	Problem ifadeleri	Getiriler	Eğitim
Hızlı kazanımlar			Değişim haritaları	Pilot denemeler
Kritik müşteri talepleri				Değişim planı
				Getiriler

Altı Sigma TÖAİK adımlarında kullanılan araçlara Şekil 3.4.'te yer verilmiştir (George, 2002).



Şekil 3.4. TÖAİK adımlarında kullanılan araçlar

3.1. Tanımlama (Define)

TÖAİK araçları içinde ilk adım tanımlamadır. Bu aşamada bir proje ekibi oluşturulur. Şirketin üst düzey yönetici kadrosu hangi projenin seçileceğine karar vermek için proje seçme sürecini belirler. Şampiyon statüsünde olan kişiler proje beyanının hazırlanmasında proje ekibe taslak aşamasında yardımcı olur. Genelde bu beyan en fazla bir veya iki sayfadan oluşur. Proje ekibi beraber çalışarak nihai halini verir. Bu evrak proje süresince çok önemlidir çünkü zaman zaman ekip proje süresince bu metine bakarak ne yapmayı hedeflediklerini hatırlar (George ve diğ., 2003). Bu aşamada müşteri ihtiyaç ve beklentileri belirlenir ve yüksek düzey süreç haritası hazırlanır (Eckes, 2003).

Projelerin belirlenmesi aşamasında problem ya da önerinin çözüm süresi, zorluğu, müşteriye etkisi, parasal getiri beklentisi, verilerin bulunabilirliğine göre projenin Kaizen ya da TÖAİK ile çözümüne karar verilmesidir. Problem ya da önerinin tahmini çözüm süresi üç aydan kısa, yoğun veri toplama ve istatistiksel teknikleri kullanımın gerekli olamayacağına kanaat getirildiğinde Kaizen projesi olarak değerlendirilebilir (Kayacık, 2010).

Seçilen ve tanımlanan projenin daha yüksek bir kalite yaratma ve maliyetleri azaltma olasılığının yüksek olması önemlidir. Bu aşamanın çıktısı planlanan iyileştirmenin ayrıntılı tanımı, müşteri için önemli olan faktörlerin listesi, üzerinde çalışılacak sürecin akış diyagramı olarak gösterimidir (Ülgen, 2014). Proje ekibi tarafından proje bildirisi oluşturulmakta, müşteri ihtiyaç ve beklentileri müşteri kritik gereksinimleri yani CTQ'lar, Critical to Quality (Kritik Kalite Özellikleri), belirlenerek ile süreç haritaları çizilmekte ve Pareto analizi ile önceliklendirmeler yapılmaktadır.

Altı Sigma projeleri için tanımlama aşamasında, yaygın olarak müşterinin sesi analizi yapılmakta SIPOC haritası çizilmektedir (Ülgen, 2014). Bu aşamada gerçekleştirilecek faaliyet süreci Şekil 3.5.'te gösterilmiştir.

Ekip kendisine, "Ne üzerinde çalışıyoruz? Niçin bu problem üzerinde çalışıyoruz? Müşteriler kim ve ihtiyaçları neler? İş şu anda nasıl işliyor ve iyileşme sonucunda elde edilecek kar ne olacak?" gibi soruları sormalıdır (Ülgen, 2014). Yani başarılı bir Altı Sigma projesi için, problemin, hedeflerin ve sürecin netleştirildiği tanımlama aşamasında aşağıdaki dört kritik soruyu cevaplamak yardımcı olabilir (Pande ve diğ., 2000) . Bu sorular:

- Üzerinde yoğunlaştığımız problem ya da fırsat nedir?

- Hedefimiz nedir? (Hangi zaman zarfında hangi sonuçları başarmak istiyoruz?)
- Süreçten ve problemden etkilenen müşteri kimdir?
- Araştırdığımız süreç nedir?



Şekil 3.5. Altı Sigma tanımlama adımı faaliyet süreci

Tanımlama aşamasında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki gibidir (Öztürk, 2010):

- Bu aşamada kaliteyi yükseltebilecek bir projenin tanımlanması işlemi yapılmaktadır. Ele alınan problemlerin mümkün olduğunca sayısal veri toplamaya uygun olması gerekmektedir.
- Problemin eldeki kaynaklarla çözülebilir olması önem arz etmektedir.
- Daha sonraki aşama, problemin daha açık ve net bir şekilde projede çalışacak herkes tarafından anlaşılabilir tanımı yapılmasıdır.
- Bu aşamada uygulayıcılara yönelik tavsiyelere ve müşterilere doğrudan değer katan aktivitelere odaklanılmalıdır.
- Ürünün ve müşteri hizmetlerinin kalitesine eşit derecede önem verilmelidir. Müşteri tatmini ve maliyet/etkinlik faktörleri arasında denge sağlanmalı ancak, öncelik müşteri tatminine verilmelidir.
- Temel süreçleri belirlerken fazla detaya inmekten kaçınılmalıdır. Aynı anda çok fazla sayıda proje seçilmemelidir. Gerçekçi olmayan hedefler belirlenmemelidir.

Tanımlama aşamasında en çok kullanılan araçlar ise şunlardır (Yiğit, 2009):

- Proje beyanı
- Paydaş analizi
- Detaylı süreç haritaları
- SIPOC – Supplier, Input, Process, Output, Costumer (Tedarikçi, Girdi, Süreç, Çıktı ve Müşteri)
- Ürün analizi
- Müşterinin sesi
- Yakınlık (affinity) diyagramı
- Kano modeli
- Sebep sonuç matrisi
- Kritik kalite faktörleri ağacı

Tanımlama aşamasının çıktısı;

- Planlanan iyileştirmenin ayrıntılı tanımı,
- Müşteri için önemli olan faktörlerin listesi,
- Üzerinde çalışılacak sürecin akış diyagramı yardımı ile detaylı gösterimidir.

Altı Sigma'da ele alınan problemin tanımı, iyi anlaşılabilmesi, problemin karakteristik özelliklerinin araştırabilmesi ve en önemlisi çözüme götürebilmesi adına proje sınırlarının belirlenmesi büyük önem taşır. Takımının projede hangi konuya odaklanacağı bu adımda belirlenir, ayrıca neleri hariç tutacağını da takım karar vermelidir. Proje hedefi de projenin bitiminde ne kadar iyileştirme sağlanacağını tanımlama ile ilgilidir (Eckes, 2003). Bu aşamada proje sayfanın hazırlanması, bu projenin kapsamını ve amacını belirten kısaca projeyi özetleyen, takım üyelerinin projede ne yapılacağını bilmesi için oluşturulan dokümanın oluşturulması önemlidir (Thomsett, 2004).

Proje tanımlama formu, bir projenin yazılı hale getirilmesi ve kontrolü için gerekli olan en iyi araçtır. İdeal kurallar çerçevesinde yazılı hale getirilmiş proje tanımlama formu, proje sürecinde hem planlayanlara hem de uygulayanlara önemli derecede yardımcı olacaktır. Bu form sayesinde proje hedefleri, kısıtları, riskleri tanımlanacaktır. Proje tanımlama formunun yayınlanmasıyla, projenin başlangıcı resmiyet kazanmakta ve ilgili kaynakların yetki ve sorumlulukları tüm organizasyona duyurulmaktadır. Projenin uygulama bölümünde yaşanabilecek çatışmaları en aza indirebilmek, proje takımındaki stres düzeyini en düşük seviyede tutabilmek ve projeyi doğru hedeflere yönlendirebilmek için projenin başlangıcında tüm proje

taraflarının mutabık kalabileceği bir form hazırlamak, projenin başarısını olumlu yönde etkileyecektir. Proje tanımlama formu hazırlamak proje yöneticisinin sorumluluğundadır (URL-7).

Şekil 3.6.'da örnek bir proje tanımlama formu yer almaktadır (Akın, 2010).

PROJE TANIMLAMA FORMU	
Proje İsmi- Numarası	
Proje Sponsoru	Adı Soyadı: İmza:
Proje Kara Kuşağı	
Proje Yeşil Kuşağı	
Takım Lideri	
Ana Ödüller	
Proje Beyan Tarihi	
Revizyon	Numarası: Tarihi: Sponsor Onay İmzası:
Proje Başlangıç Tarihi	
Hedef Bitiş Tarihi	
Proje Beyan İfadesi	
Proje Hedef İfadesi	
Problem İfadesi	
Proje Tanımı	
Bu Proje ile Yaratılacak Ürün veya Hizmet Değişkenleri	
Bu Projede Kullanılacak Kaynaklar	

Şekil 3.6. Proje tanımlama formu

Müşteri, sunulan bir ürün ya da hizmetin tüketicisidir veya kullanıcısıdır. Kelime anlamı olarak; bir mal veya hizmeti bir bedel ödeyerek alan kişi veya kuruma müşteri denir (URL-8). İşletme yönetimi açısından müşteri tanımı şöyledir: "Kişisel ve ticari amaçlar için mal ve hizmet satın alan kişi ve kuruluşlara müşteri denir." Günümüzde artık müşteri kavramının da sınırları genişlemiştir. Müşteri sadece parayı ödeyen kişi değil, kurumun ürettiği hizmetten yararlanan herkes artık müşteridir. Müşteri kavramı ikiye ayrılmıştır (URL-8). Bunlar da "iç müşteri" ve "dış müşteri" olarak adlandırılır. Şekil 3.7.'de iç ve dış müşteri kavramının ayrımı temsil edilmiştir (URL-10).

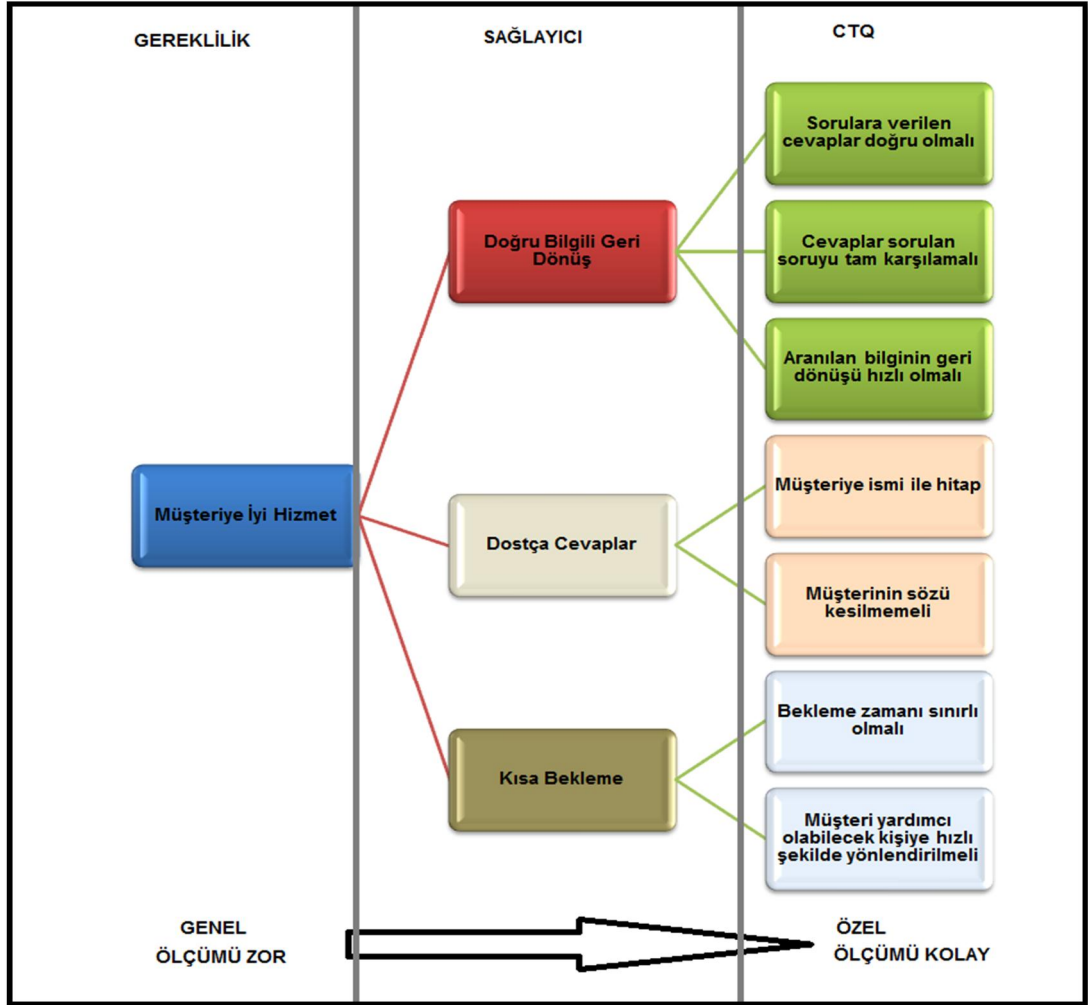


Şekil 3.7. Müşteriler kaçaya ayrılır?

Bir kuruluşta tedarikçilerden başlayarak dış müşterilere kadar devam eden süreçlerde birbirine ürün ve hizmet verenler iç tedarikçi, ürün ve hizmet alanlar ise iç müşteri olarak adlandırılır. Kuruluşun ürün ve hizmetini son kullanıcıya kadar ulaştıran zincir içerisinde yer alan tüm kullanıcılar dış müşteri diye adlandırılabilir. Sunulan ürün ve hizmetleri satın alarak kişisel amaçları için kullanan ve çalışanların ücretlerinin ödenmesini sağlayan müşteridir. Müşteriler sadece son kullanıcı değildir. Ancak arada ihtiyaçları karşılanması gereken başka aracı müşteriler de vardır. Araçlar; acenteler, dağıtıcılar, toptancılar, perakendeciler vb. olabilir (URL-8).

Altı Sigma, Toplam Kalite Yönetimi'nde, müşteri odaklı bir yaklaşımla belirlenen iş hedeflerine en etkin şekilde ulaşmaya olanak sağlayan bir yönetimdir. Yönetim yöntem bilimi; kavram; müşteri odaklı hedefler belirleme, hedefleri sahiplenerek yayma, hedefleri gerçekleştirmek için projeler oluşturma, projeleri yönetme, projelerin ve üyelerin performanslarını izleme ve değerlendirme, sonuçlara göre yönetenleri ödüllendirme veya uyarma gibi birçok bileşeni olan bir sistemdir (Hand ve Plowman, 1992).

Altı Sigma'nın temeli olan ilk adım, müşterinin ne istediğini çok açık biçimde tanımlamaktır. Altı Sigma dilinde müşteri ihtiyaç ve beklentileri, CTQ olarak adlandırılır. Müşterinin kim olduğu, neler bekleyebileceği ve neler istediği en baştan belirlenirse, iş hem daha kısa sürede hem de en tatmin edici şekilde sonuçlanacaktır. Bu da ürün/hizmet ve onu sağlayacak süreçlerin müşteri odaklı olarak tasarlanmasını gerektirir. CTQ ağacına bir örnek Şekil 3.8.'de gösterilmiştir (Erden, 2011).



Şekil 3.8. Kritik kalite fonksiyon ağacı örneği

CTQ, içi veya dış müşteriler tarafından belirlenmiş olan ürün veya hizmetin karakteristiklerini belirler. Bu karakteristikler, ürün veya hizmet ile ilgili spesifikasyon sınırlarının alt ve üst sınırlarını belirlemede yardımcı olacağı gibi ürün veya hizmet ile ilgili olan diğer faktörlerinde belirlenmesinde önemli rol oynar. CTQ genellikle müşteri kanadından alınan nitel (soyut) istekleri dönüştürerek uygulanabilir sayısal iş

spesifikasyonlarını belirlemelidir. Ayrıca CTQ tüm mevcut taleplerin tanımlandığından emin olarak yoluna devam etmek zorundadır (Erden, 2011).

CTQ ağacını oluşturmak 5 adımda özetlenebilir (URL-11):

- Müşterinin anahtar taleplerini tanımlama: Takım öncelikle müşterilerin ürün ya da hizmet için belirttiği anahtar talepleri belirler. Bu işlem genellikle karşılıklı tartışılarak gerçekleştirilir. Bu işlem ana terimlerden yola çıkarak müşterilere iyi hizmet vermek adına her kritik değer üzerinde önemle durularak gerçekleştirilir.
- Müşteri için en çok önem arz eden talepleri belirleme: Takım birinci adımda belirlenen müşteri talepleri arasından müşterilerin en fazla istediği talepleri karşılayabilmek için iki veya üç adet talebi belirlemelidir. İyi bir müşteri servisinin gereği olarak ilgili ürün hakkında geniş bilgiye sahip olan uzman personel tarafından müşterilerin istekleri telefonla hızlı bir şekilde cevap bulmalıdır.
- Müşteriler için ikincil derecede önem arz eden talepleri belirleme: Bu adımda takım ikinci adımda belirlenen talep ve istekleri çözüme ulaştırmak için iki ya da üç adet gereksinimi ve talebi belirlemelidir. Telefonlara hızlı cevap için iki adet çağrı sesi temel alınabilir ve iyi bir müşteri hizmeti için telefona cevap veren personel kendisine gelen çağrılarının en az %90 oranında cevap verebilmeli diğer kalan kısmını ise uzman kişilere telefonu aktararak çözüme ulaştırmalıdır.
- Ölçülebilir gereksinimlere ulaşıncaya durma: Bu adım, takım üyeleri ölçülebilir gereksinimlere ulaşıncaya geçerli olmaktadır. Eğer gereksinimler ve istekler tamamen ölçülebilir bir platforma taşınmışsa takım süreç tanımlama gereksinimleri üzerinde durabilir.
- En son gereksinimleri müşteriler ile beraber kontrol etme: Bu adım CTQ ağacı üzerindeki tüm müşteri taleplerinin dikkate alındıktan sonra meydana gelen en son adımdır ve kesin ölçülebilir değerler üzerinden tüm müşteri taleplerinin değerlendirilmesinin bittiğini gösteren kısımdır. Tüm gereksinim ve talepler müşteriler ile beraber kontrol edilmelidir.

Süreç şemasının oluşturulması: Süreç girdi, işlem, çıktı üretme olan bir sürü adım ve aktivite olarak tanımlanır. Tanımlama aşamasında mevcut durumdaki makro haritayı oluşturmak gerekir. Bu haritayı oluştururken özellikle müşterinin ürün veya hizmete nasıl baktığı göz önünde bulundurulmalıdır (Eckes, 2003).

Bir ürün veya hizmetin izleyeceği gerçek ve ideal yolu belirlemek amacı ile kullanılır. Sürece ait başlıca adımları, dalları ve sonuçları gösterir. Bir akış diyagramında

sürece ait başlangıç ve bitiş noktalarını, faaliyet adımlarını, karar basamaklarını, iş akışını ve çevrimlerini göstermek için sembollerden yararlanır.

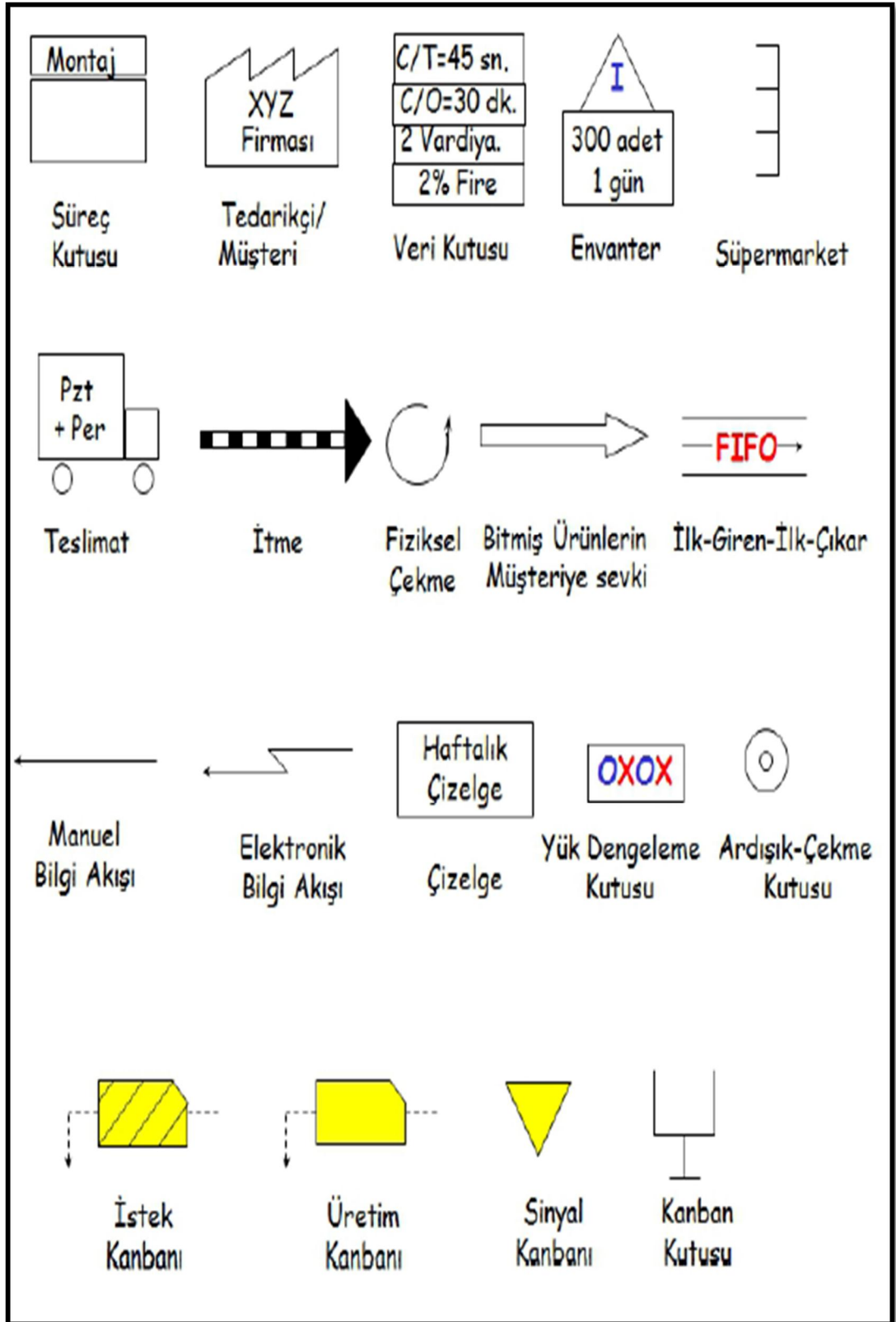
Akış şemalarının kullanımı şu şekildedir. İncelenecek sürecin çeşitli kısımlarını temsil eden kişilerden bir takım kurulur. Sürecin nerede başlayıp nerede biteceğine karar verilir. Süreçteki başlıca faaliyetleri ve karar noktalarını belirlemek için beyin fırtınası yönteminden yararlanır.

Bu faaliyetler, akışın yönünü gösterecek oklardan yararlanarak sıralanır. Karmaşık faaliyetler ayrı ayrı gösterilir. Burada dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır. İncelenecek sürecin içeriğinin ve sınırlarının tam olarak belirlenmesi şarttır. Akış diyagramında kullanılacak detay seviyesi önceden belirlenmelidir. Her geri besleme çevriminin bir çıkış noktasının olduğunun unutulmaması şarttır (Erden, 2011).

Değer akış haritalamadaki amaç, tüm operasyonları şeffaf hale getirmek ve görsel olarak sunmaktır. Müşterinin ödemek istediği, ürüne anlam katan değer ön planda tutulmasını içeren değer akış haritalama, aynı zamanda müşterinin ödemek istemediği israfın nedenlerini de görsel hale getirmektedir. Değer akışı haritaları ile işlem adımları üzerinde katma değer yaratmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılması ve değer kesintisiz akışının sağlanması için nelerin yapılması gerektiği daha iyi ortaya çıkmaktadır (Eckes, 2003). Değer akış haritası (Akdamar, 2014):

- Malzeme ve Bilgi akışının resmedildiği görsel bir araçtır.
- Ürün gerçekleştirebilmek için gerekli tüm aktiviteleri kapsar.
- Tüm sistemin optimizasyonu için kullanılır.
- Üretim alanının kurşun kalem ve kâğıt kullanılarak çizilmiş resmidir.
- İsrafların resmedilerek, ortadan kaldırılmaları için plan oluşturulmasını sağlar.
- Malzeme ve bilgi akışı bağlantısını kurar.
- Fonksiyonel birimlerin bütünü görerek ve anlayarak çalışmalarını sağlar,
- Yalın uygulamalar için yol haritasını oluşturur.

Değer akış haritası çizilirken, malzeme akışı ve bilgi akışı birlikte verilmelidir. Değer akış haritasında kullanılan malzeme ve bilgi akışı sembollerinden bazıları Şekil 3.9.'da gösterilmiştir (URL-12).



Şekil 3.9. Değer akış haritası sembolleri

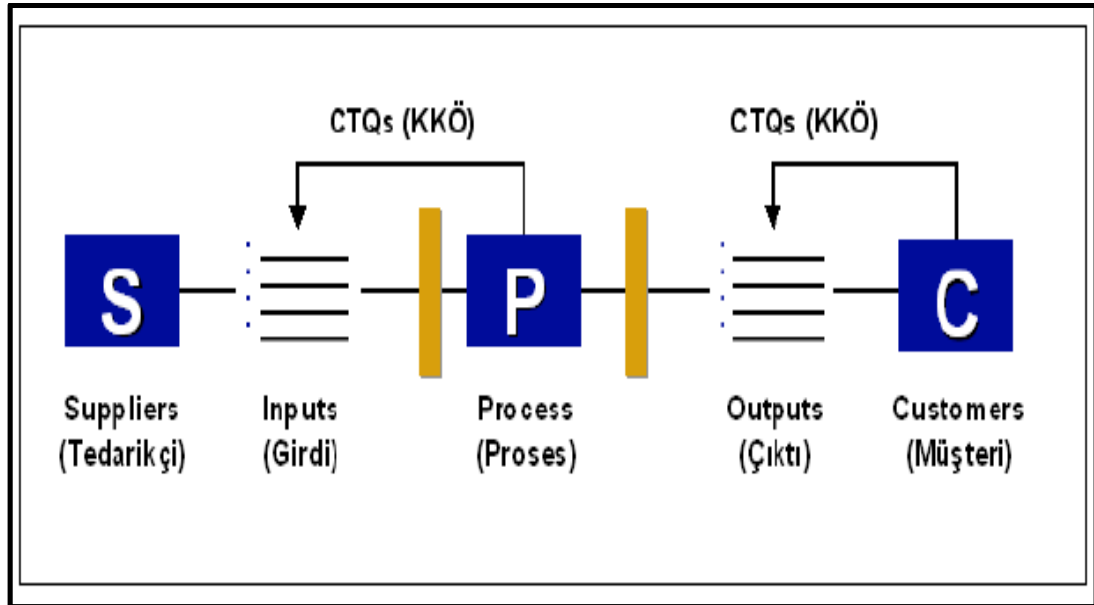
Makro harita sürecin başlangıcın, bitişini, sürece girdilerini ve süreç çıktılarını göstermelidir (Eckes, 2003).

Yukarıda tanımlanan 5 unsura ait tablo gösterimi de Tablo 3.4.'te gösterilmiştir (URL-13).

Tablo 3.4. TGSÇM unsur tablosu

TGSÇM D YAGRAMI				
TEDAR KÇ	G RD	SÜREÇ	ÇIKTI	MÜ TER
Sürece girdi tedarik eden işletmeler, kişiler veya sistemler	Süreçte işlenecek olan malzeme veya veri	Müşteri ihtiyaçları doğrultusunda girdilerin çıktılara dönüştürülme adımları	Süreç sonunda elde edilen mal veya hizmet	Süreç sonu elde edilen çıktıyı alan ve kullanan kişiler

Şekil 3.11.'de TGSÇM; Tedarikçi, Girdi, Süreç, Çıktı ve Müşteri; modeline ait görsel belirtilmiştir (Taşel, 2010).



Şekil 3.11. TGSÇM modeli

Tanımlama aşamasında, proje tanımlama formunun oluşturulmasının ardından TGSÇM diyagramı çizilmelidir. TGSÇM diyagramı sayesinde projeye kapsamlı bir şekilde bakmak, projeyi bir bütün olarak ele almak mümkün olmaktadır (Akdamar, 2014). Bu diyagram üzerinde, sürece girdi sağlayan tedarikçilerden, son müşteriye kadar; süreç adımları üzerinde etkili olan tüm faktörler rahatlıkla izlenebilir. TGSÇM diyagramı tanımlama aşamasında oldukça önemli bir yere sahiptir (URL-13).

Bu aşamada üzerinde çalışılacak ve iyileştirme sağlanacak projelerin seçimi için çok önemlidir. Analizin doğru bir şekilde yapılamaması ilerde israfa, yanlış kaynak kullanımına, iş kaybına ve isteklendirme kaybına yol açmaktadır (Demiralp, 2014).

3.2. Ölçme (Measure)

Altı Sigma takımı proje olarak seçtikleri sürecin etkinliğini ve verimliliğini arttırmaya çalışır. Çıktı etkinliğin, verimlilik ise çıktığı oluştururken kullandığımız kaynakların göstergesidir. Müşteri için çıktı değişkeninin, firma için ise girdi değişkenlerinin ölçülmesi önemlidir (Eckes, 2003). Ölçme aşamasında projenin başlangıç yeteneği, istikrarı ve ölçülebilirliği birlikte değerlendirilmektedir. Açık ve net bir tanımlama yapıldıktan sonra ölçülebilirlik belirlenmekte, temel süreç adımları ve her bir süreç için ayrı ayrı olmak şartıyla temel girdiler saptanmaktadır. Temel girdiler onaylandıktan sonra, önem sırasına göre listelenmekte ve bunların kalite üzerindeki potansiyel etkileri dikkate alınmaktadır. Süreçlerde ya da girdilerde bir hata ortaya çıkması durumunda ne yapılması gerektiğine karar verilmekte, yani önleyici bir yaklaşım benimsenmektedir (Doğan ve Demiral, 2008).

Ölçme, başka yaklaşımlardan farklı olarak Altı Sigma'nın kalbini oluşturur. Herhangi bir veri toplanmazsa büyük ihtimalle çok sayıda kısa ömürlü veya hayal kırıcı sonuçları olan projeler olur. Gerçek iyileştirme ile bir süreç üzerinde oynama arasındaki fark, verilerin bilgi ve deneyim ile birleştirilmesidir. Ölçme süreci ile aşağıdakileri yer alan noktalara ulaşılır (George ve diğ., 2003):

- Mevcut ölçüm sistemini değerlendirmek
- Gerekiyorsa iyileştirme yapmak
- Mevcut bir sistem yoksa ölçüm sistemi geliştirmek
- Süreci izlemek
- Veri toplamak
- Sürecin daha ayrıntılı bir haritasını çıkarmak

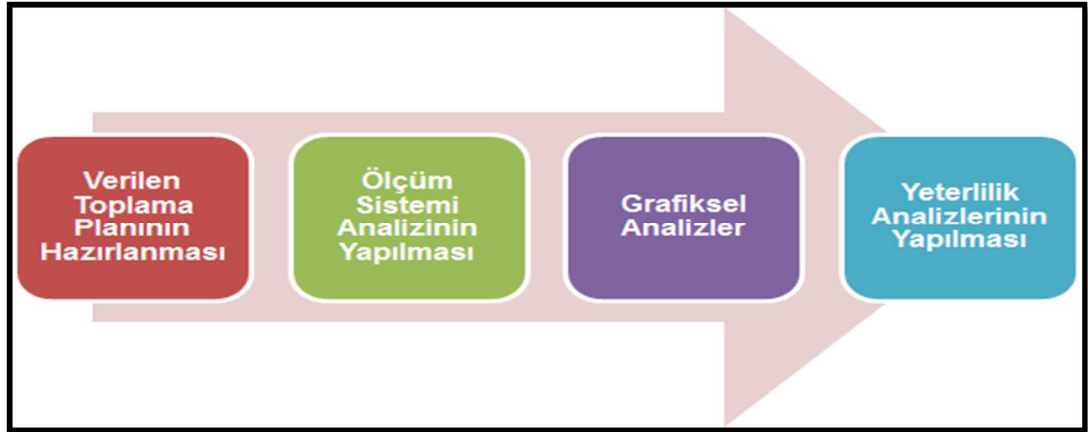
Ölçme adımında kusurlarla ve onların olası etkileriyle ilgili temel veriler toplanmalı, kusurlu verileri zamana göre çizelgelendirmeli ve özel nedenleri ile ilgili analizleri yapılmalı, frekans grafikleri oluşturulmalı, tabakalandırma ve Pareto analizi yapılmalı, süreç sigması hesaplanmalı, detaylı süreç haritası oluşturulmalıdır (Özdemir, 2007). Bu araçlar aşağıda belirtilen bir ya da birden fazla ölçüm hedeflerine uygundur:

- Sürecin tanımlanması
- Odaklanma ve önceliklendirme
- Veri toplama ve doğruluk
- Değişkenliğin nicel olarak değerlendirilmesi ve tanımlanmasıdır (Arıkan, 2009).

Ölçme aşamasında yaygın olarak kullanılan araçlar aşağıda sıralanmıştır (Sevinç, 2013):

- Veri toplama planı
- Veri toplama formları
- Çetele diyagramı
- Kontrol kartları
- Frekans dağılımları
- Önceliklendirme matrisi
- FMEA (Hata türü ve etkileri analizi)
- Süreç yeteneği, süreç sigma
- Örnekleme
- Tabakalandırma
- Zaman serisi diyagramları
- Tahmin T & T (Tekrarlanabilirlik & tekrar üretilebilirlik)

Ölçme fazında iki önemli kısım bulunur ve bunlar veri toplama ve veri değerlendirmedir (Eckes, 2003). Şekil 3.14.'te analiz aşaması faaliyet süreci gösterilmiştir (Polat ve diğ., 2005a).



Şekil 3.14. Ölçme aşaması faaliyet süreci

Ölçme fazında mevcut durumu tanımlayan bilgiler toplanır. Mevcut durumda sürecin durumunu gösteren veriler toplanmazsa iyileştirme yapıp yapılmadığı ya da iyileştirmenin ne kadar etkili olduğu belirlenemez. Ölçüm fazında hangi parametrelerin ölçüleceğine doğru olarak karar verilmelidir. Doğru veri alınmaz ise proje amacına ulaşmak güçleşecektir (Yiğit, 2010). Tablo 3.5.te girdi, süreç ve çıktı için ölçme fazında tanımlanması gereken ölçütler gösterilmektedir (Eckes, 2003).

Tablo 3.5. Ölçülmesi gereken alanlar

Girdi Ölçütleri (Tedarikçi Etkinli i)	Süreç Ölçütleri (Firmanin Verimlili i)	Çıktı Ölçütleri (Firmanin Etkinli i)
Tedarikçi için belirlenen kritik ölçütler	Süreç verimliliğinin ölçütleri	Müşteri gereksinimlerine kadar iyi karşıladığınızı gösteren ölçütler
	Çevrim süresi	
	Maliyet	
	Değer	
	İşçilik	

Altı Sigma basamakları içerisinde, verilen önem ve değer, harcanan para ve zaman açısından en fazla göz ardı edilen aşamanın ölçüm olduğu söylenebilir. Ölçüm sırasında somut bir sonuç elde edilmediğinden bu parlayan bir basamak değildir. Bu nedenle bu basamak bir an önce geçme eğilimi yaygındır. Fakat bu doğru değildir. Çünkü niceleyici veriler Altı Sigma'nın temelini oluşturur. İyi veri olmaksızın iyi kararlar alamazsınız (Taşel, 2010). Bu aşamada mevcut durumu tüm yönleriyle açıklayan bilgiler toplanır. Geçerli ve doğru ölçümler olmaksızın sürecin mevcut performansını ve yapılan iyileştirmelerin etkilerini belirlemek mümkün değildir. Bu aşamadaki en kritik faktör ise neyin ya da nelerin ölçüleceğinin doğru belirlenmesidir. Aksi takdirde harcayacağınız emek ve kaynakların karşılığı, hiçbir kullanım alanı olmayan sayfalarca veri olacaktır (Taşel, 2010). Veri toplama mevcut sürecin nerelerinin iyileştirebileceğinin tespiti için gereklidir. Veriler girdi, süreç ve çıktı üzerinden toplanır (Thomsett, 2004). Veri toplamada dikkat edilmesi gereken iki unsur vardır. Bu unsurlar verinin ölçüm tipi ve verinin tipidir.

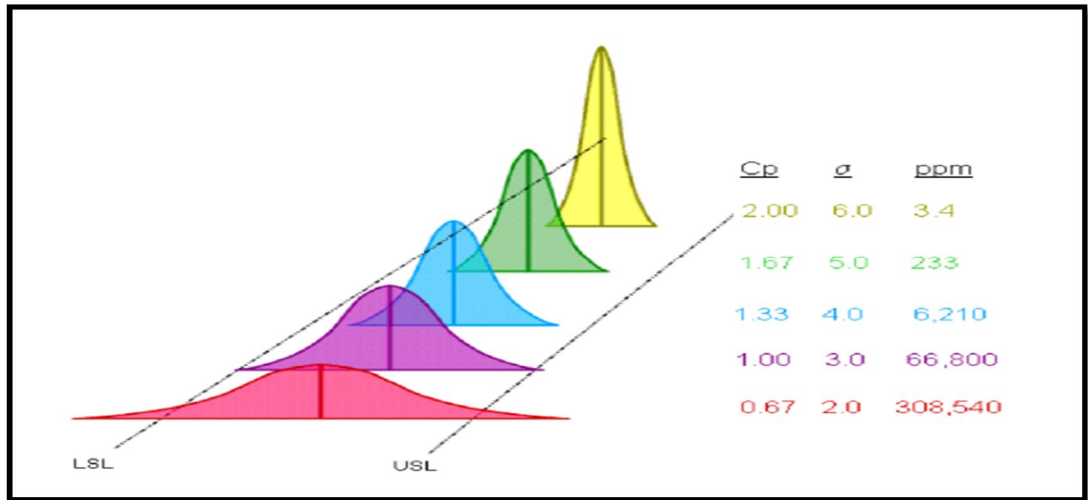
Hata yeterince ölçmemesi veya çok fazla ölçmesi hatadır. Projelerde genellikle iki ya da üç çıktı ölçüsünün oluşmaktadır, bunun yanında bir ya da iki girdi ölçüsünün ve en az bir süreç ölçüsünün olmaktadır. Süreç haritasında çizdikten ve katma değeri olmayan aktiviteleri belirledikten sonra en kötü göstergeleri seçerek ölçmeleri sonuca ulaşmak için yardımcı olacaktır (Eckes, 2003).

Kesikli veri ve sürekli veri olmak üzere iki tip veri vardır. Kesikli veri açık/ kapalı, iyi / kötü, erkek / kadın gibi verilerin tanımı, sürekli veri ise yükseklik, ağırlık, dakika, gün, uzunluk gibi ondalık bölünmeleri anlamlı olan verilerin tanımıdır.

Sürekli veri kesikli veriye göre tercih edilir çünkü süreç hakkında çok veri verir. Eğer bir bebeğin alnına elinizi koyarsanız ateşi olup olmadığını görürsünüz ve bu kesikli veridir. Eğer termometre kullanırsanız sürekli veriye ulaşırsınız ve acil bir durum olup olmadığını görebilirsiniz (Eckes, 2003).

Sürecin nasıl çalıştığını görmek için toplanan kesikli veya sürekli veriler değerlendirilir. Sürecin mevcut durumundaki sigma değeri verilerin değerlendirilmesiyle bulunur. Sigma değerinin bulunması için sürecin oluşturduğu hata oranının bilinmesi gerekir. Hata sayısı, toplam fırsat ile toplam sayının çarpımına bölünür. Bu hesaplama bir milyonla çarpılarak sigma değeri bulunur (Thomsett, 2004).

Altı Sigma yaklaşımı, ölçüm aracı olarak DPU kullanılmaktadır (Cankurt, 2005). Ünite başına hata sayısı, bir sürecin veya ürünün kalitesini ölçmek için kullanılmaktadır. Bir süreç veya ürünün kalite niteliğinin (attributes) standartlar temel alınarak iyi/kötü veya kabul/ret olarak değerlendirilmesi sonrası elde edilen sonuçlar da, DPU şeklinde değerlendirilir. Sigma seviyesini arttırmak için standart sapmanın (yayıklığın, değişkenliğin) düşürülmesi gerekmektedir. Şekil 3.13.'te standart sapmanın ve sigma seviyesinin durumu temsil edilmiştir (Erden, 2011).



Şekil 3.13. Standart sapma ve sigma seviyeleri

Süreç yeterlilik indeksleri, üzerinde çalışılan bir sürecin gereklilikleri karşılayıp karşılayamadığını ölçmek için kullanılır. Uygulamada C_P (process capability ratio) ve C_{PK} (process capability index) sıkça kullanılmaktadır. C_P değeri, verilerin ortalamasının dağılımın tam ortasında olduğunu ve veri setinde çarpıklık olmadığını kabul eder. Gerçek süreçlerde ise veriler kusursuz dağılmazlar. Bu nedenle süreç yeterliliğinin ölçülmesinde başka bir parametreye daha ihtiyaç duyulur. Süreçteki kaymaları da göz önünde bulunduran bu değer C_{PK} değeridir. C_P ve C_{PK} değerinin eşit olduğu durumlarda süreç ortalaması ÜKL ve AKL'nin tam ortasındadır denir. Bir anlamda C_P değeri, sürecin potansiyel yeterliliği hakkında fikir verirken C_{PK} değeri

sürecin o anki yeterliliğine odaklanır (Aslan, 2005). Tablo 3.6.'da C_P ve C_{PK} değerlerinin hesaplanmasında kullanılan formüller verilmiştir (Aslan, 2005).

Tablo 3.6. Süreç yeterlilik indeksleri ve formülleri

Yeterlilik	Formüller	Açıklamalar
Yeterlilik (C_P)	$(\bar{ÜKL}-AKL)/6 sSt$	İndeksin hesaplanabilmesi için ÜKL VE AKL belirlenmiş olmalıdır.
Üst Yeterlilik (CPU)	$(\bar{ÜKL}-X_{ort})/3 sST$	İndeksin hesaplanabilmesi için ÜKL VE AKL belirlenmiş olmalıdır.
Alt Yeterlilik (CPL)	$(X_{ort}-AKL)/3 sST$	
Yeterlilik (C_{PK})	$(CPU,CPL)min$	C_{PK} süreç merkezini dikkate alır, C_P almaz.

Tablo 3.7.'de ise elde edilen C_{PK} indeksinin yorumlanması verilmiştir (Aslan, 2005).

Tablo 3.7. Süreç yeterlilik indekslerinin yorumlanması

Süreç Yeterlilik İndeksi ve Sigma Düzeyi	Değişkenlik Derecesi	Yorum
$C_{PK} < 0,5$ ve sigma düzeyi 0-2 arasında	Değişkenlik çok fazla	Süreç çıktıları müşteri beklentilerini karşılayamaz.
$0,5 < C_{PK} < 1,2$ ve sigma düzeyi 3-5 arasında	Orta düzey değişkenlik	Süreç çıktılarının çoğu müşteri beklentilerine uygundur.
$C_{PK} > 1,5$ ve sigma düzeyi 6 ve daha iyi	Çok az değişkenlik	Süreç çıktılarının neredeyse tamamı müşteri beklentilerini karşılayabilir.

3.3. Analiz (Analyze)

Altı sigma yöntem biliminin üçüncü fazı analizdir. Ölçüm fazıyla elde edilen değerler analiz fazında değerlendirmeye alınır. Bu aracın amacı, ölçme aşamasında toplanan tüm bilgi ve verilerden anlam çıkarmak ve bu verileri gecikme, israf ve düşük kalitenin kaynağını doğrulamak için kullanmaktır. Genellikle bu aşamada karşılaşılan zorluk, verilere bağlı kalmak ve sorunların esas kaynaklarına ulaşmak için şahsi deneyim ve fikirleri kullanmamaktır. Analiz yaparken elde edilen verilerin örneklemelerine dikkat etmek ve en fazla zamanın nerede kaybolduğunu tespit etmek de yarar vardır. Bu aracı kullanırken, proje ekibi aşağıdaki unsurlardan oluşur (George ve diğ., 2003).

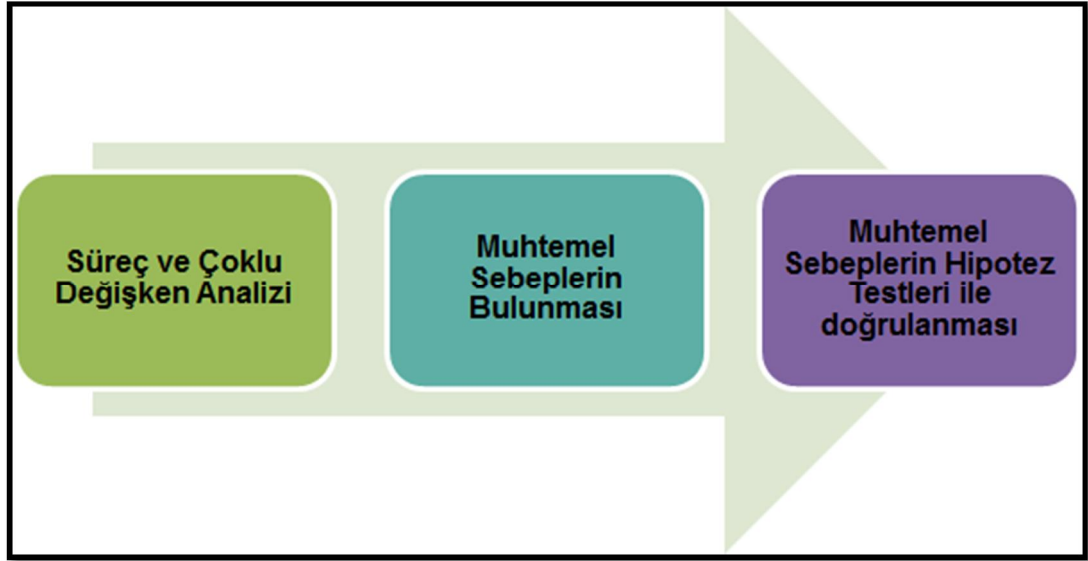
- Gerçek nedenlere giden ipuçlarını bulmak,
- Kaliteden ödün vermeden süreci hızlandıracak yöntemler bulmak,
- Kontrol edilmesi kritik önem taşıyan süreç girdilerini belirlemek gibi

Bu aşamada toplanan veriler; süreçlerin süreç haritalarını, hataların temel nedenlerini, geliştirme fırsatlarını, cari performansla hedef performansı arasındaki farkı, iyileştirme fırsatlarının önceliklerini ve değişkenlik kaynaklarını belirlemek için analiz edilir. Ortalama, standart sapma, medyan veya oran gibi özetleyici istatistiksel değerler kullanılarak ana kütle parametreleri için güven aralıkları hesaplanır ve anlamlılık testleri yapılır. Bu aracın çıktısı test edilen ve doğrulanan bir hipotez olacaktır. Analiz aşamasında en çok kullanılan teknik araçlar ise aşağıda yer almaktadır (Gupta, 2004). Bunlar:

- Yakınlık Diyagramı
- Beyin Fırtınası
- Sebep-Sonuç Diyagramı
- Dağılıma Diyagramları
- Korelasyon
- Kontrol kartları
- Veri toplama formları
- Veri toplama planı
- Deney tasarımı
- Akış diyagramları
- Frekans dağılımları
- Hipotez testleri
- Pareto kartları
- Regresyon analizi
- Tepki alanı yöntemi
- Örnekleme
- Tabakalandırılmış frekans dağılımları

Analiz teknikleri Altı Sigma'nın Yalın üretim yöntem bilimine göre çok daha etkin içeriğe sahiptir. Değişkenliklerin teşhis edilmesi, hipotez testlerinin kurulması, ileri istatistiksel analiz yöntemleri, kök sebep analizleri Altı Sigma'da kullanılan başarılı tekniklerdir. Bu faza Yalın tekniklerinden "Katma Değer Oranı" analizi eklenebilir (Kayacık, 2010). Analiz aşamanın amacı, problemin asıl nedenlerini tanımlamak ve bunların nedenlerini doğrulamaktır. Birçok proje ekibi, problemin kök nedenini doğrulamadan süreç iyileştirme aşamasına geçmek için aceleci davranmaktadır. Fakat kök nedene inilmeden belirlenen çözümler kalıcı olamamakta ve yeniden belirmektedir. Projelerin başarıya ulaşması için kök neden analizi detaylı yapılmalıdır (Ülgen, 2014).

Analiz fazının üç ana kısımdan oluşur ve bunlar veri analizi, süreç analizi ve kök neden analizidir. Analiz kısmı en önemli adımlardan biridir çünkü proje takımı bu aşamada süreci iyileştirmek için ne yapması konusunda karar verir. Analiz fazı kök nedenin bulunduğu faz olduğu için çok önemlidir (Eckes, 2003). Bu aşamada, veri analizleri, istatistiksel hipotez testleri ve ANOVA yardımıyla süreçleri etkileyen tüm faktörler tespit edilerek, iyileştirme aşamasına bir ön hazırlık yapılmış olur. Şekil 3.14.'te analiz aşaması faaliyet süreci gösterilmiştir (Polat ve diğ., 2005a).



Şekil 3.14. Analiz aşaması faaliyet süreci

Hataların sebepleri ile ilgili teorileri destekleyen, reddeden eğilim ve şekilleri ortaya çıkarmak için veriler analiz edilir (Pande ve diğ., 2000). Müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için yürütülen ana süreçlerin müşteri ihtiyaçlarını karşılamada katma değerli ve katma değersiz kısımlarını belirlemede kullanılır. Sürecin katma değersiz kısımlar genelde çevrim sürelerinin uzun olması, tekrar işleme, duruşlar gibi kayıplardır (Pande ve diğ., 2000).

Analiz fazının son ve en önemli kısmı kök neden analizidir. Altı Sigma takım üyeleri süreci iyileştirmek için kendi teorilerini ortaya koyarlar. Proje üyeleri deneyimli dahi olsalar verilere dayalı teorilerin ortaya atılması sağlanmalıdır (Eckes, 2003). Altı Sigma proje takımları için beyin fırtınasını tamamlamada kullanılacak araç sebep-sonuç diyagramıdır.

Y çıktıyı yani problemi X ise çıktıya yani probleme neden olan olasılıkları ifade eder. Bu aşamada Altı Sigma takım üyeleri beyin fırtınası ile olası tüm X'leri ortaya çıkartırlar (Eckes, 2003). Proje takımının ortaya koyduğu fikirlerden Y'yi açıklayan

X'ler listelenir. Farklı takım üyeleri tarafından ortaya konulan birbirine yakın fikirler bir araya getirilir. Takım üyeleri anlaşılmayan, açık olmayan kısımları bu aşamada sorar. Proje üyeleri listelenen sebepleri oylar. Bu oylama karar verme değildir. Her takım üyesi aynı sayıda oy vermelidir (genelde verilen 3-5 arasındadır).

Bu oylama metodu ile sebepler listesi azaltılarak birkaç kök nedene düşürülür. Sonraki aşamada takım üyeleri hipotezleri veri ile test ederler. Potansiyel kök nedenleri temel veri toplama, Scatter Analizi ve Deney Tasarımı ile geçerli kılınır. Bu metodların her biri $Y=f(x)$ formülünü geçerli kılmak içindir (Eckes, 2003).

Beyin fırtınası, yaratıcı düşünmeyi yüreklendiren ve kısa sürede takım anlayışı ile serbestçe pek çok fikrin üretilmesini sağlayan bir tekniktir. Bazen bir sürecin neden başarısız olduğunu veya problemin nereden kaynaklandığını belirlemek güçtür. Rasyonel veya geleneksel düşünme her zaman problemin esas köklerine inmez ve çoğu kez sorunu gidermeden aynı problemi defalarca çözmeye çalışırız. Yaratıcı düşünme ve problem çözme yaklaşımları, takım elemanlarını motive ettiği gibi onları geleneksel düşünmeden sakındırarak problemlere yenilikçi ve seçenekli yanıtlar sağlar (Öztürk, 2013).

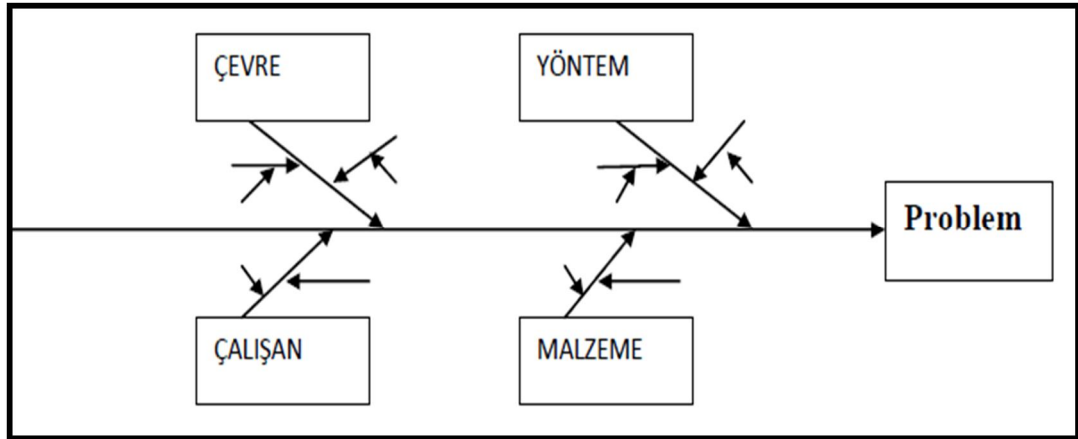
Beyin fırtınası, problemin olası sebeplerini ve çözümlerini belirlemede kullanılan yaratıcı bir analiz aracıdır. Bu yöntem için bazı standart kurallar şu şekilde sıralanabilir (URL-14):

- Katılımcı bir kerede yalnızca bir fikir dile getirebilir
- Fikirlerin değerlendirilme ve kritiğine izin verilmez
- Katılımcılar var olan fikre ekleme yapabilir veya ona bağlı olarak yeni bir fikir üretebilirler
- Katılımcılar yeni fikirler ekleme durumunda olduklarında sıra kendilerine gelinceye veya diğer katılımcının konuşması bitinceye kadar beklemelidir
- Beyin fırtınası sırasında değil, seansın bitiminde tartışılır
- Kişiler birbirleri üzerinde yargı ve eleştiride bulunamaz
- Beyin fırtınası gündemi tahtaya açık olarak yazılır. (Bu noktada katılımcıların konuyu anlayıp anlamadıkları basit bir sorgulama ile garanti altına alınır.)
- Herkese düşünmesi için bir iki dakika süre verilir.
- Beyin fırtınası kuralları açıklanır
- Herkesin görebileceği şekilde tüm fikirler tahtaya yazılır
- Katılımcılar kısa ve özlü fikirler üretmeye teşvik edilir

- Tahtaya yazılan fikirlerden konu ile bağdaşmayanlar veya birbirine benzer görüşler katılımcıların onayı ile çıkartılır

Özel bir problemin çözülebilmesi için öncelikle problemin nedenleri belirlenmelidir. Bu problemin nedenleri basit veya karmaşık olabilir. Çoğu kalite problemleri karmaşık nedenlerin sonucudur. Süreçteki problem bir kez tanımlandığında düzeltici faaliyetler alınmadan önce potansiyel nedenler belirlenmelidir. Balık kılıcı diyagramı, tüm potansiyel nedenleri tanımlamak için kullanılabilen araçlardan birisidir. Balık kılıcı diyagramı süreçteki problem ve çeşitli nedenler arasındaki ilişkiyi betimlemek için de kullanılır (Öztürk, 2013).

Ortaya çıkan diyagram bir balığın omurgasını andırdığı için bu adla anılır. Bir diğer adı da neden ve etki analizidir. Balık kılıcı diyagramını, problemin kendisi ve bu probleme sebep olan temel ve ona bağlı alt nedenler oluşturur. Bir üretim sisteminde yaşanabilecek muhtemel bir probleme temelde çalışanların, malzemelerin, uygulanan yöntemlerin ve çevre koşullarının sebep olduğu düşünülürse, bu üretim sistemi için gösterilebilecek bir balık kılıcı diyagramı aşağıdaki Şekil 3.15.'teki gibi olur (Akdamar, 2014).



Şekil 3.15. Balık kılıcı diyagramı

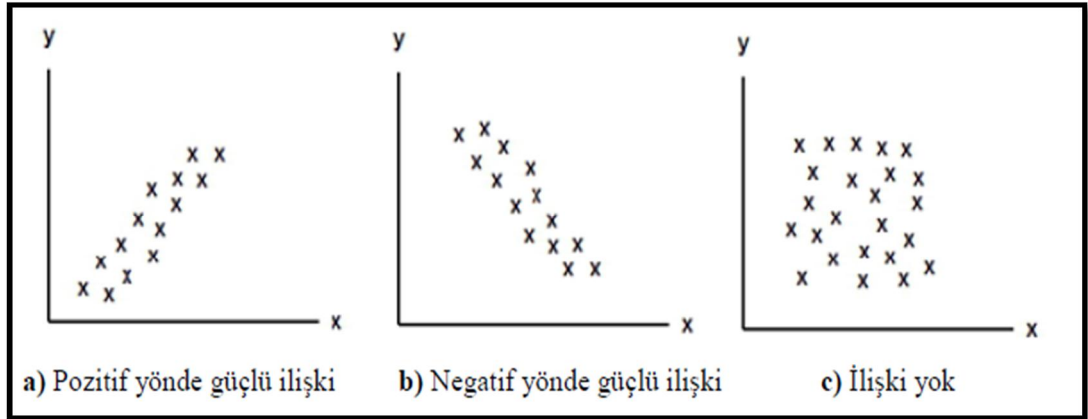
Problem, uzun yatay çizgide ve problemin temel nedenleri bu yatay çizgiye oklarla bağlı kutularda resmedilir. Bu oklara, daha küçük oklarla her bir temel nedenin alt nedenleri bağlanır. Balık kılıcı diyagramının asıl amacı, bu alt nedenlerin arasındaki ilişkiyi anlamak ve onların probleme olan etkisini saptamaktır.

Balık kılıcı diyagramı, problemin değişkenlik nedenlerini tanımladığı gibi nedenleri genel kategorilere böler ve var olan ilişkileri gösterir. Ancak bu ilişkilerin boyutunu veya derecesini tanımlamaz. Problem çözümlerinde sıkça iki faktör arasındaki ilişkiyi

belirlemek ve çeşitli nedenler ve etkiler arasında var olan ilişkilerin boyutunu veya derecesini belirlemek gereklidir. İşte problemin en önemli nedenlerini ortaya çıkarmada, iki faktör veya parametre (neden ve etki) arasındaki ilişkinin derecesini veya boyutunu belirlemede kullanılan teknik, serpilme diyagramıdır. Şekil 3.16.'da, serpilme diyagramları vasıtasıyla farklı ilişki türleri gösterilmektedir (Öztürk, 2013).

Şekilde yer alan “a grafiği”, x ile y değişkenleri arasında pozitif yönde güçlü bir ilişki olduğunu, x değişkeninin değeri artarken y'nin de değerinin arttığını ifade eder. “b grafiğinde” değişkenler arasındaki ilişki ters yönlüdür. x değişkeninin değeri artarken, y değişkeni buna bağlı olarak azalır. C grafiğinde ise x ile y değişkenleri arasında herhangi bir ilişki gözlenmemektedir (URL-15).

Deney tasarımı, bir süreçte, girdi faktörleri üzerinde bir takım değişikliklerin sistematik bir şekilde yapılmasıyla, çıktı değişkeni üzerindeki değişkenliğin gözlenmesi ve yorumlanması olarak tanımlanan bir tekniktir. Bu teknik sayesinde süreç, istenmeyen üretim faktörlerinden arındırılabilir.



Şekil 3.16. Serpilme diyagramı

Girdilerin hangi değerleriyle maksimum çıktıyı yakalayacağımız, süreci optimum düzeyde çalışır hale getireceğimiz, deney tasarımı tekniğiyle cevap bulabilmektedir. Geleneksel deney tasarım yöntemleri yüksek malzeme maliyeti, uzun zaman ve kaynak gerektiren yöntemlerdir. Deney tasarımında klasik yöntemlerin yetersizliği istatistiksel deney tasarım yöntemleri ile giderilmiştir. İstatistiksel deney tasarımının amacı; minimum zaman, kaynak ve harcama ile maksimum anlamlı verileri toplamaktır (Gökçe ve Taşgetiren, 2009).

İstatistiksel deney tasarımında farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

- Tam faktöriyel: Parametrelerin her seviyesi için birleşim hesaplanır ve o sayıda deney yapılır. 4 parametrelili bir deneyde her parametrenin 3 seviyesi varsa $3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$ deney yapılmalıdır. Tam faktöriyel deneylerin analizinde ANOVA (Varyans Analizi) ve regresyon analizi kullanılmaktadır (Gökçe ve Taşgetiren, 2009).
- Kesirli faktöriyel: Tam faktöriyel deney tasarımında parametrelerin bütün seviyelerinin kombinasyonları tek tek denendiğinden deney maliyetini arttırmakta ve çok zaman almaktadır. Maliyetten ve zamandan kazanmak için deney sayısının orantılı olarak azaltarak kesirli faktöriyel deney tasarımı elde edilir. Örneğin 7 parametrelili ve 2'şer seviyeli bir deney tam faktöriyel tasarım kullanılarak yapıldığında $2^7 = 128$ deney yapılması gerekir. Araştırmacının isteğine bağlı olarak, $\frac{1}{2}$ kesirli 64 deney veya $\frac{1}{4}$ kesirli 32 deney veya daha az sayıda deney yapılabilir (Gökçe ve Taşgetiren, 2009).
- Taguchi metodu: Taguchi yöntemi farklı parametrelerin, farklı seviyeleri arasından en iyi kombinasyonu saptamak için oldukça kullanışlı bir yöntemdir. Her bir parametrenin, her bir seviyesini içeren tüm kombinasyonlar için oldukça fazla deneysel çalışma yapılması gereken durumlarda Taguchi yönteminde ortogonal diziler kullanılarak çok daha az sayıda deneysel çalışmayla sonuca ulaşmak mümkündür (Güral, 2003). Ortogonal diziler, faktör seviyelerini, teker teker değiştirmek yerine, eş zamanlı değiştirmeyi önermektedir. Bu sayede, deney tasarımında Taguchi yaklaşımı, kimya, elektronik ve makine sektöründe olduğu gibi üretim sektöründe de kabul görmüştür (Eşme ve diğ., 2008).

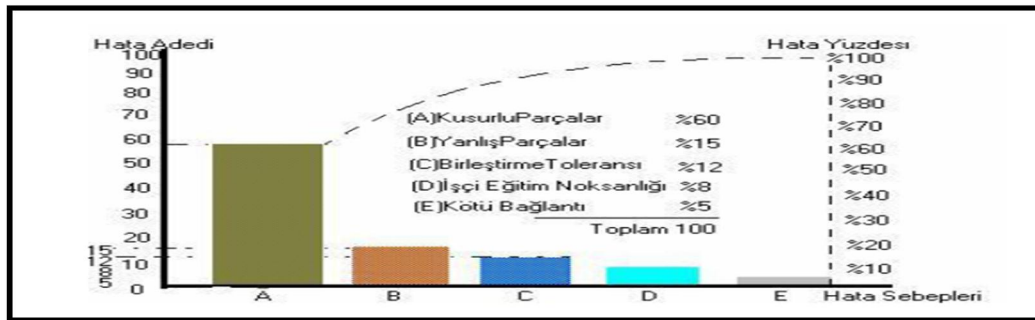
Beş neden analizi, problemlerin nedenlerini geriye doğru inceleyerek ele alan, problemin asıl ve temel sebebinin ne olduğunu anlamak için kullanılan bir yöntemdir. Sadece beş kez "neden" sorusunu sorarak problemi oluşturan asıl nedenin ne olduğunu anlayacak kadar problemin derinliklerine inmemize olanak tanır. Bu analiz, 1970'lerde Toyota İmalat Sisteminde kullanılmaya başlamasından sonra popüler olmuştur. Uygulama yöntemi çok basittir. Herhangi bir problem ele alınarak "Bu probleme ne sebep olmuştur" gibi soruların sorularak cevap aranması, problemin asıl nedenine ulaşmak için yeterli olmaktadır. İlk sorulan soruya verilecek cevap genellikle bir sonraki soruyu da beraberinde getirmektedir. İsmi beş neden analizi olmasına rağmen problemin ana nedenine ulaşmak için beşten daha fazla "neden" sorusu sorulabilmektedir (URL-16).

Bu analiz, problemin esas (majör) nedenlerini önemsizlerden (minör) ayırmaya yardımcı olan, sıralı dikey çubuklar biçiminde gösterilen bir yöntemdir. Pareto ilkesine göre miktar açısından kalite sorunlarının %80i, yüzde 20 oranında makine,

hammadde veya operatörlerden kaynaklanmaktadır. Değer akış haritasıyla problemin nedenleri belirlenir ve bu nedenler belirlendikten sonra Pareto grafiği çizilir. Pareto çizelgesi, kontrol aşamasında, sürecin iyileştirme yapılmadan önceki durumuyla, iyileştirme yapılmış halini kıyaslamak için de kullanılabilir. Pareto çizelgesi oluşturmada izlenecek adımlar şu şekilde sıralanabilir (Öztürk, 2013):

- Verilerin sınıflandırılması: Veriler; personele, makinelere, hata sayılarına, stok ürünlerine, hurda ve fire maliyetlerine vb. sınıflandırılabilirler.
- Zaman döneminin belirlenmesi: Çalışmanın yürütülmesi için uygun bir zaman dönemi belirlenir.
- Sınıflandırarak verinin toplanması: Sınıflandırılan verilerin oluş sayıları, en büyükten en küçüğe doğru sıralanır.
- Grafiğin çizilmesi: Dikey çizgi, ele alınan problemin olma sıklığını ve yatay çizgi ortaya çıkan tüm problemleri ve olayları gösterir.
- Her bir olayın sıklık sıralamasına göre listelenmesi: Yatay eksene problemler, sıklık sıralarına göre en çoktan en aza doğru dizilirler.
- Grafikte çubukların çizilmesi: Yatay ekseninde türlerine göre listelenen her bir olay veya problem, onların dikey eksenindeki toplam hata sayılarına ve birikimli yüzdelere karşılık gelecek şekilde işaretlenir ve çizgileri çizilir.
- Bazı bilgilerin eklenmesi: Çizelgenin ismi, kapsanan zaman dönemi, veri kaynağı, çizelgeyi hazırlayan kişi, hazırlanma tarihi ve çizelgeyi betimlemede yardımcı olacak ek bilgiler verilir.

Şekil 3.17.'de taslak olarak bir Pareto grafiğinin görüntüsü verilmiştir. Bu grafik sayesinde, hangi problem yüzde olarak ağır basıyorsa, o problemler üzerine yoğunlaşılır. Söz konusu grafiği oluşturan bir firma, kötü bağlantı problemi veya işçi eğitim noksanlığı üzerine yoğunlaşmak yerine kusurlu ve yanlış parça oluşma sıklıklarını düşürme gayretine girecek, böylece hem zaman hem de maddi tasarruf sağlayacaktır.

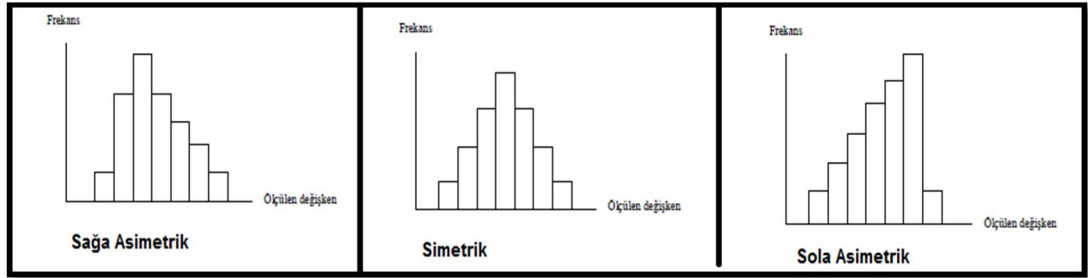


Şekil 3.17. Pareto grafiği örneği

Histogram; gruplandırılmış değişkenin her sınıftaki frekanslarını diğer sınıfların frekanslarına göre orantılı büyüklükte dikdörtgenlerle ya da uygun geometrik şekillerle gösteren grafikdir (Özdamar, 2002). Histogramlar, bir olayın meydana geliş sıklığını göstermek, belli bir aralıkta problemin daha sık meydana gelip gelmediğini hesaplamak ve ortaya çıkan dağılımın şeklini bilinen bir dağılım ile karşılaştırmak amacıyla kullanılmaktadır.

Histogramlar oluşturulurken öncelikle sayısal verilere ihtiyaç vardır. Bu sayısal veriler elde edildikten sonra verilerin değişim aralığı bulunur yani verilerdeki en büyük veri ile en küçük veri arasındaki fark hesaplanır. Değişim aralığı belli olduğuna göre, bu mesafenin kaç bölüneceğine karar verilir. İşlem yapılırken histogramda kaç tane sütun olması istendiği dikkate alınır. Bu bulunacak sayı, hangi aralıklarla sütun oluşturulacağını belirler. Her aralıkta kaç sayı varsa grafiğe yerleştirilir ve grafik çizilir (Sevinç, 2013).

Şekil 3.18.'de taslak olarak bir histogram grafiğinin görüntüleri verilmiştir.



Şekil 3.18. Histogram örnekleri

Histogramların nasıl kullanılacağı aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır:

- İncelenecek veri grubuna ait noktaların toplam sayısı bulunmalıdır
- Tüm veri grubuna ait değişim aralığı bulunmalıdır
- Veri grubu belirli sayıda sınıflara ayrılmalıdır
- Veri tablosundaki değerlerin hangi sınıfta ne kadar tekrarlandığını belirlemek için bir frekans tablosu oluşturulmalıdır
- Frekans tablosunu temel alarak histogram çizilmelidir

Histogram'daki sınıfların sayısı, dağılımın ne kadar rahat görülebileceğini belirler. Her dağılımın çan eğrisi şeklinde olması beklenmemelidir. Bazı süreçler kendiliğinden çarpıktır. Verilerin iki veya daha fazla sayıda farklı kaynaktan toplandığını gösteren ikiz tepelerin mevcut olup olmadığının kontrolü yapılmalıdır (Sevinç, 2013).

3.4. iyileştirme (Improve)

Analizden sonraki aşama olan iyileştirme, süreçlere önemli fırsatlar sunar ve işletmenin ilerlemesine yardımcı olacak yenilikçi yöntemleri ve süreç yeniliklerini içerir (Erden, 2011). İyileştirme aşamasında üretilen düşünceler tıpkı hammadde gibidir; organizasyona gerçek bir faydaları olabilmeleri için işlenmeleri gerekir. Genellikle, Altı Sigma çözümleri, hataları azaltmak, çevrim sürelerini hızlandırmak ya da kısaltmak, müşterilerin gözünde değeri arttırmak gibi sonuçlar için beraberce bir plan oluşturan düşüncelerin bir birleşimidir (Pande ve diğ., 2000).

Bu aşama, problemin ortadan kaldırılacağı ya da etkilerinin azaltılacağı aşamadır. Ancak zihindeki çözümler hemen uygulamaya konulmadan önce, bundan önceki üç basamaktan elde edilen kazanımların gözden geçirilmesi yararlı olacaktır (Yavuz, 2005). Bu gözden geçirme sonucunda problemin aşağıdaki özelliklerinin doğru olarak belirlendiği düşünülüyorsa eldeki çözümler denenmeye başlanabilir (Öztürk, 2012). Gözden geçirmede:

- Herkes tarafından anlaşılabilir derecede net ve ayrıntılı olarak tanımlandığı
- Mevcut imkân ve kaynaklarla çözülebilecek nitelikte olduğu
- Giderilmesi halinde firmaya büyük yarar sağlayacağı
- Çözümüne yardımcı olacak doğru verilere sahip olduğu
- Temel nedenlerinin ve bunların nasıl giderileceği

İyileştirme aşamasının, hızlı, kolay ve tatmin edici bir şekilde gerçekleşebilmesi, proje ekibinin analiz aşamasının Kök Neden Analizi adımı kapsamında kapsamlı bir iş çıkarmasına bağlıdır. Eckes'e göre iyileştirme aşamasının iki istasyonu vardır: Çözüm üretme ve çözümler arasından seçim yapma (Eckes, 2003).

Yine Eckes'e göre proje takımı analiz fazında kök nedenleri doğru tespit ettiyse analiz fazında iyileştirmelere karar vermek kolay olacaktır. İyileştirme fazında iki kısım vardır ve bunlar çözümü oluşturma ve çözümü seçmedir. Çözümlerin uygulanması sırasında proje takımı çözümleri ve uygulamaları sağlayacağı iyileştirmeye göre sınıflandırılmalıdır çünkü bazen tüm çözümlerin uygulanmasına gerek kalmadan projenin hedefine ulaşılabilir (Eckes, 2003).

Bu aşamada sistem sürekli geliştirilerek, sonuçlara başarıyla ulaşılmaya çalışılır. Süreç girdileri ve çıktıları arasında matematiksel modeller oluşturularak süreçlerin performanslarını etkileyen tüm faktörlerin nedenleri, birbirleri ile etkileşimleri ve süreçler üzerindeki etkileri ortaya çıkarılır. Bu problemlerin ana nedenlerini ortadan

kaldırarak olan çözümler denenir ve uygulamaya konulur. Şekil 3.19.'da iyileştirme aşaması faaliyet süreci gösterilmiştir (Polat ve diğ., 2005a).



Şekil 3.19. İyileştirme aşaması faaliyet süreci

Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar şu şekilde sıralanır (Köse, 2009):

- Deney Tasarımı,
- Beyin Fırtınası,
- Akış Diyagramları,
- Hata Tipi ve Etkiler Analizi,
- Hipotez Testleri,
- Paydaş Analizi,
- Konsensüs,
- Hipotez Testleri,
- Yaratıcılık Teknikleri,
- Planlama Araçları.

Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar şu şekilde sıralanır:

- Çözüm üretme: İyileştirme aşamasından önceki adımlarda problem tanımlanmış varyans kaynakları tespit edilmiş ve sürecin doğru işleyişine engel olan etmenler listelenmiştir. Bu aşamada bu etmenleri ortadan kaldırmak için gerekli önlemlerin alınmasına dair fikirler üretilmelidir (Taşel, 2010).
- Çözümler arasında seçim yapma: Bu basamakta problemin temel nedenlerini ortadan kaldıracakı iddia edilen çözümler denenir ve uygulamaya konulur. Bu çözümler daha iyi bir tahmini, daha iyi bir programlamayı, daha iyi bir izlekü ya da daha iyi bir ekipmanı içerebilir. İyileştirme aşamasında nedenleri ortadan kaldırmayı hedefleyen çözümler geliştirilir, uygulanır ve değerlendirilir. Bu

aşamada amaç, verileri kullanarak ortaya konulan çözümün, problemi çözdüğü ve gelişme için yol gösterici olduğunu göstermektir (Erden, 2011).

Çözümleri hemen uygulamaya koymadan önce elde edilenler gözden geçirilmelidir, bu gözden geçirme sonucunda eğer problemin giderilmesi büyük yararlar sağlayacaksa, mevcut kaynaklarla çözüme ulaşılabilecekse, temel nedenler ve bunların giderilebilme sebebi bulunabilecekse çözümler denenmeye çalışılmalıdır (Cankurt, 2005). Bu basamakta kullanılacak yöntemlerden bazıları sıra ile aşağıda açıklanacaktır.

İki türlü oylama metodunda bir önceki basamakta üretilen çözümler, öneriler, fikirler listesi üzerinde en çok uzlaşma olan maddeleri belirlemeye yarayan bir tekniktir. Öncelikleri belirleme, listeyi önem sırasına göre dizip kısaltma amacıyla kullanılır (Kaptan, 2009).

Birinci Oylama:

- Üyeler istedikleri her öneriye oy verebilirler.
- Belirlenen oy sayısından fazla oy alan öneriler daire içine alınır. Bunlar ikinci tura kalan maddelerdir.
- Takımın yapısına göre oylama açık veya sessiz (önce tek tek kâğıtlara yazmak sonra sırayla okumak suretiyle) yapılabilir.

İkinci Oylama:

- Önce ikinci tura kalan maddeler herkes tarafından tamamen anlaşılincaya kadar tartışılır.
- Bu turda her üye belirli (az) sayıda oy verebilir.
- Maddeler oylamadan sonra oy sayılarına göre sıralanır.

Eşlenik sıralama tekniğinde az sayıda ve birbirinden bağımsız maddelerden oluşan listeler için kullanılan yapısal bir yöntemdir. Önerileri (fikirleri-sorunları) öncelik sırasına göre dizmeye yarar. Basit oylamadan ziyade uzlaşmaya yönelik kararlar alınmasını sağlar (Taşel, 2010). Bu teknikte:

- Karşılaştırılacak olan fikirler açık ve anlaşılır ifadelerle tahtaya yazılır.
- Fikir sayısının 7'yi geçmemesi tavsiye edilir. Her fikre bir sayı numarası verilir.
- Bir eşlenik matrisi oluşturulur.
- Matristeki her kutu iki fikrin kesişmesini gösterir.
- Fikir çiftleri (kutular) tek tek ele alınarak değerlendirilir ve takım için hangisinin daha önemli olduğu kararlaştırılıp kutu içine onun sayısı yazılır.

- Bütün kutular tartışılınca her maddenin kaç kez seçildiği sayılır.
- En yüksek puan alan madde, takım için en önemli fikri gösterir.

Nominal grup tekniğinde problemleri önceliklerine göre sıralayan veya çözüm önerilerinin önem derecesini belirleyen, beyin fırtınasını ve çoklu oylama sistemini kullanan bir tekniktir (Öztürk ve diğ., 2006). Bu teknikte:

- Problem takım üyelerine anlatılır.
- Problemin nedenleri (çözümü) hakkında fikir (öneri) üretilir.
- Fikirler tartışılır, gerekirse elenir veya birleştirilir.
- Çok uzun bir liste oluşmuşsa oylama ile kısaltılabilir.
- Fikirler bağımsızca puanlanır.
- Puanlar toplanır, sıralama yapılır.

İlk üç adım beyin fırtınası oturumu ile gerçekleştirilir. Takımın yapısına göre sesli veya sessiz yöntemler kullanılır. Dördüncü adıma gerek olursa oylama ile yapılabilir. Her üye bağımsız olarak, belirlenen sayıdaki (genelde 4-5) – kendince en önemli – fikri (öneriyi) kendi puan kartı üzerinde puanlandırır. Üyeler birbirinden etkilenmeden puanlama yapmalıdır. Oturum başkanı her üyeden puan kartlarını toplar. Her maddenin yanına takım üyelerinin verdiği puanlar yazılır. Puanlar toplanır. En yüksek puan grup açısından en önemli maddeyi gösterir. Ortaya çıkan önceliklerin sağlamlığı bir kez daha birlikte kontrol edilir.

Beyin haritası tekniğinde bir beyin haritası temel bir kelime (kavram) ve bu kelimeye bağlı (bu kavramla ilişkili) diğer (5 - 10 tane) temel kelimelerden oluşur. Daha sonra bu yeni temel kelimelere bağlı olan diğer fikir veya kelimeler yazılarak genişletilir. Bu yolla beyinler fazla zorlanmadan hızlı bir şekilde çok sayıda fikir oluşturulabilir (Taşel, 2010). Bu teknikte:

- Temel kelimeyi belirleyin.
- Kelimeyi kâğıdın ortasına mümkünse konuyla ilgili bir resimle ve renkli olarak yazın.
- Bağlantılı konuları dallandırın ve her konuyla ilgili temel kelimeleri yazın.
- Yeni dallanmış temel kelimelerin alt dallarını tamamlayın.
- Bu yöntem uygulamayla birlikte pek çok yarar getirir.
- Her yeni fikir doğru yere yerleştirilebilir.
- Her kavramı tek bir kelimeye indirgemeyi destekler.
- Sonuçta fikirler gözle görülebilir hale gelir ve böylece kolayca görsel hafızaya yerleşebilir.

- Daha çok fikir göz önünde tutulabilir.
- Kolay bir çalışma ortamı sağlar.
- Takım çalışmasına uygun bir tekniktir.

Kıyaslama İngilizce “Benchmark” kelimesinin karşılığıdır. Bir harita bilimi terimi olan Benchmark; “Bilinmeyen bir konumdaki nesnenin yerini belirlemek için, konumu bilinen bir referans noktasına konulan işaret” demektir. İş dünyasında Benchmarking; “Kıyaslama, başkalarından öğrenme, başka kurum veya süreçleri örnek alma” demektir. Basit araştırma ve kıyaslamalarla herhangi bir işletme için yıllardır önemini koruyan bir sorun bile kolaylıkla bertaraf edilebilir. Bu bağlamda göz ardı edilmemesi gereken bir araçtır (Taşel, 2010).

SWOT; İngilizce “Strenght” (güçlü yönler), “Weakness” (zayıf yönler), “Opportunity” (fırsatlar), “Threat” (tehdit ve tehlikeler) kelimelerinin baş harflerinin birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. SWOT analizi, kısaca organizasyonda iç ve dış durum değerlendirmesi yapılması demektir. Organizasyonda önce “içi durum analizi” yapılarak organizasyonun güçlü ve zayıf yönleri ortaya konulur. Daha sonra da “dış durum analizi” yapılarak rakip firmalar karşısındaki durumu, pazardaki fırsatlar ve tehditler tespit edilmeye çalışılır (Kırım, 1998).

FMEA; sistem, tasarım, servis ve süreçler gerçekleştirilmeden önce oluşabilecek hataların belirlenmesi ve bu olası hataların sistem, süreç, tasarım ve servis üzerindeki dolayısı ile müşteri üzerindeki etkisinin ve hataların nedenlerinin belirlenmesi analizidir. Ayrıca kötü tasarımdan kaynaklanan sorunların belirlenmesinde kullanılan faydalı bir tekniktir. Amacı tüm üretim sisteminde hataya neden olabilecek donanımları ve ya bölgeleri işaret edip ortaya çıkarmaktır (Taşel, 2010).

FMEA, potansiyel sorunları tanımlamak ve öncelik sırasına koymak için kullanılır. Uygulamak için belirli bir izlekü izlemek ise sistematik bir FMEA uygulaması için şarttır. FMEA Adımları ve kilit kavramları aşağıda açıklanmıştır (Taşel, 2010).

- Ürün/hizmet veya süreci tanımlanır: Çıkabilecek potansiyel sorunların(hata tipleri) listesini yapılır. Potansiyel sorunlarla ilgili düşünceleri, beyin fırtınası, süreç analizi, kıyaslama yapmak gibi çeşitli yöntemler yoluyla ortaya atılabilir. Bunlar süreç adımı veya ürün/hizmet unsuru yoluyla gruplanabilirler. Önemsiz sorunlardan kaçınılmalıdır.

Sorun; ciddiyeti, olma olasılığı ve belirlenebilirliğine göre değerlendirilmelidir. Her potansiyel sorun için her etkene 1'den 10'a kadar bir puan verilir. Daha ciddi sorunların puanı daha yüksek olmalıdır. Belirlenmesi zor olan sorunlar da yüksek puan gerektirir. Bunlar, çeşitli yargılamalar olabileceği gibi tarihi veya test verilerini de temel alabilir.

“Risk Öncelik Faktörü” veya RÖF’ü hesaplanır ve faaliyetler öncelik sırasına göre dizilir: Bu üç skoru çarpmak, genel risk düzeyini verir. Tüm sorunların RÖF’ünü ekleyerek, süreç veya ürün/hizmet için toplam risk elde edilir. Riski azaltmak için faaliyetlerde bulunulmalıdır: Öncelikle, en önemli potansiyel sorunlar üzerinde odaklanarak daha sonra ciddilik, meydana gelme ve belirlenebilirlik etkenlerinin biri veya hepsini azaltmak için bölebilirsiniz. Bu aracın en önemli yararlarından biri, sorun yönetme kaynaklarınızın en büyük yararı sağlayacak şekilde kullanılmasını sağlamaktır, ama bu kaynaklar da sonsuz değildir.

$$RÖF=(\text{olayın olma olasılığı} \times \text{belirlenebilirliği} \times \text{ciddiyeti}) \quad (3.1)$$

Olma olasılığı, hata sıklığıdır. Hatanın hangi sıklıkta karşımıza çıkacağını belirlememizle bulunur. Belirlenebilirliği, yakalanma olasılığıdır. Bu hatanın nerede yakalanacağını ya da yakalanamayacağına göre değer alır. Ciddiyeti ise hata sonuçlarının etkileridir. İki temel nokta vardır. Bu sonuçlar bizi ne kadar etkiler ve bu sonuç müşterileri ne kadar etkiler. Bunlardan biri temel alınarak hesaplama yapılmalıdır.

Hata türü ve etkileri analizinin zayıf yönü bu analizin genelde firma içindeki mühendisler ve teknisyenler tarafından yapılmasıdır. Bu kişilerde ürünle ilgili tüm teknik bilgiler bulunmakla birlikte, söz konusu kişiler olayın geneline göremezler. Bunun için tedarikçilerin, müşterilerin ve özellikle servis personelinin de analizi yapabilecek ekibe katılmaları gerekir (Taşel, 2010).

3.5. Kontrol (Control)

Son aşama olan kontrol aşamasının amacı, ekibin elde ettiği getirilerin kalıcı olmasını sağlamaktır. Bu da, bundan sonra gelen işlerin farklı şekillerde yapılabilmesine yardımcı olabilecek izleklerin ve iş talimatlarının oluşturulması anlamına gelir. Bu aşamada yapılması gerekenler şunlardır (Demiralp, 2014):

- Yeni, iyileştirilmiş izlekleri belgelendirmek
- Herkesi eğitmek

- Anahtar “hayat belirtilerini” izlemek için izlekler geliştirmek
- Sürmekte olan yönetim işlerini, süreç sahibine aktarmak
- Projenin belgelendirilmesini tamamlamak

Sekil 3.20.’de kontrol aşaması faaliyet süreci gösterilmiştir (Polat ve diğ., 2005a).



Şekil 3.20. Kontrol aşaması faaliyet süreci

Kontrol fazında kontrol için teknik metotlara karar verilir ve durum planı oluşturulur. İyileştirme yapıldığında önemli olan onu kalıcı tutabilmektir. Teknik kontrolün metodu temelde yeni süreç içinde ne kadar yer ettiğidir. Yeni sürecin standardizasyonu ne kadar iyi olduğu ile ilgilidir. Kontrol kartlarıyla süreçler takip edilebilir ve istikrarlı, tekrar edebilir olduğu bu şekilde izlenebilir (Eckes, 2003).

Durum planı veri toplama planına benzerdir. İyileştirmeden sonra sonuç olarak yeni süreç haritası çıkartılır. Yeni süreç için müşteri tarafından geçerli kılınan en önemli ölçüler, spesifikasyonlar, hedefler, kullanılan veri toplama formları, takım tarafından seçilen kontrol metotları ve en dikkate değer iyileştirmeler kayıt altına alınır (Eckes, 2003). Bu aşamadaki başarı, diğer dört aşamada ne kadar iyi sonuçlar elde edildiğine bağlıdır. Kabul edilebilir bir zaman aralığında gelişim sağlayan değişkenler, süreçteki yerlerine sabitlenmektedir. Başarılı performansın uzun dönemde korunabilmesi için, hareket planları ve eğitim programları oluşturulmaktadır (Doğın ve Demiral, 2008). Bir kere ilerleme fark edildiğinde amaç, süreci kontrol etmek ve Altı sigma girişimini sürdürmektir. Kontrol çizelgeleri, ön kontrol çizelgeleri gibi araçlar, sürecin devamlılığını sağlamak için kullanılır.

Altı sigma girişimini sürekli canlı tutmak amaçtır (Gupta, 2004). Bu aşamanın amacı uygulanan iyileştirme planını ve elde edilen sonuçları değerlendirmek ve elde edilen

kazançların sürdürülmesi ve arttırılması için yapılması gerekenleri ortaya koymaktır (Taşel, 2010).

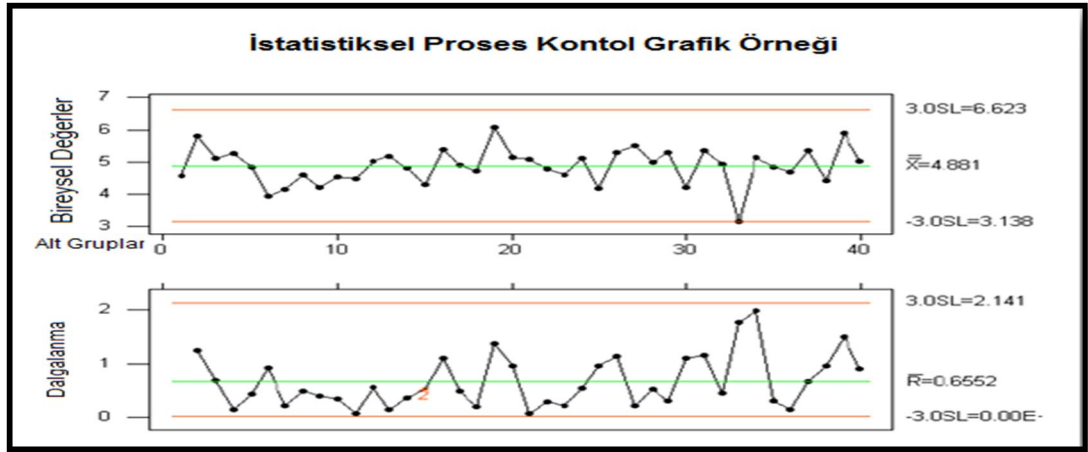
Bir süreci iyileştirmek kadar, elde edilen başarının sürekliliğini sağlayarak korumak ta önemlidir. Günümüz işletmelerindeki en temel problemlerden başlıca olanı nasıl başarılı olunacağından ziyade nasıl başarılı kalınacağıdır. Başarının sürdürülememesi neticesinde tüm çaba ve kaynakların boşa gitmesine yol açmaktadır. Bu nedenden dolayı "Kontrol" aşaması uzun vadede proje başarısı ve işletme başarısının sürdürülebilmesi gibi konular bakımından Altı Sigma'nın en önemli ve atlanmaması gereken aşamalarındandır (Işığışok, 2005).

Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar (Köse, 2009):

- İPK (İstatiksel Süreç Kontrol)
- Kontrol Kartları
- Önce-Sonra Analizleri
- Standardizasyon
- Dokümantasyon
- Veri Toplama
- Akış Diyagramları
- Güvenilirlik
- Kalite Kontrol Süreci Kartı

İstatistiksel süreç kontrol, bir süreç içindeki değişikliği ölçmek ve değerlendirmek için kullanılan ve sürecin kontrol sınırlarının içinde kalmasını gözlemlemek için kullanılan bir yöntemdir. Süreçten elde edilen veriler Kontrol grafikleri yardımıyla izlemeye alınır (Karagöz, 2006). İstatistiksel süreç kontrolünü, klasik yöntemlerden ayıran en önemli özelliği; ürünlerin birer birer ölçülmesi ve istenilen toleransın sağlanıp sağlanmadığının kontrol edilmesi gibi klasik %100 kalite kontrollerinden farklı olarak sistemin doğasında olan değişkenler üzerine yoğunlaşmasıdır. Bu bakımdan İPK yaklaşımı hem ürün özelliklerinin, hem de süreç özelliklerinin ölçülmesi ve izlenmesini kapsamaktadır. Şekil 3.21.'de bir İPK örneği verilmiştir.Kontrol aşamasının çıktıları (Sevinç, 2013):

- İyileştirmeye konu olan sürecin son durumu,
- İyileştirme sonucu sağlanan kazançlar,
- İyileştirme sonucu ortaya çıkan fırsatlar ve tavsiyelerdir.



Şekil 3.21. İstatistiksel süreç kontrol kartı örneği

Kontrol Aşamasında özetle (Öztürk, 2012):

- İlk dört aşama sonunda sağlanan kazançlar değerlendirilir,
- Bu kazançların nasıl sürdürülebileceği ve arttırılabileceği kararlaştırılır,
- Altı Sigma'nın güçlü araçları yardımı ile en küçük başarıların dahi kalıcı olması sağlanır.

Altı Sigma'nın tamamlayıcı unsurlarından birinin de kullanılan araçlar olduğu dikkatlerden kaçmamalıdır. Altı Sigma'da araçların kullanımına ilişkin bazı yararlı tavsiyeler aşağıdaki gibi verilebilir (Yiğit, 2009):

- Bir aracı sırf "daha önce kullanmadığınız için" kullanmayın, kullanacağınız bir aracı seçerken daima açık sebepleriniz olsun.
- Altı Sigma araç grubunda çeşitli araçlar vardır. Dolayısıyla, projenizde size yardımcı oluşabilecek farklı araçlar da bulunabilir. Bu yüzden arasından seçim yaparken de dikkatli olmalısınız.
- Gereğinden fazla karmaşıklıştırmayın. Seçilen aracın karmaşıklığı, eldeki durumla uyuşmalıdır.
- Herkesin anladığı ve yanlış sonuçlara yönlendirmediği müddetçe kendiniz de bir araç oluşturabilirsiniz.
- Bir araç ise yaramazsa başka birini deneyin.

4. DÜNYADA VE TÜRK YEDE ALTI SIGMA UYGULAMALARI

4.1. Dünyada Altı Sigma

Motorola ile hayata geçirilen “Altı Sigma” çalışmaları, 1995’li yıllarda diğer dünya şirketlerinin de ilgisini çekmeyi başarmıştır. Kısa süre içinde Altı Sigma yöntem bilimine uyum sağlayan şirketler kârlılıklarında önemli miktarlarda artış elde etmişlerdir. 1999 yılı Fortune 500 listesindeki şirketlerin 40’ı ve bu 500 içinde ilk 100’e girenlerin de 14’ü Altı Sigma çalışmalarını şirket bünyesinde sürdüren firmalar olmuştur (Gürcan, 2000). Altı Sigma yönetim anlayışını birçok işletme tarafından uygulanmaktadır.

Tablo 4.1. Altı Sigma uygulayan firmalar

3M	First Data Corporation	Noranda
ABB	GE	Nylex Polymer Products
Alcoa	Glaxo	PerkinElmer
Allied Signal	Hitachi	Peterman Europe
Amazon.com	Honda	Polaroid
American Express	Honeywell	P&G
Australian Food	IBM	Qualitran Poffesional
Avon Rubber plc	Ingram Micro	Raytheon
Alstom	IMI Norgren	Seagate Technology
BBA Group	Jaguar	Sheraton
Bendix	John Deere	Smarter Solutions
Black& Decker	Johnson & Johnson	Solectron Telecommunications
Bombardier	Johnson Control GmbH	Sony Ericsson
Burlington Industries	JP Morgan Chase	Sollac Usinor
British Telecom	Kodak	Starwood
Canon	Lear Corporation	Sun Microsystems
Caerpillar	Lloyds	Texas Instruments
Otibank	Lockheed Martin	Toshiba Europe GmbH
Conseco	Maple Leaf Foods	Varian Medical System
Cott Corporation	Maytag	Vision Systems Fire&Security
Du Pont	McKessen	Vodafone Telecommunications
Express Gift LTD	Microsoft	Volvo cars
Egg	Motorola	Xerox
Ford	Nokia	Zurich Financial Services

Tablo 4.1.'de Altı Sigma'yı uygulayan şirketlerden bazıları gösterilmiştir (URL-17). Altı Sigma çalışmaları şirketlerin kârlılıklarını arttırmakla kalmamış, aynı zamanda şirketlerin elde ettikleri tasarruflarda önemli miktarlarda değişikliğe neden olmuştur. Tablo 4.2.'de bazı şirketlerin elde ettikleri tasarruflar gösterilmiştir (Uslu, 2002).

Tablo 4.2. Şirket bazında Altı Sigma'da sağlanan kazançlar

FİRMALAR	KAZANÇ	SÜRE
General Electric (GE)	1,5 Milyar \$	3 yıl
Motorola	2,2 Milyar \$	2,6 yıl
Alied Signal	1,2 Milyar \$	2 yıl
ABB	900 Milyon \$	1 yıl
Texas Instruments	600 Milyon \$	1,8 yıl
Nokia	300 Milyon \$	2 yıl
Siebe PLC	100 Milyon \$	9 ay

- Motorola ve Altı Sigma

Altı Sigma'yı ilk uygulayan dünya devi Amerikan telekomünikasyon devi Motorola olmuştur. Rekabet üstünlüğü yaratmaya ilişkin 1988'de Motorola'da uygulanmaya başlanan 6 Sigma, kalitenin ciddiyetle ele alınmasını sağlayan önemli bir işletme deneyimidir (Gürçan, 2000).

Aslında Motorola Şirketi'nin yöneticileri de diğerlerinden pek farklı değildi. Onlarda yaşadıkları problemlerin çözümünü diğer pek çok şirketin yöneticisi gibi şirket dışında arıyorlardı. Ta ki Japon firması, Motorola'nın ABD'deki bir televizyon fabrikasını satın alana kadar. Fabrika yönetimi Japonlara geçtikten sonra hata oranının bir anda 20 kat azalması, Motorola yöneticilerinin ilk kez kendi yönetim şekillerini sorgulamasına neden olmuştur. İşe, yöneticilerin kendi bölümlerinin kalitesinden sorumlu tutmakla başladılar. Böylece kalite güvence bölümünün görevi de, bölüm yöneticilerine kaliteyi başarmalarında yardımcı olmak, onlara kalite danışmanlığı ve eğitimi sağlamak olarak değiştirildi (Şahin, 2006).

Motorola, kalite ölçümünü somutlaştırmak için MHO: Milyonda Hata Olasılığı - bir milyon işlem basamağında hata yapma olasılığı kavramını geliştirdi ve 1985 yılından itibaren bu ölçütü uygulamaya koydu (URL-18). 1987 yılında üst yönetimin kalite iyileştirme konusundaki iddialı gayretlerinin etkisi ile Altı Sigma hedefi, yani bir milyon basamakta 3,4 hata hedefi belirlendi. Bu aynı zamanda müşteri ihtiyaçlarını kusursuza yakın karşılama hedefiydi (URL-19). Bu hedef şirketin tüm kademelerinde uygulanarak daha verimli sonuçlar doğurmuştur. Motorola 10 yılda 13 milyar \$ net getiri elde etmiştir. Motorola 220 bin \$ yatırım yapmasına rağmen, 6,4 milyon \$'lık

maliyet iyileştirmesine ulaşmış, ulaşılan bu tablo, büyük şirketleri de Altı Sigma'ya yöneltmiştir (Şahin, 2006).

Altı Sigma'yı tüm süreçlerinde uygulamayı başaran Motorola, Altı Sigma'yı altı aşamada uygulamıştır. Bunlar (Pande ve diğ., 2000):

- Ürünleri ve hizmetleri belirleme
- Süreçleri belirleme
- Müşterilerin istek ve ihtiyaçlarını belirleme
- Tedarikçilerin belirlenmesi
- Ürün, hizmet ve süreçlerin oluşumuna katkıda bulunmayan çabaları ve hataları ortadan kaldırma
- Bu adımların sürekli olarak tekrarlanması şeklinde sıralanmaktadır.

• GE ve Altı Sigma

Altı Sigma'nın popülerleşmesindeki diğer bir önemli husus ise; 1995 yılında, General Electric'in , "Altı Sigma Akademisi" ile kendi eğitim programlarını geliştirmek için sözleşme imzalamasıdır. Burada şirkette CEO konumunda olan Jack Welch, tüm kademelerdeki her çalışanını Altı Sigma eğitimleri ve problem-çözüm yaklaşımlarının bir parçası olmaya zorlamıştır (Allen, 2008).

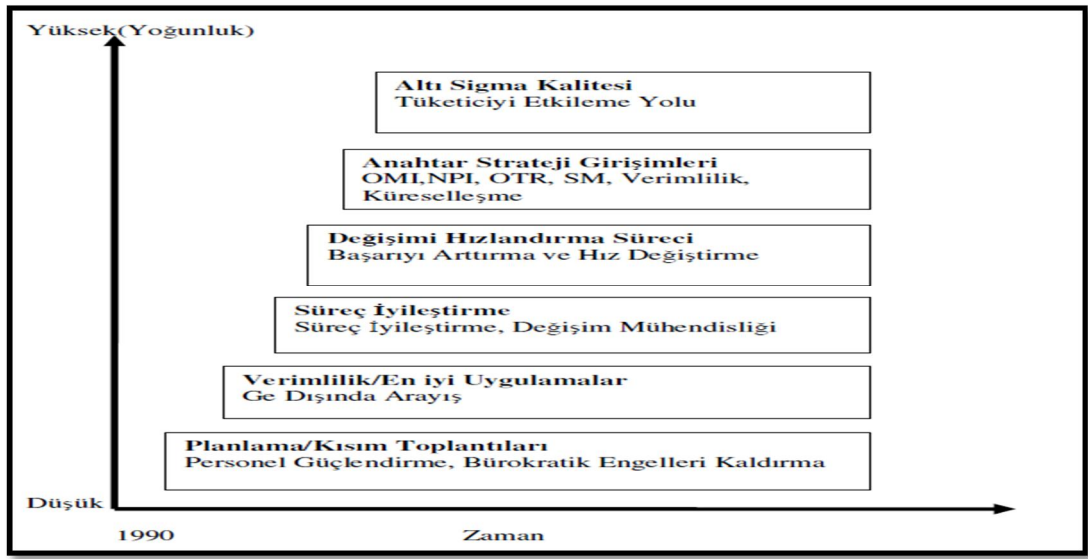
General Electric (GE)'nin CEO'su olan Jack Welch, şirketi, lider olmadığı iş kollarından çekmiş, çalışan sayısını 412 binden 229 bine indirmiş, hiyerarşi basamaklarını 9-12'den 4-6'ya çekmiştir. Bugün GE, faaliyette bulunduğu 12 iş kolunda lider konuma gelmiştir. Ciro ve kârını 10 yılda ikiye katlamış ve verimlilik artışı %2'den %5'e çıkmıştır. Welch, 1995 yılı sonlarında, işletmenin daha da başarılı olabilmesi için Altı Sigma ile ilgili çalışmalarına başlamıştır. Bu kez yapılanma için değil, yeni bir işletme ve yönetim stratejisi için adımlar atılmıştır. Hedef; kaliteli ürün, düşük maliyet ve yüksek müşteri tatminidir (Kiriş, 2003).

Jack Welch, 20 yıl boyunca GE'de CEO'luk görevi yapmış, GE'nin dünyanın en iyi şirketlerinden biri haline gelmesinde önemli katkı sağlamıştır. Jack Welch GE'de uyguladığı temel is stratejilerini zaman durumuna bağlı olarak dört ana aşamaya bölmektedir (Polat ve diğ., 2005b). Bu aşamalar:

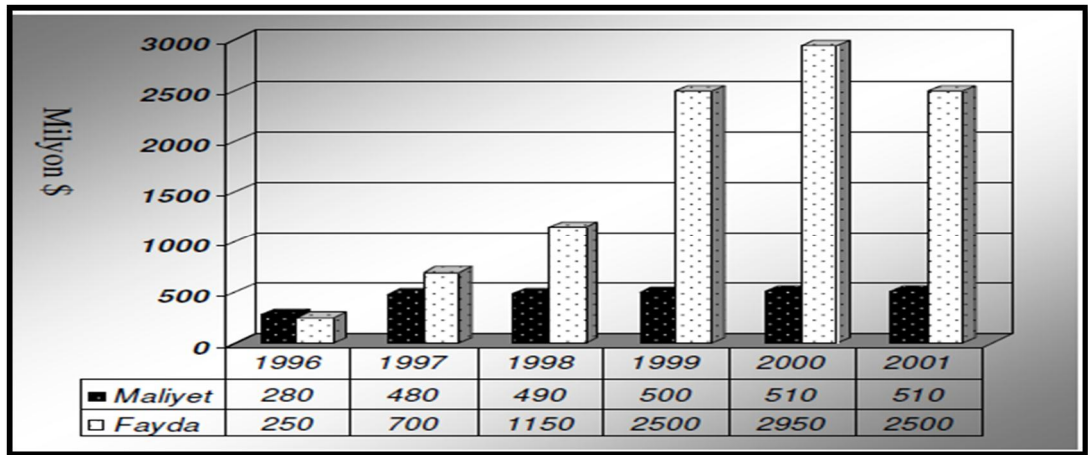
- Rekabetin çok yoğun olduğu, kârlılığın ve katma değerinin düşük olduğu iş kollarından GE'yi çıkarmak
- Katma değeri olmayan işlerin şirket süreçlerinden temizlenmesi ve dinamikleşme

- İş sonuçlarındaki değişkenliğe karşı verilen savaş (Altı Sigma)
- 2000 yılından sonra bilgi çağı değişimine paralel olarak dijitalleşme

GE, Altı Sigma'yı mükemmel yakın ürünler ve hizmetler geliştirme ve teslim etme üzerinde odaklanmaya yardımcı olan son derece disiplinli bir süreç olarak tanımlamaktadır. Altı Sigma, gerçekleştirdiği her şeyde ve tasarlanan her üründe GE'nin örgütsel yapısını değiştirmiştir. GE kalite üzerinde 1980'lerin sonunda odaklanmaya başlamış ve değişik süreçlerden geçerek bugünkü Altı Sigma düzeyine ulaşmıştır. Bu süreç Şekil 4.1.'de gösterilmektedir (Özen, 2005) .



Şekil 4.1. GE'de kalitenin gelişimi



Şekil 4.2. GE'de Altı Sigma uygulama sonuçları

GE'nin Altı Sigma alanında bu başarısı maliyet ve kâr verilerine de yansımış, şirket 5 yıllık kısa bir sürede önemli kazançlar elde etmiştir. GE, Altı Sigma uygulamalarına 1996-2001 yılları arasında yaklaşık 2,7 milyar \$ yatırım yaparken bu yıllarda

yaklaşık 10 milyar \$ verimlilik artışı sağlamıştır. Özellikle şirket 2000 yılında maliyetinin 6 katı kadar verimlilik artışı sağlamıştır (Köse, 2009). Bu süreç Şekil 4.2.'de gösterilmektedir.

- Honeywell/Allied Signal ve Altı Sigma

Allied Signal'in iş geliştirme ofisi, fonksiyonel yeteneği artırma, firmalar arası sinerji yaratma ve yeni ürünler geliştirme konularında görevlendirilmiş bir yöntemdir. İş geliştirme yöntemi, tüm bunları karşılamak üzere, 1994 yılının sonlarında kalite geliştirme programlarına başlayarak Altı Sigma programını uygulamaya geçirmiştir. Allied Signal, geleneksel olarak değişkenliği azaltan istatistiksel yöntemi felsefe olarak ele almış ve süreçlerin iyileştirilmesine odaklanmıştır. Altı Sigma, mühendislik prensiplerini, çok fonksiyonlu ekipleri, proje yönetimini, çevrim sürelerini azaltan tasarım prensiplerini de kapsadığı için müşteriler için çok daha fazla değer sağlamıştır.

Allied Signal 1998 yılında Altı Sigma ile pazarda % 6 oranında verimlilik ve % 13 oranında kâr artışı hedefi sağlamıştır. Altı Sigma metodolojisinin uygulanması sonucunda, şirket, 1998 yılında 500 Milyon \$ kazanarak Pazar payını % 25 arttırmış, kapasitesinde % 30'luk artış sağlayacak 9 Milyon \$'lık gelir artışı sağlamıştır (Henter ve Schmit, 1999).

Allied Signal liderleri Altı Sigma'yı yalnızca bir sayı olmaktan daha farklı algılamaktaydılar. Onlara göre Altı Sigma, ellerinin altındaki her türlü aracı kullanarak ve kullandıkları yöntemleri yeni bastan düzenlemekten asla çekinmeden mükemmel standarta ulaşmak hedefleriydi. Altı Sigma, Allied Signal'i üç farklı açıdan etkilemiştir (Truscott, 2003):

- Yeni ürünler ile başarı oranları artmıştır
- Çevrim sürelerini azaltarak, pazardaki hızlarını arttıracak rekabetçi avantaj kazandırmıştır
- İşler daha hızlı yapılarak, maliyetler azaltılmış ve daha az kaynakla daha fazla iş yapabilir konuma gelmişlerdir

4.2. Türkiye'de Altı Sigma

Dünyada ekonomik alanda yaşanan globalleşmenin Türkiye'ye ve Türk şirketlerine etkisi büyük oldu. Özellikle de son birkaç yılda yaşadığımız ekonomik krizler Türkiye'deki işletmelerin vizyonlarını dünyaya yöneltmeleri gerektiğini ortaya

çıkarmıştır. Rekabet güçlerini artırmalarını, verimlilik ve değer yaratma kriterlerini gözden geçirmelerini, kârlarını artıracak yöntemleri uygulamalarını kaçınılmaz bir sorumluluk haline gelmiştir (Şahin, 2006). Ancak firma düzeyinde, Altı Sigma düzeyi ile verimsizliği “kalitesizlik maliyetleri” cinsinden karşılaştıran çalışmalar şöyledir:

- 3 sigma kalitesizlik maliyeti cironun % 25'i kadar
- 4 sigma kalitesizlik maliyeti cironun % 15'i kadar
- 5 sigma kalitesizlik maliyeti cironun % 10'u kadar
- 6 sigma kalitesizlik maliyeti cironun % 5,0 'i kadar
- 7 sigma kalitesizlik maliyeti cironun % 2,5'i kadar

“Kalitesizlik maliyeti” basitçe; “doğru işleri doğru yapmamanın toplam maliyeti” ya da “çöpe giden para” olarak tanımlayabiliriz. Türkiye’deki işletmelerin çoğunda -çöpe giden para- 3 Sigma seviyesinde çalışmalar söz konusudur. Türkiye’nin Altı Sigma yaklaşımını kullanıp çok çok daha kaliteli, hata kaynaklarını yok ederek üretimler yaparak, gelirlerini % 75-100 düzeyinde artırması mümkündür (Bikmen, 2015). Türkiye’deki firmaların Altı Sigma uygulamaya başlama nedenleri olarak verimlilik ve maliyet avantajı sağlamak, 2001 yılında ekonomik kriz yaşanması, ihracat yapılan firmaların istekleri gibi nedenler sayılabilmektedir. Türkiye’de, TEI, Arçelik, Eczacıbaşı Vitra, Borusan, Kordsa, Profilo, Çimtaş, Kalekim, Ford, Fırat Plastik, Bosch gibi firmalar Altı Sigma’yı başarı ile uygulayan firmalardandır (Tatlı, 2013).

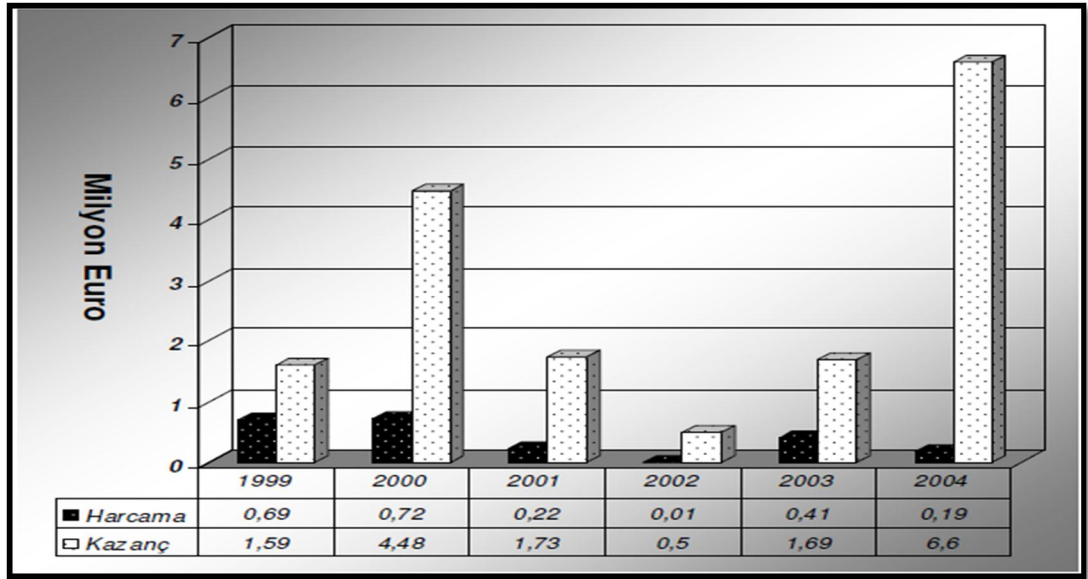
• TEI ve Altı Sigma

1996 yılından itibaren süreçlerinde Altı Sigma metodolojisini kullanmaya başlayan Türkiye’deki ilk şirket Eskişehir’de faaliyet gösteren TEI (Turkish Engine Industry) firmasıdır. Şirketin hisselerinin büyük bir kısmı da General Electric’e aittir. TEI Genel Müdürü Tayfun Mutlu; Altı Sigma uygulaması için şöyle demiştir:

“Kârlılıkta ve verimlilikte yüksek getiriler sağladık. Tüm süreçlerde hata oranını milyonlarda 3’e kadar indirmeyi başardık” (Şahin, 2006).

• Arçelik ve Altı Sigma

Türkiye’de Altı Sigma’yı ikinci olarak ve 1998 yılında uygulamaya başlayan firma ise Arçelik ’tir. Arçelik Türkiye’de Altı Sigma’yı uygulanan ilk Türk sermayeli şirkettir. Şirket özellikle üretim temelli süreçlerinde Altı Sigma’yı oldukça geniş kapsamlı olarak uygulamıştır. Başlangıçta Altı Sigma’yı üretim süreçleri ile sınırlı tutan firma, 2002 yılı itibariyle yöntemi hizmet süreçlerini de kapsayacak şekilde yeniden yapılandırmıştır (Polat ve diğ., 2005a).



Şekil 4.3. Arçelikte'de Altı Sigma uygulama sonuçları

Bu çalışmalar sonucunda Arçelik 2004 yılının sonu itibariyle Altı Sigma projesinden yaklaşık 14 milyon Euro kazanç elde etmiştir. Şekil 4.3'te uygulama sonuçları temsil edilmiştir (Özen, 2005). 150'ye yakın Arçelik çalışanı kara kuşak eğitimi olarak altı sigma projelerini yönetecek ve yönlendirecek düzeye ulaşmıştır. Kara kuşak eğitimleri, şirket bünyesinde bulunan uzman kara kuşaklar tarafından verilmektedir. Proje konularının belirlenmesi ve kaynak sağlanması ise şampiyonların sorumluluğunda olup günümüze kadar tamamlanan 100'ün üzerinde Altı Sigma projesinden 15 milyon \$ dan fazla net kazanç sağlanmıştır (Köse, 2009) .

- SASA- DuPontSA ve Altı Sigma

Sabancı Holding tarafından da Altı Sigma çalışmaları yapılmıştır. "Şubat 2000'de SASA- DuPontSA'da uygulanmaya başlanmış olan Altı Sigma, iki yıl gibi kısa bir sürede büyük hız kazanarak son derece başarılı noktalara ulaşmıştır. SASA-DuPontSA'da biten 5 proje olup, bunların toplam getirisi 1.347.000 \$ olmuştur (Köse, 2009).

- Ford Otosan ve Altı Sigma

Ford Otosan Altı Sigma çalışmalarına 2000 yılında başlamıştır. Dört yıl içerisinde 23 siyah, 450 yeşil kuşak yetiştirilebilmiş, tamamlanan 153 proje sayesinde 20 milyon dolara yakın bir kazanç sağlanmıştır (Köse, 2009). Ford Otosan, Altı Sigma çalışmaları sonucunda süreç kayıplarını büyük ölçüde azaltmıştır. Bu yönde yaptığı çalışmalarla, süreçlerini iç ve dış müşterilerin ihtiyaçlarını daha iyi karşılayacak

yönde geliştirmektedir. Bir kaç yıl içinde yaklaşık 27.000 projenin kayıtlı olduğu bir proje çözüm havuzuna sahip olmuş, her geçen gün bu rakama yenileri eklemektedir. Bir çok projenin çözümü, diğer Ford fabrikaları tarafından da tekrarlanarak, bir çözümün etkinliği global anlamda yaygınlaştırılmaktadır. Örneğin Ford Otosan'da yazılmış olan bir ikmal takip programı, Ford Çin'de efektif olarak kullanılmaktadır. Bu sayede hem iş kaybının önüne geçilip hem de standart süreçlerle müşteri memnuniyeti artırılmaktadır (URL-20).

- Borusan Holding ve Altı Sigma

2002 yılının basında Borusan yönetimi bir değerlendirme yaparak, bir dizi tespitte bulunmuştur. Borusan'da 2001 krizinin ardından, çok zorlu koşullarda bile yatırım yapmaya devam edecek kadar güçlü bir finansal yapı, köklü bir kurumsal kültür, sürekli yenilenen teknoloji ve yetkin insan kaynakları vardı. Fakat bu konumunu gelecekte daha da güçlendirerek sürdürmek ve büyümeye devam edebilmek için yeni bir atılım yapmak ve bir kültürel değişim sürecini başlatmak gerekiyordu. Borusan yönetimi, böyle bir atılım için dünya devlerinin başarıyla uyguladıkları Altı Sigma yönteminin en uygun yol olduğuna karar verilmiştir. Bu kararı aldıktan sonra, önce 2002 yılı basında Borusan Makine ve Borusan Güç Sistemleri'nde ve ardından kısa süre içinde tüm grup şirketlerinde Altı Sigma yöntemi uygulanmaya başlanmıştır. 1 Şubat 2002'de "Program Yönetim Ofisi" kurulmuştur. 14 Mart 2002'de grubun 150 yöneticisine iki günlük "Altı Sigma Yönetici Eğitimi" verilmiştir. 17 Mayıs 2002'de "1. Kuşak Bağlama Töreni" gerçekteştirilmiştir. Grupta Altı Sigma uygulamalarına geçiş iste bu çalışmalarla başlanmıştır (Köse, 2009) .

Borusan Holding 2007 yılını hedefleyen 5 yıllık bir stratejik plan oluşturmuş ve bu bağlamda Borusan Holding'in tüm şirketlerinde Altı Sigma felsefesini uygulayarak 2007 yılında 2 milyar \$ ciroya 150 milyon \$ vergi öncesi kâra sahip ve gerçekteştirdiği iste mükemmelliği ön planda tutan, kültür değişimini sağlamayı hedefleyen bir şirket konumuna gelmiştir.

Siyah Kuşaklar tarafından 2002 yılından itibaren gerçekteştirilen ve gerçekteştirilmekte olan toplam 256 projede, vergi sonrası kâr olarak 56 milyon \$ kazanç elde edileceği belirtilmektedir. Bu miktarın % 57'si gider azaltmayı hedefleyen projelerden, % 37'si ise gelir arttırmayı hedefleyen projelerden sağlanmaktadır. % 6'sında ise hem gelir arttırılması hem de gider azaltılması amaçlanmaktadır (Köse, 2009) .

- Eczacıbaşı ve Altı Sigma

Eczacıbaşı kuruluşlarından Vitra, Altı Sigma ile Kartal ve Bozüyük fabrikalarında birim üretim maliyetinde rekor bir sonuç elde etmiştir. Vitra'da Türkiye'de bu yaklaşımı başarıyla uygulayan şirketlerden biridir. Ocak 2003'de Kartal ve Bozüyük fabrikalarında birim üretim maliyeti açısından rekor bir sonuç elde edilerek yılda 1,5 milyon \$ tasarruf sağlanmıştır. Vitra'nın ana faaliyet alanı seramik temelli yapı gereçleri üretimi. Seramik üretimi toprağın şekillenmesi ve ısı işlemlerinden geçirilmesi ile gerçekleştirildiği için hata, fire, iskarta, tamir ve yeniden işleme kaynaklı maliyetler ve diğer sektörlere kıyasla daha fazla aşına olunan terimlerdir. Bu nedenle fabrikaların üretim bölümlerinde günlük faaliyetlerin büyük bir bölümü fire azaltma çalışmaları oluşturmaktadır. Altı Sigma proje yönetim sisteminin Vitra için çok uygun bir model olarak belirlenmesinin temel nedenlerinden biride zaten bu alanda iyileştirme kaydetme isteğidir (Köse, 2009). Vitra Genel Müdürü Şadi Burat, Vitra'da Altı Sigma ile çitayı nasıl yükselttiklerini ve başarıya nasıl ulaştıklarını şu şekilde anlatıyor:

“Vitra'da Altı Sigma çalışmaları 2002 yılında başladı. Ocak ayı sonunda Genel Müdür ve tüm müdürler dört tam gün süren “Yönetici Bilinçlendirme” eğitimi aldılar. Daha sonra 19 kara kuşak adayı beş aylık bir çalışma sürecine girdi ve her ay bir eğitim alıp kalan üç haftada projeleri üzerinde çalıştı. 20'ye yakın yeşil kara kuşak adayı da nisan-mayıs aylarında altı günlük eğitim alarak kara kuşak adaylarının proje çalışmalarına yardımcı oldular. Altı Sigma çalışmaları sonucu ile elde edilen getiriler son derece olumlu oldu. Dokuz ayrı proje ile Bozüyük fabrikamızda yıllık 1 milyon 474 bin 430 dolarlık iyileştirme gerçekleştirildi. Bu iyileştirmeler için 317 bin 200 dolarlık yatırım yapılmış ve yapılacak olup Ağustos 2002 sonunda 739 bin 350 dolarlık fiili iyileştirme sağlanmıştır” (Polat ve diğ., 2005a).

- Aselsan ve Altı Sigma

Aselsan tüm süreç çıktılarının sıfır hatayla gerçekleşmesi hedefi ile ürün basına hata sayısı ve bir milyon hata ihtimalindeki hata sayısı verilerini izleyen ve kontrol altında tutan bir sistematik oluşturmuştur. Tüm bu hata tipleri ve kaynakları kodlanmış ve kalite verilerinin ortak bir veri tabanında oluşması sağlanmıştır. Bu yol ile sistemdeki tüm hata ihtimalleri belirlenmekte ve her yeni ürün ve süreç için bu çalışma tekrar yapılmaktadır.

Kontrol sınırları dışına çıkan kalite verileri anında belirlenmekte ve ilgili birimlere bunun üzerinden uyarı mesajları gönderilmektedir. Böylece, oluşan kalite bilgisi üretici bölümlerce anında değerlendirilmekte ve hataların kaynağına inerek düzeltici tedbirler alınmaktadır (Uslu, 2002).

- Otokoç ve Altı Sigma

Bir otomotiv firması olan Otokoç, Altı Sigma uygulamaları ile ilgili olarak uzun dönemli Yeşil ve Kara Kuşak projeleri başlatmış, ilk dalgada; müşteri memnuniyeti, servis ve satış süreçleriyle ilgili sekiz adet Yeşil Kuşak projesi gerçekleştirmiş ve hedeflediği sonuçlara ulaşmıştır. Otokoç Adana'nın gerçekleştirdiği Ford Güvence Satışlarının Artırılması projesi ile satışlar altı katına çıkarılmıştır.

İlk dalga sonuçlarının olumlu olması sonucu doğru yolda olduklarını fark eden Otokoç firması halen ikinci dalgayı gerçekleştirmek için çalışmalarına devam etmektedir. Otokoç firması yaptıkları sürdürülebilirlik çalışmaları ile sağladıkları verimlilik ve yapılan iyileştirmelerle hem şirketlerinin hem de çalışanlarının kazanmasını sağlayabilmiştir. Yönetimin projelere sahip çıktığı ve sürekliliğin devamının sağlandığı sürece bu kazancın devam edeceği de düşünülmektedir (Öztürk, 2012).

- Vodafone ve Altı Sigma

Vodafone Türkiye'de, Altı Sigma yayılımına 2007 yılında başlamış, ilk önce altyapı oluşturma çalışmaları, üst yönetim/yönetim eğitimleri, proje 40 seçimleri sonrasında ise ilk yeşil kuşak projeleri hazırlanmıştır. Yapılan Altı Sigma çalışmaları ile müşteri memnuniyetinde artış, operasyonel mükemmellik, maliyet kazancı gibi olumlu sonuçlar sağlanmıştır (URL-20).

- Aksa ve Altı Sigma

Aksa Akrilik firmasının Altı Sigma uygulamaları sayesinde yıllık getirisinin toplam 4.000.000 \$'ın üstünde olduğu görülmektedir. Aksa Akrilik, Altı Sigma uygulamaları ile birlikte, sürekli öğrenen firma kültürünü kurmayı başarmışlardır (URL-20, 2015).

- Erkunt ve Altı Sigma

Erkunt Döküm Sanayi Altı Sigma uygulamalarına, 2003 yılının son çeyreğinde başlamıştır. İlk projelerin başarı ile sonuçlanmasının proje sürdürülebilirliği açısından önemli olacağı düşünülerek az sayıda proje ile işe başlanmıştır. Bu doğrultuda 3 adet kara kuşak projesi belirlemiş, kara kuşak seçim kriterlerine göre belirledikleri üç mühendisin eğitimlere katılmalarını sağlamışlardır. Az sayıda projeye odaklanan ERKUNT çalışanları, derinliği olan ve geleneksel proje sonuçlarına göre radikal başarılar elde eden sonuçlara ulaşmışlardır. İkinci aşamada yayılıma ağırlık verirken

mevcut yetişmiş kara kuşaklarımızın yeni projeler yapmalarında ısrarcı oluk. 6 kara kuşak ve 18 yeşil kuşak yetiştirmişler, bu çalışmalar ile 15 kara kuşak ve 13 yeşil kuşak projesi tamamlamış, 2.600.000 Euro proje kazancına ulaşmışlardır (URL-20).

- Çimtaş ve Altı Sigma

16. Ulusal Kalite Kongresi'nde Büyük Ölçekli İşletmeler kategorisinde Ulusal Kalite Başarı Ödülünü Çimtaş Boru almıştır. Çimtaş Grubu altında ilk Altı Sigma çalışmalarına 2001 yılında başlamışlardır. Sürekli müşterileri olan General Electric şirketinin başarılı uygulamaları, Çimtaş'ı etkilemiştir. Kurumsal gelişimlerinde önemli faydalar sağlayacaklarına inanarak, bu yönde liderlik vasıflarıyla kuvvetli elemanlarını seçip eğitimler aldirmişlar, öncelikle üretimde kalite, verimlilik artışı ve maliyet tasarrufu amaçlı projeler yaptırarak ilk kazanımlarını 2001 ve 2002 yıllarında sağlamışlardır. Firmada Altı Sigma uygulamaları ile birlikte projelerin şirket içi önem ve itibarı artmış, şirket içi iyileştirme kültürünün hızla yayılmış, şirket içi iletişim kuvvetlenmiş, projeler hızlı ve etkin sonuçlar vermiştir (URL-20).

Tablo 4.3.'te Türkiye'de Altı Sigma uygulayan firmalar listelenmiştir (URL-17). Altı Sigma yöntem bilimi, uygulayan firmalara verimlilik, kârlılık ve maliyetler açısından birçok üstünlük sağlamıştır. Henüz Türkiye'de büyüme ve gelişme aşamasında olan Altı Sigma yöntemi özellikle büyümek isteyen şirketler için iyi bir stratejik araç olacak ve Türk sanayisinde hak ettiği yeri bulacaktır.

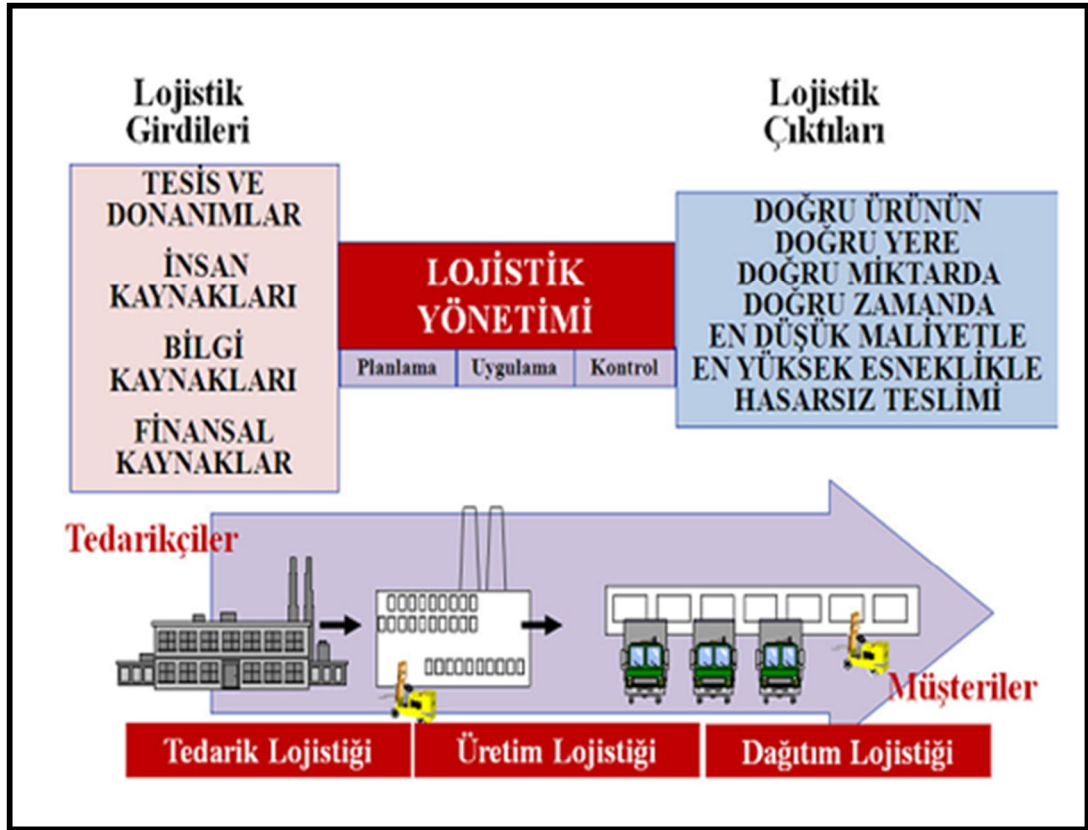
Tablo 4.3. Türkiye'de Altı Sigma uygulayan firmalar

AKSA	Çimtaş	Kalekalıp	Sasa
Arçelik	Dow Chemical	Kalekim	Schneider
Birleşik Oksijen Sanayi	Dupont	LG	Sheraton
Borusan	EGO	Martur	TEBA
Bosch Dizel Sistemleri	Erkunt	Petrol Ofisi	TEI
Bosh Siemens	Ford	Profilo	Vitra
Coates	General Electric	Rexam	Vodafone
Otokoç	Aselsan	Eczacıbaşı	

5. LOJİSTİK VE ÇLOJİSTİK

5.1. Lojistik

Bu bölümün temel amacı modern üretim sistemlerini benimseyen şirketlerde, şirket performansı açısından lojistik faaliyetlerin önemini vurgulamaktır. Şirketler için lojistik yönetimi, zorlaşan piyasa şartlarında lojistik faaliyetlerin önemli bir rekabet ve yarış unsuru olması sebebiyle değer kazanmıştır. İşletme değerinin artırılması, müşteri memnuniyeti yaratılması ve işletme başarısının sağlanmasında lojistik faaliyetlerin katkısı çok büyüktür. 1990'ların sonundan itibaren pazarda ve müşteri beklentisinde yaşanan farklılaşma nedeniyle şirketler için piyasada tutunabilme; tedarik zinciri ve lojistik faaliyetlerinin optimizasyonu anlamına gelmiştir. Bu sebeple işletmelerin amaçlarında başarıya ulaşabilmesi büyük oranda Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) ve Lojistik Yönetimi'ne (LY) bağlıdır. Şekil 5.1.'de LY'nin kapsamı görülmektedir (Tanyaş, 2015).



Şekil 5.1. Lojistik yönetimi

Teknolojide yaşanan hızlı değişim ve gelişmeye bağlı olarak, iletişim olanaklarında yaşanan artış neticesinde müşteri farklılaşmış, aldığı ürün ve hizmetlerde kalite beklentisi artmıştır. Oluşan yeni pazarlar yanında birçok pazar bölümlerinin ortaya çıkması ve ürünlerin küreselleşmesi sonucunda finans kaynakları da küreselleşmiş ve yerel rekabetten küresel rekabete geçilmiştir (Kavrakoğlu, 1994). İşletmelerin maruz kaldığı yoğun rekabet koşullarında yaşamlarını devam ettirebilmeleri; rekabetçi yönlerini geliştirebilmelerine, müşteri beklentilerinin üzerine çıkabilmelerine ve yaptığı faaliyetlere değer katabilmelerine bağlıdır. Bu da lojistik yönetimin başarılı bir şekilde planlanıp, uygulanmasıyla gerçekleşebilir. Bununla beraber TZY ve LY faaliyetleri, işletmelerde fark yaratan faaliyetler olarak algılandığı için rekabet gücü ve müşteri memnuniyeti kazanma açısından da değerlendirilirler. Günümüzde iş hayatını şekillendiren gelişmeler ve yaşanan hızlı değişim işletmelerin dinamik olmalarını gerektirmektedir (Kasımoğlu, 2002). Özellikle müşteri beklentilerinin üzerinde ürün ve hizmet sunmak rekabetçiliğin temel gereksinimlerindedir.

Lojistik faaliyetlerde üretilen değerin arttırılması adına yapılan çalışmalar, hem çalışanların hem de akademisyenlerin ilgisini gün geçtikçe daha da çok üzerine çekmektedir. Bu eğilim sonrası ortaya çıkan pek çok yazı, yazılım, bilgisayar algoritmaları ve karar destek teknikleri lojistiğin modern üretim sistemleri için önemli faaliyetler içerisinde yer aldığını göstermektedir.

5.1.1. Lojisti in tanımı

Lojistik kavram olarak 19. yüzyılın sonlarında kullanılmaya başlanmış ve 20. yüzyılda işletme literatürlerine girmiştir. Lojistik, geleneksel olarak askeri terminolojide kullanılan “Savaşta veya askerî harekâтта, yol, haberleşme, sağlık, yiyecek, içecek, silah sağlama vb. çok yönlü hizmetleri en akılcı, etkili ve seri bir biçimde plan ve programa bağlayıp uygulayan hizmetler bütünü” olarak tanımlanmıştır (URL-21). Lojistik kavramının çok eski bir kavram olduğu tarihsel gelişiminden de anlaşılacaktır. Yunanca “logisticos” kelimesinden türemiş olup, hesap kitap yapma bilimi ya da hesaptan beceri anlamına gelmektedir (Koban ve Keser, 2007). Kelimenin etimolojisine inildiğinde Latince kökenli olup, mantık anlamında “Logic” ve istatistik, hesap anlamında da “Statics” kelimelerinin belirleştirilmesinden doğan “Mantıklı Hesap” anlamına gelen bir kavramdır (URL-22, 2015).

Kullanıldıkları yerlere göre lojistik kavramını karşılayan pek çok tanım vardır. En yaygın olarak kullanılan tanım 1991’de Lojistik Yönetim Konseyi, CLM (Council of Logistics Management) tarafından şöyle tanımlamıştır:

“Müşterilerin gereksinimlerini karşılamak üzere her türlü ürün, hizmet ve bilgi akışının, hammaddesinin başlangıç noktasından, ürünün tüketildiği son noktaya kadar olan hareketinin, etkili ve verimli bir biçimde planlanması, uygulanması, taşınması, depolanması ve kontrol altında tutulması yöntemidir” (Ersoy, 2015a).

Lojistik kavramının kapsamı ve içeriği dikkate alındığında kapsamlı bir tanım Dr. Hakan Keskin tarafından şöyle yapılmıştır:

“Lojistik, canlıların doğada var olması ile eş zamanlı olarak görülen, sadece üretim sektöründe değil insanoğlunun diğer tüm faaliyetlerinin desteklenmesinde kullanılan, ihtiyaçların belirlenmesi ile başlayan hizmet ve/veya ürünlerin ihtiyaçlarının giderilmesinden sonra elden çıkarılması veya gerekiyorsa geri gönderilmesi ile son bulan ve lojistiğin farklı ana faaliyetleri arasında bulunan en az üç operasyonun yönetilmesidir” (Keskin, 2006).

Kısaca lojistik, doğru ürünün, doğru müşteriye, doğru yer ve zamanda sağlanmasına olanak veren faaliyetlerdir (Kotler ve Armstrong, 2004).

Özetle lojistik modern üretim sistemlerini benimseyen şirketlerde envanterin sağlanmasından müşteri memnuniyetine varana dek tüm süreçleri kapsar ve malzeme yönetme tekniği olarak nitelendirilebilir. Lojistik; firmaların sürekli karşılaştığı;

- Ürün ve hizmetlerin maliyeti nasıl azaltılabilir?
- Rekabet üstünlüğü nasıl sağlanır?
- İşletme için en iyi katma değer nasıl elde edilir?
- En yüksek kalite standardı nasıl sürdürülebilir?
- Müşteri hizmetleri nasıl geliştirilebilir?
- Artan çevresel baskılara nasıl uyumlu hale gelinir?

gibi sorunların çözümünde güçlü bir yol haritasıdır (Erdal ve Çancı, 2009).

5.1.2. Lojisti in tarihçesi

Lojistik yönetiminin uygulandığı tedarik zinciri içindeki hizmetler, dünya üzerinde tarih öncesi çağlardan beri yapılmaktadır. Yerleşik düzene geçilmeden önce avlanan hayvanların, toplanan meyvelerin ve diğer gıdaların taşınması; ileride tüketilmek üzere kurutulması; saklanması ve yeniden taşınması işlemleri yapılmaktaydı. Yerleşik düzene geçildikten sonra üretilen gıda ve ihtiyaç malzemelerinin taşınması, çeşitli şekillerde korunması, depolanması söz konusu olmuştur. Ortaçağda

gemilerle, kervanlarla ülkeler hatta kıtalar arası ticaret başlamış ve sömürgecilik ile ucuz hammadde üretimi, taşınması ve dağıtımını başlamıştır. Tüccar ülkeler zenginleşmiş, yeni kıtaların bulunması ile de denizyolları ve karayolları önem kazanmış, büyük limanlar, geniş depolar inşa edilmiştir (Baki, 2004). Fakat esas önemi II. Dünya Savaşı sırasında anlaşılması ve sonrasında lojistiğe bilimsel bir konu gözüyle bakılmaya ve uygulanmaya başlanmıştır. II. Dünya Savaşı sırasında görülen gerçeklerden birisi de, kalabalık ordulara sahip olmanın zafer kazanmak için yeterli olmayacağıdır. Orduların gelişmiş silah, araç ve donanımla teçhiz edilmesi, sayısal fazlalıktan daha önemlidir. Pek tabii ki; bu ürünlere sahip olmak da yeterli olmamakta bunların uzman personel tarafından kullanılıp, sürekli faal tutulması da o derece önem arz etmektedir. İşte bütün bunlar lojistik desteğin hayati bir unsur olduğu gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Yani kusursuz bir lojistik destek sağlamadan, herhangi bir harekâttan başarı beklemenin hayal olduğu söylenebilir (URL-23).

II. Dünya savaşı sonrası Amerika Birleşik Devletleri'nde birçok işletme, lojistiğin önemini fark ederek, 1960 yılından günümüze kadar süren gelişim evresi içerisinde lojistik hizmetlerinden faydalanmaya başladılar. Dünyada lojistiğin gelişimini sıra ile açıklamak gerekirse, tarihteki aşamalar şöyle sıralanabilir (URL-23):

- 1940-1960 yılları arası: Lojistik aşamasını kurma
- 1960-1970 yılları arası: Lojistik fikrinin yerleşmesi ve itibar kazanması
- 1970-1980 yılları arası: Önceliklerin ve modellerin değişme çağı
- 1980- günümüze kadar: Ekonomik ve teknik değişimin yeni çağı

Lojistik kavramı, geçmişte ihmal edilse de son yıllarda büyük ilgi görmüştür. 1800'lü yıllarda çoğunlukla üretim kavramı üzerinde durulmaktaydı. Firmalar ürettikleri her malın maliyetini düşürmeye odaklanmışlardı. 1900'lü yılların başında, satış fonksiyonunun önemi fark edilmeye başlanmıştır. Günümüzde ise lojistik tam anlamıyla önem kazanmıştır (Baki, 2004).

5.2. İç Lojistik

Sürekli maliyet düşürme arayışları içinde olan firmalar hammadde maliyetlerini düşürmek için satınalma ve envanter kontrolü teknikleri uyguladılar. İmalat maliyetlerini düşürmek için yalın üretim ve altı sigma yaklaşımlarından yararlanmayı düşündüler. Elektrik ve yakıt giderlerini azaltmak için enerji tasarrufu yöntemlerini uyguladılar. Ancak hiçbiri yeterli olmadı. Deniz bitti gibi görünüyordu; derken yeni bir alan keşfedildi. Bu alan "iç lojistik" faaliyetleriydi.

İç lojistik tanımı İngilizce'de "intralogistics" olarak kullanılan kavramın Türkçe'sidir. Fabrikanın açık ve kapalı alanlarındaki tüm malzeme akışını ve yönetimini kapsar. Yalnızca malzeme ile de değil, aynı zamanda bilgi akışı ile ilgilendir. İç lojistik harcamaları genel giderlerin ve toplam maliyetin içinde bugüne kadar iyi gizlenmiştir. Yukarıda yazılan konuların sonuna erişilince "Başka ne yapabiliriz?" sorusuna yanıt ararken iç lojistik uygulamalarının iyi bir tasarruf potansiyeli taşıdığı ortaya çıkmıştır (Sümen, 2015).

İç lojistik kavramı, depo veya fabrika gibi büyük tesisteki malzeme taşımayla ilişkilidir. Tesis yerleşim şekli, malzeme taşıma araçları, depodaki stok alanları, sipariş toplama stratejileri, malzeme taşıma araçlarının hareketine ilişkin operasyonel kurallar, iç lojistiği etkileyen etmenlerdir (Kasilingam, 1998).

Lojistikle ilgili faaliyetlerin, hammadde kaynağından başlayan ve malların son kullanıcının eline geçtiğinde biten bütün süreçleri kapsadığı söylenebilir. İç lojistik kavramı ise lojistik kavramının içerisinde, işletmenin sınırlarında yer alan lojistik faaliyetlerinin tümü olarak açıklanabilir. Başka bir deyişle, iç lojistik fabrika içerisinde üretim için ihtiyaç duyulanı uygun yerde ve zamanında bulundurmaktır. Yapılabilecek diğer bir tanım da "müşteri isteklerini karşılamak için yapılan üretimlerde fabrika girişinden imalat hattına kadar her türlü girdi, yarı mamul ve bilginin ulaştırılması" demektir.

Kapalı alan vinçleri, kaldırma makineleri, konveyörler, transpaletler, forkliftler, pnömatik taşıma sistemleri, robotlar, depolama üniteleri iç lojistik sistemlerini oluşturur. Üretim devamlılığı; doğru zamanda, doğru yerde, doğru miktarda, doğru koşullarda üretim girdilerinin hazır bulunması için ekipman ve sistemlerin doğru seçilmelerine bağlıdır. Bu sayede elleçleme ve malzeme yönetiminde montaj işlemleri efektif gerçekleştirilebilir. İç lojistikle ürüne değer katmayan gereksiz işler azaltılarak hatlara parça besleme etkin olarak yapılabilir. Ayrıca iç lojistik sayesinde imalat öncesi giriş kaliteden geçemeyen alt detay parçalar kolayca tespit edilir ve malların akışı süreklilik kazanır. Alandan tasarruf edilirken ara stoklar azaltılır. İç taşıma ve depolama daha güvenilir hale geldiğinden, duruşlar ve imalat kayıpları daha az yaşanır. Stoklarda etkin FIFO (First In First Out) uygulanmasına da zemin hazırlar. Elle yapılan sıralama ve paket toplama işlemleri daha kısa sürede gerçekleşir. Kısacası üretim sistemine doğru ve tam olarak entegre olmuş bir iç lojistik sistemi, tesisin verimlilik ve performansını da artırır.

Temel olarak 3 tip depodan bahsedilebilir. Bunlar dağıtım depoları, üretim depoları ve kontrat depolarıdır (Berg ve Zijm, 1999). İç lojistik ile ilgili olan depo türü üretim depolarıdır. Depolama faaliyetleri dört aşamadan oluşmaktadır. Bunlar kabul aşaması, depolama, sipariş toplama ve sevkiyat aşamalarıdır (Goetschalckx ve diğ., 2007).

Her bir faaliyetin tipik bir depoda işletim maliyeti farklıdır. Kabul aşaması maliyetlerin %15'ini, depolama aşaması maliyetlerin %20'sini, sipariş toplama aşaması maliyetlerin %50'sini ve sevkiyat da maliyetlerin %15'ini içermektedir (Frazelle, 2002)

5.2.1. İç Lojistik malzeme taşıma sistemleri

İç lojistik sistemi tasarımının en önemli noktalarından biri de malzeme taşıma sistemleridir. Bir üretim sisteminde farklı türde ve özellikte taşıma sistemleri kullanılabilir. Malzeme taşıma işlemi, özünde katma değeri olmayan israf türlerinden biridir. Burada uygun bir malzeme taşıma sisteminin seçilmesi, katma değerli olmayan bu sürecin en az kayıpla gerçekleşmesini sağlayacaktır.

Tipik bir endüstriyel işletmede malzeme taşıma faaliyeti; iş gören sayısı açısından tüm personelin %25'ini, kullanılan alan açısından tüm fabrika alanının %55'ini ve işlem süresi açısından da toplam üretim süresinin %87'sini içermektedir. İlgili yüzdelerden de anlaşılacağı üzere iyileştirme yapılabilecek, israflardan arındırılabilir geniş bir alan bulunmaktadır (Kılıç, 2011).

Malzeme taşıma işlemleri ve bunlar için kullanılan ekipmanlar, tesis yerleşiminde dikkate alınması gereken tamamlayıcı unsurlardır. Ayrılmaları söz konusu değildir. Malzeme taşıma sistemindeki bir değişiklik tesis yerleşimini, aynı şekilde tesis yerleşimindeki bir değişiklik de malzeme taşıma sistemini değiştirecektir (Koçan, 2014).

Malzeme taşımaya ilişkin çeşitli tanımlamalar yapılmaktadır. Malzeme taşıma Tompkins tarafından şu şekilde özetlenmiştir:

“Doğru yerde, doğru zamanda, doğru sırada, doğru pozisyonda ve doğru maliyette, doğru miktarda malzemeyi sağlamak için doğru metodu kullanan bir aktivitedir” (Özdağoğlu, 2003).

Bu tanım malzeme taşıma fonksiyonuna basit bir malzeme taşıma aktivitesi yerine, daha geniş bir sistem perspektifinden bakılması gerektiğini anlatmaktadır.

Malzeme taşımaya ilişkin bir diğer tanımlama ise Malzeme Taşıma Enstitüsü tarafından yapılandır:

“Malzeme taşıma, işe ilişkin bir yerin sınırları içerisinde katı veya yarı katı haldeki yığın, paketlenmiş veya tekil ürünlerin makine vasıtasıyla olan hareketine ilişkin temel operasyonları içerir” (URL-24).

Amerika Makine Mühendisleri Birliği tarafından da malzeme taşıma, herhangi bir formda malzemenin hareket ettirilmesi, paketlenmesi ve depolanmasının sanatı ve bilimi şeklinde belirtilmiştir (URL-25). Diğer tanımlamalarda da geçen doğru miktar, doğru malzeme, doğru durum, doğru zaman, doğru maliyet ve doğru metoda ilişkin Hiregoudar ve Reddy tarafından aşağıdaki açıklamalardan bulunulmuştur (Hiregoudar ve Reddy, 2007; Akçağün, 2006):

- Doğru miktar: “Doğru miktar” ne kadar stok tutulması gerektiği probleminde ilişkindir. Tam zamanında üretim felsefesi gereği sıfır stok tutulması gerekmekte olup, doğru miktar da beklenen değil ihtiyaç duyulan miktardır. Bunun için de çekme sisteminin esas alındığı küçük parti miktarlarının işlem gördüğü bir sistem uygun olacaktır.
- Doğru malzeme: Manuel sipariş toplama sistemlerinde yapılan iki yaygın hata, yanlış miktarın ve yanlış malzemenin toplanmasıdır. Bu durum da barkod sistemleri gibi otomatik tanımlama ihtiyacını doğurmaktadır. Bazı temel yapılabilecek işler, parça numaralandırma sistemlerinin basitleştirilmesi ve veri tabanı sisteminin bütünlüğü ve doğruluğunun sağlanması şeklinde olabilir.
- Doğru durum: “Doğru durum”, müşterinin malzemeyi almak istediği durumdur. Müşteri malzemenin zarar görmemiş bir şekilde paketlenmiş, paketlenmemiş, set haline getirilmiş, boyanmış ya da boyanmamış halde olmasını isteyebilir.
- Doğru zaman: “Doğru zaman”, ne erken ne de geç olan, tam zamanında yapılan dağıtım demektir. Dağıtım süresindeki varyansın düşürülmesi bu noktada önemlidir. Buradaki amaç, düşük çevrim sürelerinde ve malzeme dağıtım süresinin azaltılmadığı bir sistem işletmektir.
- Doğru maliyet: “Doğru maliyet”, en düşük maliyet demek değildir. Buradaki amaç, en etkin malzeme taşıma sisteminin, en uygun maliyetle yerine getirilmesidir.
- Doğru metot: “Doğru metoda” ilişkin çeşitli bakış açıları bulunmaktadır. Metotları nelerin yanlış ve doğru yaptığının anlaşılması gerekmektedir. Bir yerine birden fazla metot kullanılması genelde daha doğru olabilmektedir.

Malzeme taşıma sadece malzemenin hareketini içermez, bununla birlikte çeşitli fonksiyonlar da bu durumda yer almaktadır. Bunlardan bazıları, aşağıdaki gibi belirtilmiştir (Sule, 1994):

- Malzeme taşıma, malzemenin yatay veya dikey yönde hareketiyle birlikte yükleme ve boşaltmaları da içermektedir.
- Malzeme taşıma hareketinin “belirli bir iş alanında sınırlandırılmış” olması, hammaddelerin iş istasyonlarına hareketini, yarı ürünlerin iş istasyonları arasında hareketini ve bitmiş ürünlerin de depolarına gönderilmelerini içerir.
- Malzeme taşıma aracının seçimi, malzeme taşıma sistemlerinde önemli aktivitelerinden biri olarak görülmektedir.

5.2.2. ç lojistikte malzeme ta imanin amaçlari

Malzeme taşıma maliyeti, taşınan malzemeye de bağılı olarak ürün maliyetinin %20'si ile %70'i arasında bir oranı içermektedir. Malzeme taşıma sistemlerinin tasarlanmasında amaç, sadece tasarım ve operasyonel maliyetleri en küçükleme değil, aynı zamanda üretim sahasındaki diğere aktiviteleri de destekleyen bir sistemi oluşturmak olmalıdır (Akçagün, 2006).

Malzeme taşıma sistemlerine olan ihtiyaç ve dikkatli planlama iki duruma bağlanabilir. Birincisi malzeme taşıma maliyetleri, üretim maliyetlerinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. İkincisi ise malzeme taşıma, operasyonları ve tesisin tasarımını etkilemektedir. Bu durumda malzeme taşıma sistemi tasarımının ana amacı, verimli bir taşımayla üretim maliyetinin düşürülmesi olarak gösterilebilir. Ne zaman ve nerede ihtiyaç duyulursa, malzemelerin mevcudiyetini sağlayarak malzeme akış verimliliğini arttırmak, malzeme taşıma maliyetlerini azaltmak, araçlardan faydalanmayı arttırmak, güvenlik ve çalışma koşullarını iyileştirmek, üretim sürecini rahatlatmak ve etkinliği arttırmak daha özel amaçlardır.

Malzeme taşımanın ana amacı, üretimin birim maliyetinin düşürülmesi olduğunu ve bu noktadaki diğere amaçların alt amaç olarak değerlendirilebilir ve aşağıdaki amaçları sıralanabilir (Stephans ve Meyers, 2010):

- Ürün kalitesini arttırmak ve devamlılığını sağlamak, hasarları azaltmak ve malzemeleri korumak
- Güvenliği arttırmak ve çalışma koşullarını iyileştirmek
- Malzemenin doğru bir hat üzerinde ilerlemesini sağlayarak etkinliği arttırmak
- Malzemenin olabildiğince az bir mesafe kat etmesini sağlayarak etkinliği arttırmak
- Yerçekiminin olabildiğince kullanılmasını sağlayarak etkinliği arttırmak
- Aynı anda birçok malzemenin taşınmasını sağlayarak etkinliği arttırmak
- Malzeme taşımanın mekanize edilmesini sağlayarak etkinliği arttırmak

- Malzeme taşımanın otomatikleştirilmesini sağlayarak etkinliği arttırmak
- Malzeme taşıma/üretim oranlarının geliştirilmesi ve sürekliliğinin sağlanması ile etkinliği arttırmak
- Otomatik malzeme taşıma araçları kullanarak çıktının artırılması ile etkinliği arttırmak
- Tesisin kullanım düzeyini arttırmak için “Küp Depo” (Deponun üç boyutunun birden düşünülmesi ve bütün hacimden faydalanılması) kullanımının artırılması
- Tesisin kullanım düzeyini arttırmak için çok amaçlı donanımlar alınması
- Tesisin kullanım düzeyini arttırmak için malzeme taşıma araçlarını standardize edilmesi
- Tesisin kullanım düzeyini arttırmak için üretim donanımı kullanımının malzeme taşıma besleyicileri ile artırılması,
- Tesisin kullanım düzeyini arttırmak için önleyici bakım programı uygulayarak, gerektiğinde donanımların değiştirilmesi ve bakımının yapılması
- Tesisin kullanım düzeyini arttırmak için bütün malzeme taşıma donanımlarının bir sistemde bütünleştirilmesi
- Ölü ağırlık oranını düşürmek
- Stoğu kontrol etmek

Apple da malzeme taşıma çözümünde “malzeme taşıma eşitliği” kullanımını önermiştir. Altı ana soruya çözüm aranmaktadır. Neden (Malzeme taşıma aracının seçilmesi), ne (malzeme hareket ettirilecek mi), nerede ve ne zaman (hareket yapılmalı mı), nasıl (hareket nasıl yapılacak) ve kim (hareketi kim yapacak). Burada altı soru da çok önemlidir ve tatmin edici şekilde cevaplanması gerekmektedir. Aksi takdirde malzeme taşımaya ilişkin alt çözümlerle karşılaşılabilir. Gerçekte analistler “ne” sorusundan “nasıl” sorusuna atladıkları için zayıf çözümlerle karşı karşıya kalmaktadırlar. “Malzeme taşıma eşitliği “malzeme+hareket=metot” şeklinde belirtilmektedir.

Genelde malzeme ve hareketler analiz edildikleri zaman otomatik olarak uygun malzeme taşıma metodu açığa çıkmaktadır (Heragu, 2008). İyi bir malzeme taşıma sisteminin bazı önemli avantajlarının aşağıdaki şekilde olabileceğini Arora ve Shinde belirtmişlerdir (Brady, 2015):

- Malzeme taşıma ve dolaylı işçilik maliyetlerinde azalma
- Verimlilikte artma
- Alan ve tesisin daha iyi kullanılması

- Azaltılmış taşıma maliyeti
- Çalışanlarda daha az yorgunluk

5.2.3. Ç lojistikte malzeme ta imanin ilkeleri

Malzeme taşımanın nasıl gerçekleştirilmesi gerektiğine ilişkin kesin belirli kurallar yoktur. Fakat bazı temel ilkeler bulunmaktadır. Bu ilkeler, farklı kaynaklara göre çeşitli sayılarda bulunmaktadır. Amerikan Malzeme Taşıma Endüstrisi'ne göre malzeme taşımaya ilişkin aşağıda gösterildiği şekliyle 10 ilke bulunmaktadır. Bunlar (URL-25):

- Planlama
- Standardizasyon
- İş
- Ergonomi
- Birim yük
- Alan kullanımı
- Sistem
- Otomasyon
- Çevre
- Ürün döngüsü maliyeti

Bir kaynakta malzeme taşıma ilkeleri aşağıdaki gibi belirtilmiştir (Baş, 2005):

- Planlama: Maksimum operasyon verimliliğini elde etmek için bütün malzeme taşıma ve depolama aktivitelerinin planlanması
- Sistem akışı: Olabildiğince elleçleme aktivitesinin uygulanabilir koordineli bir sistem içinde satış, kabul, ön depolama, üretim muayenesi, paketleme, son depolama, sevkiyat, ulaştırma ve müşteriler gibi durumlarla bütünleştirilmesi
- Malzeme akışı: Malzeme akışını optimize eden operasyon sırası ve araç yerleşim planının sağlanması
- Basitleştirme: Taşımanın, gereksiz hareketlerin veya araçların azaltılarak, elimine edilerek veya birleştirilerek basitleştirilmesi
- Yerçekimi: Elverişli olduğu durumlarda malzemeleri hareket ettirmek için yerçekiminin kullanılması
- Alan kullanımı: Binadan en iyi şekilde faydalanılması
- Birim boyutu: Birim yüklerin miktar, boyut veya ağırlığının veya akış hızının arttırılması
- Mekanizasyon: Taşıma operasyonlarının mekanize edilmesi

- Otomasyon: Üretim, taşıma ve depolama fonksiyonlarını dâhil etmek için otomasyonun sağlanması, Araç seçimi: Araç seçiminde, taşınan malzemenin, hareketin ve kullanılan metodun tüm yönleriyle değerlendirilmesi
- Standartlaştırma: Taşıma metotlarının, taşıma aracının türüne ve boyutlarına göre standartlaştırılması
- Adaptasyon: Özel amaçlı araç gerekmediği durumlarda, çeşitli işleri ve uygulamaları yapabilecek metotlar ve araçlar kullanılması
- Ölü ağırlık: Mobil taşıma araçlarında ölü ağırlığın oranının azaltılması
- Faydalanma: Malzeme taşıma aracı ve işgücü için en iyi faydalanma planlarının oluşturulması
- Bakım: Bütün malzeme taşıma araçları için önleyici bakım ve çizelgelenmiş tamirat planlarının oluşturulması
- Kullanılmaz hale gelme: Eski metotların ve araçların, operasyonları daha etkin kılacak taşıma metotlarıyla değiştirilmesi
- Kontrol: Malzeme taşıma aktivitelerinin üretim kontrolü, stok ve sipariş işleme için kullanılması
- Kapasite: Taşıma araçlarının istenen üretim kapasitesine ulaşmak için kullanılması
- Performans: Taşınan bir birimin maliyeti bazında, taşıma performansının etkinliğinin belirlenmesi
- Güvenlik: Güvenli taşıma için uygun metotlar ve araçlar sağlanması

5.2.4. ç lojistikte performans göstergeleri

Bir sistemin sağlıklı işleyip işlenmemesinde ve performansının değerlendirilmesinde en önemli noktalardan biri de performans göstergeleridir. Malzeme taşıma sistemleri için geçerli olan performans göstergeleri Kulwiec tarafından aşağıdaki şekilde belirtilmiştir. Sule de ilgili performans göstergeleri için çeşitli açıklamalarda bulunmuştur (Sule, 1994; Kulwiec, 1985):

- Üretim Döngü Verimliliği (ÜDV): Üretimde harcanmayan süre, malzeme taşıma hareketindeki gecikmelerden kaynaklanabilir. Makine kullanım oranını arttırmak için gecikmeler elimine edilmelidir ve ya en azından en küçüklenmelidir. Tutarlılık için performans göstergesi belirli bir zaman periyodunda ölçülmelidir.

ÜDV= Gerçek üretim operasyonlarındaki süre (makine süresi) / üretim departmanındaki süre

(5.1)

• Malzeme Taşıma İşçilik Oranı (MTİO): Eğer bir çalışan tüm zamanında malzeme taşıma işiyle uğraşmıyorsa, kişinin malzeme taşımaya ilişkin çalıştığı sürenin belirli bir yüzdesi tahmin edilmeli ve hesaplamalarda kullanılmalıdır. Oranın 0,30'dan küçük olması tercih edilmektedir. Bir depo alanında ise bu değer daha yüksek olması beklenir.

$$MTİO = \text{Malzeme taşıma işine atanan personel} / \text{Toplam çalışan personel} \quad (5.2)$$

• Depolama Alanı Kullanım Oranı (DAKO): Eğer kutular, raflar gibi depolama alanları kısmi olarak dolu ise kullanım oranı yüzdesi tahmin edilmelidir ve hesaplamalara dâhil edilmelidir. 1'e yakın bir değer depolama alanları için uygun boşlukların atanmasını ifade eder.

$$DAKO = \text{Kullanılan depolama alanı} / \text{Toplam hazır depolama alanı} \quad (5.3)$$

• Malzeme Taşıma Aracı Kullanım Oranı (MTAKO): İdeal olarak oranı 1'e yakın olmalıdır. Bununla birlikte araç bozulmaları, zayıf çizelgeleme, zayıf elde tutma ve yapı coğrafyası yük hareketini azaltılabilir.

$$MTAKO = \text{Bir saatte taşınan parçalar (yük ağırlığı)} / \text{teorik kapasite} \quad (5.4)$$

• Koridor Alanı Kullanım Oranı (KAKO): Koridor kullanım oranı 0,10 ile 0,15 arasında yer almalıdır.

$$KAKO = \text{Koridorlar tarafından kullanılan alan} / \text{Toplam alan} \quad (5.5)$$

• Hareket/Operasyon Oranı (HO): Oran, gerçekleştirilen malzeme taşıma miktarını gösterir. Dâhil edilen hareketler kabulden, depolamadan operasyona ve tekrar depolamaya gibi çeşitli hareketleri içerir. Yüksek bir değer, gelişim için boşluk olduğunu gösterir.

$$HO = \text{Hareket sayısı} / \text{Üretken operasyon sayısı} \quad (5.6)$$

• Hasarlı Yük Oranı (HYO): Buradaki oran malzeme taşıma personelinin performans kalitesini ölçer. Kabulde, süreç içinde ve sevkiyatta yükte meydana gelen hasarlar en küçüklenmelidir.

$$HYO = \text{Hasarlı yük sayısı} / \text{Toplam yük sayısı} \quad (5.7)$$

- Enerji Oranı (EO): Enerji oranı, ısıtma ve soğutma operasyonlarının verimliliğini ölçer. Bu oranının geliştirilmesinde iş görenlerin olmadığı bir yerde deponun belirli bir bölümünün ısıtılması veya soğutulması, gerekmediği zaman ışıkların söndürülmesi, kalıcı ışıklar yerine taşıt ışıklarından faydalanılması gibi uygulamalar yapılabilir.

$$EO = \frac{\text{Depodaki toplam enerji tüketimi}}{\text{Depolama alanı}} \quad (5.8)$$

5.2.5. ç lojistikte malzeme taşıma araçlarının türleri

Üretim ortamlarına, üretim şekillerine ve üretilecek ürüne bağlı olarak çok çeşitli sayıda malzeme taşıma aracı bulunmaktadır. Belirli bir malzeme taşıma aracının seçilmesinin; maliyete, şekle, ağırlığa, boyuta, yüklerin hacmine, alan durumuna ve istasyonların türlerine göre değişiklik göstermektedir ve malzeme taşıma aracına ilişkin aşağıdaki soruların da bu noktada önem kazandığı belirtilmektedir (Heragu, 2008):

- Esnekliğe izin veriyor mu?
- Ucuz ve bakımı kolay mı?
- Mevcut sistemlerle bütünleştirilebilir mi?
- Üretim verimliliğini önemli derecede artırıyor mu?

Yedi temel malzeme taşıma aracı aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

- Konveyörler
- Palet taşıyıcıları
- Yük vagonları
- Vinç kolları, vinçler ve yük asansörleri
- Robotlar
- AGV'ler
- Depo malzeme taşıma araçları

Malzeme taşıma araçları farklı kaynaklarda çoğunlukla benzer olmak üzere farklı şekillerde de sınıflandırılmaktadır. Hiregoudar ve Reddy, malzeme taşıma araçlarını ana başlık olarak aşağıdaki şekilde sınıflandırmıştır (Hiregoudar ve Reddy, 2007):

- Konveyörler
- Vinçler
- Endüstriyel kamyonlar
- Konumlandırma donanımları

- Birim yük oluşturma donanımları
- Tanımlama ve haberleşme donanımları

Stephens ve Meyers, malzeme taşıma araçlarının 500'den fazla farklı çeşidinin olduğunu, fakat geleneksel olarak malzeme taşıma araçlarının dört sınıf altında toplanabileceğini belirtmiştir. Bu sınıflar şu şekildedir (Stephans ve Meyers, 2010):

- Sabit yol veya noktadan noktaya: Önceden belirlenmiş sabit bir yolda malzeme taşıma araçları hareket eder. En klasik örneği trenler ve konveyörlerdir. Ayrıca bu sınıf sürekli akış sistemleri olarak da tanımlanabilir.
- Sabit alan: Malzeme taşıma araçlarının sınırlı bir alanda üç boyutlu olarak herhangi bir noktaya erişiminin mümkün olduğu sistemlerdir. Vinçler ve otomatik depolama ve geri getirme sistemleri örnek olarak verilebilir.
- Değişken yol-değişken alan: Bu gruptaki donanımlar için yol ve alan sınırlaması yoktur. Manuel veya otomatik taşıma araçları, forkliftler örnek olarak verilebilir.
- Yardımcı aletler ve donanım: Paletler, konteynerler, otomatik veri depolama sistemleri gibi diğer sınıflardaki malzeme taşıma araçlarının işleyişinde kullanılırlar.

Benzer şekilde Sule tarafından da malzeme taşıma araçlarının hizmet edebilecekleri yere göre de karakterize edilebileceği belirtilmiştir. Buna ilişkin sınıflandırma da aşağıdaki şekilde yapılmıştır (Sule, 1994):

- Sabit noktalar arasında ve sabit bir yolda; Bantlı konveyör, rulolu konveyör, oluklu konveyör, çatalı konveyör, vidalı konveyör, zincirli konveyör, baş üstü tek raylı konveyör, yük arabalı konveyör, tekerlekli konveyör, çekiçli konveyör, kovalı konveyör, el araba yönergeli konveyör, pnömatik tüplü konveyör
- Sınırlı alanlarda; Yük asansörleri, baş üstü vinçler, hidrolik makaslı kaldıraçlar
- Geniş alanlarda; El arabaları/yük arabaları, sıralı platformda yük arabaları, manuel kaldırma araçları/palet kaldırıcıları, güç destekli el arabaları, güç destekli platform araçları, forkliftler, dar koridorlu yük arabaları, çekici römorklu trenler, malzeme kaldırıcıları, davullu yük arabası, davul kaldırıcı, iki tekerlekli çekici, otomatik yönlendirmeli araç sistemi

Farklı kaynaklardan da görüldüğü üzere malzeme taşıma sistemleri farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Bu durumda Stephens ve Meyers'ın belirttiği geleneksel sınıflandırmaya da uygun olarak konveyörler, vinçler ve endüstriyel yük araçları ana başlıkları altında malzeme taşıma araçlarına ilişkin detaylı bilgiler aşağıda verilmiştir.

Esasında malzeme taşıma aracı türü olmayan palet, konteyner gibi yardımcı elemanlar da bir sınıf gibi düşünülerek bazı bilgiler verilmiştir.

Konveyörler, belirli noktalar arasında sıklıkla malzeme taşınması gerektiği durumlarda, malzemeleri sabit bir yolda hareket ettirmek durumunda ve sabit konveyör yatırımını karşılayacak yeterli akış hacmi olan durumlarda kullanılmaktadır. Konveyörler taşınan malzemenin türüne göre birim yük veya yığın şeklinde olabilirler, konveyörün konumu baş üstü, zemin üzeri veya zemin altı şeklinde olabilir. Konveyörlerin çok sayıda çeşidi bulunmaktadır. Sektörlere göre de çeşitlilik göstermektedirler. Otomotivde, metal sanayisinde, gıda sanayisinde, hava alanlarında vb. çok çeşitli türleri bulunmaktadır. Konveyörler daha önceki kısımda da belirtildiği üzere bantlı, rulolu, oluklu, çıtalı, vidalı, zincirli, baş üstü tek raylı, yük arabalı, tekerlekli, çekiçli, kovalı, el araba yönergeli ve pnömatik tüplü ve spiral şeklinde olabilir (Kılıç, 2011).

Konveyörlerin faydaları:

- Yüksek kapasiteleri çok sayıda ürün taşımalarına imkan verir.
- Hızları ayarlanabilir.
- Taşıma işlemi, işleme ve kontrol gibi diğer aktivitelerle beraber yürütülebilirler.
- Çok yönlüdürler zemin üzerinde veya yüksekte olabilirler. İstasyonlar arasında geçici depolamalar mümkündür.
- Yük transferi otomatiktir ve çok sayıda iş görenin yardımını gerektirmemektedir.
- Düz hat yolları ve ya koridorlar gerektirmemektedir.
- Yüksek konveyörlerde iş alanının bütün hacminden faydalanılması olurludur.

Konveyörlerin Sakıncalı Yönleri:

- Sınırlı bir alana hizmet vererek sabit bir yol izlerler.
- Sistemde darboğazlar gelişebilir.
- Konveyörün herhangi bir parçasındaki bozulma bütün hattı durdurur.
- Konveyörler pozisyon olarak sabit olduklarından mobil araçların zemin üzerinde hareketini engellerler.

Vinçler sınırlı bir alanda malzemeleri yatay ya da dikey olarak taşımada, konveyörün kullanılmasını karşılayacak kadar akış hacminin olmadığı durumlarda kullanılmaktadır. Vinçlerin çok çeşitli türleri bulunmaktadır. Bunlardan bazıları monoray köprü vinçler, monoray tavan vinçler, pergel vinçler, portal vinçler ve çift giriş vinçlerdir (Özdağoğlu, 2003).

Vinçlerin faydaları:

- Malzemelerin kaldırılması aynı zamanda da transferi mümkündür.
- Zemin üzerinde işle ilgili olan durum en küçüklenmektedir.
- Malzeme taşıma aracının kurulumunda kullanılması yerine iş için değerli alan boşluğu korunmaktadır.
- Ağır yüklerin taşınmasında kullanılabilir. Malzemelerin yüklenmesinde ve boşaltılmasında kullanılabilir.

Vinçlerin sakıncalı yönleri:

- Büyük yatırımlar gerektirmektedirler.
- Sınırlı bir alana hizmet etmektedirler.
- Bazı vinçler düz bir hatta ilerleyebilir ve böylece dönüşler yapamazlar.
- Yüksek kullanım oranı istenildiği kadar olmayabilir. Çünkü vinçler günlük işler içerisinde kısa bir zaman aralığında kullanılmaktadır.
- Köprülü kavşak gibi bazı türlerin kullanılabilmesi için bir iş gören bulunmalıdır.

Endüstriyel yük araçları, değişken yollar üzerinde sınırlandırma olmaksızın malzemeleri hareket ettirmek için kullanılırlar. Konveyörlere ve vinçlere göre çok esnek hareket alanları vardır. En temel yük araçları forkliftler, transpaletler, el arabaları, istif araçları, kısa tren vb. araçlardır (Kılıç, 2011).

Yük araçlarının faydaları:

- Sabit bir yolda hareket etmek durumunda değildirler.
- Alanın müsait olduğu her yerde kullanılabilirler.
- Malzemeleri transfer etmenin yanı sıra yükleme, boşaltma ve kaldırmaya da uygundur.

Yük Araçlarının sakıncalı yönleri:

- Ağır yükleri taşıyamazlar.
- Bir turda sınırlı sayıda kapasiteleri vardır.
- Koridorlara ihtiyaç vardır. Aksi takdirde yük araçları zemin üzerindeki işle karışıklık gösterebilirler.
- Birçok yük aracı bir iş gören tarafından kullanılmak zorundadır.
- Yük araçları diğer araçlardaki gibi taşıma esnasında işleme ve muayeneye imkan vermemektedir.

Tesislerde materyal aktarmada kullanılan araçlar tasarım, performans, gördükleri iş ve fiyat gibi faktörler açısından çok çeşitlidir. Yeni araç alırken, yüzlerce çeşit aracı

her bir özellik itibariyle, ayrıntılarıyla değerlendirmek ve birbiriyle kıyaslamak güçtür. Araçları bazı ortak özelliklerine göre karşılaştırmak daha pratik bir yaklaşımdır. Farklı görünüşteki aktarma araçlarını karşılaştırma olanağı sağlayan bu karakteristikleri şöyle sıralanabilir (Kılıç, 2011):

- Esneklik; Fabrikalarda taşınan malzemeler ve parçalar, genellikle, büyüklük, ağırlık, cins ve miktar bakımından büyük farklılıklar gösterirler. Ayrıca taşıma şekli ve uzaklığı, üretim metotları ve iş akış tipleri arasında da önemli farklar olabilir. Buna işyeri düzeni, ürün ve üretim metotları ile ilgili olarak, zaman zaman ortaya çıkan farklılıklar da eklenirse, taşıma araçlarının ne kadar farklı koşullar altında ve ne kadar farklı amaçlarla hizmet vermesi gerektiği ortaya çıkar. Bu bakımdan bir aracın taşıma kapasitesinin ayarlanabilir ve çok amaca hizmet edebilir, yani esnek olması arzu edilebilir. Taşıma araçlarının fabrikanın değişik yerlerinde kullanılabilmesi, boş kapasitelerin değerlendirilmesi bakımından çok önemlidir.

- Çalışma boşluğu ihtiyacı; Taşıma aracının yükleme, boşaltma ve hareket edebilmek için gereksinim duyduğu alan ve hacim küçük olması arzu edilir. Buradan kazanılacak boşluklar doğrudan üretime dönük amaçlarla veya depo olarak kullanılabilirdiğinden, taşıma araçlarının maliyetinde, görünmeyen, dolaylı bir tasarruf söz konusudur. Bazı tip taşıma araçları fabrikada sabit bir yer işgal eder, dolayısıyla bu alandan başka bir amaçla yararlanma olanağı söz konusu değildir. Aynı işi gören fakat gerektiğinde yeri değiştirilebilen bir aracın daha avantajlı olması mümkündür. Ancak hareket eden araçların ayrıca bir hareket boşluğuna ihtiyaç duydukları unutulmamalıdır. Başka bir şekilde kullanılma olanağı bulunmayan boşluklara yerleştirilebilen araçlar, hacimden yararlanma bakımından en avantajlı olanlardır. Tavana asılı raylı konveyör gibi taşıma sistemlerinin, ilk yatırım maliyetleri ve binanın yapısı elverdiği takdirde tercih edilmeleri gerekir. Burada, bir başka örnek, 8 m. yüksekliğe kadar yerleştirme yapabilen çatallı istif arabalarıdır. Böylece, istif yüksekliği ile tavan arasındaki boşluk azaltılarak kullanılma olanağı bulunmayan bir hacim faydalı hale getirilebilir.

- Denetim ve Kullanma Kolaylığı; Her taşıma aracı veya sistemi bir çeşit yöntem ve denetime muhtaçtır. Tam otomatik sistemler bile, bir ilk ayarlamayı ve arıza anında müdahaleyi gerektirir. Montaj hatlarında kullanılan konveyörlerde de sürekli kontrol ve belirli noktalarda elle yükleme veya insan müdahalesi yoğunluğu vardır. Taşınan malzemenin miktarı ve frekansı arttıkça insan gücü kullanma oranı ve denetim sıklığı da artar. Bütün bunlar, taşıma sisteminin işletme maliyetini arttıran faktörlerdir. Eğer sistemin tasarımı denetime az ihtiyaç gösterecek şekilde yapılmış

ise veya az bir insan gücü ile boş kalma süreleri kolaylıkla kısaltılabiliyorsa önemli bir maliyet avantajı sağlamak mümkündür.

▪ Hız; Taşıma hızı, taşıma sisteminin ekonomiklik analizinde önemli bir faktördür. Hız sabit ya da değişken olabilir. Tekerlekli taşıma araçlarının hepsinde hızın değişken olması ve maksimuma çabuk ulaşması istenir. Bir montaj hattında, üretim hızı konveyör hızı ile ayarlanmak isteniyorsa hızın değişken olması şarttır. Aracın kısa sürede maksimum hıza erişmesi, doğrudan taşıma süresini ve dolayısı ile çalıştırma ve işçilik maliyetlerini azaltır.

▪ Güç; Taşıma araçlarını tahrik edecek gücün cinsi ve kaynağı seçimde önemli bir rol oynayabilir. Tahrik gücü, şebeke elektriği, akümülatör, benzin ve dizel motorları, hidrolik güç ve nihayet yerçekimi gibi kaynaklardan sağlanabilir. Mümkün hallerde öncelikle yerçekiminden yararlanma yoluna gidilmelidir. Şebekeden aldığı elektrikle çalışan elektrik motorlarının tahrik ettiği sistem ikinci olarak düşünülmelidir. Yangın veya patlama tehlikesinin fazla olduğu yerlerde akümülatörle tahrik edilen araçlar kullanılır. Fabrikanın durumu, imalat tipi ve çevre şartları taşıma sistemlerinin güç kaynaklarını belirleyen faktörlerdir.

▪ Taşıma Kapasitesi; Çeşitli taşıma araçlarını ortak bir taşıma kapasitesi ölçümü ile değerlemek güçtür. Taşıma Şekli, hızlar ve çalışma sürelerindeki belirsizlikler, sistemleri bu faktöre göre karşılaştırmayı güçleştirir. Bununla beraber, benzer araçlar taşıyabilecekleri maksimum yüklere göre kıyaslanabilirler.

▪ Hareket Yolu; Bir taşıma aracının hareket yolu sabit veya değişken olabilir. İmalat işlemleri ve taşınacak malzemeler standart ise taşıma yolunun sabit tutulması olanağı vardır. Örneğin, montaj hatlarında işlemler ve parçalar hep aynı sırayı takip ettiğinden, taşımalar sabit hareket yollu konveyörlerle yapılır. Sipariş imalatında, işler değişik ve taşıma yerleri işten işe farklı olduğundan, çatalı istif arabalarının kullanılması daha uygundur.

Materyal aktarma sisteminin kurulmasında çeşitli analiz ve hesaplama yöntemleri uygulanır. Ancak, bulunan sonuçlar genellikle hangi taşıma aracının kullanılması gerektiğini tam olarak belirlemeye yeterli değildir. Ancak, yönetimin aynı işleri görebilecek değişik tip veya fiyattaki araçlar arasından, isabetli seçim yapmasını sağlar. Bu nedenle, bu kararı verecek olan kişilerin, yani yöneticilerin, malzeme taşımada kullanılan araçlar hakkında bir miktar bilgi sahibi olmasında yarar vardır. Piyasada satılan ve aynı işi gören araçları kıyaslarken teknik bilginin yanı sıra tecrübenin de rol oynadığı unutulmamalıdır (Koçan, 2014).

Materyal aktarmada kullanılan araçlar gördükleri iş ve yapı bakımından çok çeşitlidir. Evrensel bir sınıflandırma yapmak güçtür. Bazı meslek kuruluşları ve araştırmacıların yaptıkları sınıflandırmalar birbirlerinden oldukça farklıdır. Örneğin, taşıma hareketinin niteliğine göre yapılan bir sınıflandırmada araçlar, sabit izli, değişken izli, kesikli, sürekli, uzun mesafeli, kısa mesafeli, bina içinde, açık havada, düşey ve yatay olmak üzere 10 grupta sınıflandırılabilir. American Material Handling Society tarafından yapılan sınıflandırmada ise araçlar yapılarına göre dokuz gruba ayrılmıştır (URL-24):

- Konveyörler
- Vinç ve asansörler
- Konumlandırma ve kontrol araçları
- Endüstriyel taşıtlar
- Motorlu taşıtlar
- Demiryolu araçları
- Deniz taşıtları
- Hava taşıtları
- Çekmelik ve paletler

Tüm bu materyal aktarma sistemi araçlarının sınıflandırılmasında karşımıza hareket yollarının sınırlı olması, gidiş-dönüşler, yükleme-boşaltma gibi kavramlar çıkmaktadır. Bunlar üretim faaliyetleri esnasında, aynen her gün yaşanan sabah işe yetişme telaşı içindeki trafik karmaşasını hatırlatmaktadır. Trafik içerisinde nasıl bir yönetim zorunluluğu ortaya çıkıyorsa aynı şekilde materyal aktarımı sırasında da bir trafik yönetimi durumu söz konusu olmaktadır. Bu nedenle materyal aktarımı ile ilgili olarak tıkanıklık ifadesi geliştirilmiştir.

Tıkanıklık araçların serbestçe hareketini önler. Tıkanıklığın bir sonucu olarak, araçlar düşük hızda hareket edebilir ya da durmak zorunda kalabilir. Araçlar yol üzerindeki diğer araçlar ya da kesişmeler nedeniyle gecikebilir. Tıkanıklık düzeyleri aşağıdaki niceliklerle ölçülebilir (Kılıç, 2011):

- Araç engelleme zamanı; diğer araçlar nedeniyle aracın hareket edememesi olarak ifade edilir.
- Hat engelleme yüzdesi; araç engellerinden dolayı hattaki bazı bölümlerde kalmasıdır.
- Hat yararlanma oranı; tüm hat bölümlerinin AGV sayısına oranlanmasıdır.
- Kesişmelerde aracın bekleme süresi; kesişmelerde ortalama araç bekleme süresidir.

- Tıkanıklığın ölçümü için bir indeks değeri geliştirilmiştir. Tıkanıklık indeksi; tıkanıklık olmadığında en kısa taşıma süresini gerçek taşıma süresine bölümüdür.

5.2.6. Ç lojistikte kullanılan yardımcı malzeme taşıma araçları

Malzeme naklinin önemli prensiplerinden birine göre, bir defada taşınacak miktar, mümkün olduğu kadar büyük ve standart boyutlarda olmalıdır. Bu şartı sağlayacak yardımcı araçların geliştirilmesi son yıllara kadar önemsenmemiştir. Tüm taşımacılık endüstrilerinde devrim yaratan bu araçlar sağladıkları inanılmaz ekonomik avantajlara oranla son derece basittir. Ortaya çıkışları sadece yukarıdaki prensibi uygulamaya çalışmanın bir sonucudur (Koçan, 2014).

Yardımcı araçlar doğrudan taşıma yapmazlar. Tahrik güçleri yoktur. Fonksiyonları taşınacak malzemenin boyutları belli bir hacimde toplanmasının ve korunmasını sağlamaktan ibarettir. Yardımcı taşıma araçlarını başlıca iki grupta toplamak mümkündür. Birinci gruptaki araçlar palet adını taşırlar. Paletler 10-15 cm. kalınlıkta, bir veya iki yüzü kullanılabilen, standart boyutlu düzlemlerdir. Ağaç, alüminyum, sıkıştırılmış kâğıt ve çelik gibi malzemelerden yapılırlar. İki yüz arasında bulunan destek takozları, istif arabasının çatallarının rahatça girebileceği şekilde tasarlanmalıdır. Paletler üzerine konulan yükler, malzemenin şekline ve cinsine göre belirli bir düzende yerleştirilirler. Yüklü paletler 5-8 metre yüksekliğe kadar üst üste konulabildiklerinden, malzemenin ezilmesine ve devrilmeye engel olacak biçimde yerleştirilmelidir (Kılıç, 2011).

Malzeme naklinde kullanılan yardımcı araçların ikinci önemli grubu çekmeliklerdir. Bunlar yüklerin daha büyük birim miktarlarda taşınmasını sağlayan, standart boyutlu, prizmatik tamamen kapalı metal kaplardır. Çekmelikler önce deniz ve demiryolu taşımacılığında gelişmiştir. Karayollarında kullanılma oranı da hızla artmaktadır. Fabrikalarda çekmelikler daha çok uzun süreli depolamalarda veya tüketiciye derhal sevk edilecek malların korunmasında yararlı olurlar (URL-24) .

Materyal aktarmada kullanılan bu yardımcı araçlar pazarlama çalışmalarıyla ilişkiyi de ortaya koymaktadır. Pazarlama fonksiyonu içinde bu yardımcı araçlar yükleme ya da nakliye ambalajı olarak ifade edilmektedir. Bu ambalajlar ürünün tanıtılmasında ve diğer firmaların ürünlerinden ayırt edilmesinde de rol oynamaktadır. Taşıma için kullanılan kasaların bir araya getirilmesi veya birden çok kasa içeren yüklere konteynir adı verilmektedir. Pazarlama çalışmaları içerisinde koruyuculuk fonksiyonu, ambalajın içindeki ürün veya maddeyi, kabın kendini ve ambalajla temasa geçen

kişileri korumayı içermektedir. Genel olarak baktığımızda ise materyal aktarma faaliyetleri pazarlamanın dört temel ilkesinden dağıtım ile yakın ilişki içinde bulunmaktadır. Fiziksel dağıtımın temel amacı ürünlerin ilişkili noktalar arasında fiziksel olarak hareket ettirilmesidir. Harp sanatında kullanılan lojistik kavramı, askeri birlikleri, donatımları, araç ve gereçleri yerleştirme, harekete geçirme, komuta etme gibi konuları kapsamaktadır. Bu kavramın işletme bilimine uyarlanması işletme lojistiği kavramını doğurmuştur. İşletme lojistiği ise hammadde, yedek parça ve bitmiş ürünlerin satıcılardan tüketicilere kadar hareket ettirilmesiyle ilgili strateji ile faaliyetlerin yönetimidir. Fiziksel dağıtımın tanımı da materyal aktarma ile büyük benzerlik göstermektedir.

Doğru ürünün, doğru miktarda, doğru zamanda müşterinin istediği noktaya götürülmesi fiziksel dağıtımı ifade eder. Materyal aktarmada kullanılan yardımcı araçların pazarlama faaliyetleriyle ilişkisi kısaca açıklandıktan sonra çekmelik sistemi ile ilgili açıklamalara devam etmek yerinde olacaktır. Çekmelik sisteminin üstünlükleri şöyle özetlenir (Koçan, 2014):

- Yükleme-boşaltma işinde insan gücünün az kullanılması
- Taşıma noktaları arasındaki ara yükleme ve boşaltmalarda veya transferlerde az vakit kaybedilmesi
- Çekmelik içine konan malzemeleri koruyacak ambalaj maliyetinin azalması,
- Malzeme bozulma ve hasara uğrama olasılığının azalması
- Depolama kapasitesinin artması
- Kayıp ve çalmaların azalması
- Ara terminallerdeki işlemlerin azalması
- Açık havada depolama yapma olanağı bulunması
- Yükleme-boşaltma tesislerinin yüksek verimle çalışması
- Dağıtım veriminin ve satışların artması

Çekmelik sistemlerinin uygulanma alanı, endüstrileşmiş ülkelerden başlayarak hızla genişlemektedir. Yeni yük gemileri yalnız çekmelik taşıyacak şekilde inşa edilmektedir. Limanlarda tesisler çekmelik sistemine uyacak şekilde değiştirilmekte veya tamamen yenilenmektedir. Materyal aktarma sistemlerinin tasarımı ile ilgili yapılan bu açıklamalar sistemin tasarlanmasında etkisi olan faktörleri göz önüne sermaye çalışmıştır. Buna göre hazırlanacak bir sistemin performansı; akış yolu tasarımı, işyeri yerleşimi, yükleme/boşaltma noktalarının konumu, aracın hızı ve her iş istasyonundaki kuyruk kapasitesine bağlı olacaktır (Kılıç, 2011).

5.2.7.  lojistikte hat besleme tipleri

1991'de Johansson bir montaj hattına 3 farklı şekilde malzeme tedariki yapılabileceğini öne sürmüştür. Bunlar sırasıyla sürekli tedarik, parti şeklinde sevkiyat ve set şeklinde teslimattır. Johansson bu üç kategoriyi iki temele dayandırarak yapmıştır. Bunlardan birincisi hatta tüm parça tiplerinin yer alması veya bir kısmının yer almasıdır. İkincisi ise, parçaların parça numarasına mı yoksa montaj ürününe mi göre olduğudur. Bunlar (Sol, 2011):

- Tüm parçaların kendi parça kutuları içerisinde ve hat kenarında sürekli olarak bulundurulduğu sistem sürekli besleme çeşididir. Sürekli besleme şeklinde parçalar o anda kullanılmasa bile hat kenarında stoklanır. Bu nedenle parça çeşidinin az olduğu sistemler için uygundur. 1992'de Bozer ve McGinnes, sürekli tedarik yerine hat kenarı besleme terimini kullanmışlardır. Bu sistemde her parça, kendi parça kasasında hat kenarındaki raflara teslim edilir. Bu sistemin avantajı parçaların elleçlemeye gerek duymadan sürekli olarak hat kenarında bulundurulmasıdır. Ancak günümüzde firmalar ürün çeşitliliğini artırmakta bu da parça çeşidinin artmasına ve hat kenarında tüm parçaların stoklanması için gerekli alanın yetmemesine yol açmaktadır. Bu nedenle daha çok çeşitliliğin az olduğu yüksek hacimli üretim ortamları için uygundur. Diğer yandan iş gören hatalı bir parçayla karşılığında ek bir işleme gerek duymadan hat kenarı rafından yeni bir parça temin edebilir. Parça çeşitliliğinin fazla olduğu sistemlerde, hat kenarına tedarik yöntemi kullanılırsa, parçalar hat kenarındaki raflarda yığılacağından stok miktarı ve stok maliyeti artar, iş görenin parçayı bulmak için araması gerekir. Bu da montajda süre kaybına yol açar.
- İkincisi ise belirli bir partide gerekli olan parçaların kendi parça kutularında hatta verilmesidir. Bu sistemde farklı bir partiye geçildiğinde, kullanılmayan parçalar depoya geri götürülür. Bu nedenle gereksiz taşımalar sonucu israf oluşmaktadır. Bu besleme tipine parti tipi besleme denir. Parti tipi beslemede, parçalar hat kenarına belirli ürünler için sağlanır. Diğer bir deyişle o partide üretilecek ürünlerin parçaları hat kenarına verilir ve partideki tüm ürünlerin üretimi tamamlandığında bu parça kasaları depoya geri taşınır. Bir sonraki partinin ürünlerinin parçaları hat kenarına teslim edilir. Bu sistemde görüldüğü gibi israf oldukça fazladır.
- Üçüncüsü ise sadece montaj için gerekli parçaların az miktarda ve tek bir kutuda hatta verildiği besleme yöntemidir. Bu yöntem set şeklinde teslimat denilmektedir. Set şeklinde teslimat kavramı 1980'lerin ortalarında ortaya atılmıştır. Set şeklinde teslimat kavramı daha çok 1990'lardan sonra yoğun ilgi görmeye başlamıştır. Ele alınan çalışmalarda set şeklinde teslimat sistemi birincil olarak hataları azaltmak ve

maliyetleri iyileştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Araştırmaların birçoğu set şeklinde teslimat yöntemi ile hat kenarına besleme yöntemlerinin karşılaştırılması üzerine yapılmıştır. Sıkça ele alınan parametreler ara stok miktarı, temin süresi, örümcek insan sayısı, set hazırlama süresi ve üretim çıktı sayısıdır. İncelenen sistemler çoğunlukla küçük parçalı, manuel sipariş toplama içeren, ürün çeşitliliğinin fazla olduğu sistemlerdir. Uygulanan yöntemlerin birçoğu yazarlar tarafından geliştirilen sezgisel yöntemlerdir. Son yıllarda set şeklinde teslimat özellikle manüel montaj sistemlerinde endüstrinin büyük ilgisini çekmiş ve pek çok uygulama raporu sunulmuştur. Literatürde set oluşturma süreçlerinin tasarımı ve değerlendirilmesi, set halinde teslimat sistemlerinin performans analizi ve bu sistemlerinin diğer hat besleme yöntemleri ile karşılaştırılması üzerine pek çok çalışma yapılmış olmasına rağmen parçaların ve ürün ailelerinin setlere atanması, parça kümelerinin oluşturulması konusuna yeterli çalışma yer almamaktadır. Üretim süreleri ve makine magazin kapasiteleri dikkate alınarak toplam istasyon sayısını en küçükleyecek şekilde parçaların setlere atanmasını için karışık tam sayılı lineer programlama modeli geliştirmişlerdir. Çok değişkenli problemler içinse parça ve makine seçim kuralları içeren sezgisel bir yöntem önermişlerdir.

Bu üç hat besleme şekli aynı anda bir sistemde bulunabildiği gibi genellikle bir tanesi yer alır. 2006'da Johansson tarafından yapılan bir çalışmada sıralı sevkiyat adı verilen bir hat besleme yöntemi belirlenmiştir. Bu sistemde tedarikçiden gelen parçalar montaj sırasına göre hatta verilir, depoya uğramaz.

5.3. Otomotiv Lojistiği

Tam Zamanında Üretim (JIT) kavramının silah haline geldiği otomotiv endüstrisinde, arz ve talep arasındaki binlerce kilometre mesafede oluşacak talebi dakikası dakikasına karşılayacak şekilde cevap verir olması gerekmektedir. Bu nedenle lojistik hizmetlerden en çok yararlanan sektörler arasında yer alan otomotiv sektörü için geliştirilen yeni lojistik uygulamalar ve rekabet gücünü arttıracak açılımlar mevcuttur (Kabatepe, 2006).

Otomotiv lojistiği, dış etkilere açık ürünlerin taşındığı, dolayısıyla nakliye ve stoklama kalitesinin çok önemli olduğu bir alandır. İthal edilen araçların gemilerden hızlı tahliyesi, kamyonlara yüklenip stok sahalarına kısa sürede aktarımı gereklidir. Liman içerisinde operasyonda zaman kayıplarına yol açan trafik sıkışıklıkları olmamalıdır. Geniş araç stoklama alanları bulunmalıdır. Yükleme boşaltma için limanlara ve stok sahalarına gelen tırlar için park alanları oluşturulmalıdır. Araçların

gemilerden indirilip yüklenmesi için limanlarda sürekli hizmet veren şoför kadroları oluşturulmalıdır. Transfer ve gümrükleme işlemleri hızlı bir şekilde sonuçlandırılmalı, gereksiz beklemlerin olduğu noktalar gözlemlenerek çözümüne yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Terminaller, limanlar, stoklama noktaları 24 saat hizmet verebilecek kapasitede olmalıdır. Gelişmiş data sistemlerinin kullanımı ile de evrak yükü azaltılmalıdır (Kabatepe, 2006).

İç lojistik ve planlama süreçlerinde stok yönetimi ve depo yönetimim önemini artması, depolama yöntemi olarak yüksek raf olarak adlandırılan dar koridorlu depolama sistemine sahip olan otomotiv fabrikası kaynak iş birimi malzeme hareketleri içinde aksiyon almasını sağlamıştır. Depolama ve hat besleme operasyonunda aksaklık gördüğü ve zaman zaman geç parça ikmali veya hatalı parça ikmali ile kaynak iş birimine iş yeri duruşu ya da hat duruşu yaşattığı yüksek ve dar koridor depo alanı için Altı Sigma çalışması yaparak sistemsel çözüm bulmayı hedeflemiştir. Uygulama bölümünde aktarılacak olan çalışmayı tamamlamıştır.

6. ALTI SIGMA YAKLAŞIMI VE OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE ÇEŞİTLİ KAZANIMLARIN UYGULAMASI

Uygulama otomotiv sektörünün öncü bir firmasında yapılmıştır. Altı Sigma yöntem bilimi yüksek raf depolama ve hat besleme operasyonlarının verimliliğinin sağlanması ve geç ve hatalı ikmal nedenli yaşanan yürüyen hat ve iş istasyonlarının duruşlarının azaltılması ve süreç dengelemesi yapılmasında kullanılmıştır.

6.1. Firmanın Tanıtımı ve Tarihçesi

Otomotiv sektörünün öncü kuruluşlarından olan Ford Otosan A.Ş. 1959 yılında Otosan adıyla Ford'un montaj fabrikası olarak kurulmuştur. 1998 yılında Ford ile imzalanan anlaşma sonucunda şirketin adı Ford Otomotiv San. A.Ş. olarak değişmiştir.

Ford Otosan sermayesinin % 41,04'ü Ford Motor Company'ye % 41,04'ü Koç Topluluğu şirketlerine aittir. Sermayenin % 17,92'si ise halka açıktır. Ford Otosan kapasitesi Kocaeli lokasyonu için 320.000 araç/yıl, İnönü lokasyonu için 10.000 adet/yıl'dır. Toplam istihdam 9.500 kişi civarındadır.

Ford Otosan 12 yıldır üst üste Pazar liderliğini elde etmiştir. Bu liderlikteki en büyük etmenlerden biri otomotiv sektörünün en geniş ürün gamına sahip olmasıyla açıklanabilir. Türkiye'nin toplam ticari araç üretiminin % 54'ü, toplam ticari araç ihracatının % 61'i Ford Otosan tarafından karşılanmaktadır.

Ford Otosan AB Komisyonu'nun 'EU R&D Investment Scoreboard' listesine göre Ar-Ge harcamasında dünyada ilk 1000 şirket arasında bulunmaktadır.

Ford Otosan 5 kıtada 76 ülkeye araç ve parça ihracatı gerçekleştirmektedir. İhracat yapılan ülkelerin başında İngiltere, Kuzey Amerika ve Almanya gelmektedir.

Ford Otosan Türkiye'nin tamamına yayılmış müşteri odaklı ve yenilikçi satış ve satış sonrası ağıyla bakımı servis ve onarım hizmetleri vermektedir. 116 adet satış, 158 adet satış sonrası olmak üzere toplamda 205 adet bayisi bulunmaktadır. Kapalı ekonomi döneminde, lisans anlaşmaları çerçevesinde Türkiye'de ilk otomotiv

1959 yılında Otosan, Ford'un montaj fabrikası olarak kurulmuştur. 1966 yılında Otosan ilk Türk otomobil markası olan Anadol'u üretmiştir. 1967 yılında ilk Transit üretimi gerçekleştirilmiştir.

1982 yılında İnönü fabrikasının açılmasıyla Otosan, Cargo Kamyon üretimine başlamıştır. 1986 yılında Otosan Türkiye'nin ilk dizel motoru olan ERK'i üretmiştir. 1990'lı yıllarda Yeni Nesil Transit ve Ford Escort üretimine başlanmıştır. 1997 yılında Ford'un Otosan'da % 30 olan hissesini % 41'e çıkartmıştır.

1998 yılında Kartal lokasyonunda bulunan Ford Otosan Yedek Parça Dağıtım Merkezi, 2001 yılında Kocaeli fabrikası açılmıştır.

200'li yıllarda Türkiye küresel otomotiv üretiminde önemli bir merkez konumuna geldi. Bir montaj merkezinden, Ar-Ge odaklı bir ürün geliştirme ve üretim merkezine dönüşerek katma değerini ve rekabet avantajını önemli ölçüde arttırdı. Bu gelişmeye paralel olarak Ford Otosan, 2007 yılında Gebze Ürün Geliştirme Merkezini açmıştır.

2007 yılında Transit'in 'Yılın Uluslararası Ticari Araç Ödülü'nü alması ve 2009 yılında Kuzey Amerika'ya Transit Connect ihracatı Ford Otosan için önemli dönüm noktalarındandır. 2013 yılının sonu itibariyle Ford Otosan üst üste 12. Kez Pazar liderliğini elde etmiş ve başarısını bir kez daha kanıtlamıştır.

Firma lokasyon bilgileri:

Ford Otosan'ın sanayi yoğunluğu en fazla olan çember içerisinde yer alan dört tane lokasyonu bulunmaktadır. Kocaeli fabrikası 2001 yılında kurulmuştur. Kocaeli Fabrikası Ford Üretim Sistemi (FÜS) doğrultusunda kurulmuş, yüksek seviyede otomasyona sahip ve Merkezi Malzeme Yönetimi Sistemi (MMYS) tarafından desteklenen bütünleşik bir üretim merkezidir. Preshane, Kaynak, Takım Kalıp, Montaj, Boyahane atölyeleri, bunlara ek olarak imalatçı parkı ve limanı bulunmaktadır.

Kocaeli fabrika 340.000 m² kapalı alan olmak üzere toplam 1.600.000 m² alan üzerine kurulmuştur. Transit, Transit Connect ve Transit Custom üretimi gerçekleştirmektedir. Yıllık kapasitesi 320.000 adet araçtır.

İnönü fabrikası 1981 yılında kurulmuş olup toplam 1.100.000 m² toplam alanı mevcuttur. Yıllık kapasitesi 10.000 adet kamyon, 66.00 adet motor ve 140.000 adet aktarma organıdır.

Türkiye'nin en büyük parça dağıtım merkezi olan Kartal Yedek Parça Dağıtım Merkezi 1998 yılında açılmıştır. Parça operasyonları, servis mühendisliği, garanti, saha operasyonları, bayi eğitimi ve müşteri işlemleri bu merkezde takip edilmektedir.

Gebze Mühendislik Merkezi 2007 yılında Tübitak MAM'da kurulmuştur. Ford Otosan ve Ford Avrupa Ürün Geliştirme faaliyetleri için mühendislik desteği vermektedir.

6.2. Tanımlama

Proje başlangıcında, projenin adı, projenin amacı, işletmenin hangi performans metriğine fayda sağlayacağı, projede çözümlenmesini istediğimiz hatanın ne olduğu bilgisinin yer aldığı formu doldurup proje şampiyonumuzun onayına sunarız.

Bu form projeyi özetler nitelikte olup, proje şampiyonuna yapılması istenen proje hakkında önemli bilgiler sunar. Proje şampiyonu, projenin hedeflediği metriğin; bu uygulama için metriğimiz hatalı ikmal edilen parça sayısı ve bu hatalı ikmal nedeniyle yaşanan hat ve iş istasyonu (hücre) duruşudur; işletme hedeflerine paralel olup olmadığını ayrıca proje için gerekli olan finansal desteğe yeterliliğin sağlanıp sağlanamayacağına karar verip, projeye onay verir ya da projeyi reddeder. Bu uygulama için Tablo 6.1'deki form doldurulmuştur ve proje şampiyonunun onayı mevcuttur. Tablo 6.1'de orijinal formun özet hali bulunmaktadır.

Tablo 6.1.'de ve Tablo 6.2.'de görüldüğü üzere projede yüksek raftan hatalı ikmal edilen parça sayısının azaltılması ve buna bağlı olarak duruş süresi, atıla düşen veya fazla beklediği için korozyona uğrayan sac parçaların tutarının azaltılması hedeflenmektedir. Bu projede ele alına kusur malzeme hareketleri günlük hatalı ikmal edilen parça sayısının 1'i geçmemesi, yani haftalık 7 ikmalden fazla olmamasıdır. Hedefimiz ise yüksek raf depolama ve hat ikmal sürecini iyileştirerek, ikmal kalitesini ve hata nedenli yalanan duruş, parça maliyeti ve ek elleçleme maliyetlerini azaltmak yönünde olacaktır. Haftalık ortalama hatalı ikmal metriğini % 67 azaltarak 7 adet ve altına indirmek olacaktır.

Aracın gövde kısmının üretildiği kaynak alanda imalatçıdan paletler üzerinde ve sandıklar ile gelen parçaların stoklanması ve kaynak hattının beslemesi iç lojistik ve malzeme hareketleri birimi tarafından yönetilmektedir. Paletler üzerinde maksimum 12 ağırlığında kutular ile gelen parçaların malzeme hareketleri kanban sistemiyle yönetilmekte (Card Parça) ve travers aralıkları dar olan alçak kayar raflara stoklanmaktadır.

Tablo 6.1. Proje başlangıç tanımlamaları

Proje Ba ğı :	Kaynak Malzeme Hareketleri Yüksek Raf Depo Yönetimini ve Hat İkmalinin İyileştirilmesi
Problem Durumu:	Sabit adresleme alanlarında bulunamayan veya yanlış ikmal edilen parçalar nedeniyle hat ikmalinde yaşanan sıkıntılar (ek elleçleme ve işçilik, hücre duruşu ve hat duruşu)
	Sabit Adresleme nedeniyle Parçalarda FIFO (First In First Out) "İlk Giren İlk Çıkar" kuralının uygulanamaması nedeniyle yaşanan sıkıntılar (Atıl Malzeme kalma riski, Korozyona uğramış Parça Çıkma Riski, Hurda Riski)
Ba ğantıları : Kusur Tanımı / Kritik Kalite Göstergesi (Ölçülebilir)	Kaynak Malzeme Hareketleri hedef katında yer alan yanlış ve geç parça ikmali nedeniyle yaşanan hücre duruşu süresi ve sayısı (saat*hücre sayısı)
	Kaynak Malzeme Hareketleri hedef katında yer alan yanlış ve geç parça ikmali nedeniyle yaşanan hat duruşu süresi (saat)
	Kaynak Malzeme Hareketleri hedef katında yer alan FIFO yapamama nedeni Atıl Malzeme kalma sayısı ve değeri (sayı*değer)
	Kaynak Malzeme Hareketleri hedef katında yer alan FIFO yapamama nedeni Korozyona uğrayan ve Hurdaya ayrılan parça sayısı ve değeri (sayı*değer)
	Kaynak Malzeme Hareketleri hedef katında yer alan hat ikmali ve FIFO nedeni yaşanan sıkıntılardan kaynaklı ek elleçleme ve işçilik süresi
Kusur Tanımı	Haftalık hatalı ikmal edilen konteyner sayısı ≥ 7
Alt Kusur Tanımı	Aylık atıl ve korozyon uğrayan parça sayısı toplamı ≥ 12
	Haftalık hatalı ikmal nedeni yaşanan hat ve iş istasyonu süresi ≥ 300
Proje Kapsam Tanımı:	Kaynak Malzeme Hareketleri Dar Koridor Yüksek Raf Depolama ve Hat ikmali süreçlerini iyileştirmek
Temel Hedef	Hatalı ikmal edilen konteyner sayısını % 67 kadar azaltmak
Alt Hedef	Hatalı ikmal nedeni hat duruşunu % 75 kadar azaltmak
	Hatalı ikmal nedeni iş istasyonu duruşunu % 80 kadar azaltmak
	Atıl kalan ve Korozyona uğrayan parça sayısını ve değerini % 95 kadar azaltmak

Tablo 6.2. Performans metriği

Performans Metri ği	Mevcut	Gelecek
Haftalık Hatalı İkmal Edilen Konteyner Sayısı	30	≤ 7
Aylık Yaşanan Hat Duruş Süresi (dk)	1160	≤ 300
Aylık Yaşanan Hücre Duruş Süresi (dk)	1520	≤ 300
Aylık Atıla Düşen ve Korozyona Uğrayan Parça Sayısı	267	≤ 12

Sandıklar içerisinde gelen büyük parçaların malzeme hareketleri ise elektronik kanban (Call Parça-Smart Sistemi) ile yönetilmekte ve yüksek raflarda stoklanmaktadır. Her iki paketleme grubu da sabit adresleme ile yüksek ve alçak raflarda yönetilmektedir. Ayrıca her iki kanban uygulaması da çekme sistemiyle dizayn edilmiştir. Kanban kartları ile yönetilen parçalar için rezerve alanlardan aktif alanlar beslenmekte, aktif alanlardan da hat ihtiyacı karşılanmaktadır. E-Kanban ile yönetilen parçalar için ise sabit adresten parça indirilerek hat beslemektedir.

Mevcut işleyişte sandık malzemeleri için parça indirme ve hat besleme süreçleri ilk giren malzemenin ilk çıkmasını sağlayamamaktadır. Kutuyla gelen kanban kartlarıyla takip edilen malzemeler için proje kapsamı dışındadır. Bu kapsamda sandık malzemelerinde FIFO uygulayabilmek için görsel ve imalatçı bazlı bazı çözümler düşünülmüş ya da denenmiş ancak istenen ölçüde başarı sağlanamamıştır.

Malzeme hareketleri sistemindeki problem yüksek rafta malzeme yerleştirme ve hat besleme sürecinde FIFO uygulanamaması nedeniyle rafta uzun süre bekleyen korozyona uğrayan parça maliyeti ve atıl duruma düşen parça maliyeti ve e-kanban uygulamasının sadece hattı besleyen reachtruck adı verilen yandan bıçaklı forklift operatörlerinin takip ettiği monitörlerle yapılarak telsiz yardımıyla stoklama yapan sideloader adı verilen yüksek istifleme ekipman operatörlerine bildirmesi ve yaşanan yanlış parça elleçlemesidir ve ikmalidir.

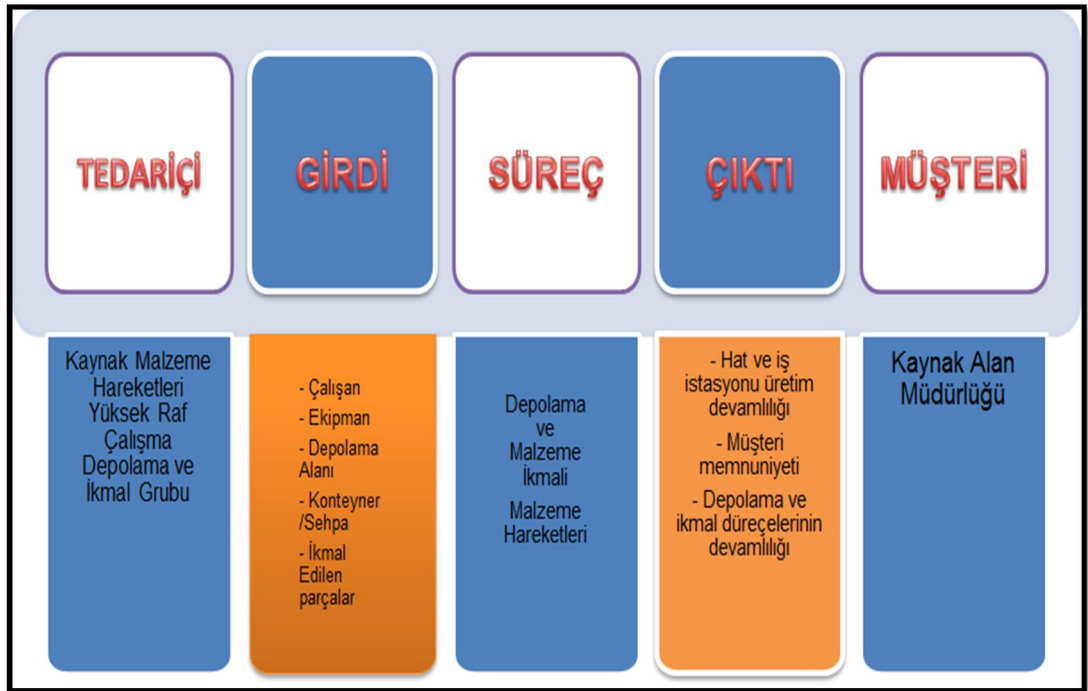
Proje adı, hedef ve kusur tanımları yapıp, proje şampiyonunun onayı alındıktan sonraki adım, proje ekibini oluşturmaktır. Proje ekibini oluştururken, Altı Sigma organizasyonunda yer alan başlıklardaki kişilerin olmasına önem verilmelidir.

Tablo 6.3. Organizasyon yapısı

Organizasyon Ba li i	Ki i sayisi	Görev
Proje şampiyonu	1	Müdür
İş Sahibi	1	Şef
Uzman Kara Kuşak	1	Şef
Kara Kuşak	1	Mühendis
Yeşil Kuşak	1	Mühendis
Destek Ekibi	1	Teknisyen (Gri Yaka)
	3	Grup Lideri (Mavi Yaka)
	1	Yazılımcı Mühendis
	30	Operatör (Mavi Yaka)
Toplam	40	

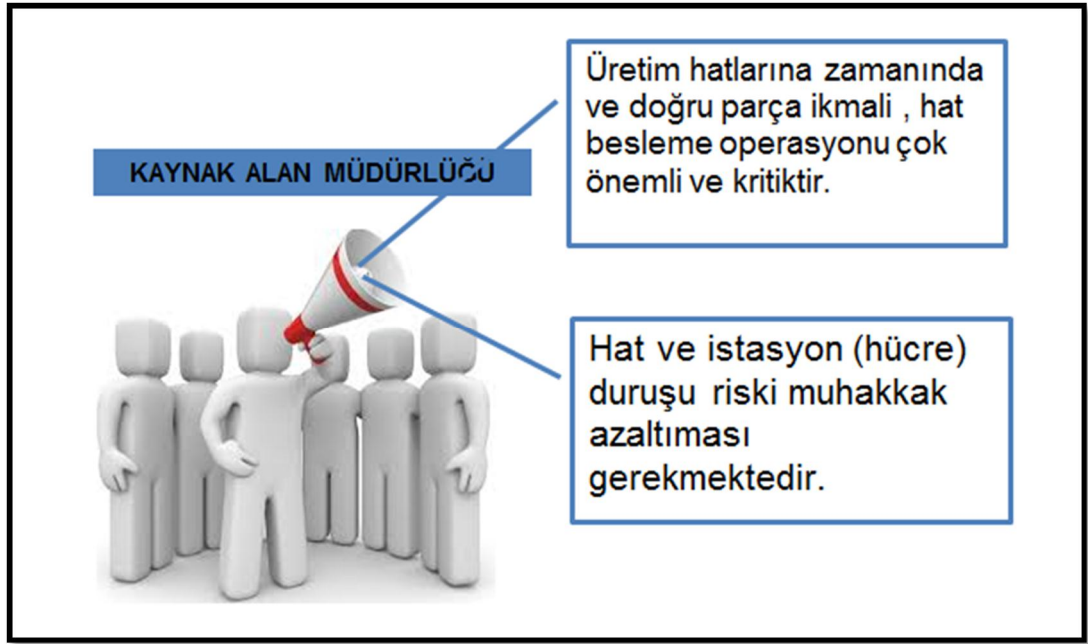
Tablo 6.3.'de görüldüğü gibi, uygulamada 1 proje şampiyonu, 1 uzman kara kuşak, 1 kara kuşak, 1 yeşil kuşak, 1 yazılımcı mühendis, 1 Teknisyen, 3 mavi yaka grup lideri, 30 mavi yaka yüksek raf ekipman operatörü ile iş sahibi kaynak malzeme hareketleri ekip lideri görev almıştır.

Şekil 6.1.'de tanımlama aşamasının önemli bir enstrümanı olan TGSÇM diyagramı gösterilmiştir. Tedarikçi Planlama ve İç Lojistik (Kaynak Malzeme Hareketleri) Ekip Liderliğine bağlı olarak çalışan ve süreçleri iyileştirme kapsamında yer alan Yüksek Raf Depolama ve İkmal Grubu'dur. Süreç Depolama ve Malzeme İkmal sürecidir. Yani Malzeme Hareketleri'dir. Sürecin girdileri; çalışan, ekipman, Depolama alanı (raflar), konteyner(sehpa) ve parçalardır. Sürecin çıktıları ise; depolama ve ikmal işlerinin devamlılığı, hat ve iş istasyonu (hücre) üretiminin devamlılığı ve tabii ki müşteri memnuniyetidir. Müşteri'den kasıt ise depolama ve ikmal grubunun iç müşterisi olan Kaynak Alan Müdürlüğü, yani üretim müdürlüğüdür.



Şekil 6.1. Uygulamaya ait TGSÇM diyagramı

Tanımlama aşamasının diğer önemli enstrümanı olan "Müşterinin Ses", "Voice of Customer" (VoC) diyagramı Şekil 6.2.'de gösterilmiştir. İç müşteri olan Kaynak Alan Müdürlüğü şunları söylemektedir: "Üretim hatlarına zamanında ve doğru parça ikmal çok önemli ve kritik bir operasyondur" ve "Hat ve istasyon duruş riskleri ortadan kaldırılmalı ya da en azından azaltılmalıdır. "



Şekil 6.2. Uygulamaya ait “Müşterinin Sesi” diyagramı

TGSÇM diyagramında görülebileceği gibi süreç 2 ana kısımdan oluşmaktadır. Bu süreçler birbiri içerisine girmiş ve devamlılığı olan süreçlerdir. Başlangıç anından sonra sırayla süreç aşağıdaki gibidir:

- Depolama: Gelen malzemenin yüksek raflara yerleştirilmesi
- Malzeme İkmali: Hattan gelen ihtiyaca göre malzemenin hatta beslenmesi

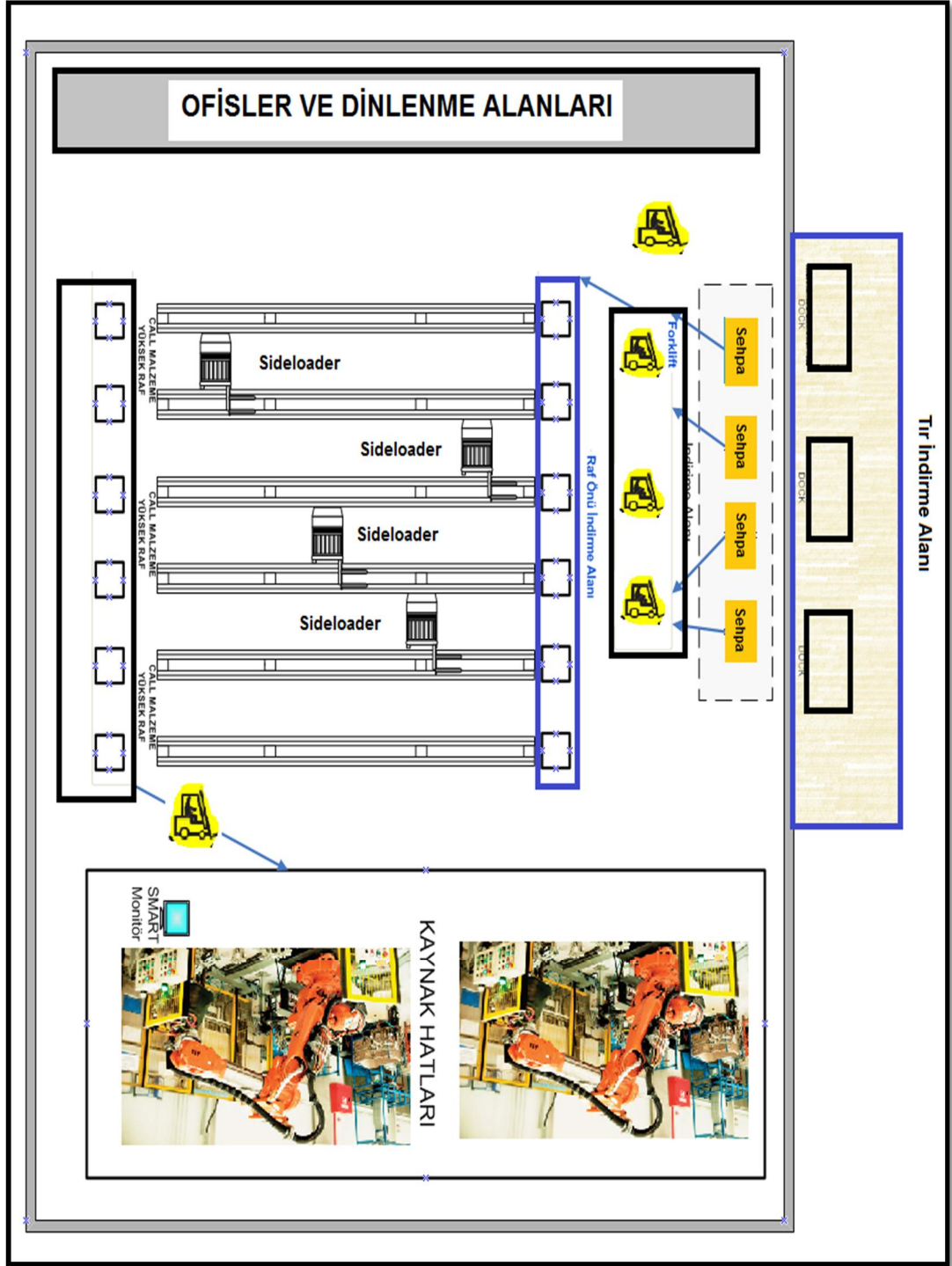
Gelen malzemenin yüksek raflara yerleştirilme süreci:

- Malzeme tır ile gelir, dock olarak tabir edilen tır indirme alanına yanaşır
- Sandıklar, üzerindeki imalatçı etiketindeki ambar adresine göre gruplanır
- Sandıkla gelen malzemeler forkliftler ile istiflenecekleri raf önü alana getirilir
- Raf önündeki sandıklar kendileri için adreslenen yüksek raf adresine taşınır

Hattan gelen ihtiyaca göre malzemenin hatta besleme süreci:

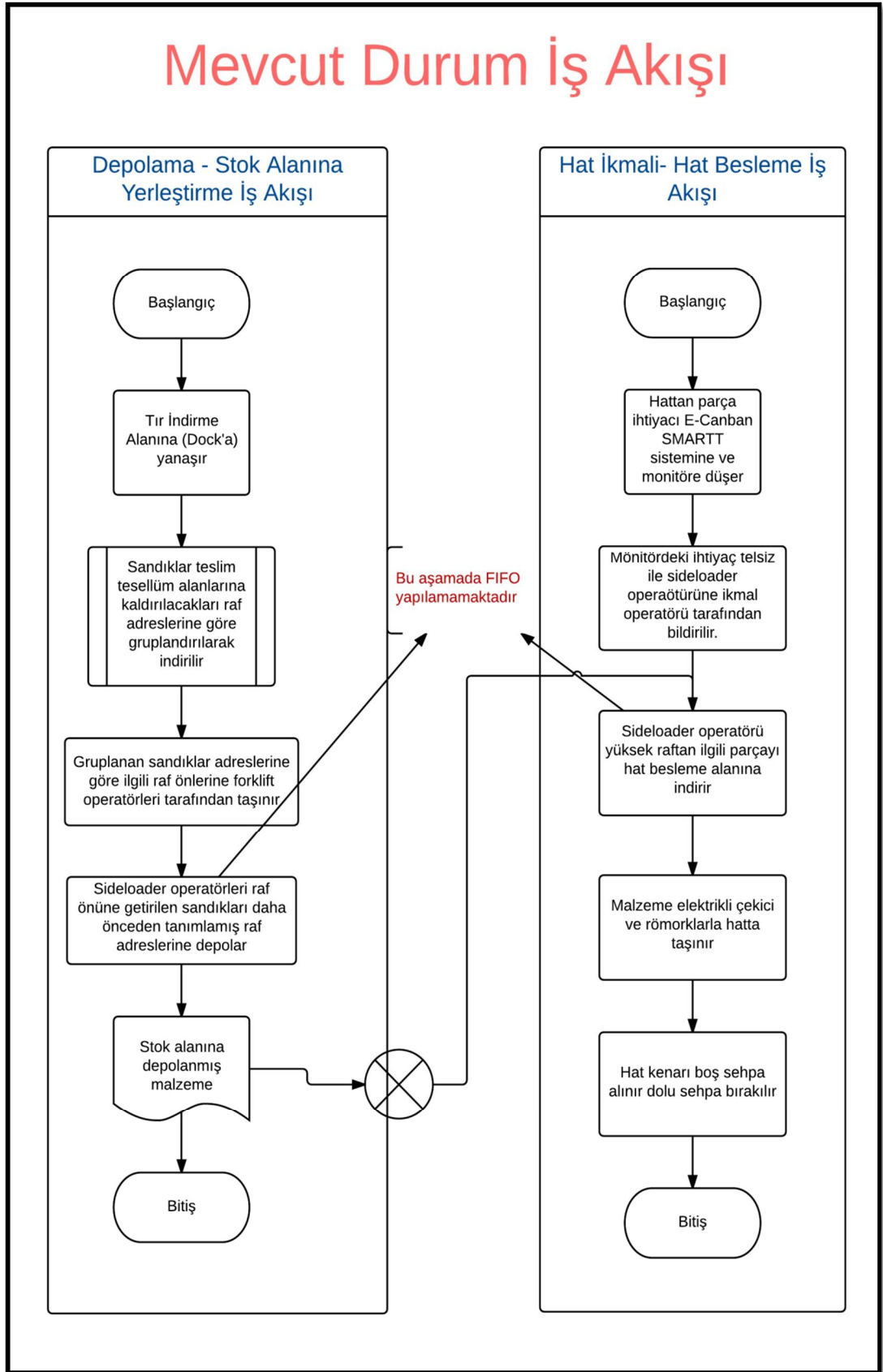
- E-kanban ile gelen ihtiyaç hattaki bilgisayar ekrana düşer, hattı besleyen reachtruck operatörü parça talebiyle ilgili belgeyi elektronik ortamdan yazılı ortama almak için kanbanı fiş şeklinde yazdırır
- Telsiz ile ihtiyaç hat operatörü tarafından yüksek raf sideloader operatörüne iletilir
- İhtiyaç yüksek raf önündeki tanımlı hat besleme alanına sideloader operatörü tarafından indirilir
- “Orderpicker veya twt” adı verilen elektrikli çekiciler tarafından birden fazla sandık taşıyabilmek için dizayn edilen ve “dolly” adı verilen römorklu çekiciler tarafından hatta taşınır

Süreç görsel olarak Şekil 6.3.'te gösterilmiştir. Ayrıca mevcut stok alanına yerleştirme ve hat besleme sürecine ait iş akış şeması da Şekil 6.4.'de gösterilmiştir. Yüksek raflı ambar alanında çeşitli yükseklik ve genişlikte traversler ile bölümlenmiş hücreler mevcuttur ve bu hücrelerin genişlikleri özel durumlar hariç aynıdır. Bu alanlar yerleştirilen sandığın boyutlarına göre iki ya da üç sandık almaktadır.



Şekil 6.3. Mevcut durum süreç görseli

Mevcut Durum İş Akışı



Şekil 6.4. Mevcut durum iş akış şeması

Projenin tanımlama kısmında projenin adı, hedefi, alt hedefleri, problemin tanımı, alt problem tanımları ve proje organizasyonunun tanımlaması net bir şekilde yapılmış olup, ölçüm kısmına geçilebilir.

6.3. Ölçüm

Altı Sigma projesinin ölçüm kısmında, tanımlama kısmında belirlediğimiz kusurun ve alt kusurun belirli dönem içerisinde değerleri ölçülür. Bu çalışmada tanımlanan kusur haftalık hatalı ikmal edilen konteyner sayısı metriğidir. Bu metrikle beraber neden olduğu alt kusur metrikleri de aylık hatalı ikmal nedeniyle yaşanan hat duruş süresi (dakika), aylık hatalı ikmal nedeniyle yaşanan iş istasyonu, hücre, duruş süresi (dakika) ve FIFO yapılamadığı ve hatalı ikmal nedeniyle ay sonu sayımlarda ortaya çıkan atıla düşmüş ve korozyona uğramış parça sayısı metrikleridir. İlgili metrikler PFEP, Plan For Every Part (Her Parça İçin Plan) adı verilen takip dosyalarında teknisyenler tarafından takip edilen ve düzenli kayıt alınan verilerdir.

Bu takip dosyalarına sistemden ve elle veri akışı olmaktadır. Proje döneminde kapsamdaki parçalara ait metrik ölçümleri Tablo 6.4., Tablo 6.5., Tablo 6.6. ve Tablo 6.7.'de gösterilmiştir.

Tablo 6.4. Aylık atıla düşen ve korozyona uğrayan parça sayısı

	Ekim 11	Kasım 11	Aralık 11	Ocak 12	ubat 12	Mart 12	Nisan 12	Mayıs 12
KOROZYONA UĞRAYAN PARÇA ADET	254	262	261	205	211	219	222	191
ATILA DÜŞEN PARÇA ADET	46	53	53	31	32	32	36	29

Tablo 6.5. Aylık hatalı ikmal nedeniyle hat duruş süresi (dakika)

Ekim 11	Kasım 11	Aralık 11	Ocak 12	ubat 12	Mart 12	Nisan 12	Mayıs 12
1.383	1.293	1.226	1.079	1.020	1.008	1.103	1.165

Tablo 6.6. Aylık hatalı ikmal nedeniyle hücre duruş süresi (dakika)

Ekim 11	Kasım 11	Aralık 11	Ocak 12	ubat 12	Mart 12	Nisan 12	Mayıs 12
2.027	1.837	1.691	1.174	1.382	1.310	1.396	1.341

Tablo 6.7. Haftalık hatalı ikmal edilen konteyner sayısı

Ay	Hafta Ba langiç Tarihi	Hafta Numarası	Hatali kmal Adeti
Ekim 11	3.10.11	41. Hafta	84
Ekim 11	10.10.11	42. Hafta	39
Ekim 11	17.10.11	43. Hafta	27
Ekim 11	24.10.11	44. Hafta	16
Kasım 11	31.10.11	45. Hafta	75
Kasım 11	7.11.11	46. Hafta	41
Kasım 11	14.11.11	47. Hafta	21
Kasım 11	21.11.11	48. Hafta	6
Kasım 11	28.11.11	49. Hafta	6
Aralık 11	5.12.11	50. Hafta	69
Aralık 11	12.12.11	51. Hafta	31
Aralık 11	19.12.11	52. Hafta	25
Aralık 11	26.12.11	53. Hafta	18
Ocak 12	2.1.12	1. Hafta	43
Ocak 12	9.1.12	2. Hafta	27
Ocak 12	16.1.12	3. Hafta	17
Ocak 12	23.1.12	4. Hafta	21
Şubat 12	30.1.12	5. Hafta	54
Şubat 12	6.2.12	6. Hafta	30
Şubat 12	13.2.12	7. Hafta	17
Şubat 12	20.2.12	8. Hafta	15
Mart 12	27.2.12	9. Hafta	57
Mart 12	5.3.12	10. Hafta	28
Mart 12	12.3.12	11. Hafta	9
Mart 12	19.3.12	12. Hafta	7
Mart 12	26.3.12	13. Hafta	10
Nisan 12	2.4.12	14. Hafta	60
Nisan 12	9.4.12	15. Hafta	32
Nisan 12	16.4.12	16. Hafta	14
Nisan 12	23.4.12	17. Hafta	16
Mayıs 12	30.4.12	18. Hafta	58
Mayıs 12	7.5.12	19. Hafta	26
Mayıs 12	14.5.12	20. Hafta	20
Mayıs 12	21.5.12	21. Hafta	16

Tablo 6.7.'de verilen temel kusur tanımının Altı Sigma çalışmasında girdi olarak kullanılabilmesi için normal dağılıma uyması ya da bazı istatistiksel veri dönüştürme teknikleriyle normal dağılıma uyan hale getirilmesi gerekmektedir. Tablo 6.7.'de yer alan değerlerin istatistiki testleri Minitab 17 programı yardımıyla yapılmıştır. Kusur ölçümü yapıldıktan sonraki en önemli adımlardan biri kusur oranının belirlenmesidir.

Bu uygulamada kusur haftalık ikmal edilen konteyner sayısının 7 adetten büyük olma durumudur. Temel kusura ek olarak tanımlanan alt kusurlar ise aylık yaşanan hat duruş düresinin 300 dakikadan büyük olması, aylık yaşanan hücre duruş süresinin 300 dakikadan büyük olması, aylık atılan düşen ve korozyona uğrayan parça sayısının 12'den büyük olmasıdır.

Tablo 6.8.'de gösterildiği gibi Minitab yardımıyla bulunan temel hataya ait DPMO rakamı 911.765'dir. Alt hatalara ait DPMO rakamları ise Tablo 6.9.'da gösterilmiştir.

Tablo 6.8. Temel kusur DPMO

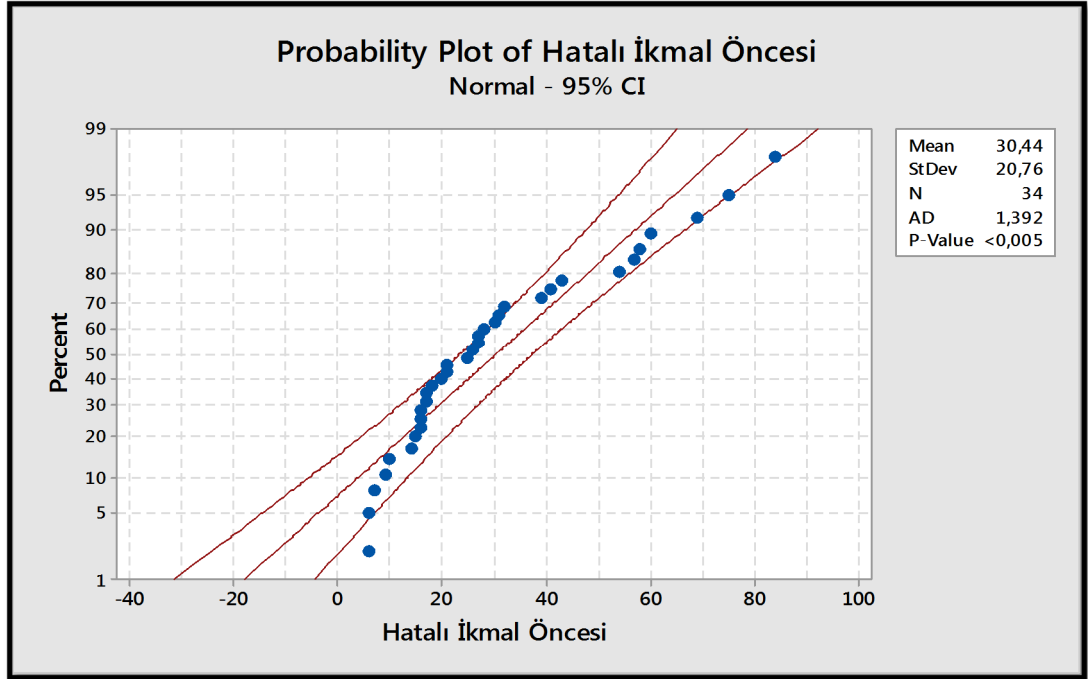
Hata:	31
Toplam Fırsat Sayısı	34
DPMO:	911.765
Sigma Seviyesi	0,15

Tablo 6.9. Alt kusur DPMO

Aylık Atıla Dü en ve Korozyona U ryan Parça Sayısı		Aylık Ya anan Hat Duru Süresi (dk)		Aylık Ya anan Hücre Duru Süresi (dk)	
Hata:	8	Hata:	8	Hata:	8
Toplam Fırsat Sayısı	8	Toplam Fırsat Sayısı	8	Toplam Fırsat Sayısı	8
DPMO:	100000 0	DPMO:	100000 0	DPMO:	100000 0
Sigma Seviyesi	0,00	Sigma Seviyesi	0,00	Sigma Seviyesi	0,00

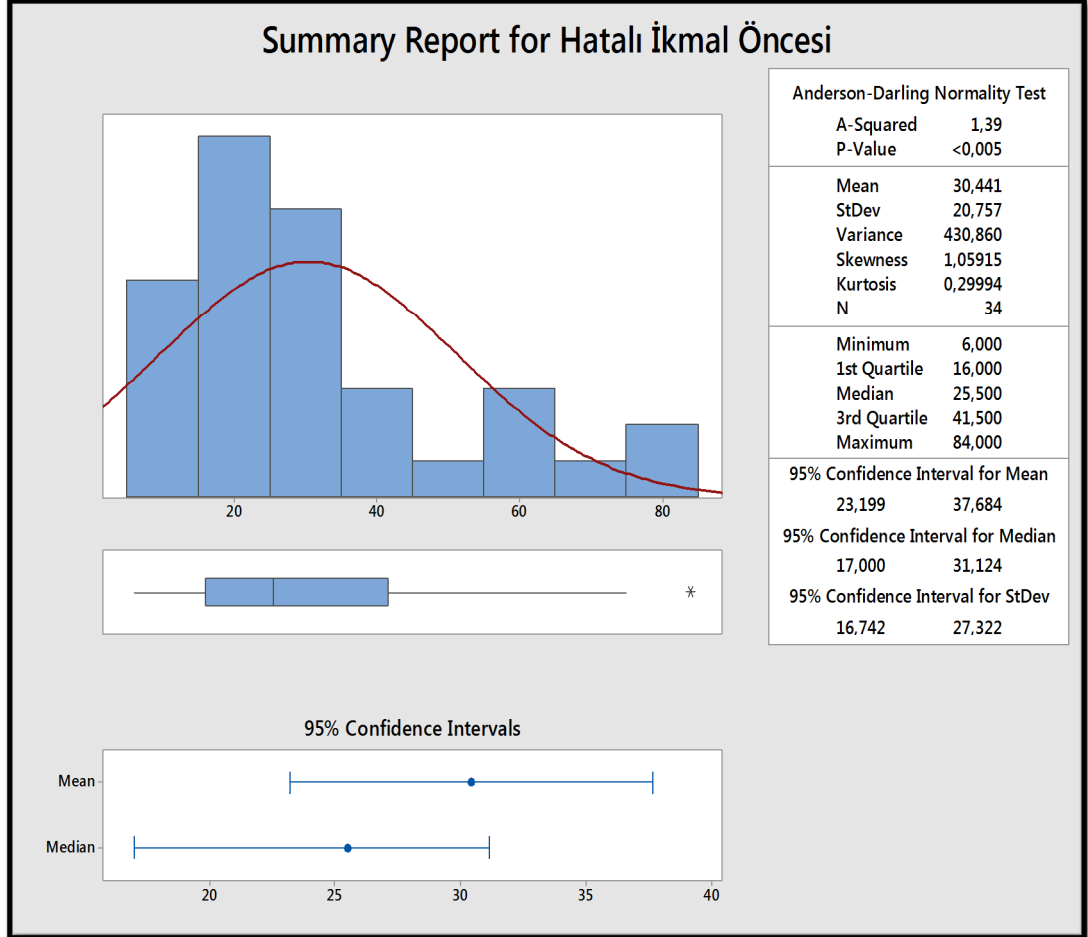
6.4. Analiz

Analiz kısmında öncelikle haftalık hatalı ikmal edilen konteyner sayısının istatistiksel analizi yapılmaktadır. Şekil 6.5.'de hatalı ikmal değerlerinin dağılım grafiği yer almaktadır.



Şekil 6.5. Haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri dağılım grafiği

Haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri ortalaması 30,44 adettir. Haftalık değerlerin ortalamaya yakın düzeyde olmadığı gözlemlenmektedir. Değerlerin standart sapması da yüksektir.

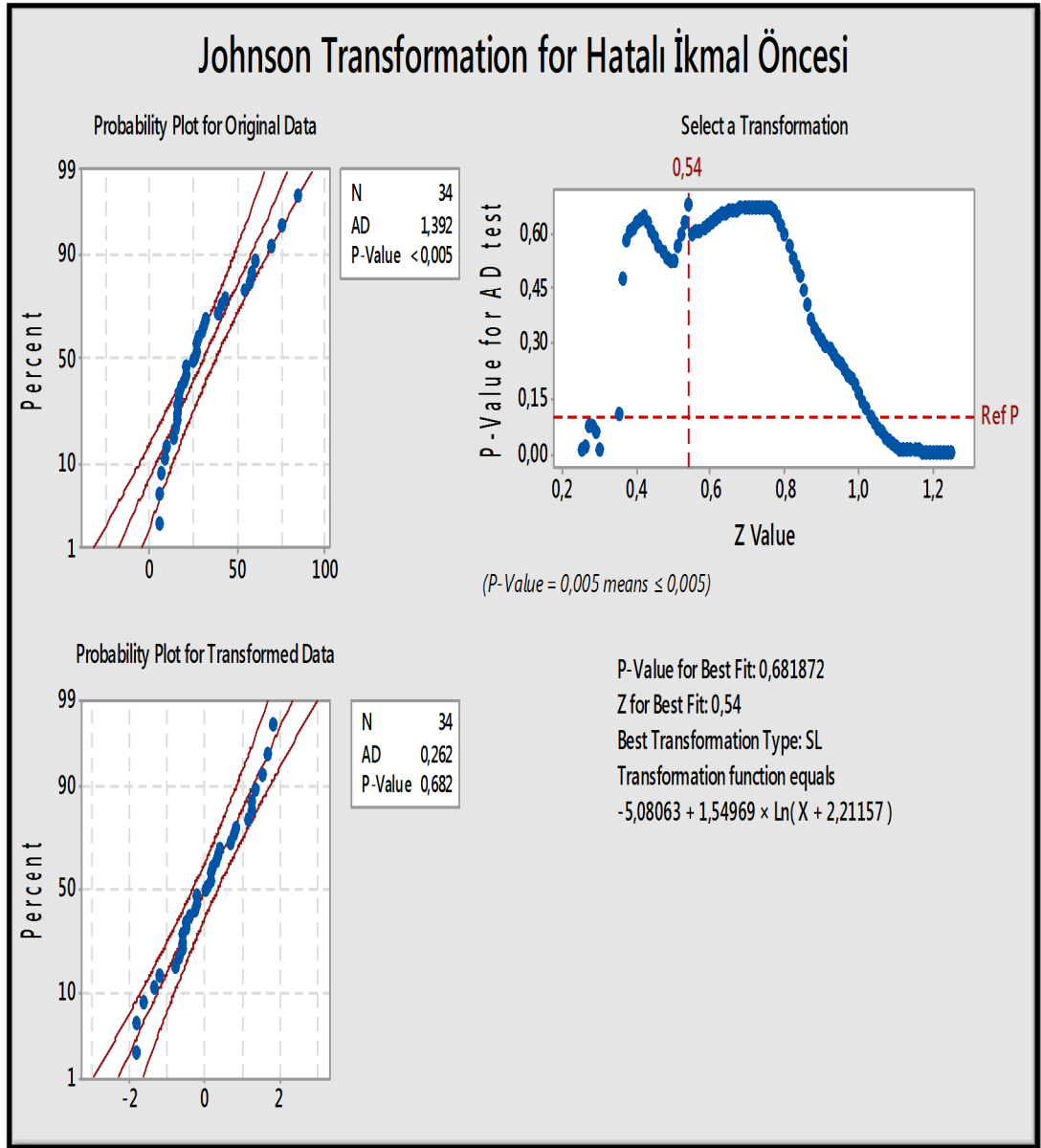


Şekil 6.6. Haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri normallik testi

Normallik testine göre çıkan P değeri 0,05'den küçüktür. Haftalık hatalı ikmal edilen konteyner sayısı metriği normal dağılıma uymamaktadır. Bu sebeple yine Minitab 17 ile normal olmayan datanın normalize edilmesi adına Stat menüsü altında Quality Tools başlığında yer alan "Johnson Transformation Test" yani "Johnson Dönüşüm Testi" uygulanmıştır. Bu testin uygulanmasının nedeni veri yapısının testin temeli olan negatif ve 0 içermeyen veriye uygun olmasıdır.

Bu dönüşüm testi sonucunda haftalık hatalı ikmal değerlerinin normal dağılıma uygun olması için gerekli olan fonksiyon aşağıdaki gibidir.

$$f(\text{Dönüşüm}) = -5,08063 + 1,54969 \times \ln(X + 2,21157) \quad (6.1)$$



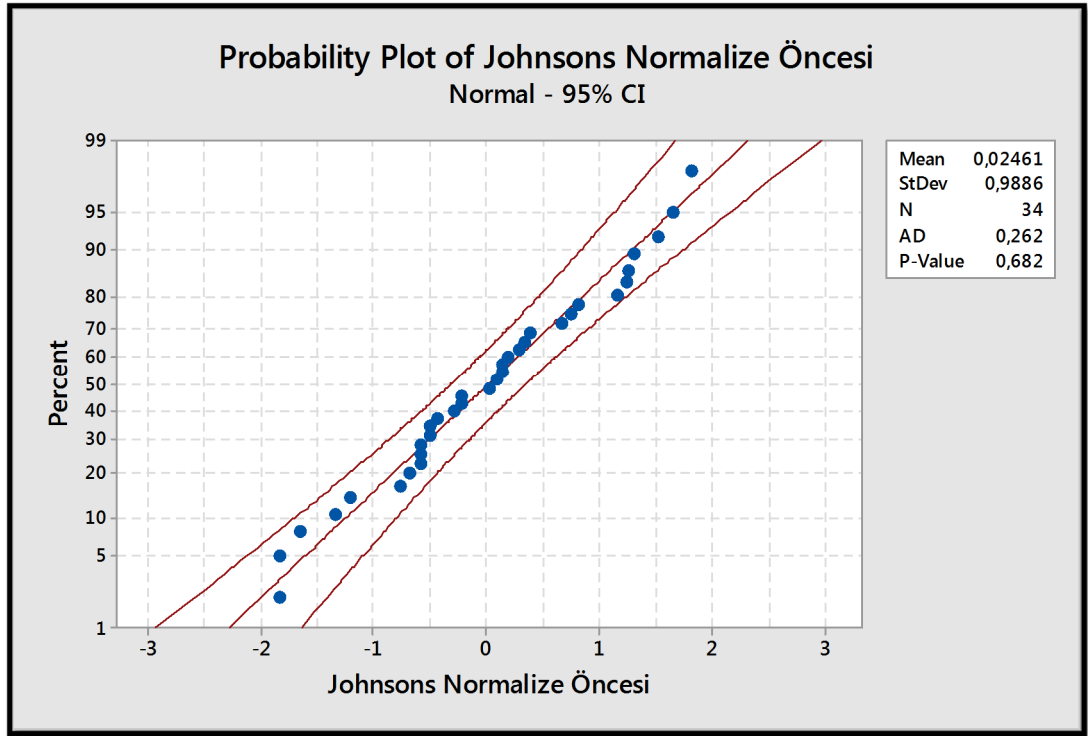
Şekil 6.7. Haftalık hatalı konteyner ikmal verisine ait Johnson Dönüşüm Testi

Bu fonksiyon haftalık değerlere uygulanması sonrası hafta hafta dönüştürülmüş değerleri Tablo 6.10'da belirtilmiştir. Şekil 6.8'de yeni değerlere ait dağılım grafiği gözlemlenmektedir. Dönüştürülmüş yeni haftalık değerlerin ortalamaya yakın düzeyde olduğu gözlemlenmektedir. Normallik testine göre bu aşamada çıkan yeni p değeri=0,682 > 0,05 olduğundan Altı Sigma çalışması için uygun bir veri elde edilmiştir. Dönüşüm fonksiyonu lineer bir fonksiyon olduğu için analiz aşamasında ölçüm verilerinin kullanımı yoluna gidilmiştir.

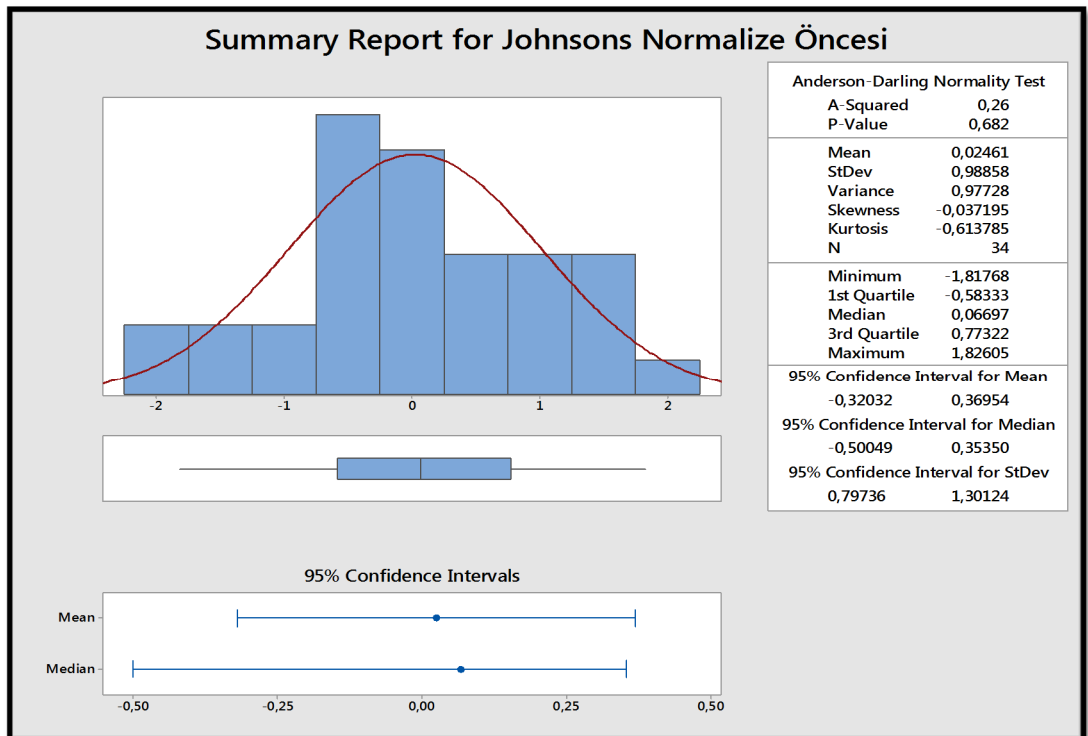
Bundan sonraki adım hatalı ikmal sayılarının hangi kavramlara göre değişkenlik kazandığını analiz etmektir. Bunun için PFEP'te hatalı ikmal kayıtları üzerine atılmış neden bilgilerinin analizi için pareto analizi kullanılmıştır.

Tablo 6.10. Johnson dönüşüm testi sonrası haftalık hatalı ikmal edilen konteyner sayısı

Ay Öncesi	Hafta Öncesi	Hatali kmal Adeti Orijinal	Hatali kmal Adeti Johnson Dönüm Testi Sonrası
Eki.11	41. Hafta	84	1,82605
Eki.11	42. Hafta	39	0,68225
Eki.11	43. Hafta	27	0,14892
Eki.11	44. Hafta	16	-0,58333
Kas.11	45. Hafta	75	1,65519
Kas.11	46. Hafta	41	0,75569
Kas.11	47. Hafta	21	-0,20738
Kas.11	48. Hafta	6	-1,81768
Kas.11	49. Hafta	6	-1,81768
Ara.11	50. Hafta	69	1,52983
Ara.11	51. Hafta	31	0,34779
Ara.11	52. Hafta	25	0,03901
Ara.11	53. Hafta	18	-0,42185
Oca.12	1. Hafta	43	0,8258
Oca.12	2. Hafta	27	0,14892
Oca.12	3. Hafta	17	-0,50049
Oca.12	4. Hafta	21	-0,20738
Şub.12	5. Hafta	54	1,16328
Şub.12	6. Hafta	30	0,30041
Şub.12	7. Hafta	17	-0,50049
Şub.12	8. Hafta	15	-0,67085
Mar.12	9. Hafta	57	1,24385
Mar.12	10. Hafta	28	0,20108
Mar.12	11. Hafta	9	-1,3351
Mar.12	12. Hafta	7	-1,63959
Mar.12	13. Hafta	10	-1,2027
Nis.12	14. Hafta	60	1,32045
Nis.12	15. Hafta	32	0,39377
Nis.12	16. Hafta	14	-0,76361
Nis.12	17. Hafta	16	-0,58333
May.12	18. Hafta	58	1,26981
May.12	19. Hafta	26	0,09494
May.12	20. Hafta	20	-0,27563
May.12	21. Hafta	16	-0,58333



Şekil 6.8. Johnson Dönüşüm Testi sonrası haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri dağılım grafiği

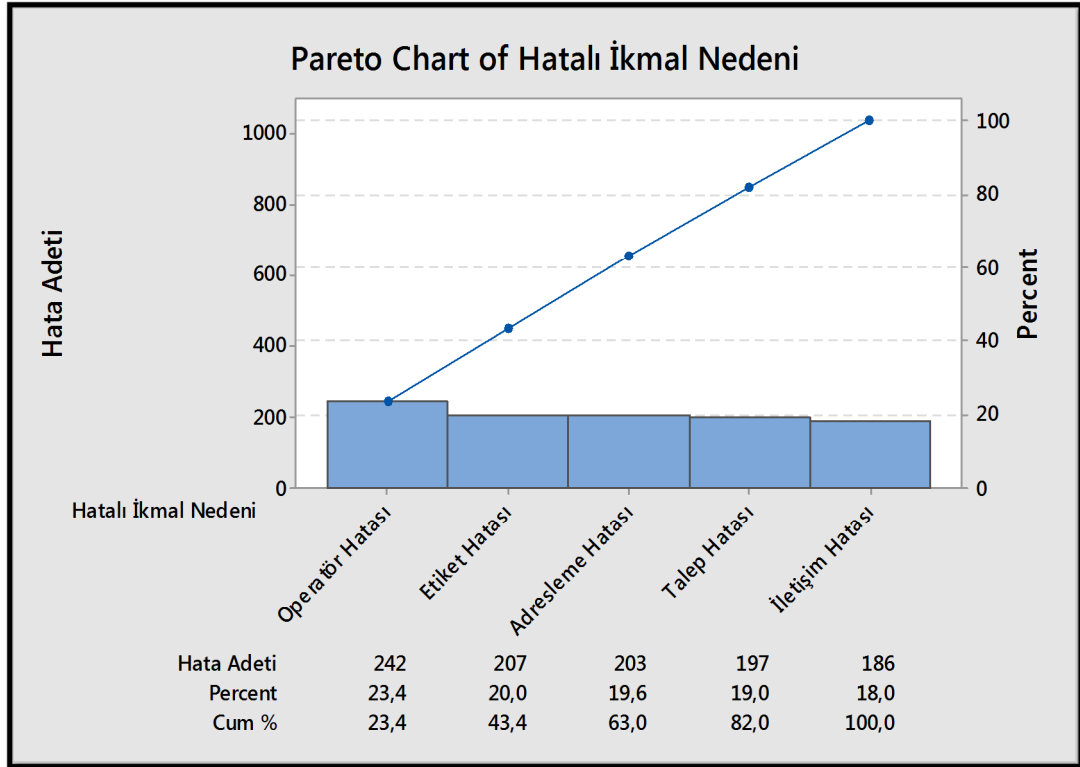


Şekil 6.9. Johnson Dönüşüm Testi sonrası haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri normallik testi

Tablo 6.11.'de proje kapsamındaki hatalı kayıtlara girilmiş hata nedenlerinin özeti aşağıdaki gibi verilmiştir. Şekil 6.10.'da ilgili hata nedenleri ve sıklıklarına istinaden oluşturulan Pareto Analizi diyagramı yer almaktadır.

Tablo 6.11. Hatalı ikmal nedenleri

Hatali kmal Nedeni	Hatali kmal Sayısı	Hatali kmal %
Adresleme Hatası Nedeniyle	203	19,61%
Etiket Hatası Nedeniyle	207	20,00%
İletişim Hatası Nedeniyle	186	17,97%
Operatör Hatası Nedeniyle	242	23,38%
Talep hatası Nedeniyle	197	19,03%
Toplam yile tirme Öncesi	1035	100,00%



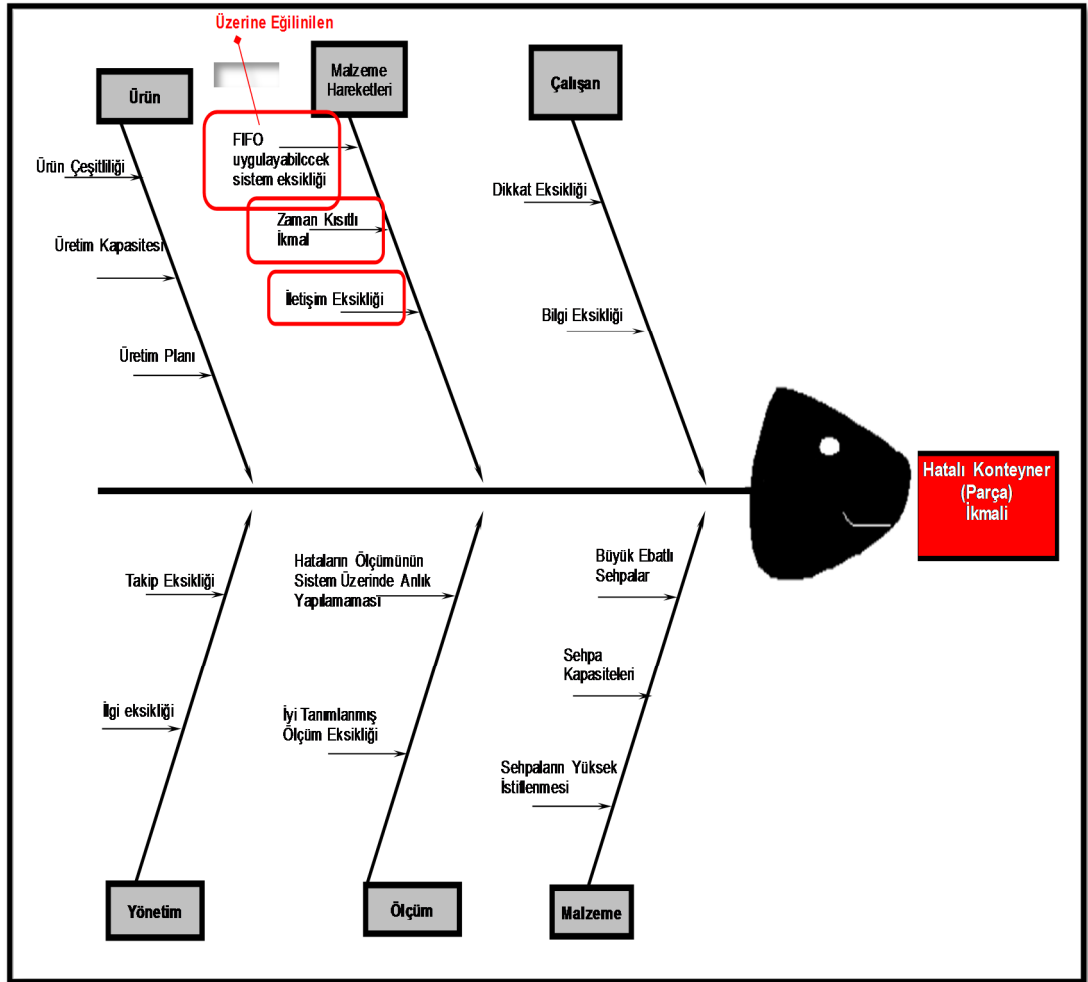
Şekil 6.10. Uygulamaya ait Pareto Analizi diyagramı

Hatalı ikmal nedenlerinin ve değişkenlerinin analizi için kullanılan diğer bir temel enstrüman da balık kılıcı diyagramıdır ve Şekil 6.11.'de uygulamaya ait balık kılıcı diyagramı gösterilmiştir. Problemin malzemelerinin stoklandığı yüksek raflarda oluşmasının nedenleri:

- Malzemeler için ayrılan yüksek hücrelerdeki parçaların geliş sırasının takip edilememesi,
- Aynı yönde yerleştirme ve hat besleme yapılmaya çalışılmasına rağmen inisiyatife bağlı kalındığı, herhangi bir çözüm ile desteklenmediği ve operatörlerin vardiya

değişimlerinde bilgi aktarımının yapılamaması nedenleri ile raflarda uzun süre bekleyen sandıkların oluşması,

- E-kanban monitörlerinin hat içerisinde olması ve stoklama yapan sideloader operatörlerinin gelen talepten doğrudan haberdar olmaması nedeniyle yanlış ve ek elleçlemenin yapılması,
- İş müşteri olan kaynak çalışanları tarafından hatalı parça talebinde bulunulması olarak sıralanabilir.



Şekil 6.11. Uygulamaya ait Balık Kılıçığı diyagramı

Tablo 6.12.'de Altı Sigma yöntem biliminin analiz aşamasında kullanımı yaygın olan Sebep & Sonuç Matrisi'nin uygulamaya ait çalışması bulunmaktadır.

Analiz basamağında yapılan bir diğer analiz de hatalı ikmal nedeniyle ek elleçleme gerektiren konteyner sürelerinin hesaplanmasıdır. Tablo 6.13.'de ek elleçleme analizi yapılmıştır.

Tablo 6.12. Uygulamaya ait Sebep & Sonuç matrisi

Mü teri için Önem De erlendirmesi		1 den 9 a kadar			
SÜREÇ G RD LER		Hatalı Konteyner kmal Nedenleri	A ırıklı Puan	%	Kümülatif %
1	FIFO Uygulanabilecek Sistem Eksikliği	9	81	15,8%	16%
2	İletişim Eksikliği	9	81	15,8%	32%
3	Çalışan Dikkat Eksikliği	5	45	8,8%	40%
4	Çalışan Bilgi Eksikliği	5	45	8,8%	49%
5	Hataların Ölçümünün Sistem Üzerinde Anlık Yapılmaması	5	45	8,8%	57,9%
6	Sehpaların Yüksek İstiflenmesi	5	45	8,8%	66,7%
7	Zaman Kısıtlı İkmal	4	36	7,0%	73,7%
8	Büyük Ebatlı Sehpalar	4	36	7,0%	80,7%
9	Ürün Çeşitliliği	3	27	5,3%	86,0%
10	İyi Tanımlanmış Ölçüm Eksikliği	3	27	5,3%	91,2%
11	Üretim Kapasitesi	1	9	1,8%	93,0%
12	Üretim Planı	1	9	1,8%	94,7%
13	Yönetim İlgi Eksikliği	1	9	1,8%	96,5%
14	Yönetim Takip Eksikliği	1	9	1,8%	98,2%
15	Sehpa Kapasiteleri	1	9	1,8%	100,0%
TOPLAM		57	513	100,0%	

Tablo 6.13. Hatalı ikmal nedeniyle yapılan ek elleçleme analizi

	Toplam kmal Konteyner Adet	Toplam kmal Konteyner Süresi (dakika)	Hatalı kmal Konteyner Adet	Hatalı kmal Konteyner Süresi (dakika)	Süre %
Ekim 11	1.150	23.718	166	3.410	14,4%
Kasım 11	1.189	24.566	149	3.130	12,7%
Aralık 11	1.184	24.466	143	2.917	11,9%
Ocak 12	971	20.073	108	2.253	11,2%
ubat 12	982	20.302	116	2.402	11,8%
Mart 12	1.002	20.731	111	2.318	11,2%
Nisan 12	1.027	21.247	122	2.499	11,8%
Mayıs 12	1.093	22.450	120	2.506	11,2%
Toplam	8.598	177.553	1.035	21.435	12,1%

Ek elleçleme analizinde hatalı ikmal edilen konteyner yerine doğru konteynerin bir başka operatör vasıtasıyla tekrardan hat kenarı ikmalı şeklinde hesaplama

yapılmıştır. Hatalı ikmal yapan operatörün süreç gereği tekrar geri yüksek raf hat besleme alanına geri dönmesi ve doğru paça alması gibi bir adım yoktur. Tablo 6.13.'den de gözlemlenebileceği gibi toplam ikmal süresinin % 12,1 kadar ek elleçleme operasyonu oluşmaktadır. Malzeme hareketlerinin gizli fabrikalarından biri de bu ek elleçleme operasyonudur. Uygulamada analiz basamağında yapılan başka bir analiz de yüksek istifleme ve hatalı ikmal nedeniyle ay sonu sayımlarda ortaya çıkan atıl parça ve korozyona uğrayan parça adetinin TL bazından hesaplanmasıdır. Tablo 6.14.'de atıla düşen ve korozyona uğrayan parça adet ve tutar analizi yapılmıştır.

Tablo 6.14. Atıla düşen ve korozyona uğrayan parça sayısı ve tutar analizi

	Eki.11	Kas.11	Ara.11	Oca.12	ub.12	Mar.12	Nis.12	May.12	Toplam
KOROZYONA U RAYAN PARÇA ADET	254	262	261	205	211	219	222	191	1825
KOROZYONA U RAYAN PARÇA TL	105.275	110.556	110.183	80.233	83.717	86.060	87.307	76.721	740.052
ATILA DÜ EN PARÇA ADET	46	53	53	31	32	32	36	29	312
ATILA DÜ EN PARÇA TL	15.122	18.422	18.422	8.626	8.731	8.731	9.360	8.313	95.727

6.5. iyileştirme

Analiz kısmında yapılması planlanan çalışmalar tamamlandıktan sonra balık kılıcı, sebep & sonuç diyagramı ve Pareto analizi diyagramında yoğunlaşılacak olan maddeler üzerinde çalışmalar başlatılabilir. Bu çalışmalar iyileştirme fazında oluşturulacaktır. Bu çalışmada iyileştirme aşaması; yüksek istif nedeniyle bir depo yönetim sistemine, WMS (Warehouse Management System) , ihtiyaç duyulduğu, bunun için gerekli olan teknik alt yapının ve yazılımın çalışmasının yapılması gerekliliği yönünde ilerleyecektir.

Sistemin iyileştirilmesine malzemenin raflara kaldırılması ve indirilmesi aşamasında FIFO uygulanabilirliğinin sağlanması ve yanlış veya ek elleçlemenin ortadan kaldırılması ve duruş riskinin azaltılması adına ihtiyaç duyulmaktadır.

İyileştirmeye ihtiyaç duyulmasının nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yüksek rafa kaldırılan malzemelerle hat beslemesinin kontrolsüz yapılması ve buna istinaden parçaların rafta uzun süre beklemesi,

- Bilgi akışında yaşanan sıkıntılar nedeniyle yanlış parçanın hat besleme alanına indirilmesi,
- Yanlış parça indirimi sonucunda ortaya çıkan hattı durdurma riski ve ek elleçleme ihtiyacı,
- Belirli aralıklar ile yapılan FIFO kontrol ve elleçleme işlemi için iş gücü harcanması,
- Sıralı Malzeme akışı olarak nitelendirilen ve sadece ihtiyaç duyulan parçanın ihtiyaç duyulduğu hatta ihtiyaç duyulduğu zamanda ve adette ikmalinde yaşanan uygunsuzluklar,

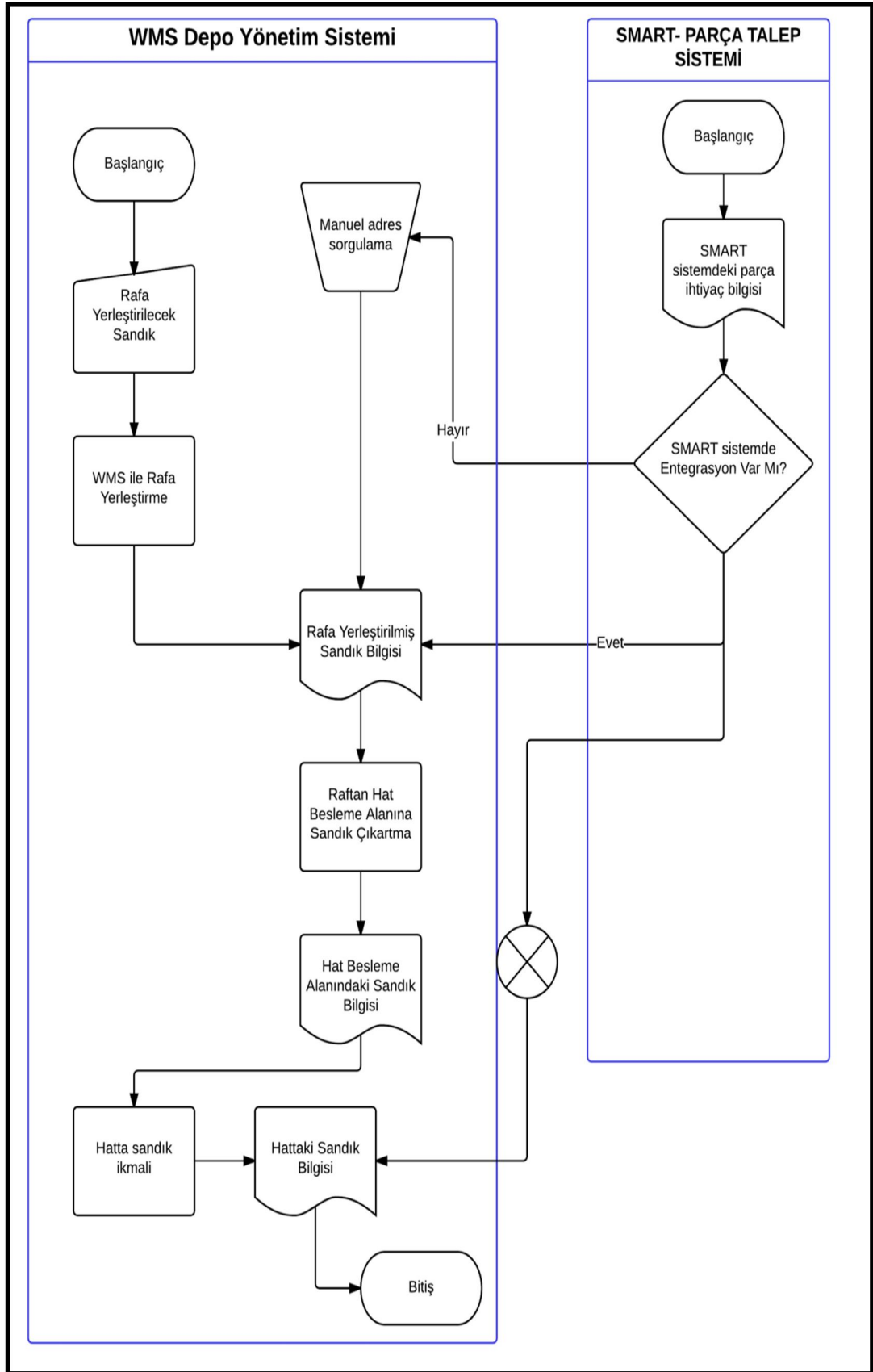
Mevcut durumu iyileştirmek adına oluşturulan yazılım sistem önerisi sonucunda WMS sistemin ana işleyişi Şekil 6.12.'deki gibi olacaktır. Öneri çerçevesinde elektronik kanban uygulaması olan SMART bilgisayar yazılımı ile olan entegrasyonun yapılması gerekmektedir. Teknik sebepler nedeniyle bu entegrasyonun sağlanamamasına veya sağlandıktan sonra bağlantıda yaşanacak aksiliklere karşı, parça ihtiyacının sisteme el ile girilebilir ve sorgulanabilir olması da sistemin çalışabilir olması adına gerekli olacaktır.

Öneri sonrası işleyişte depo yönetim uygulamasının malzeme yerleştirme ve indirmeyi yönetebilir şekilde çalışması gerekmektedir. WMS uygulaması malzemeyi rafa yerleştirilirken ve malzemeyi raftan indirirken kullanılacaktır. Yüksek rafta oluşturulacak sandık yerleştirme ve indirme kuralı "aynı yönde yerleştir aynı yönde indir" şeklinde olmalıdır. Tercih sağdan sola yerleştir, sağdan sola indir olacaktır. Bu yönetim parametrik olmayacaktır.

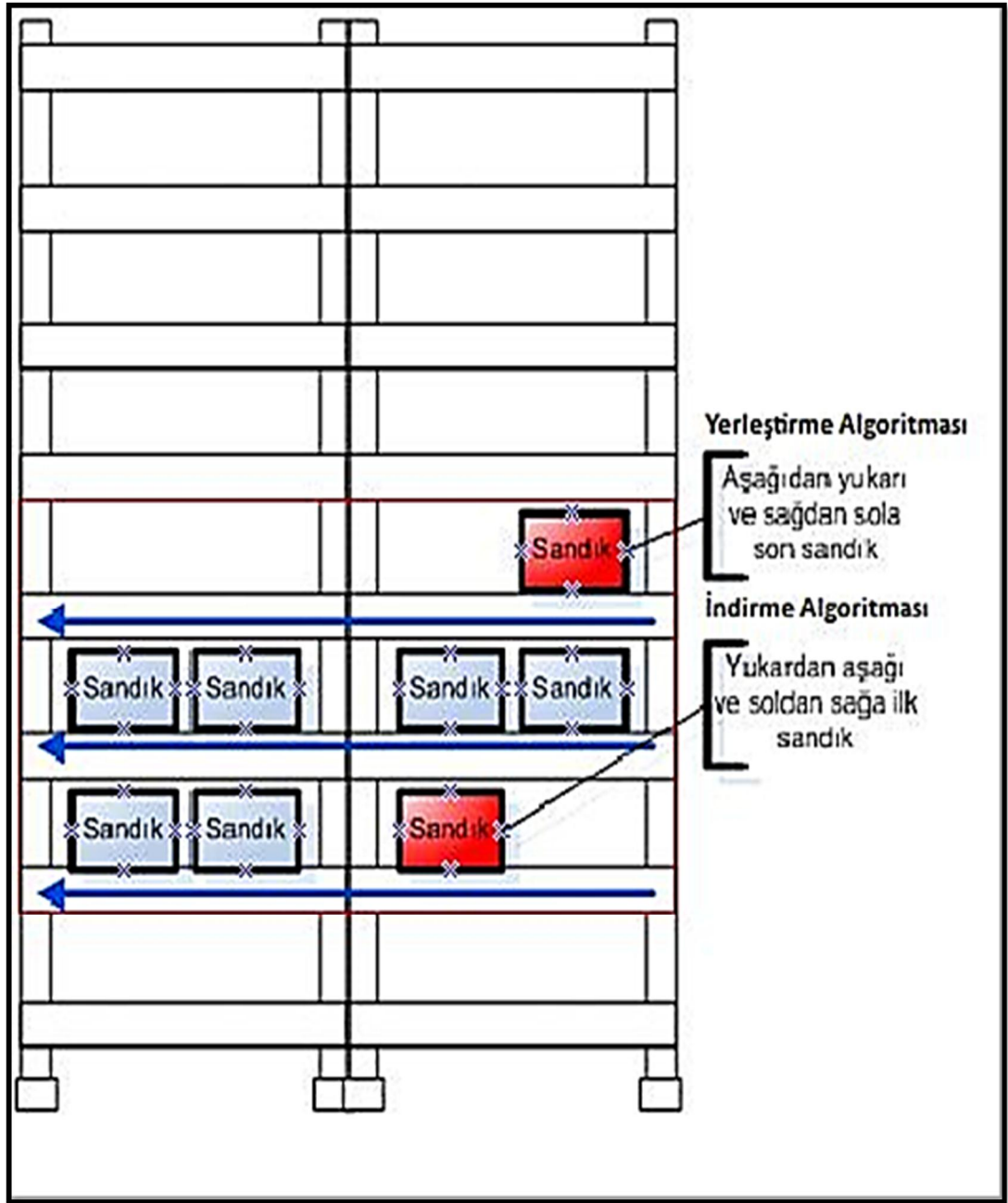
Örnek olarak bir parça için 2 sütun 4 kat ayrılmış ise:

- Yerleştirirken sandıklar ile dolu olan alanlar belirlenecek, bu adreslerden aşağıdan yukarı ve sağdan sola en sonda olanı bulunacak, yanı boş olmayan, sandık en son sandıktan sonraki alana yerleştirilecektir.
- İndirirken sandıklar ile dolu olan alanlar belirlenecek, bu adreslerden yukardan aşağı ve soldan sağa en başta olanı bulunacak, bulunan sandık indirilecektir.

Bu algoritma bir parça için ilk yerleştirmede ve ilk hat beslemede çalışacaktır. İlk yerleştirme ve ilk hat beslemeden sonraki her yerleştirme ve hat besleme bir önceki hareketi referans alacaktır. Algoritmayla ilgili görsellik Şekil 6.13.'te gösterilmiştir. Bu sisteme göre parçaya ait tüm bilgiler, bir dosya altında takip, PFEP, edilir. Parçanın hangi ambar adresinde olacağı daha önceden belirlenmiştir. Bu sebeple yüksek raf stoklamada daha önce de belirttiğimiz gibi sabit adresleme yapılmaktadır.



Şekil 6.12. Smart parça talep sistemi ve WMS Depo Yönetim Sistemi iş akış şeması



Şekil 6.13. WMS sandık depolama ve indirme algoritması

Oluşturulacak uygulamada gelen sandığın hangi alanlara yerleştirilebileceğinin hesaplanacağı bir algoritma ihtiyacı yoktur. Raflardaki hücrelerin yükseklik-genişlik bilgisi ve bu alanlara yerleştirilen sandıkların boyutlarının tanımlanmasına gerek olmayacaktır. Çünkü uygulamada her sandık ayrı bir hücre olarak tanımlanacaktır. Uygulamada sadece hangi sandığın hangi adrese yerleştirileceği ve hattan gelen talebe göre hangi sandığın raftan indirileceği bilgisi yer alacaktır. Bu sebeple uygulama öncesi yapılması gereken ve uygulamaya aktarılacak olan işlemler:

- Adres (Hücre) tanımları,

- Parça tanımları,
- Adres-parça ilişkisi,

Her parça için PFEP'te yer alan kullanım bilgilerine istinaden oluşturulan adresleme bilgilerinde yapılması gereken güncellemeler var ise uygulama öncesi bilgilerin güncellenmesi gerekmektedir. Daha sonra PFEP'teki parça adresleri ve tanımları uygulamaya aktarılıp kullanılabilir. Raf aralıkları ve sandık boyutları sistemde tutulmayacağı için, hangi hücreye hangi sandık yerleştirilmesi planlandıktan sonra adres tanımları yapılmalıdır. Çünkü sistemin boyut bilgilerine göre adresleme yapma yeteneği olmayacaktır

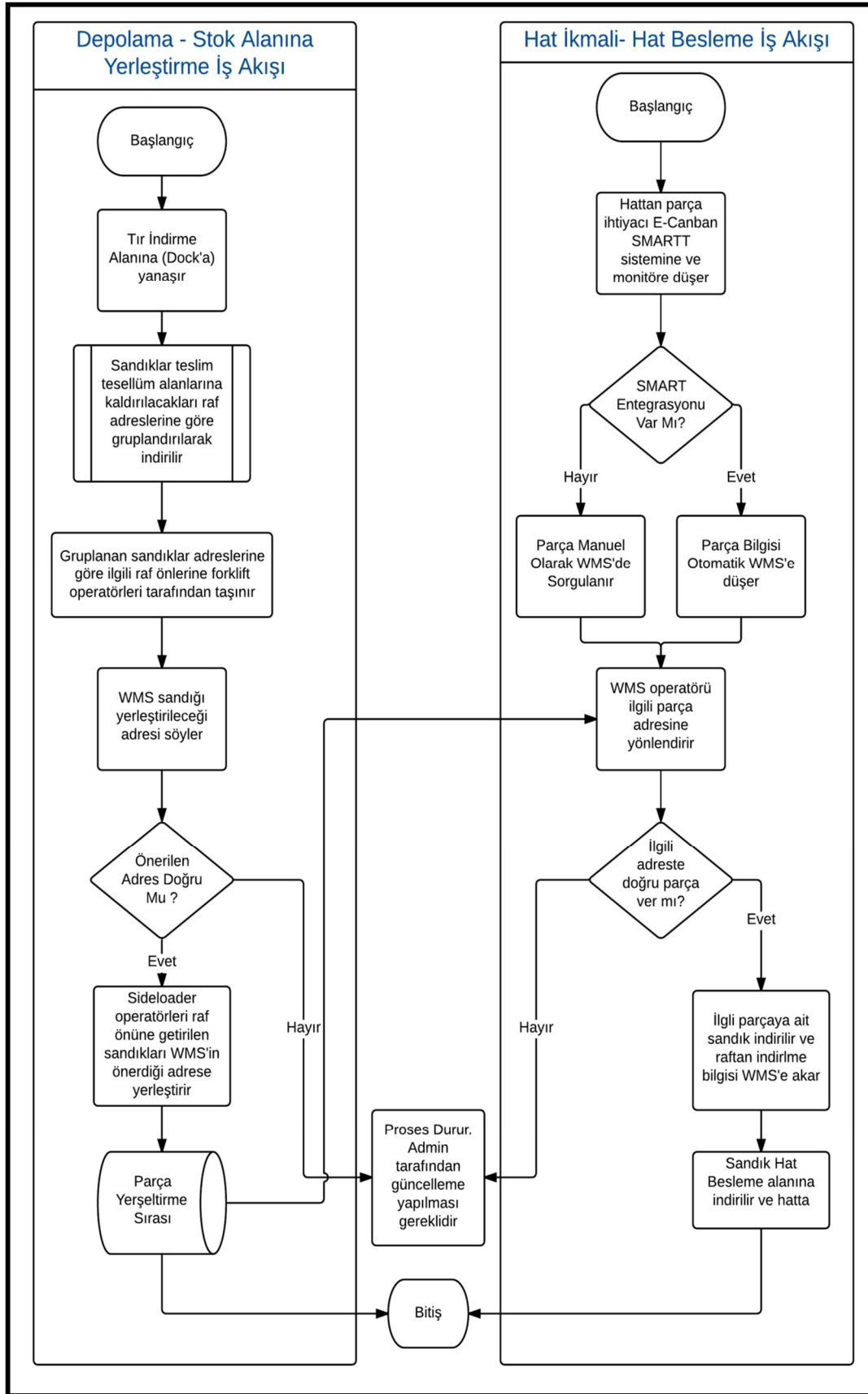
Mevcut durumu iyileştirmek adına verilen sistem önerisi sonucunda iş akışı ve algoritmaya göre parça yerleşime ve indirme süreciyle birlikte yeni süreç akışı aşağıdaki gibi olacaktır, Depolama, Gelen malzemenin yüksek raflara yerleştirilme süreci:

- Malzeme tır ile gelir, dock olarak tabir edilen tır indirme alanına yanaşır.
- Sandıklar yerleştirilecekleri ambar adresine göre gruplanarak indirilir.
- Sandıkla malzemeler forkliftler ile istiflenecekleri raf önü alana getirilir.
- Yüksek raf sideloader ekipman operatörü sandıktaki parça kodunu önerilen sistemle geliştirilen bilgisayar yazılımına girer. Yazılım sandığın yerleştirileceği adresi operatöre gösterir.
- Gösterilen adreste sandık var ise yazılım durur. Belirlenecek admin kullanıcılar gerekli düzeltmeleri yapar ve sistem tekrar çalıştırılır.

Hat Besleme, Hattan gelen ihtiyaca göre malzemenin hatta beslenme süreci:

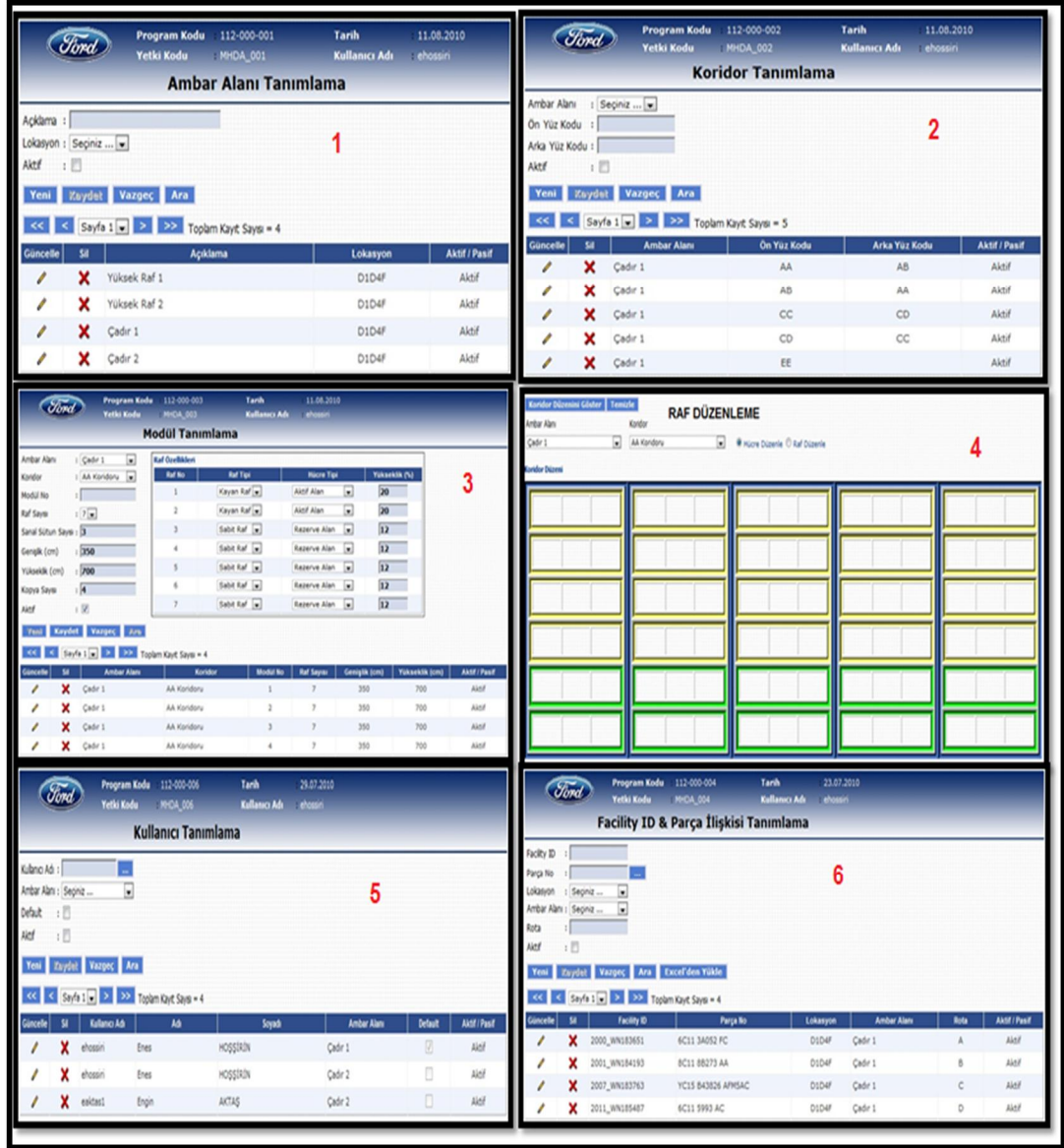
- Hattan e-kanban sistemine parça ihtiyacı düşer.
- Sistem ile e-kanban (Smart) arasında entegrasyon var ise ihtiyaçlar doğrudan yüksek raf sideloader ekipman operatörünün önündeki ekrana düşer.
- Algoritma çalışır ve sistem operatöre sandığın alınacağı adresi belirtir.
- Yüksek raf operatörü sandığı sistemsel ve fiziksel olarak sandığı hat besleme alanına indirir ve algoritmayı sonlandırır.
- Gösterilen adreste sandık yok ise yazılım durur. Belirlenecek admin kullanıcılar gerekli düzeltmeleri yapar ve sistem tekrar çalıştırılır.
- Hat besleme alanından reachtruck operatörü tarafından alınan sandık hatta verilir.

Sistem önerisi sonucunda oluşan detaylı iş akışı Şekil 6.14.'te gösterilmiştir.

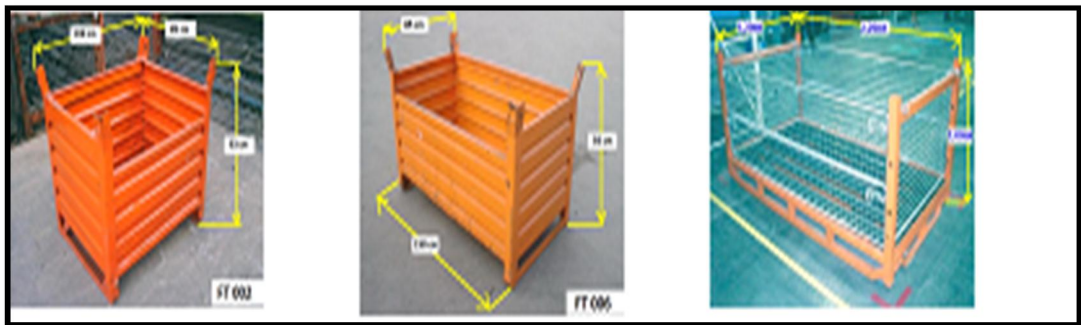


Şekil 6.14 İyileştirme sonrası iş akış şeması

Uygulamaya ait görseller Şekil 6.15'te gösterilmiştir. Yüksek rafta hareket gören sandık türleri Şekil 6.16.'da mevcuttur.



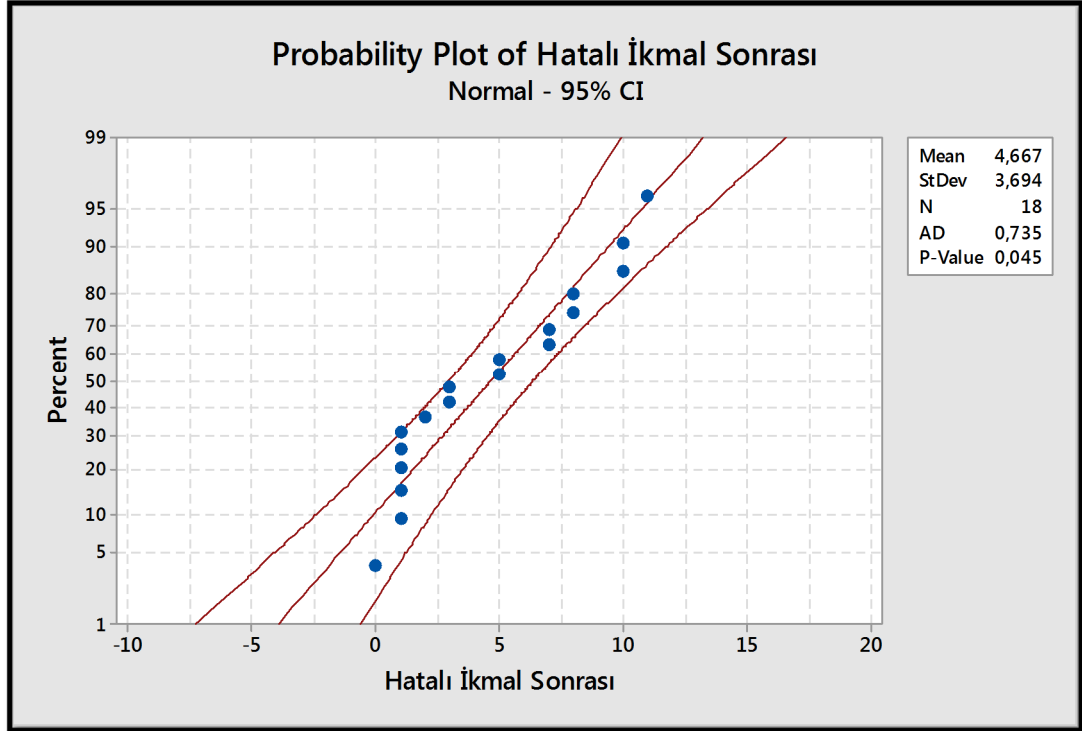
Şekil 6.15. İyileştirme uygulaması yazılımına ait görseller



Şekil 6.16. Yüksek rafta istiflenen sandık görselleri

6.6. Kontrol

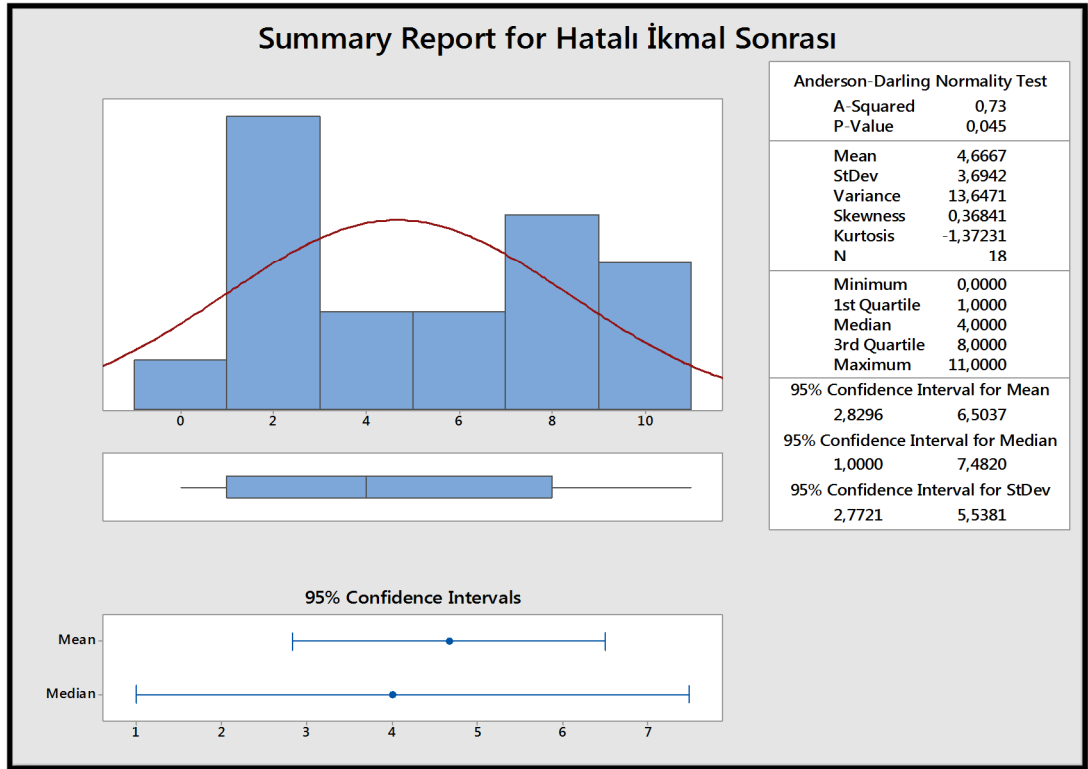
Altı Sigma'nın son aşaması olan kontrol basamağında, iyileştirme yaptığımız zaman dilimindeki haftalık hatalı ikmal edilen konteyner adetinin değerlendirilmesi yapılacaktır. Kontrol aşamasının amacı yapılan iyileştirmenin sürekliliğini sağlayabilmektedir. Şekil 6.17.'de iyileştirme sonrası hatalı ikmal değerlerinin dağılım grafiği yer almaktadır.



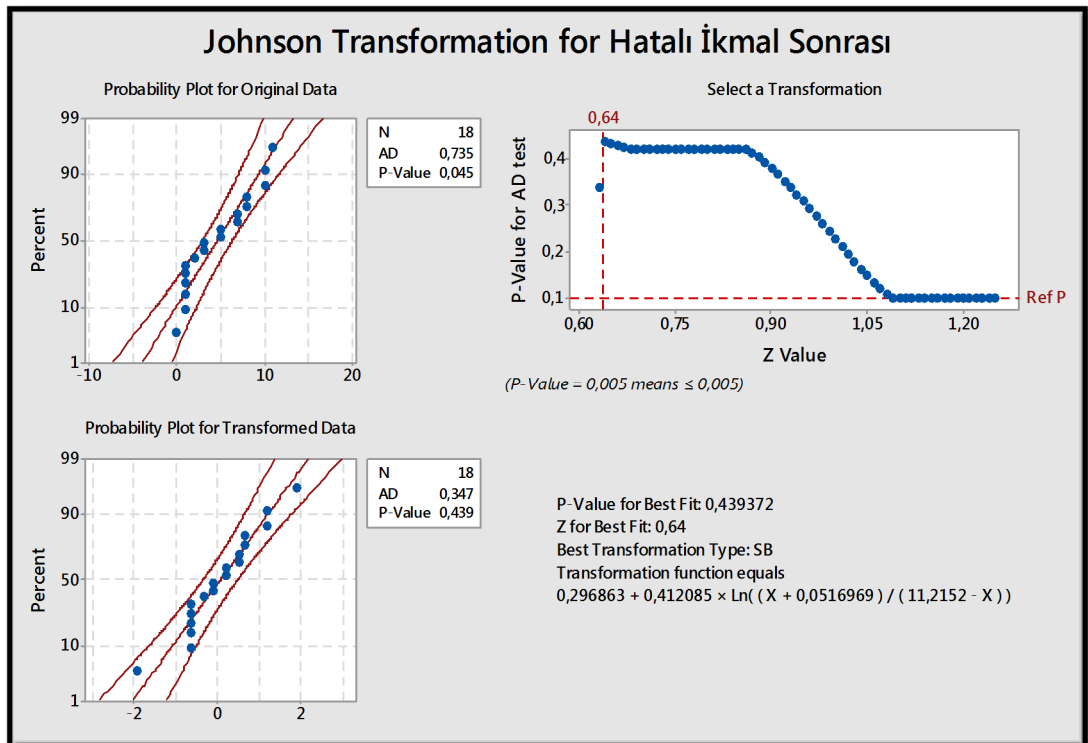
Şekil 6.17. İyileştirme sonrası haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri dağılım grafiği

Haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri ortalaması 4,67 adettir. Haftalık değerlerin ortalamaya yakın düzeyde olmadığı gözlemlenmektedir. Değerlerin standart sapması da yüksektir. Fakat iyileştirme öncesi duruma göre normal dağılıma yakın bir dağılım göstermektedir.

Normallik testine göre çıkan P değeri=0,045< 0,05'tir. Haftalık hatalı ikmal edilen konteyner sayısı metriği normal dağılıma çok yakınsa da bu dağılıma uymamaktadır. Bu sebeple yine Minitab 17 ile normal olmayan datanın normalize edilmesi adına Stat menüsü altında Quality Tools başlığında yer alan "Johnson Transformation Test" yani "Johnson Dönüşüm Testi" uygulanmıştır. Bu testin uygulanmasının nedeni veri yapısının testin temeli olan negatif ve 0 içermeyen veriye uygun olmasıdır.



Şekil 6.18. İyileştirme sonrası haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri normallik testi



Şekil 6.19. İyileştirme sonrası haftalık hatalı konteyner ikmal verisine ait Johnson Dönüşüm Testi

Bu dönüşüm testi sonucunda iyileştirme sonrası haftalık hatalı ikmal değerlerinin normal dağılıma uygun olması için gerekli olan fonksiyon aşağıdaki gibidir.

$$f(\text{Dönüşüm}) = -0,296863 + 0,412085 \times \ln\left(\frac{X + 0,0516969}{11,2152 - X}\right) \quad (6.2)$$

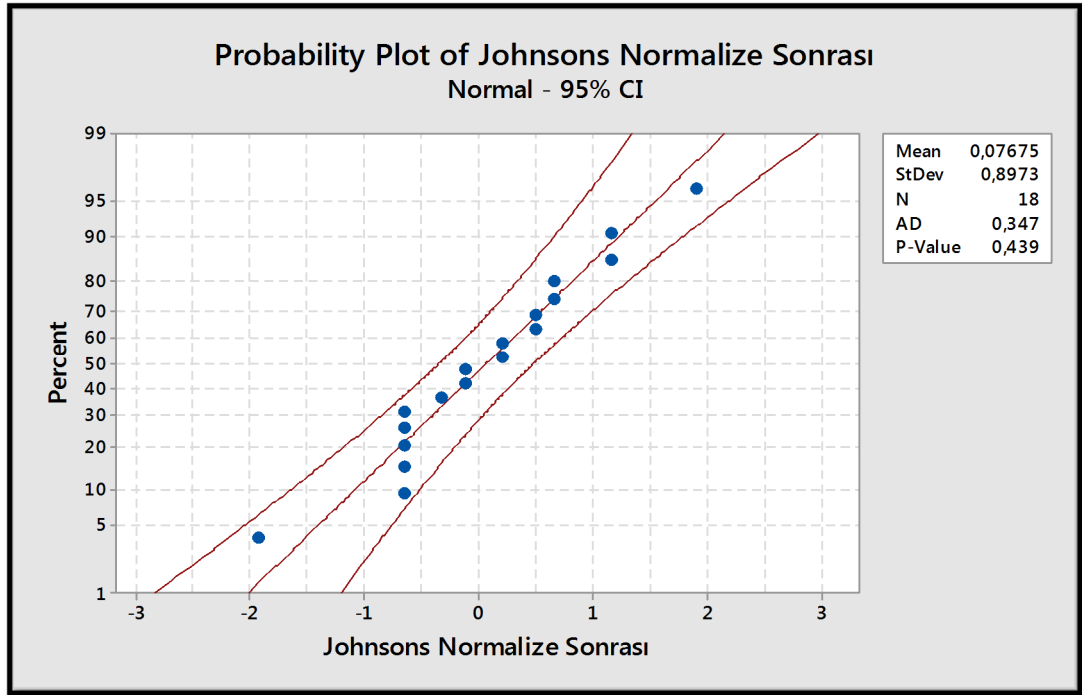
Bu fonksiyon haftalık değerlere uygulanması sonrası hafta hafta dönüştürülmüş değerleri Tablo 6.15.'de belirtilmiştir.

Tablo 6.15. Johnson dönüşüm testi sonrası haftalık hatalı ikmal edilen konteyner sayısı

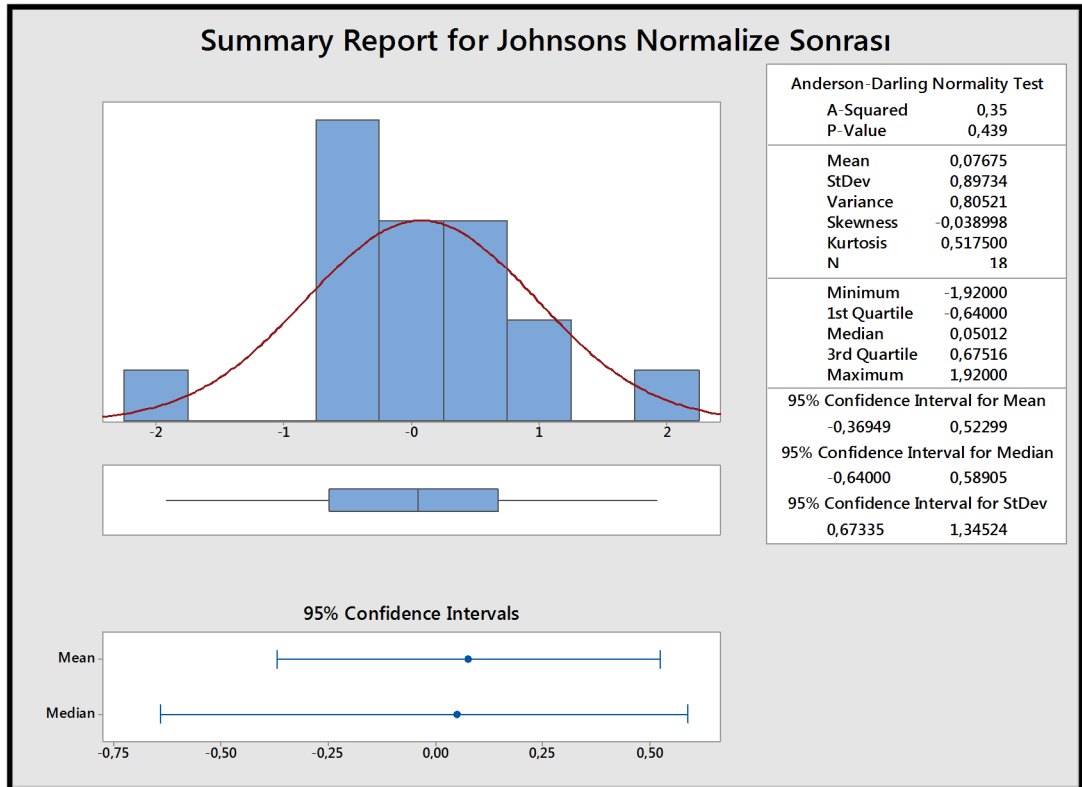
Ay Sonrası	Hafta Sonrası	Hatali kmal Sonrası	Johnson Normalize Sonrası
Haz.12	22. Hafta	7	0,50891
Haz.12	23. Hafta	8	0,67516
Haz.12	24. Hafta	3	-0,11122
Haz.12	25. Hafta	1	-0,64
Haz.12	26. Hafta	0	-1,92
Tem.12	27. Hafta	8	0,67516
Tem.12	28. Hafta	7	0,50891
Tem.12	29. Hafta	3	-0,11122
Tem.12	30. Hafta	1	-0,64
Ağu.12	31. Hafta	10	1,16753
Ağu.12	32. Hafta	11	1,92
Ağu.12	33. Hafta	2	-0,32217
Ağu.12	34. Hafta	1	-0,64
Ağu.12	35. Hafta	1	-0,64
Eyl.12	36. Hafta	10	1,16753
Eyl.12	37. Hafta	5	0,21145
Eyl.12	38. Hafta	1	-0,64
Eyl.12	39. Hafta	5	0,21145

Şekil 6.20'de yeni değerlere ait dağılım grafiği gözlemlenmektedir. Dönüştürülmüş yeni haftalık değerlerin ortalamaya yakın düzeyde olduğu gözlemlenmektedir. Normallik testine göre bu aşamada çıkan yeni p değeri=0,07675 > 0,05 olduğundan Altı Sigma kontrol aşaması için uygun bir veri elde edilmiştir.

Dönüşüm fonksiyonu lineer bir fonksiyon olduğu için kontrol aşamasında iyileştirme sonrası oluşan ölçüm verilerinin kullanımı yoluna gidilmiştir. İyileştirme sonrası haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri ortalaması 4,67 adettir. İyileştirme öncesi bu değer 30,44 adet / hafta idi. Haftalık 25,77 adet hata iyileşmesi, %84,65 gibi önemli bir iyileşme yüzdesi gözükmemektedir. Bu iyileşme yüzdesi sayesinde projenin temel hedef olarak tanımlı "hatalı ikmal edilen konteyner sayısı <=7" hedefinin üstünde bir iyileştirme gerçekleştiği kanıtlanmaktadır. Alt hedeflere ait duruma analizi de Tablo 6.16.'da gösterilmiştir







Şekil 6.20. Johnson Dönüşüm Testi ile iyileştirme sonrası haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri dağılım grafiği



Şekil 6.21. Johson Dönüşüm Testi ile iyileştirme sonrası haftalık hatalı konteyner ikmal değerleri normallik testi

Tablo 6.16. Uygulama hedeflerinin gerçekleşme durumu

Hedef Türü	Hedef	yile tir me Öncesi	yile tir me Sonrası	%	Hedef Durumu
Temel Hedef	Hatalı ikmal edilen konteyner sayısını % 67 kadar azaltmak	30,44	4,67	84,66	
Alt Hedef	Hatalı ikmal nedenli hat duruşunu % 75 kadar azaltmak	1159,625	270	76,72	
Alt Hedef	Hatalı ikmal nedenli iş istasyonu duruşunu % 80 kadar azaltmak	1519,75	190	87,50	
Alt Hedef	Atıl kalan ve Korozyona uğrayan parça sayısını ve değerini % 95 kadar azaltmak	267,125	6,75	97,47	

Tablo 6.17. İyileştirme öncesi ve sonrası DPMO değerleri

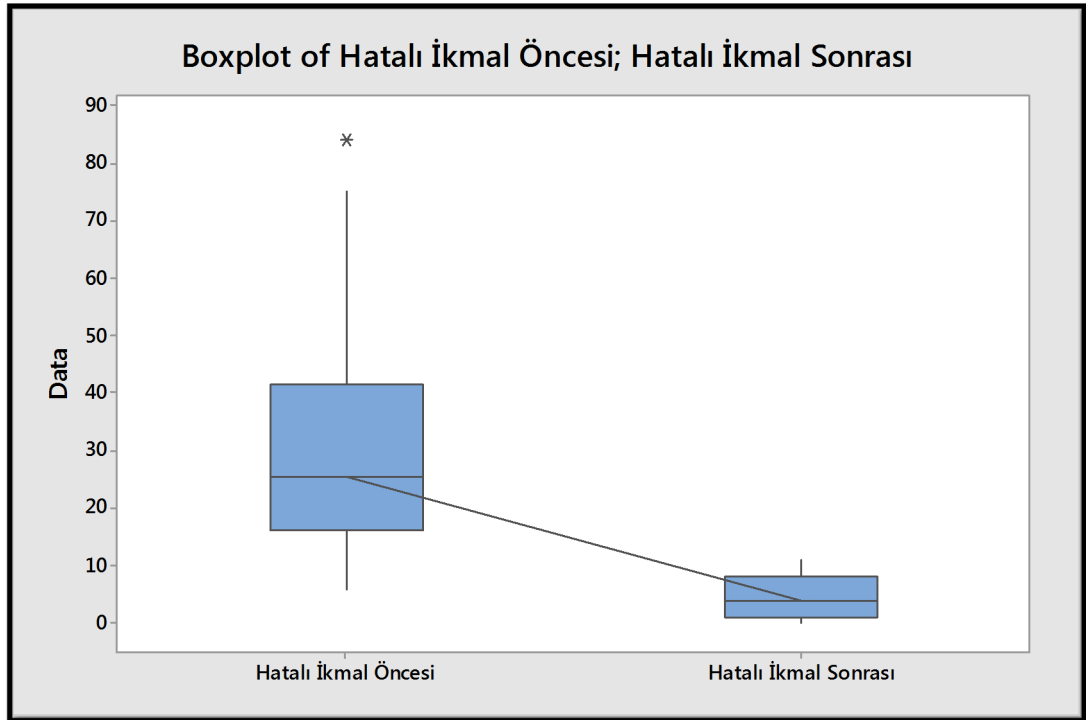
Y LE T RME ÖNCESİ	Hata:	31
	Toplam Fırsat Sayısı	34
	DPMO:	911.765
	Sigma Seviyesi	0,15
Y LE T RME ÖNCESİ	Hata:	5
	Toplam Fırsat Sayısı	18
	DPMO:	277.778
	Sigma Seviyesi	2,09

Tablo 6.17.'de görüldüğü üzere iyileştirme öncesi 911.765 olan DPMO değeri 277.778 değerine düşürülmüştür. Bu düşüş, değerlerdeki kusur sayısının azaldığını göstermektedir. İyileştirmenin kanıtlandığı diğer bir önemli metrik ise sigma seviyesidir. İyileştirme öncesi 0,15 civarında olan sigma seviyesi 2,09 değerine çıkartılmıştır.

Temel kusura ait ciddi bir iyileştirme yapıldıktan sonra bu kusurun tetiklediği alt kusurların metriklerinde de önemli iyileştirme gözlemlenmiştir. Tablo 6.18.'de alt kusur tanımlarıyla ilgili öncesi ve sonrası durumu DPMO durumu yer almaktadır.

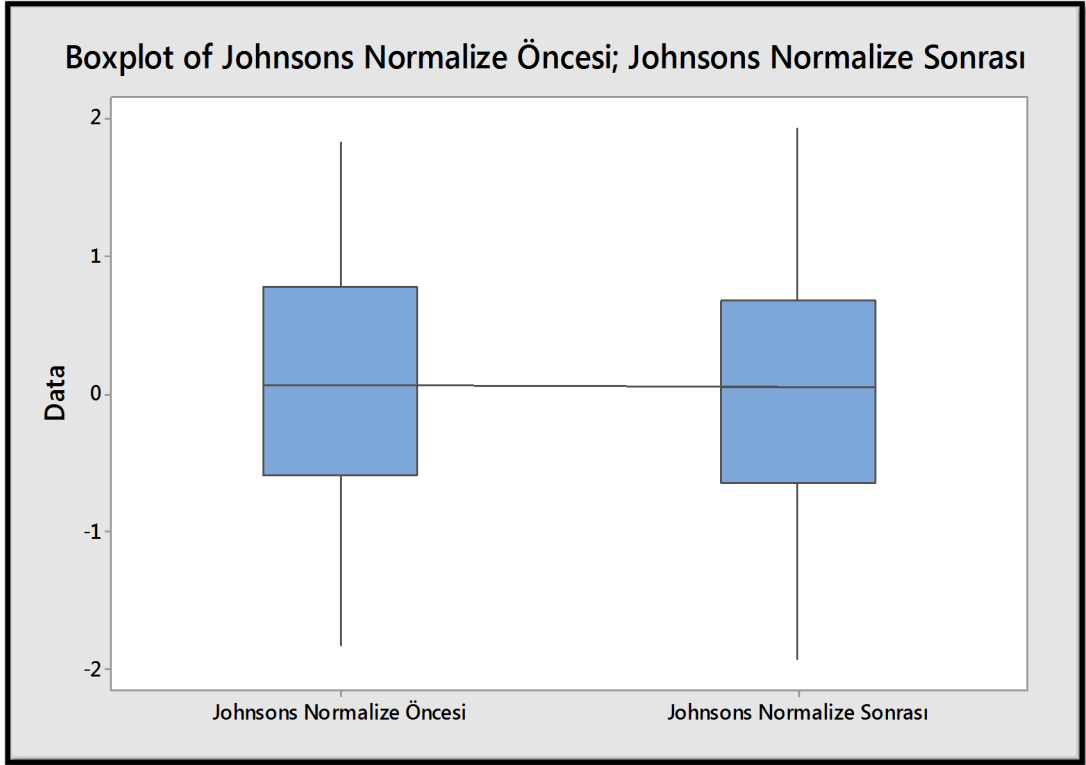
Tablo 6.18. İyileştirme öncesi ve sonrası Alt kusur DPMO değerleri

ÖNCE	Aylık Atıla Dü en ve Korozyona U rayan Parça Sayısı		Aylık Ya anan Hat Duru Süresi (dk)		Aylık Ya anan Hücre Duru Süresi (dk)	
	Hata:	8	Hata:	8	Hata:	8
	Toplam Fırsat Sayısı	8	Toplam Fırsat Sayısı	8	Toplam Fırsat Sayısı	8
	DPMO:	100000 0	DPMO:	100000 0	DPMO:	1000 000
	Sigma Seviyesi	0	Sigma Seviyesi	0	Sigma Seviyesi	0
SONRASI	Aylık Atıla Dü en ve Korozyona U rayan Parça Sayısı		Aylık Ya anan Hat Duru Süresi (dk)		Aylık Ya anan Hücre Duru Süresi (dk)	
	Hata:	0	Hata:	2	Hata:	0
	Toplam Fırsat Sayısı	4	Toplam Fırsat Sayısı	4	Toplam Fırsat Sayısı	4
	DPMO:	0	DPMO:	500000	DPMO:	0
	Sigma Seviyesi	-	Sigma Seviyesi	1,5	Sigma Seviyesi	-



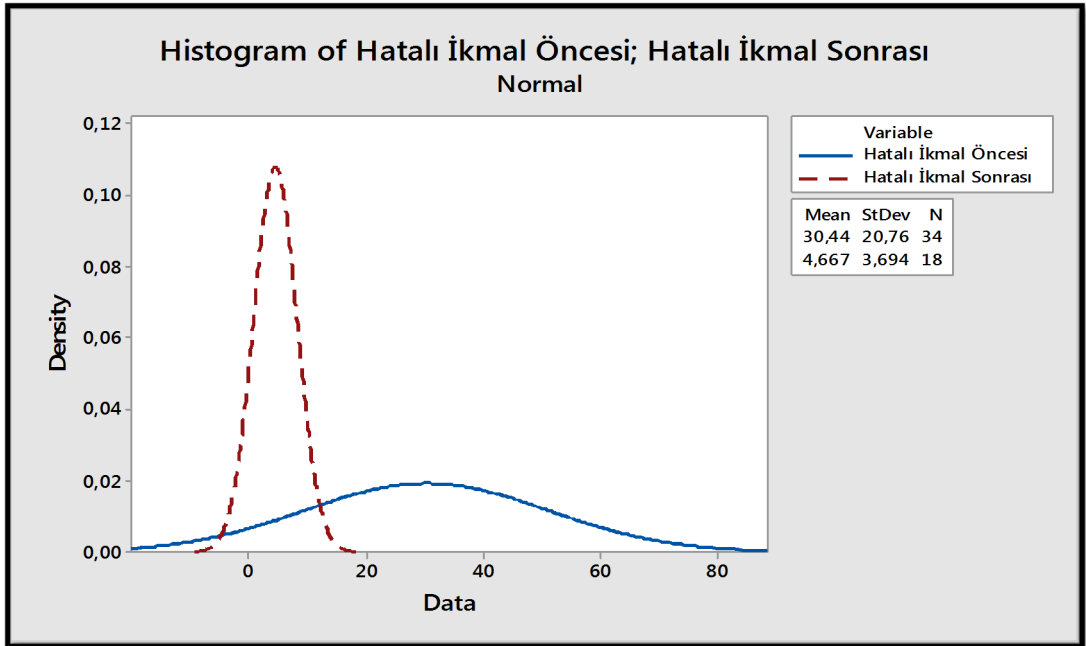
Şekil 6.22. Sistem ölçümlerine değerlerine göre Boxplot diyagramı

Şekil 6.22.'de ve Şekil 6.23.'te hem ilk ölçüm değerleri hem de johson normalize ile dönüştürülmüş değerlere ait Boxplot diyagramı verilmiştir.

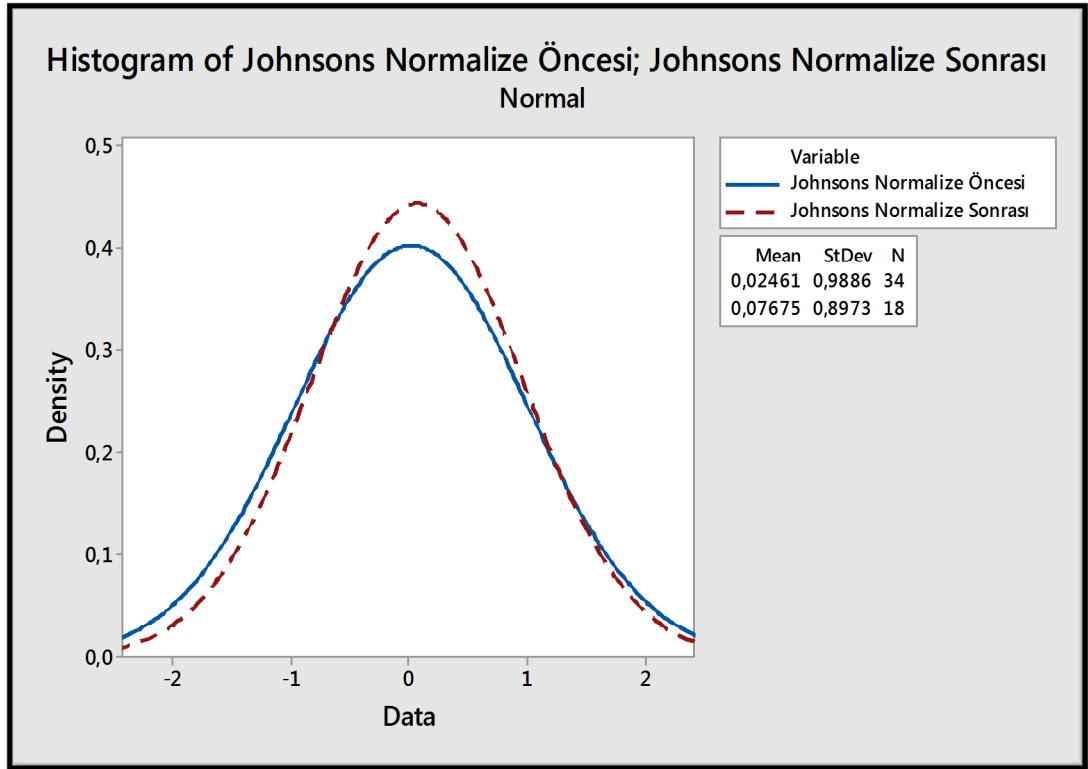


Şekil 6.23. Johson Dönüşüm testi sonrası değerlerine göre Boxplot diyagramı

Şekil 6.24.'de ve Şekil 6.25.'te hem ilk ölçüm değerleri hem de johson normalize ile dönüştürülmüş değerlere ait iyileştirme öncesi ve sonrası duruma ait Histogram diyagramı verilmiştir.



Şekil 6.24. Sistem ölçümlerine değerlerine göre Histogram diyagramı



Şekil 6.25. Johson Dönüşüm testi sonrası değerlerine göre Histogram diyagramı

Uygulama sonrası süreç iyileştirmesi ile elde edilen toplam kazanç Tablo 6.19.'da gösterilmiştir. Duruş sürelerine, ekipman ve çalışan maliyetlerine ait bilgiler her yıl başında Finans birimi tarafından güncellenerek, Altı Sigma çalışmalarında kullanılmak üzere tüm ilgililere sistem bildirisi yoluyla dağıtılır. Ayrıca proje kapatma aşamasında bir finansal uzman kara kuşağa bir sunum yapılarak projenin maliyet kısmı tamamlanır.

Geliştirilen algoritma modeli ile işletme, yüksek raf yönetimi için FIFO uygulayabilir hale gelmiş, dikey stoklamayı etkin bir biçimde kullanarak yüksek raf stoklama daha efektif kullanımı sağlanmıştır. Ayrıca hattan gelen e-kanban (Smart), yüksek raf sideloader operatörünün önündeki monitör ile entegrasyonu sağlanmış ve yanlış parçanın hat besleme alanına indirilme riski ortadan kaldırılmıştır. Bu riskle beraber ürüne değer katmayan ek elleçleme sürecinin de önüne geçilmiştir. Herhangi bir anda yüksek raf dolu ve boş hücre sayısı ile beraber hangi hücrede fiili hangi parça olduğu bilgisi sistemden daha etkin biçimde takip edilebilir hale gelmiştir. Detaylı sonuç ve öneriler bir sonraki kısımda aktarılacaktır.

Tablo 6.19. İyileştirme kazanç tablosu

Duru Etkisi	³ yile tırme Öncesi (8 Ay)	³ yile tırme Sonrası (4 Ay)	Aylık Ort. yile tırme Öncesi	Aylık Ort. yile tırme Sonrası	Aylık Ort. yile tırme	Aylık yile tırme %
HAT DURU SÜRES (Dakika)	9.277	1.080	1.160	270	890	77 %
HAT DURU MAL YET TL (250 TL /dk)	2.319.250 TL	270.000 TL	290.000 TL	67.500 TL	222.500 TL	77 %
HÜCRE DURU U (Dakika)	12.158	760	1.520	190	1.330	88 %
HÜCRE DURU MAL YET TL (10TL /dk)	121.580 TL	7.600 TL	15.200 TL	1.900 TL	13.300 TL	88 %
HATALI KMAL SÜRES (Dakika)	177.553	99.240	21.435	1.840	19.595	91 %
HATALI KMAL MAL YET TL (1,5 TL/dk)	266.330 TL	148.860 TL	32.153 TL	2.760 TL	29.393 TL	91 %
KOROZYONA U RAYAN PARÇA ADET	1.825	17	228	4	224	98 %
KOROZYONA U RAYAN PARÇA TL	740.052 TL	6.405 TL	92.507 TL	1.601 TL	90.905 TL	98 %
ATILA DÜ EN PARÇA ADET	312	10	39	3	37	94 %
ATILA DÜ EN PARÇA TL	95.727 TL	466 TL	11.966 TL	117 TL	11.849 TL	99 %
TOPLAM MAL YET	3.542.939 TL	433.331 TL	441.825 TL	73.878 TL	367.947 TL	83 %

7. SONUÇ VE ÖNER LER

Stok ve envanter yönetiminin öneminin gitgide arttığı, depolarda ve ambarlarda çevrim süresinden daha fazla süre bekleyen stokların işletme karlılığı açısından kayıp olarak görüldüğü günümüz işletmelerinde bu alanda yapılmayı bekleyen daha çok iyileştirmenin var olduğu şüphe götürmez bir gerçektir. Bu stok döngüsünü en etkin şekilde sağlayacak olan birim de parçaya fiziksel olarak bire bir temas eden iç lojistik ve malzeme hareketlerinin ta kendisidir. Sistemsel olarak stoğun belirli bir sürede devrettiği gözlemlenmiş olsa bile, stoklardan en çok canı yanan birim de yine bu stokları fiili olarak elleçleyen, istifleyen, depolayan ve hatta ikmalini sağlayan iç lojistik ve malzeme hareketleridir.

Süreçlerinin tamamı “Tam Zamanında Üretim” felsefesine dayanan ve hat kenarı sıfır stok olgusunu yerine getirmek adına yüzlerce çalışanıyla stokların bir taraftan başka bir tarafa ikmalini yapan iç lojistik birimi, bir nevi ev sahibi gibi misafirlerini belirli bir süre ağırladıktan sonra uğurlar. Yalın üretim felsefesine göre değer katmayan elleçleme süreci ana sürecini oluşturması nedeniyle, sahip olduğu elleçleme, depolama ve ikmal görevlerinde sürekli iyileştirme yapmak iç lojistik biriminin başlıca görevleri arasında yer almaktadır. Bu birimin sahip olduğu kaynaklar başlıca ekipmanlar, ambarlar ve ambar sistemleri ve çalışanlardır. Bu çalışmada otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmaya ait iç lojistik süreçlerinden depolama üzerinde yaşanan bir sıkıntıyı çözmek adına bir sistem önerisi geliştirilmiştir.

Beklenen depo ve ambar tasarımında; depoda yaşanan veya yaşanması olası darboğazların tespiti ve bu darboğazları ortadan kaldıracak olan sistemler, ürün hareketleri analizlerine göre bu hareketleri iyileştirecek iş akışları, kullanılan ekipmanlar ile tasarlanan sistemlerin daha etkin uygulanması ve bilgi işlem altyapısı ve süreçsel geliştirmeler ile de tüm alt sistemlerin birbirleri ile entegre çalışması sağlanmalıdır. Etkin bir depo tasarım ve depo yönetimi ile depolama fonksiyonuna ait faaliyetlerin koordineli bir şekilde yürütülmesi ve bu faaliyetlerin verimli bir şekilde gerçekleştirilebileceği bir tasarım ile uygun depo ortamının ve elleçleme algoritmasının oluşturulması sayesinde, istenen amaçlara ulaşılması ve iç müşteri beklentilerine en iyi şekilde cevap verilmesi mümkün olacaktır.

Bu çalışmada öncelikle Altı Sigma yöntem biliminin tanımlarından, devamında ise yöntem biliminin beş önemli fazından, Altı Sigma organizasyonundan, Türkiye'deki ve Dünya'daki yerinden ve en son olarak lojistik, iç lojistik ve otomotiv lojistiği kavramlarından bahsedilmiştir.

Çalışmanın uygulama kısmında otomotiv sektörünün en önemli firmalarından birinde hatalı ikmal edilen konteyner, dolayısıyla parça metriğinin iyileştirilmesi ile ilgili yapılan Altı Sigma projesi ele alınmıştır.

Hatalı ikmal metriğini etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. Balık kılıcı ve sebep sonuç diyagramı sayesinde, probeleme etki eden kavramların sayısı indirgenerek, ele alınması gereken faktörler belirlenmiştir. Bu durum çalışma alanını daraltarak ekibimizin odak noktasını oluşturmuştur.

Çalışmada yüksek raf ambar yönetiminin daha etkin bir şekilde yapılabilmesi adına bileşim sistemlerinin yardımıyla ve ek bir yatırım gerektirmeden basit bir algoritmayla WMS sistemiyle FIFO'nun uygulanabilirliği üzerinde çalışılmıştır. Uygulama kapsamında tasarım aşamaları ile birlikte getirilen önerilere bakıldığında depolama sürecinin her bir parçasının bir bütün oluşturduğu ve tır indirmeden hat beslemeye kadar entegre bir şekilde işlemesi gerektiği sonucuna varılmaktadır.

Yapılan Altı Sigma çalışması 2012 yılında devreye alınmıştır. Proje sonucunda aylık 368 bin TL civarında kazanç sağlanmıştır. İyileştirme öncesi 0,15 seviyesinde olan sigma değeri iyileştirme ile 2,09 değerine çıkartılmıştır.

Uygulama, Altı Sigma yöntem biliminin kazançlarının ne kadar büyük olabileceğini dönemlik bir enstürman değil, uzun soluklu bir süreç olduğunu, başarının proje bittikten sonra devamlılığı sağlandığı ve diğer uygulamalar için örnek teşkil ettiği sürece var olacağı hususunda deneyim kazandırmıştır.

Uygulama tasarımı süresince göz ardı edilen yüksek raftan kalite kontrol, yer değiştirme ve hurda amaçlı sandık indirme hareketlerinde yapılabilirliği uygulamanın ilerleyen dönemlerinde sisteme entegre edilmelidir. Yeni sistemin devreye alınışından önce çalışanlar bilinçlendirilmeli ve yaşanan kayıpların farkındalığına varmaları da sağlanmalıdır. Bu olgular tamamlanmadan sistem devreye alınır ise, yüksek raf depolama işlemini yapacak kişiyi fiziki olarak kısıtlayan bir nokta olmadığı için yapılan iyileştirme sadece sistem üzerinde kalacak, çalışan yüksek raf yönetimini bildiği gibi yapmaya devam edecektir.

Bütün sistemlerin canlı kalabilmesi için kendini geliştirebilir özelliğe sahip olması gerektiğinden, önerilen yüksek raf yönetim algoritması da yaşanabilecek sıkıntıların çözümü konusunda basit, anlaşılabilir ve yalın olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca depolama mantığında ileride yaşanabilecek değişiklikleri de değerlendirerek, her parçaya ait sabit adres bilgisinin yanında dinamik adresleme bilgisiyle de çalışabilir olması gerektiği bilgi işlem birimine aktarılmış ve sistem bu yönde dizayn edilmiştir. Bununla beraber sistemde ERP sistemiyle entegre olarak sevkiyat bilgisini çekmesi ve tedarikçilerden gelen parçalara için hattı beslemede oluşturduğu indirme emirleri gibi otomatik olarak yükleme emirlerini de oluşturabilme özelliği de analiz kısmında önemli notlar arasında yerini bulmuştur. Fakat sevkiyatlarda yaşanan parça-sandık uyumsuzluğu, parça adet uyumsuzluğu vb. gibi sistemsel hatalarda göz önünde bulundurularak parça yükleme emirlerinin otomatik olarak oluşturulmaması, operatör tarafında oluşturulması konusunda son karar verilmiştir.

Bu çalışma sonunda ortaya çıkan sonuç, herhangi bir depo yönetim sistemini oluşturmadan aşağıdaki maddelerin dikkate alınması gerekliliğidir;

- Stoğu artı ve eksi etkileyen tüm faaliyetler tek bir depo sistemi içinde toplanmalı, stoklarla ilgili işlemler oldukları zaman ve yerde kayıt altına alınmalıdır.
- Oluşturulacak sistem algoritması anlaşılır ve kullanışlı bir kod düzeni olmalıdır.
- Depo sisteminde ürün ve malzeme hareket tanımlamaları hatasız olmalıdır.
- Sistem herkes tarafından ulaşılabilir olmalı, kayıt doğruluğu sağlanmalıdır.
- Ufak aksiliklerde bölümler kendilerini kurtarmak yerine sistemi iyileştirecek öneriler getirmeli, bilgi adacıklarına izin verilmelidir.
- Stok depolarda bulunduğu sürece izlenebilir olmalıdır.
- Bilgisayar yazılımı izlenmesi gereken detayı içermelidir. Aksi takdirde ikinci, üçüncü yazılımların kullanılması kaçınılmaz olacaktır.

KAYNAKLAR

Akçagün E., Hazır Giyim İşletmelerinde Yalın Üretim Tekniklerin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006, 185214.

Akdamar E., Yalın Altı Sigma Ve Sürekli Süreç İyileştirme Üzerine Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa, 2014, 363766.

Akın B., *ISO 9000 Uygulamasında İletmelerde statistik Süreç Kontrol- PK- Teknikleri*, 1. Basım, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1996.

Akın O., Altı Sigma Sistemi İle Bütünleşik Faaliyet Tabanlı Maliyet Sisteminin Mermer Sektöründen Uygulaması, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, 2010, 263924.

Allen T.T., *Introduction to Engineering Statistics And Six Sigma*, 1st ed. , New Age International Publisher, New Delhi, 2008.

Antony J., Six Sigma In The UK Service Organizations: Result From A Pilot Survey, *Managerial Auditing Journal*, 2004, **19**(8), 1006-1013.

Argüden Y., Kalite Nedir?, Dünya Gazetesi, <http://www.arguden.net/tr/makaleler/kalite-nedir/>, (Ziyaret tarihi: 21 Mart 2015).

Argüden Y., Altı Sigma ve Toplam Kalite Yönetimi, Kalder, <http://hurarsiv.hurriyet.com.tr/goster/haber.aspx?id=119952>, (Ziyaret tarihi: 21 Mart 2015).

Arıkan H., Yalın Altı Sigma Metodolojisi Ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa, 2009, 240876.

Arora K. C, Shinde V. V., *Aspects of Materials Handling*, 1st ed. , Laxmi Publications, Yeni Delhi, 2007.

Aslan D., Demir S., Laboratuvar Tıbbında Altı-Sigma Kalite Yönetimi, *Türk Biyokimya Dergisi [Turkish Journal of Biochemistry - Turk J Biochem]*, 2005, **30**(4), 272-278.

Baki B., *Lojistik Yönetimi ve Lojistik ve Sektör Analizi*, 1. Basım, Lega Kitabevi Yayınları, Trabzon, 2004.

Banuelas R., An Application Of Six Sigma To Reduce Waste, *Quality And Reliability Engineering International*, 2005, **21**(6), 553-570.

Baş T , *Alt² Sigma*, 1. Basım, Kalite Ofisi Yayınları, Ankara, 2005.

Berg J. P., Zijm W. H. M., Models for warehouse management: Classification and examples, *International Journal of Production Economics*, 1999, **59**(1), 519-528.

Bikmen K., Six Sigma: Operasyonel Mükemmellik Ve Kararlılığı Yakalamanın Yolu, Six Sigma Türk Sanayi, <http://www.eneraconsulting.com/hakkimizda/basin-odasi.htm>, (Ziyaret tarihi: 24 Mart 2015).

Bircan H., Köse S. , Altı Sigma Ve Firmaların Altı Sigmaya Bakış Açısı: Sivas-Kayseri İli Örneği, *Ekonomik ve Sosyal Ara tirmalar Dergisi*, 2012, **8**(2), 107-129.

Brady J. E., Six Sigma and The University: Teaching, Research and Meso-Analysis, The Ohio State University, https://etd.ohiolink.edu/ap/10?0: :NO:10: P10_ACCESSION_NUM: osu1110222811, (Ziyaret tarihi: 21 Mart 2015).

Bremer M., Daniels L., Gupta P., McCarty T., *The Six Sigma Black Belt Handbook (Six SIGMA Operational Methods)*, 1st ed., The McGraw Hill Companies, New York, 2004.

Breyfogle F. W., *Implementing Six Sigma, Smarter Solutions Using Statistical Solutions*, 2nd ed. , John Wiley& Sons, New Jersey, 2003.

Cankurt Ö., Altı Sigma'nın Üretim Sektöründe Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2005, 162269.

Çabuk Y., Karayılmazlar S., Altı Sigma Yaklaşımı, *Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2000, **12**(17), 93-99.

Çakır F., *Sosyal Bilimlerde statistik*, 1. Basım, Alfa Yayınları, İstanbul, 2000.

Demiralp M., Yalın Altı Sigma Sisteminde Kritik Başar Faktörleri Ve Çok Uluslu Bir Şirkette Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2014, 358712.

Demirel M., Kalite Yönetim Yaklaşımı Olarak Altı Sigma: Bir Uygulama Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2004, 145093.

Doğan S., Demiral Ö., Yalın Yöntemler Ve Altı Sigma İçeren Bütünleşik Bir Yaklaşım: Yalın Altı Sigma, *Atatürk Üniversitesi BBF Dergi*, 2008, **22**(1), 344-366.

Eckes G., *Six Sigma For Everyone*, 1st ed., John Wiley& Sons, New Jersey, 2003.

Erdal M., Çancı M. , *Lojistik Yönetimi*, 3. Basım , UTIKAD Yayınları, İstanbul, 2009.

Erden M., 6 Sigma Yönteminin Denim Pantolon Üretiminde Kullanılması Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2011, 291190.

Ersoy M. Ş., Türkiye'de Adım Adım Lojistik, Logistical, <http://www.logisticsclub.com/modules.php?name=News&file=article&sid=132>, (Ziyaret tarihi: 13 Mart 2015).

Ersoy M. Ş., Lojistik Ve Türkiye'nin Konumu, Turktrade, <http://www.turktrade.org.tr/tr/article/5fe582dc-338e-4291-9953-0c9bcf66920c/lojistik-ve-turkiye-nin-konumu.aspx>, (Ziyaret tarihi: 13 Ocak 2015).

Erwin J., Achieving Total Customer Satisfaction Through Six Sigma, Quality Digest, <http://www.qualitydigest.com/july98/html/sixsigma.html>, (Ziyaret tarihi: 20 Mart 2015).

Eşme U., Özbek A., Kahraman F., Sağbaş A., Keleş İ., Tel Erozyonda Yüzey Kalitesine Etki Eden Parametrelerin Taguchi Metoduyla Optimizasyonu, 1. Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumu, Ankara, 1 Mart 2008.

Firuzan A. R., Alpaykut S., Gerger A., Yalın Altı Sigma Projeleri için Kritik Başarı Faktörleri, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2012, **14**(4), 65-79.

Firuzan A. R., Gerger A., Yalın Altı Sigma Projelerinin Başarısız Olma Nedenleri, *Journal Of Ya ar University*, 2010, **20**(5), 3383-3393.

Frazelle E., *World-Class Warehousing and Material Handling*, 1st ed. , The McGraw Hill Companies, New York, 2002.

George M. L., *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality With Lean Production Speed*, 1st ed. , The McGraw Hill Companies, New York, 2002.

George M. L., Rowlands D., Kastle B., *What is Lean Six Sigma?*, 1st ed., The McGraw Hill Companies, New York, 2003.

George M. L., Rowlands D., Price M., Maxey J., *Lean Six Sigma Pocket Toolbook*, 1st ed., The McGraw Hill Companies, New York, 2004.

Goetschalckx M., Gu J., McGinnis L. F., Research on warehouse operation: A comprehensive review, *European Journal of Operations*, 2007, **177**(1), 1-21.

Gökçe B., Taşgetiren S., Kalite İçin Deney Tasarımı, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2009, **6**(1), 71-83.

Gross J., A Road Map To Six Sigma Quality, *Quality Progress*, 2001, **34**(11), 24.

Gupta P., *Six Sigma Business Score Card: Ensuring Performance For Profit*, 1st ed., The McGraw Hill Companies, New York, 2004.

Güner B., Altı Sigma Metodolojisi Ve İnşaat Sektöründeki Uygulamalar, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2010, 277298.

Güral G., Gaz altı Kaynağında Süreç Parametrelerinin Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2003, 136822.

Gürcan P., Kalite Yönetiminin Yeni Perspektifi, 6 Sigma, *Dünya Gazetesi*, 2000, **28**(2), 13.

Hand M., Plowman B., *Quality management handbook: Professional handbook series*, 1st ed., Butterworth-Heinemann, Oxford, 1992.

Harry M., Schroeder R., *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*, 1st ed., Crown Business, New York, 2006.

Henderson K. M., Evans J.R., Successful Implementation Of Six Sigma: Benchmarking General Electric Company, *An International Journal*, 2000, **7**(4), 260-281.

Heragu S. S., *Facilities Design*, 1st ed., CRC Pressing, ABD, 2008.

Hiregoudar C., Reddy B.R., *Facility Planning & Layout Design: An industrial perspective*, 1st ed., Technical Publications Pune, Hindistan, 2007.

Hunter D., Schmitt B., Six Sigma: Benefits and Approaches, *Chemical Week*, 1999, **161**(37), 35-36.

Işığışok E., *Altı Sigma Kara Ku aklar için Hipotez Testleri Yol Haritası*, 1. Basım, Sigma Center Yönetim Sistemi Yayınları, Bursa, 2005.

Kabatepe C., Otomotivde Lojistik Hizmetleri, *Otomotiv Lojisti i Konferansı*, İstanbul, 12 Eylül 2006.

Kansoy O., Dirgar E., Altı Sigma Nedir?, *E-Journal of New World Sciences Academy*, 2008, **4**(1), 14-23.

Kaptan S., *Bilimsel Ara tırma ve statistik Teknikleri*, 11. Basım., Bilim Yayınları, Ankara, 2009.

Karagöz M., *statistik Yöntemleri*, 1. Basım., Ekin Kitabevi Yayınları, Bursa, 2006.

Karaköse M. A., Altı Sigma Ve Türkiye Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004, 152386.

Kasımoğlu M., İş Ekolojisinin Yeni Paradigması, *Marmara Üniversitesi SBE Hakemli Dergisi*, 2002, **5**(17), 4.

Kasilingam R. G., *Logistics and transportation: Design and planning*, Kluwer Academic Publishers, Hollanda, 1998.

Kavrakoğlu İ., *Hızlı Geli me ve Kriz Yönetimi için Bir Model Sinerjik Yönetim*, 1. Basım., Kalder Yayınları, İstanbul, 1994.

Kayacık S., Yalın Altı Sigma Metodolojisi Ve Tekstil Sektöründe Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2010, 254139.

Keskin M. H., *Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi (Geçmiş, De ğeri mi, Bugünü, Gelece ği)*, 1. Basım, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2006.

Kılıç H. S., Yalın Üretim Ortamında İç Lojistik Sisteminin Tasarımı, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011, 295403.

Kırım A., *Yeni Dünyada Strateji ve Yönetim*, 1. Basım, Sistem Yayıncılık, İstanbul, 1998.

Kiriş G., Altı Sigma Yaklaşımı ve TUSAŞ Motor Sanayi A.Ş. (TEİ)'de Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, 2003, 121941.

Koban E., Keser H., *D² Ticarette Lojistik*, 1. Basım, Ekin Kitabevi Yayınları, Bursa, 2007.

Koçan A. , İç Lojistikte Setleme/Sıralama Sisteminin Tasarımı Ve Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014, 353753.

Kotler P., Armstrong G. , *Prinçeples of Marketing, International Edition*, 10th ed., Prentice Hall, Pearson, 2004.

Köse M. S., Altı Sigma ve Firmaların Altı Sigmaya Bakış Açısı: Sivas Ve Kayseri İl Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas, 2009, 239839.

Kulwiec R. A., *Materials Handling Handbook*, 1st ed., Laxmi Publications, Yeni Delhi, 1985.

Kwak Y. H., Anbari F.T., Benefits, Obstacles And Future Of Six Sigma Approach, *Technovation Journal*, 2006, **26**(1), 708-715.

Markarian J., Six Sigma: Quality Processing Through Statistical Analysis, *Plastics Additives And Compounding*, 2004, **6**(4), 28-31.

Met Ö. L., *Alt² Sigma Sistemi Toplam Kalite Ve Stratejik Yönetiminde Yeni E ilimler*, 1. Basım, Gazi Kitabevi, Ankara, 2007.

Özdağoğlu A., Materyal Aktarma Sistemlerinin Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2003, 128174 .

Özdamar K., *Paket Programlar İle Statistiksel Veri Analizi*, 1. Basım, Kaan Kitabevi, Eskişehir, 2002.

Özdemir S. H., Otomotiv Parçaları Üreten Bir Kuruluşta Kamyon Dingili Üretim Sürecinin Altı Sigma Yaklaşımı Kullanılarak İyileştirilmesi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2007, 208526.

Özen H. Ö., Bir Yönetim Sistemi Olarak Altı Sigma: Dünyada Ve Türkiye'de Uygulama Örnekleri, Yüksek Lisans Tezi, Karaelmas Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Zonguldak, 2005, 187249.

Özgen G., Altı Sigma Metodolojisi Ve Elektrik Sektöründe Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006, 184887.

Özkan Ç., Değişkenliği Anlamak ve Altı Sigma, Değişim Dinamikleri Dönüşüm Merkezi, <http://dd.com.tr/index.php/makalearastirmaroportaj/makaleler/degiskenligi-anlamak-ve-6-sigma/>, (Ziyaret tarihi: 1 Mart 2015).

Öztürk A., *Kalite Yönetimi Ve Planlama*?, 2. Basım, Ekin Kitabevi Yayınları, Bursa, 2013.

Öztürk F., Aydoğdu H., Karabulut İ., Akdi Y., *Parametre Tahmini ve Hipotez Testi*, 1. Basım, Bıçaklar Kitabevi, Ankara, 2006.

Öztürk T., Altı Sigma Ve İşletmelerin Altı Sigma'dan Kaçınma Sebepleri, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas, 2012, 323507.

Öztürk Z. S., Süreç İyileştirmede Altı Sigma Yaklaşımı Ve Otomotiv Sektörü Üzerine Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2010, 254121.

Özveri O., Çakır E., Yalın Altı Sigma Ve Bir Uygulama, *Afyon Kocatepe Üniversitesi BBF Dergi*, 2012, **14**(2), 17-36.

Pande P., Holpp L., *What is Six Sigma?*, 1st ed., The McGraw Hill Companies, New York, 2001.

Pande P. S., Neuman R. P., Cavanagh R. R., *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, And Other Top Companies Are Honing Their Performance*, 1st ed., The McGraw Hill Companies, New York, 2000.

Pande P. S., Neuman R. P., Cavanagh R. R., *The Six Sigma Way Team Fieldbook: An Implementation Guide for Process Improvement Teams*, 1st ed., The McGraw Hill Companies, New York, 2002.

Pense S., Lojistik Yönetimi Çerçevesinde 6 Sigma Modelinin Taşıma Kooperatiflerine Uyarlanması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2009, 239772.

Polat A., Cömert B., Arıtürk T., *Alt² Sigma Nedir?*, 2. Basım, S.P.A.C. Altı Sigma Danışmanlık Ltd. Şti. Yayınları, Ankara, 2005.

Polat A., Cömert B., Arıtürk T., *Alt² Sigma Vizyonu*, 1. Basım, S.P.A.C. Altı Sigma Danışmanlık Ltd. Şti. Yayınları, Ankara, 2005.

Pyzdek T., *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide For Green Belts, Black Belts, And Managers At All Levels*, 3rd ed., The McGraw Hill Companies, New York, 2009.

Quinn D. L., *What is Six Sigma?*, 3rd ed., John Wiley & Sons, New Jersey, 2003.

Sevinç G., Altı Sigma Yaklaşımı İle Süreç İyileştirme Ve Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2013, 344838.

Snee R. D., Rodebaugh W. F., *Frontiers of Quality: The Project Selection Process*, *Quality Progress*, 2002, **35**(9), 78-80.

Sol E., Set Şeklinde Teslimat ile Hat Kenarı Besleme Sisteminin Karşılaştırılması, Yalın Lojistik Bakış Açısıyla İç Lojistik Faaliyetlerinin Tasarlanması ve Örnek Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011.

Soykan E., Bir Kalite Sistemi Olarak Altı Sigma Yöntemi Ve Honeywell Uygulama Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2002, 110759.

Stephans M. P., Meyers F. E., *Manufacturing Facilities: Design & Material Handling*, 1st ed., Pearson, ABD, 2010.

Sule, D. R., *Manufacturing Facilities*, 1st ed., PWS Publishing Company, Boston, 1994.

Sümen H., Yeni Verimlilik Kaynağı: İç Lojistik, Alternatif Yayıncılık, <http://www.alternatifyayincilik.com/halef-san/yeni-verimlilik-kaynagi-ic-lojistik.html>, (Ziyaret tarihi: 10 Ocak 2015).

Şahin F., 6 Sigma'nın Metal Sanayine Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2006, 209909.

Tanyaş M., Tedarik Zinciri Yönetimi, Maltepe Üniversitesi 2015 Ders Notları, http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:u5azo0sqANEJ:akademik.maltepe.edu.tr/~mehmettanyas/UTL302_Tedarik_Zinciri_Yonetimi/TZY-Hafta1-2-3-Giris.pdf+&cd=3&hl=tr&ct=clnk&gl=tr, (Ziyaret tarihi: 13 Şubat 2015).

Taşel Ö., Kurumlarda Performans Yönetimi ve İç Süreçler Perspektifinde Yeni Yaklaşımlardan 6 Sigma, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli, 2010, 265055.

Tatlı S., Altı Sigma Yaklaşımı Ve Otomotiv Sektöründe İşgücü Verimliliği Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013, 365530.

Tatlı S., Arslankaya S., Altı Sigma Metodolojisi, Türkiye'deki Altı Sigma Gelişimi ve Uygulamalar, 33. *Ulusal Yöneylem Ara tırması² ve Endüstri Mühendisli i Kongresi*, İstanbul, 13 Mart 2013.

Thomsett M. C., *Getting Started in Six Sigma*, 1st ed., John Wiley & Sons, New Jersey, 2004.

Truscott W., *Six Sigma: Continual Improvement for Businesses*, 1st ed., Butterworth-Heinemann, Burlington, 2003.

Türkan Y. S., Manisalı E., Çelikkol M. F., Evaluation of Critical Success Factors Effect on Six Sigma Project Success in Turkey's Manufacturing Sector, *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 2009, **Sigma**(27), 105-117.

URL-1: http://tr.wikipedia.org/wiki/Alt%C4%B1_sigma, (Ziyaret tarihi: 15 Mart 2015).

URL-2: www.akademikdestek.net/kutuphane/analiz/analiz_dosyalar/6sigma.doc, (Ziyaret tarihi: 15 Mart 2015).

URL-3: http://tr.wikipedia.org/wiki/Normal_da%C4%9F%C4%B1%C4%B1m, (Ziyaret tarihi: 15 Mart 2015).

URL-4: http://www.ersahdincer.net/?page_id=258, (Ziyaret tarihi: 15 Mart 2015).

URL-5: <http://www.matrisas.com/sixsigmanedir.htm>, (Ziyaret tarihi: 15 Şubat 2015).

URL-6: <http://yalindanisman.com/2012/05/17/puko/>, (Ziyaret tarihi: 17 Şubat 2015).

URL-7: <http://bilgi-isi.blogspot.com/2006/12/proje-tanmlama-dokmanptd.html>, (Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2015).

URL-8: <http://www.asbcert.com.tr/musterinedir.html>, (Ziyaret tarihi: 8 Nisan 2015).

URL-9: <http://www.isletmeyonetimi.net/etiket/ic-ve-dis-musteri/>, (Ziyaret tarihi: 8 Nisan 2015).

URL-10: <http://www.slideshare.net/hidespy7/hazr-giyim-sektrnde-toplam-kalite-ynetimi>, (Ziyaret tarihi: 9 Nisan 2015).

URL-11: <http://endustrimuhendisligi.blogspot.com.tr/2012/12/ctq-kritik-kalite-karakteristikleri.html>, (Ziyaret tarihi: 10 Nisan 2015).

URL-12: www.hbssolutions.net/File/Değer%20Akış%20Haritalandırma.ppt, (Ziyaret tarihi: 11 Nisan 2015).

URL-13: <https://goleansixsigma.com/sipoc/>, (Ziyaret tarihi: 12 Nisan 2015).

URL-14: www.sabek.com.tr/SUNU/Beyin%20firtinasi.ppt, (Ziyaret tarihi: 12 Nisan 2015).

URL-15: <https://kemaldoymus.files.wordpress.com/2009/12/korelasyon.ppt>, (Ziyaret tarihi: 13 Nisan 2015).

URL-16: <http://endustrimuhendisligi.blogspot.com.tr/2012/12/5-neden-analizi.html>, (Ziyaret tarihi: 15 Nisan 2015).

URL-17: <http://www.biymed.com.tr/download/indiriliyor.asp?islem=indir&id=15605.01.2009>, (Ziyaret tarihi: 16 Nisan 2015).

URL-18: <http://www.procen.com.tr/altisigma2.html>, (Ziyaret tarihi: 11 Nisan 2015).

URL-19: www.geocities.com/akircali/yazilar/sixsigma.html, (Ziyaret tarihi: 10 Nisan 2015).

URL-20: <http://www.altisigma.gen.tr/>, (Ziyaret tarihi: 1 Nisan 2015).

URL-21: http://www.tdkterim.gov.tr/karsilik/?kategori=karsilik_liste&ayn=bas&kelime=lojistik, (Ziyaret tarihi: 1 Şubat 2015).

URL-22: <http://www.logisticsclub.com/modules.php?name=News&file=article&sid=2>, (Ziyaret tarihi: 1 Şubat 2015).

URL-23: <http://www.ihracat112.com/lojistik.htm>, (Ziyaret tarihi: 1 Şubat 2015).

URL-24: <http://www.temesist.com/tr/malzeme-ellecleme-ne-demektir.html>, (Ziyaret tarihi: 1 Nisan 2015).

URL-25: <http://kisi.deu.edu.tr/ozgur.yalcinkaya/endmuh.html>, (Ziyaret tarihi: 3 Nisan 2015).

Uslu L., Altı Sigma Ve Sanayi Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2002, 111125.

Ülgen B., İşletmelerdeki Altı Sigma Uygulamalarının Etkinlik Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014, 356060.

Ünder M., *Kod Adı: L6* , 1. Basım, Borusan Holding Bzd Yayın ve İletişim Hizmetleri, İstanbul, 2012.

Üsküp K., 6 Sigma Proje Kılavuzu, *Ford Otosan.*, FO2004-1, 1-60, 2004.

Yavuz E., Altı Sigma Yöntemi Ve Uzaktan Eğitimde Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005, 168027.

Yıldırım Y., Altı Sigma Kalite Yönetim Anlayışı, İnönü Üniversitesi Kalite Yönetim Ders Notları, https://www.inonu.edu.tr/tr/cms/isletme/icerik/rehber#tab_5065, (Ziyaret tarihi: 17 Mart 2015).

Yiğit M., Altı Sigma'da Kullanılan İstatistiksel Yöntemlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2009, 244312.

Yiğit N., Altı Sigma Metodolojisi Ve Otomotiv Yan Sanayisinde Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2010, 277875.

ÖZGEÇM

1983 yılında Isparta'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Isparta'da tamamladı. 2002 yılında girdiği Marmara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden 2007 yılında Endüstri Mühendisi olarak mezun oldu. Gıda sektörünün önde gelen firmalarından birinde iki yıllık üretim planlama tecrübesinden sonra otomotiv sektöründe Türkiye'nin ve Dünya'nın önde gelen firmalarından birinde üretim planlama ve iç lojistik biriminde planlama mühendisi olarak 3 yıl görev yaptı. Daha sonra 2 yıl kadar gıda sektöründe öncü bir firmada Planlama ve Ana Veri Müdürü olarak görev yaptı. Halen hızlı tüketim sektörünün kişisel bakım, kimya, temizlik ve kâğıt kategorisinde faaliyet gösteren bir firmada Sistem ve Süreç Geliştirme Yöneticisi olarak çalışmaktadır. Evlidir.