



T. C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
İSTATİSTİK BİLİM DALI

İSTATİSTİKSEL BAKIŞ AÇISIYLA OTOMOTİV
SEKTÖRÜNDE İATF 16949:2016 STANDARDININ
KURULUMU, YÖNETİMİ VE KALİTENİN
İYİLEŞTİRİLMESİ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Gözde TÜRK

BURSA - 2019



T. C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
İSTATİSTİK BİLİM DALI

**İSTATİSTİKSEL BAKIŞ AÇISIYLA OTOMOTİV
SEKTÖRÜNDE İATF 16949:2016 STANDARDININ
KURULUMU, YÖNETİMİ VE KALİTENİN
İYİLEŞTİRİLMESİ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

Gözde TÜRK

Danışman:

Prof. Dr. Erkan İŞİĞİÇOK


BURSA – 2019

TEZ ONAY SAYFASI

T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Ekonometri Anabilim Dalı, İstatistik Bilim Dalı'nda 701517006 numaralı Gözde TÜRK'ün hazırladığı "İstatistiksel Bakış Açısıyla Otomotiv Sektöründe IATF 16949:2016 Standardının Kurulumu, Yönetimi ve Kalitenin İyileştirilmesi" konulu Yüksek Lisans Tezi ile ilgili tez savunma sınavı, 5.8.2019 günü 10.00-11.15 saatleri arasında yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin *başarılı* (başarılı / başarısız) olduğuna *oy birliği* (oy birliği / oy çokluğu) ile karar verilmiştir.


Üye (Tez Danışmanı ve Sınav
Komisyonu Başkanı)

Prof. Dr. Erkan IŞIĞIÇOK
Bursa Uludağ Üniversitesi


Üye
Akademik Ünvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi

Doç. Dr. 2. Berna Aydemir
Bursa Uludağ Üniversitesi


Üye
Akademik Ünvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Evrah Akdemir
Bardınan On Yedi Eylül Üni.

Üye
Akademik Ünvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi

Üye
Akademik Ünvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi

05/08/2019



SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS İNTİHAL YAZILIM RAPORU
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 03/07/2019

Tez Başlığı / Konusu: İSTATİSTİKSEL BAKIŞ AÇISIYLA OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE IATF 16949:2016 STANDARDININ KURULUMU, YÖNETİMİ VE KALİTENİN İYİLEŞTİRİLMESİ

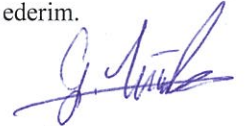
Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 120 sayfalık kısmına ilişkin, 23/ 06/ 2019 tarihinde şahsım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %12'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Bursa Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Özgünlük Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.


03.07.2019

Adı Soyadı: Gözde TÜRK

Öğrenci No: 701517006

Anabilim Dalı: Ekonometri Anabilim Dalı

Programı: Tezli Yüksek Lisans Programı

Statüsü: Y.Lisans Doktora

Prof. Dr. Erkan İŞİĞİÇOK

03..07/2019

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “İstatistiksel Bakış Açısıyla Otomotiv Sektöründe IATF 16949:2016 Standardının Kurulumu, Yönetimi ve Kalitenin İyileştirilmesi” başlıklı çalışmanın bilimsel araştırma, yazma ve etik kurallarına uygun olarak tarafımdan yazıldığına ve tezde yapılan bütün alıntıların kaynaklarının usulüne uygun olarak gösterildiğine, tezimde intihal ürünü cümle veya paragraflar bulunmadığına şerefim üzerine yemin ederim.


03.07.2019

Adı Soyadı: Gözde TÜRK
Öğrenci No: 701517006
Anabilim Dalı: Ekonometri
Programı: Tezli Yüksek Lisans Programı
Statüsü: Yüksek Lisans

ÖZET

Yazar Adı ve Soyadı : Gözde TÜRK
Üniversite : Bursa Uludağ
Üniversitesi
Enstitü : Sosyal Bilimler Enstitüsü
Anabilim Dalı : Ekonometri
Bilim Dalı : İstatistik
Tezin Niteliği : Yüksek Lisans Tezi
Sayfa Sayısı : x+105
Mezuniyet Tarihi :// 2019
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Erkan İŞİĞİÇOK

İSTATİSTİKSEL BAKIŞ AÇISIYLA OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE IATF 16949:2016 STANDARDININ KURULUMU, YÖNETİMİ VE KALİTENİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Günümüzde iş dünyasındaki yoğun rekabet ortamında kalitenin önemli bir yeri vardır. Bu bağlamda firmaların en değerli birimi olan kalitenin, kuruluşu, yönetimi ve iyileştirilmesi sistemli bir şekilde yürütülmelidir. Sistemin kurulabilmesi için yönetim anlayışının amacı, müşteri beklentilerini karşılayabilmek, kâr elde edebilmek, teknolojik yeniliklere ayak uydurarak gelişime açık olmak ve sektörde uzun yıllar kalmayı hedeflemek olmalıdır.

Bu çalışmanın amacı, kalitenin ve kalite yönetim sisteminin önemini anlatılarak, otomotiv sektörünün standardı olan IATF 16949:2016 standardının kuruluşu, yönetimi ve sürdürülebilirliği istatistiksel bakış açısıyla irdelenmesidir. Çalışmada IATF 16949:2016 revizyonun getirdiği yenilikler incelenmiş ve istatistiksel olan kalite iyileştirme teknikleri kullanılarak kuruluşlar için örnek olacak uygulamalar yapılmıştır.

Çalışmanın uygulanmasında, IATF 16949:2016 KYS'de kalitenin iyileştirilmesine yönelik kullanılan istatistiksel tekniklerden, Ölçüm Sistemleri Analizi (MSA) ve İstatistiksel Proses Kontrol Analizi (SPC) kullanılmıştır. Söz konusu istatistiksel tekniklerde kullanılan veriler Minitab 16'da analiz edilmiş ve analizler 3 ayrı firma için yapılmıştır. Araştırma, kalitenin firma performansı ile doğru orantılı ilişkisi olduğunu desteklemektedir.

Anahtar Sözcükler : Kalite, Kalite Yönetim Sistemi, ISO 9001:2015, IATF 16949:2016, İPK, MSA, HTEA, APQP, PPAP

ABSTRACT

Name and Surname : Güzde TÜRK
University : Bursa Uludag
University
Institution : Social Science
Institution
Field : Econometrics
Branch : Statistics
Degree Awarded : Master
Page Number : x+105
Degree Date :// 2019
Supervisor : Prof. Erkan İŞİĞİÇOK

THE INSTALLATION, MANAGEMENT AND QUALITY IMPROVEMENT OF IATF 16949:2016 STANDARD AT AUTOMOTIVE INDUSTRY WITH STATISTICAL VIEWPOINT

Nowadays, quality has an important place in the intense competitive environment in the business world. In this context, the establishment, management and improvement of quality, which is the most valuable unit of the companies, should be carried out systematically. In order to establish the system, the aim of management should be to meet customer expectations, to make a profit, to keep pace with technological innovations and to be open to development and to stay in the sector for many years.

The aim of this study is to explain the importance of quality and quality management system and to examine the establishment, management and sustainability of the automotive industry standard IATF 16949: 2016 from a statistical point of view. In this study, the innovations brought by IATF 16949: 2016 revision were examined and statistical quality improvement techniques were used and examples were applied for organizations.

Measurement Systems Analysis (MSA) and Statistical Process Control Analysis used in the implementation of the study IATF 16949: 2016 is two of the statistical techniques for quality improvement in QMS. The data used from the statistical techniques were analyzed in Minitab 16 and analyzes were conducted in three separate companies. Research supports that quality has a relationship with company performance.

Key words: Quality, Quality Management System, ISO9001:2015, IATF 16949:2016, SPC, MSA, FMEA, APQP, PPAP

TEŞEKKÜR

Çalışmam boyunca her zaman bilgileri, önerileri ve tecrübeleriyle beni yönlendiren ve destek olan danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Erkan IŞIĞIÇOK'a teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamın yürütülmesinde her türlü imkanı sağlayan Sigma Center Kalite ve Verimlilik Yönetimi Danışmanlığı'nda Genel Müdürü Yılmaz ALTAŞ'a, Yönetim Sistemleri Uzmanları Oğuz Levent UZER ve Ekrem AKIN'a, Uzman yardımcısı Deniz Kösedal'a; çalışmamın uygulama bölümünde MSA'da Atributte R&R analizinde bilgilerini esirgemeyen AUTONEUM firmasında Kalite ve Yönetim Sistemleri yöneticisi Cenk ÖZCAN'a; MSA'da Gage R&R analizinde yardımlarını gördüğüm Piston Gas Springs firmasında Kalite Müdürü Cüneyt PALABIYIK ve Teknik Koordinatör Özkan TÜRKOĞLU'na; uygulama bölümünde SPC analizinin yürütülmesinde katkıları olan Literatür Kimya firmasında ESHQ uzmanı Tülay YORULMAZ'a; çalışma boyunca manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim dostlarıma; hayat boyunca yanımda olan desteklerini üzerimden esirgemeyen sevgili aileme teşekkürlerimi sunar, bu çalışmayı geleceğin Endüstri Mühendisi olacak olan sevgili kız kardeşim Gamze TÜRK'e armağan ederim.

Gözde TÜRK

Bursa 2019

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
YÜKSEK LİSANS İNTİHAL YAZILIM RAPORU	
YEMİN METNİ	
ÖZET	I
ABSTRACT	II
İÇİNDEKİLER	IV
TABLOLAR	VII
ŞEKİLLER	VII
EKRANLAR	VIII
KISALTMALAR	X
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

KALİTENİN TEORİK ÇERÇEVESİ VE ISO 9000 KALİTE YÖNETİM SİSTEMİ

1.1. KALİTE VE KALİTE TANIMLARI	3
1.2. KALİTENİN TARİHSEL GELİŞİMİ	6
1.3. ISO 9000 KALİTE YÖNETİM SİSTEMİ	8
1.4. TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ	8
1.5. KALİTE YÖNETİMİ SİSTEMİNİN PRENSİPLERİ (İLKELERİ)	9
1.6. ISO 9000 KALİTE YÖNETİM SİSTEMİ STANDARDININ GELİŞİMİ	14
1.7. ISO 9001:2008 KALİTE YÖNETİM SİSTEMİ STANDARDI İLE ISO 9001:2015 REVİZYONU ARASINDAKİ FARKLILIKLAR	17

İKİNCİ BÖLÜM

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE KALİTE YÖNETİM SİSTEMİNİN KURULUMU VE YÖNETİMİ

2.1. IATF 16949:2016 KALİTE YÖNETİM SİSTEMİ STANDARDI	21
---	----

2.2. IATF 16949:2016 STANDAR DİNİN ORTAYA ÇIKIŞI VE DİĞER STANDARTLAR	22
2.3. BELGE GEÇİŞ SÜRECİ	24
2.4. ISO/TS 16949:2009 İLE IATF 16949:2016 ARASINDAKİ FARKLILIKLAR.....	25
2.5. IATF 16949:2016 STANDAR DİNİN MADDELERİ.....	27
2.5.1. 0. Giriş ve 1. Kapsam.....	27
2.5.2. Atıf Yapılan Standart ve/veya Dokümanlar	28
2.5.3. Terimler ve Tarifler	28
2.5.4. Kuruluşun Bağlamı	28
2.5.5. Liderlik.....	29
2.5.6. Planlama.....	29
2.5.7. Destek.....	30
2.5.8. Operasyon	31
2.5.9. Performans Değerlendirme	32
2.5.10. İyileştirme	33
2.6. IATF 16949:2016 STANDAR DİNİN KURULUMU VE İŞLEYİŞİ.....	33

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

IATF 1649:2016 STANDAR DİNDA KULLANILAN İSTATİSTİKSEL VE İSTATİSTİKSEL OLMAYAN KALİTE İYİLEŞTİRME TEKNİKLERİ

3.1 KALİTE İYİLEŞTİRMEDE KULLANILAN BAZI TEMEL KAVRAMLAR	36
3.2. IATF 16949:2016 STANDAR DİNDA KULLANILAN İSTATİSTİKSEL VE İSTATİSTİKSEL OLMAYAN KALİTE İYİLEŞTİRME TEKNİKLERİ ...	39
3.3. ÖLÇÜM SİSTEMLERİ ANALİZİ (MSA).....	40
3.3.1. Ölçüm Sistemleri Analizine İlişkin Bazı Temel Kavramlar	41
3.3.2. Ölçüm Sistemleri Analizinin Uygulama Aşamaları.....	45
3.3.3. Nicel Ölçüm Sistemleri Analizi	45
3.3.4. Nitel Ölçüm Sistemleri Analizi	47
3.4. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL (SPC)	48
3.4.1. İstatistiksel Proses Kontrole Geçiş Aşamaları	49

3.4.2. İstatistiksel Proses Kontrol Grafikleri.....	50
3.4.3. Nicel Kontrol Grafikleri.....	51
3.4.4. Nitel Kontrol Grafikleri	53
3.4.5. Proses Yeterlilik Analizi	56
3.5. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA)	57
3.5.1. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Yararları	58
3.5.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi Türleri.....	58
3.5.3. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Yorumlanması	60
3.6. İLERİ ÜRÜN KALİTE PLANLAMASI (APQP).....	61
3.6.1. İleri Ürün Kalite Planlamasının Aşamaları	61
3.7. ÜRETİM PARÇASI ONAY PROSESİ (PPAP).....	64

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

IATF 16949:2016 STANDARTINDA KALİTENİN İSTATİSTİKSEL TEKNİKLERLE İYİLEŞTİRİLMESİNE İLİŞKİN BİR UYGULAMA (MSA VE SPC)

4.1. IATF 16949:2016'DA MSA VE SPC KULLANIMININ AMACI.....	67
4.2. ÖLÇÜM SİSTEMLERİ ANALİZİ (MSA) UYGULAMASI.....	67
4.2.1. Attribute MSA Uygulaması	67
4.2.2. Gage R & R MSA Uygulaması.....	82
4.3. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL (SPC) UYGULAMASI.....	89
SONUÇ	97
KAYNAKÇA.....	100

TABLULAR

Tablo 1.1: ISO 9001:2008 ile ISO 9001:2015 Standart Maddelerindeki Temel Farklılıklar.....	18
Tablo 2.1: ISO/TS 16949:2009 ve IATF 16949: 2016 Maddelerinin Karşılaştırılması	25
Tablo 3.1 : Ölçüm Sistemleri Analizinde Kabul Kriterleri.....	46
Tablo 3.2 : Kontrol Grafikleri	51
Tablo 4.1: Etkinlik Değerlerinin El ile Hesaplanması	72
Tablo 4.2 : A ve B Operatörü Çapraz Tablosu ve Kappa Değerinin El ile Hesaplanması	74
Tablo 4.3 : B ve C Operatörü Çapraz Tablosu.....	75
Tablo 4.4 : A ve C Operatörü Çapraz Tablosu.....	76
Tablo 4.5 : Operatörlerin Yanlış Alarm ve Gözden Kaçırma Değerlerinin Hesaplanması	79
Tablo 4.6 : Gage R & R ölçüm sistemine ait kriterler	86

ŞEKİLLER

Şekil 1.1: Proses tabanlı KYS modeli.....	12
Şekil 1.2: PUKÖ Döngüsü.....	13
Şekil 3.1 : Doğruluk ve Hassasiyet Sonuçlarının Yorumlanması.....	42
Şekil 3.2 : Tekrarnabilirlik ve Tekrar Üretilirlik.....	43
Şekil 3.3 : Eğilim	44
Şekil 3.4 : Kararlılık.....	44
Şekil 3.5 : APQP Aşamaları.....	62

EKRANLAR

Ekran 4.2.1: Verilerin Minitaba Girilmesi	68
Ekran 4.2.2: Minitab Attribute R&R Ekranı	68
Ekran 4.2.3: Değerlendirme Uyumu	69
Ekran 4.2.4: Sonuç için Özellik Uyum (Uyuşma) Analizi.....	71
Ekran 4.2.5: Operatörler ile Standart Arasındaki Uyum.....	71
Ekran 4.2.6: Operatörlerin Kendi Aralarındaki Uyum.....	72
Ekran 4.2.7: A ve B Operatörlerinin Çapraz Tablolanması	73
Ekran 4.2.8: A ve B Operatörlerine ait Çapraz Tablolama ve Kappa Değeri.....	73
Ekran 4.2.9: B ve C Operatörlerinin Çapraz Tablolanması	74
Ekran 4.2.10: B ve C Operatörlerine ait Çapraz Tablolama ve Kappa Değeri	75
Ekran 4.2.11: A ve C Operatörlerinin Çapraz Tablolanması	76
Ekran 4.2.12: A ve C Operatörlerine ait Çapraz Tablolama ve Kappa Değeri....	76
Ekran 4.2.13: Operatörler ile Referans Değer Arası Kappa Değeri.....	77
Ekran 4.2.14: Genel Sonuçlar için Attribute R&R Ekranı.....	77
Ekran 4.2.15: Sonuçlar için Özellik Analizi ve Yanlış Sınıflandırma Raporu	78
Ekran 4.2.16: Sonuçlar için Özellik Analizi ve Doğruluk Raporu	80
Ekran 4.2.17: Sonuçlar için Özellik Analizi ve Özet Raporu	81
Ekran 4.2.18: Verilerin Minitaba Girilmesi	82
Ekran 4.2.19: Minitab Gage R&R Ekranı.....	83
Ekran 4.2.20: Ölçüm için Gage R & R Sonuçları.....	83
Ekran 4.2.21: Gage R & R Çalışmasında XBar/R Metodu.....	85
Ekran 4.2.22: Minitab Gage Run Chart Ekranı.....	87
Ekran 4.2.23: Gage Ölçüm Çalışma Grafiği.....	87
Ekran 4.2.24: Gage R & R Çalışması için Ölçüm Özet Raporu	88
Ekran 4.3.1: Verilerin Minitaba Girilmesi	90
Ekran 4.3.2: L3 için Grafik Özeti'nin Bulunması	91
Ekran 4.3.3: L3 için Özet Tablo.....	91
Ekran 4.3.4: R2 için Özet tablo.....	92
Ekran 4.3.5: L1 için Tolerans Değerlerin Girilmesi	92
Ekran 4.3.6: L1 Parçasına ait Makine Yeterlilik Analizi	93
Ekran 4.3.7: R2 Parçasına ait Makine Yeterlilik Analizi.....	93

Ekran 4.3.8: L2 Parçasına ait Makine Yeterlilik Analizi.....	94
Ekran 4.3.9: R3 Parçasına ait Makine Yeterlilik Analizi.....	94
Ekran 4.3.10: R2 Parçasına ait Makine Yeterlilik Çözümlemesi.....	95
Ekran 4.3.11: R2 Parçasına ait Makine Yeterlilik Genel Bakış.....	95

KISALTMALAR

- a.g.e** : Adı Geçen Eser
ABD : Amerika Birleşik Devletleri
AIAG : Otomotiv Endüstrisi Eylem Grubu
ANFIA : Otomotiv Endüstrisi Sektörü Ulusal Birliği
APQP : İleri Ürün Kalite Planlaması
B. : Basım
C. : Cilt
EAQF : Tedarikçi Kalite Yeteneğinin Değerlendirilmesi
EN : Avrupa Standartları
EOQC : Avrupa Kalite Kontrol Organizasyonu
FIEV : Araç Ekipman Endüstrileri
FMEA / HTEA: Hata Türü ve Etkileri Analizi
IATF : Uluslararası Otomotiv Görev Gücü
ISO : Uluslararası Standart Organizasyonu
JIS : Japon Sanayi Standartları
KYS : Kalite Yönetim Sistemi
LCL : Alt Kontrol Sınırı
LSL : Alt Spesifikasyon Sınırı
MSA : Ölçüm Sistemleri Analizi
OEM : Orijinal Ekipman Üreticisi
PPAP : Üretim Parçası Onay Prosesi
PUKÖ : Planla-Uygula-Kontrol Et-Önlem Al
RÖS : Risk Öncelik Sayısı
s./ss. : Sayfa / Sayfalar
SMMT : Motor Üreticileri ve Tüccarları Derneği
SPC / İPK: İstatistiksel Proses Kontrol
TKY : Toplam Kalite Yönetimi
TSE : Türk Standartları Enstitüsü
UCL : Üst Kontrol Sınırı
USL : Üst Spesifikasyon Sınırı
VDA : Alman Otomotiv Endüstrisi

GİRİŞ

Günümüzde kuruluşlararası yaşanan rekabet ortamında bir adım daha öne geçebilmek adına, önemli mücadeleler verilmektedir. Firmalar teknolojik ilerleme ve artan bilgi akışı sayesinde, rakipleri arasında fark yaratmak için en önemli araç olan kaliteye odaklanmalıdırlar. Eskiden kalite, üretimden sonra gerçekleşen bir süreçte yer alırken, şu anda üretim sürecinin her anında kalite üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmalar bilinçli yöneticiler sayesinde kalitenin firmada bir kültür halini almasını sağlamıştır. Firma kültürünü değiştirmek zaman alsa da; kalite, firmalarda artık bir sistem olarak yürütülmeye başlanmıştır. Bu sistemin temelleri ISO 9001: 2015 kalite yönetim sistemi standardı üzerine kurulmuş ve sektör bazında farklı standartlara ihtiyaç duyulmuştur. Otomotiv sektörü içinde kalite ile ilgili süreçlerin daha düzenli yürütülmesi adına, IATF 16949:2016 standardı geliştirilmiştir. Bu standart ile otomotivde dünya üzerinde kabul edilen ürün ve hizmet üretimi için ortak bir dil oluşturulmuştur.

Rekabetin yoğun yaşandığı sektörlerden biri de otomotiv sektörüdür. Teknolojik ilerlemeler ile birlikte otomotiv sektöründe yer alan üreticiler, hem kalite hem fiyat hem de maliyet bazında belirli bir sınıra ulaşabilirlerse, sektörde uzun yıllar kalabilme fırsatı yakalayacaklardır. Otomotiv sektöründe, üründe meydana gelen küçük bir uygunsuzluk, firma bazında prestij kaybına yol açabilmektedir. Bu yüzden, otomotiv firmaları ürünleri üzerinde gerekli kalite kontrol işlemlerini sıkı takip etmelidir. Kalite süreçlerinin düzenli çalıştırılması için otomotiv sektöründe kalite yönetim sistemi kurmak adına Ford, General Motors, Chrysler tarafından bir standart oluşturulma kararı alınmıştır. ISO 9001:2015 standardı temeli üzerine oluşturulan IATF 16949:2016 standardı, sadece otomotiv endüstrisi üzerine tasarlanmıştır. Ancak bu standart, otomotiv endüstrisi dışındaki kalite araçlarından yararlanan firmalar tarafından da kullanılmaktadır. Bu standart sayesinde, proseslerde oluşabilecek hatalara ilişkin önlemler almak, sürekli iyileştirmeyi sağlamak, kalitesizlik maliyetlerini azaltmak ve müşteri memnuniyetini arttırmak amaçlanmıştır.

Bu çalışma, IATF 16949:2016 Otomotiv Sektöründe Kalite Yönetim Sistemi el kitabı dikkate alınarak hazırlanmıştır. Uygulamada IATF 16949:2016 Otomotiv Sektöründe Kalite Yönetim Sistemi'nde kullanılan istatistiksel süreç kontrol

tekniklerinden, ölçüm sistemleri analizine (MSA) ait nitel ölçüm sistemleri analizi (Attribute R & R), nicel ölçüm sistemleri analizi (Gage R & R) ve istatistiksel proses kontrol analizinden (SPC) yararlanılmış ve ayrıca makine yeterlilik analizlerinin firmaların kalite performanslarına yapmış olduğu katkılara değinilmiştir.

Araştırma dört bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, kalitenin teorik çerçevesi altında, kalitenin tanımları ve kalite yönetim sisteminin tarihsel gelişimi, kalite prensipleri ve ISO 9001:2008 ve ISO 9001:20015 revizyonu ile gelen farklılıklardan bahsedilmiştir.

İkinci bölümde asıl konu olan otomotiv sektörüne ait kalite yönetim sisteminin kurulumu ve yönetimine değinilmiştir. Burada otomotiv sektörü için geliştirilen 16949 standardının oluşumu, maddeleri, 2016 revizyonu ile gelen farklılıklar irdelenmiştir.

Üçüncü bölümde, otomotiv sektöründe kalitenin istatistiksel teknikler uygulanarak nasıl iyileştirilebileceği ve otomotiv kalite yönetim sisteminde kullanılan istatistiksel ve istatistiksel olmayan proses kontrol teknikleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Son bölümde, otomotiv sektöründe iyileştirmenin sağlanması için kullanılan istatistiksel tekniklerinden ölçüm sistemleri analizi ve istatistiksel proses kontrol analizinden yararlanılarak uygulama yapılmıştır. Uygulama aşamasında, söz konusu iki istatistiksel tekniğin nasıl kullanıldığı Minitab'da uygulamalı olarak anlatılmış ve elde edilen bulgular yorumlanmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

KALİTENİN TEORİK ÇERÇEVESİ VE ISO 9000 KALİTE YÖNETİM SİSTEMİ

1.1. KALİTE VE KALİTE TANIMLARI

Kalite kavramı insanoğlunun varoluşundan bu yana hayatımızın içerisinde yer almaktadır. Nitekim günlük yaşamımızda da kalite kavramıyla sıklıkla karşılaşmaktayız. Kalite içerisinde çok çeşitli anlamları barındırdığı için tek bir tanımın yapılması mümkün olmayan bir olgudur. Kalite üzerine yapılan en basit tanımlama, iyileştirilebilen her şeydir. Kalitenin sözlük anlamına baktığımızda, bir şeyin iyi veya kötü olma özelliği, nitelik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Diğer taraftan, Uluslararası Standart Organizasyonu(ISO) tarafından yapılan tanımlamaya göre kalite, bir mal veya hizmetin belirli gereksinimlerini karşılayabilme yeteneklerini ortaya koyan karakteristiklerin tümüdür. Avrupa Kalite Kontrol Organizasyonu (EOQC) kaliteyi, bir malın veya hizmetin tüketicinin isteklerine uygunluk düzeyi olarak açıklamaktadır. Japon Sanayi Standartları(JIS) ise kaliteyi, ürün veya hizmeti ekonomik yoldan üreten ve tüketici isteklerini karşılayan üretim sistemi olarak tanımlamıştır.¹

Diğer taraftan kalite, algılanan kalite ve gerçek kalite olarak da tanımlanabilmektedir. Müşteri beklentilerini doğrudan etkileyen ve bu beklentilerin karşılanma düzeyine algılanan kalite denir. Söz konusu kalite, tüketici algısı olduğu için objektif olarak ölçülemez. Bu yüzden algılanan kaliteyi yönetebilmek için müşteriyi neyin etkilediğini bulmak ve ona odaklanmak gerekir. Örneğin algılanan kalite ile müşteri memnuniyeti arasında pozitif ilişki varsa, bu müşteri tatmin düzeyinin olumlu olduğunu göstermektedir. Gerçek kalite ise, ürün veya hizmetin gerekli şartlara uyma

¹ DOĞAN Özlem İ., "Kalite uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi", İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, C.2, S.1, 2000, Ocak-Şubat-Mart, ss.17.

seviyesidir. Söz konusu gerekli şartlar işletmenin ulaşmak istediği hedefleri karşılamış olmasıdır.² Gerçek kalitede belirli standartların veya ideallerin karşılanması önemlidir.

Görüldüğü üzere; kalitenin algılanışı müşteriler, yöneticiler, tüketiciler, vb. gruplar açısından farklılık gösterdiği için kalitenin daha iyi anlaşılması amacıyla, Garvin çeşitli bakış açılarından kalite tanımlamalarını sekiz boyut altında toplamıştır. Garvin; kaliteyi, performans, uygunluk, tamamlayıcı özellikler, güvenilirlik, dayanıklılık, hizmet görme yeteneği, estetik ve imaj olmak üzere sekiz boyutta incelemiştir.³

- i) Performans: Ürüne ait temel özelliklerin karşılanma derecesidir. Örneğin, öğrenci otomasyon sisteminin hatasız çalışması.
- ii) Uygunluk: Ürünün belirli standartlara veya spesifikasyonlara uygun olma seviyesidir. Örneğin, bir otomobildeki yakıt tüketiminin belirlenen seviyenin üzerinde olmaması.
- iii) Tamamlayıcı özellikler: Ürüne ait temel özelliklere ek getirilen yeniliklerdir. Ürüne ait çekiciliği sağlayan diğer özelliklerdir. Örneğin, otobüs şirketinin evlere servis hizmeti vermiş olması.
- iv) Güvenirlilik: Ürünün kullanım ömrü boyunca istenilen özellikleri düzenli bir şekilde yerine getirip getirmediğinin göstergesidir. Otomobilin arızalanma sıklığı gibi problemlerinin artması bu özellik için belirleyici bir faktör olabilir. Örneğin, yeni aldığımız bir beyaz eşyanın garanti süresi içerisinde bozulma oranı veya bozulma zamanları arasında geçen süre güvenilirlik için bir ölçüttür.
- v) Dayanıklılık: Ürünün kullanılabilirlik seviyesidir. Örneğin, bir sütün son tüketim tarihi onun ne zamana kadar tüketilmesi gerektiğini göstermektedir.
- vi) Hizmet görme yeteneği: Ürüne ait bakım, onarım, servis vb. problemlere çözüm getirilme ölçüsüdür. Örneğin, bozuk bir makinenin servis tarafından ne kadar süre içerisinde düzeltildiği, çalışanların ilgisi, doğru çözüme ulaşmaları gibi özellikler gösterilebilir.

² Şenol Hacifendioğlu, Ümit Koç, "Hizmet Kalitesi Algılamalarının Müşteri Bağlılığına Etkisi Ve Fast Food Sektöründe Bir Araştırma", Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (18) 2009/2, s.3

³ Rıdvan Bozkurt, Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri: İstatistiksel Teknikler, MPM Yayınları, Ankara, 2003, s.13

- vii) Estetik: Ürününe ait koku, görünüş, tat gibi duyuların müşteriye hitap edecek düzeyde olmasıdır. Diğer bir deyişle, ürün kullanıcılarının beklentilerine uygun estetik yapının sağlanmasıdır. Örneğin, bir otomobilin koltuklarının deri kaplama olması vb.
- viii) İmaj: Ürünün tanıtımlarına bağlı olarak müşteri üzerinde yarattığı görüşüdür. Örneğin, bilgisayar üretiminde uzun yıllardır başarılı olan bir firmanın yeni çıkartacağı ürün de bu marka kullanıcıları tarafından kaliteli olarak algılanacaktır.

Daha önce de belirtildiği gibi; kalitenin genel tanımı, satın alınan ürüne güven duyulmasını amaçlayan ve hayatımızı kolaylaştıran bir olgu olması nedeniyle iyi veya olması arzu edilen her şey olarak belirtilebilir.⁴ Diğer taraftan, kaliteye beklentilerin karşılanması olarak baktığımızda, dinamik bir kavram olduğu için sürekli gelişim ve değişim şarttır.

Kalite gurularının yaptığı tanımlamalara göre kalite aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir⁵:

- Philip Crosby'e göre kalite, bir ürünün gerekliliklerine ve şartlarına uygunluk derecesidir. Crosby'e göre kalite için en önemli nokta imalatın tamamlanmasından sonra yapılan kontroller değil de, her aşamasında yapılacak kontroller sayesinde hata oranı minimuma indirilmeye çalışılmış olmasıdır. Crosby "ilk seferde doğru yapma" düşüncesini benimsemiş ve sıfır hatayı hedeflemiştir.
- Edward Deming'e göre kalite, amaca uygunluktur. Deming, kalitesizliğin en önemli nedeninin değişkenlik olduğunu savunur ve değişkenliğin azaltılması durumunda kalitede iyileşmelerin meydana geleceği görüşünü benimser.
- Joseph Juran, kaliteyi kullanıma uygunluk olarak açıklamıştır. Juran, kalite kontrolün yeteri kadar vurgulandığını ifade ederek, bir diğer önemli noktanın kalitenin yönetilmesi olduğunu savunmuş ve kalite yönetimini, Juran üçlüsü(kalite planlama -kalite kontrol -kalite iyileştirme) olarak tanımlamıştır.

⁴ İsmail EFİL, *Toplam Kalite Yönetimi ve Toplam Kaliteye Ulaşmada Önemli Bir Araç – ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi*, Uludağ Üniversitesi Yayınları, Yayın No 110, Bursa, 1996, s. 5-6.

⁵ Efil, a.g.e., s.5-6

- Genichi Taguchi'nin kalite tanımı ise, ürünün sevkiyattan sonra toplumda neden olduğu en az zarar şeklindedir. Taguchi; beyin fırtınası, dikey dizeler, parametre tasarımı gibi kalite kontrol tekniklerini kullanmıştır.
- Armand Vallin Feigenbaum'un kalite anlayışı, en iyiyi elde etmek değil de müşteri ve satış fiyatı içinde en iyiyi elde etmektir. Feigenbaum, toplam kalite kontrol ve kalite maliyetlerinin öncülüğünü yapmıştır.
- Kaoru İshikawa kaliteyi, tüketici isteklerini yerine getirebilmek için ürünün tasarımı, geliştirilmesi, üretilmesi ve satış sonrasındaki hizmetlerin de yerine getirilmesi olarak açıklamıştır. İshikawa, kalite kontrol kavramı üzerine istatistiksel teknikler geliştirmiştir.
- Noiraki Kano'ya göre kalite, müşteri odaklı olup müşterinin ihtiyaç ve beklentilerini karşılamayı amaçlamaktadır.
- Masaaki İmai, kaliteye kaizen (sürekli gelişme) kavramını kazandırmıştır.

1.2. KALİTENİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Kalite tanımlamalarında da görüldüğü üzere, kalite kavramı insanoğlunun var oluşundan bu yana varlığını sürdürmesi nedeniyle, tarih boyunca farklı dönemlerde karşımıza çıkmaktadır. İlk çağlarda sanat eserlerindeki yapıtların sağlamlığı ve uzun ömürlü oluşu kalitenin varlığını göstermekteydi.

Kalite ile ilgili ilk kayıtlar M.Ö 2150 yılında ünlü Hammurabi Kanunlarının 229. maddesinde belirttiği; bir inşaat ustasının yaptığı evin yıkılması ev sahibinin ölümüne neden olursa, ustanın öldürülmesi gerektiği yargısının verilmesi, kalitenin en ilkel biçimde de olsa uzun yıllar öncesine dayandırıldığı bir göstergesi olmuştur.⁶ Diğer taraftan kalite kontrol kavramı ziraatle uğraşanların ürünleri gözle muayene edip kendilerine göre uygun olanın alınması şeklinde de karşımıza çıkmakla birlikte, kalitenin eskiye dayandığının bir diğer kanıtıdır.⁷ Türklerin 1502 tarihinde zamanın padişahı olan Sultan II.Bayezid Han tarafından çıkarılan Kanunname-i İhtisab-ı

⁶ Rıdvan Bozkurt & Aynur Odaman, *ISO 9001 Kalite Güvence Sistemleri*, MPM Yayınları, Yayın No 549, Ankara, 1995, s.1

⁷ Muhittin Şimşek, *Kalite Yönetimi*, İstanbul: Alfa Yayınevi, 2004, s. 15-16

Bursa'da bugünkü anlamda, boyama, ambalaj, kalite gibi esaslar ile ilgili ceza hükümlerine yer verilmesi de kaliteye verilen önemi göstermektedir.⁸

Modern kalite sisteminin ilk adımı endüstri devrimiyle oluşmaya başlamıştır. Endüstri devrimiyle birbiri yerine ikame edilebilecek parçalar standart olarak üretilmeye başlanmış, parçaların belirlenen standartlara uygun olarak üretilmesi zorunlu hale gelmiştir. Burada da görüldüğü üzere, kalite sisteminin denetimine ilk olarak üretim sürecinden başlandığı söylenebilir.

I. Dünya Savaşıyla birlikte seri üretim ortaya çıkmıştır. Bir anlamda ürün miktarı ve çeşitliliğiyle kalite kontrol daha da önem kazanmıştır. Seri üretimden kaynaklı kalite kontrol modellerinde matematiksel yöntemlerin kullanılması zorunluluk hale gelmiştir. Örneğin, Amerika'da firmalar örnekleme yöntemini kullanırken, Shewhart 1924 yılında kontrol çizgilerini geliştirmiş, İngiltere'de elektrik endüstrisinde istatistiksel yöntemler kullanılmaya başlanmıştır.⁹

II. Dünya Savaşı ve sonrasında kalite kavramı en çok askeri alanda karşımıza çıkmıştır. Askeri malzemelerin hayati önemi nedeniyle, yüksek performans verebilmesi açısından standart oluşturulması zorunluluğu getirilmiştir. Savaşın yaşanmasıyla kalite ile ilgili gelişmeler hızlandırılmıştır. II. Dünya Savaşı sonrasındaki asıl ilerleme Japonya'da yaşanmıştır. Birçok eski yönetici işten çıkarılıp yerine planlama ve üretim konusunda bilgili uzmanlar getirilmiştir. Deming ve Juran Japonya'da istatistiksel kalite kontrol kavramı hakkında dersler vermişlerdir. Üretilen maddenin son halinin muayene edilmesi yerine, muayeneye gerek kalmayacak şekilde üretmek amaçlanmıştır. Bu sayede firmalar kalite ve verimlilikleri sürekli olarak iyileştirmiş ve rekabet güçlerini arttırmışlardır.

20.yy başlarında Henry Ford imalat sürecinde hareketli montaj hattını kullanarak Ford Motor şirketindeki karmaşık süreçleri sadeleştirerek, yüksek kalite ve düşük maliyette ürün üretimini sağlamıştır. Eskiden ürünün kalitesi değil de ürün miktarına yoğunlaşıldığı için üretimde hataların fazla olduğu ve kalite seviyesinin giderek düştüğü gözlemlenmiştir. Ürün kalitesinin önemli hale gelmesiyle birlikte kalite kontrol çalışmaları artmış ve bilgi paylaşımı çoğalmıştır.

⁸ Zeynep Çekirge, *TS EN ISO 9001:2000 Kalite Yönetim Sisteminin Etkinliğinin Ölçülmesi Üzerine Bir Araştırma*, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2009, s. 3

⁹ Muhittin Şimşek, *Kalite Yönetimi*, İstanbul : Alfa Yayınevi, 2004, s.15-16

1.3. ISO 9000 KALİTE YÖNETİM SİSTEMİ

Kalitenin yönetilmesi kalite yönetim sistemi ile mümkün olmaktadır. Bu nedenle, kalitenin yönetilmesi için kuruluş içindeki organizasyonel yapının belirlenmesi gerekmektedir. Kuruluşlar arası yapılaşmaların farklılık göstermesi nedeniyle her kuruluşun kalite yönetim sistemi de birbirinden farklıdır. Burada sözü edilen farklılık, bize bu sistemin standart bir kalite yönetim sistemi olmadığını göstermektedir. Kalite yönetim sistemi, kuruluşun faaliyetlerini ve kaynaklarını göstermektedir. Amaçlanan kaliteye ulaşmak için uygulanan tüm süreçleri, açıklanan prosedürleri ve benimsenen prensipleri içeren sistemin bütününe kalite yönetim sistemi denmektedir. Kalite yönetim sisteminde mükemmelliğe giden yolda hangi unsur önemliyse ona odaklanılmalıdır. Kalite yönetim sistemi adından da anlaşılacağı üzere bir sistem yaklaşımı olup şartnamelere göre müşteri memnuniyetine odaklanmaktadır.

1.4. TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ

Günümüzde üretici ile müşteri (tüketici) ilişkilerinin gelişmesiyle birlikte, klasik anlamdaki kalite kontrol yerine toplam kalite kontrol kavramı kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonra Japon ve Amerikalı bilim adamları sayesinde toplam kalite yönetimi (TKY) kavramı oluşmuştur.¹⁰ Bu kavram müşteri beklentilerinin aşılmasını hedefleyen, ekip çalışmasını öngören, tüm süreçlerin gözden geçirilmesini ve iyileştirilmesini sağlayan bir felsefedir. Buradaki toplam sözcüğü kalitenin tüm süreçlerde, tüm işlerde, herkesin katılımıyla sağlanabileceğini belirtir. Toplam kalite yönetimini benimseyen bir kuruluş tüm faaliyetlerinde kaliteyi sürekli olarak artırmayı hedeflediği için hatalarında azalma meydana gelecektir. Hataların azaltılması da, kalitesizlik maliyetlerinin önüne geçilmesini sağlamaktadır. Zaten toplam kalite yönetiminin en önemli özelliği hataları azaltmaktır. Ne var ki bu iyi bir planlama sonucu ortaya çıkacaktır. Yapılan bu planlamalar geniş boyutta düşünülmeli ve firma içinde yaşam biçimi haline getirilmelidir.

Daha öncede belirtildiği gibi, toplam kalite yönetiminin başarılı olabilmesi için tüm organizasyon tarafından benimsenerek bir kalite seferberliği başlatılmalıdır. Nitekim bu da kuruluşta çalışanların katılımı, ürün ve hizmetlerdeki sürekli iyileşme, iç ve dış

¹⁰ Erkan Işığışık, *Toplam Kalite Yönetimi Bakış Açısıyla İstatistiksel Kalite Kontrol*, 1.Baskı, Bursa: Ezgi Kitapevi, 2005, s. 17.

paydaşlarla gereksinimlerin karşılanması ve müşterinin istediği kalitenin oluşturulmasıyla elde edilecektir. Bir anlamda müşteri istek ve beklentilerine değer veren, müşterinin belirlediği kaliteyi tüm faaliyetlerin yönetilmesi aşamasında bünyesinde toplayan bir yönetim şeklidir.¹¹ Kalitenin iyileştirilmesi ve sürekli gelişiminin sağlanabilmesi adına yapılacak her faaliyet toplam kalite yönetiminin alanına girmektedir. TKY'nin temel amacı, kalite yönetimi faaliyetlerinin kuruluş içinde kuruluşun bütününe yönelik kaliteyi sağlamak amacıyla yapılmasıdır. TKY'nin genel olarak amaçları şu şekilde sıralanabilir:

- Sıfır hatayı esas alıp savurganlığı önlemek,
- Verimliliği arttırmak,
- Maliyetleri azaltarak kaynakların optimum kullanımını sağlamak,
- İşlem zamanlarını kısaltarak teslimat hızını arttırmak,
- Kaliteyi sürekli iyileştirmek,
- Çalışanların memnuniyeti ile sürekli iyileşme ve gelişme sağlamak ve
- Müşteri beklentilerini karşılayıp onların güvenini kazanmak.

1.5. KALİTE YÖNETİMİ SİSTEMİNİN PRENSİPLERİ (İLKELERİ)

Kalite yönetimi sistemi (KYS), aşağıdaki 7 temel prensibe (ilkeye) sahiptir:

- i) Müşteri odaklılık
- ii) Liderlik
- iii) Çalışanların katılımı
- iv) Proses yaklaşımı
- v) İyileştirme
- vi) Kanıta dayalı karar verme
- vii) İlişki yönetimi

Şimdi bu ilkeler hakkında bilgi verelim.

¹¹ Ahmet Yatkın, *Toplam Kalite Yönetimi*, 1.Baskı, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, 2003, s. 22.

Müşteri Odaklılık: Kuruluşlar müşterilerine bağlı olarak hayatta kaldıkları için müşteri, ürün ve hizmetin belirlenmesinde en önemli organdır. Ne var ki KYS'de kaliteyi müşteri belirler anlayışı esastır. Firmalar müşteriler için vardır ve devamlılıkları da müşterileriyle sağlanmaktadır. KYS'nin müşteri odaklı bir anlayışa sahip olması nedeniyle, önce müşteri tanımı yapıp, müşterilerin ihtiyaç ve beklentileri belirlenmeli ve bu ihtiyaç ve beklentilerin karşılanacağı ürün veya hizmetlerin sunulması sağlanmalıdır. Burada belirtilen çalışmalar sonucu müşteri memnuniyetinin de artmasıyla birlikte, kuruluş içerisinde sürekliliği olan iş sayıları, müşteri çevresi gibi önemli kriterlerde de artış sağlanacaktır.

Diğer taraftan müşteri odaklılıkta diğer bir unsur iç ve dış müşterinin memnuniyetini arttırmaktır. İç müşteri, kuruluş içerisinde çalışan her bir kişinin bir başka kişi için ürün veya hizmet üretmesi iken dış müşteri, kuruluşun üretmiş olduğu mal ve hizmeti kullanan kişilerdir. Bu bağlamda, dış müşterinin ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için önce iç müşterinin ihtiyaçları giderilmelidir.

Liderlik: Kalite yönetim sisteminde üst yönetimin liderliği önemlidir. KYS'de başarılı olabilmek için liderlik anlayışının değişmesi gerekir. Bu anlayışa göre liderlik "ben" değil, "biz" diyebilmek ile oluşur. Üst yönetimin sürecin her aşamasında göstereceği inanç, destek ve katılım ile başarılı bir çalışma ortamı sağlanmalı ve sürdürülmelidir. Kuruluşların başarısı liderine bağlı olduğu için liderlik, kararlılık ve yeniliklere açık olmayı gerektirir. Lider, gücünün kaynağını yönlendirdiği takımdan alır. Bundan dolayı kuruluşun lideri ile her proses için belirlenen lider arasında etkili bir bağ bulunmalıdır. Her prosesin sahibi olan lider, o prosesin daha iyi yönetilmesine yönelik çalışmalar yapacağı için yapılan bu çalışmalar sadece proste değil kuruluş bünyesinde de gelişmeler sağlayacaktır. Doğru işin yapılması kurum kalitesinde artış oluşturacağından, liderlerin yapacağı seçimler çok önemlidir. Bu nedenle, liderler doğru işin yapılması için çabalamalıdır.

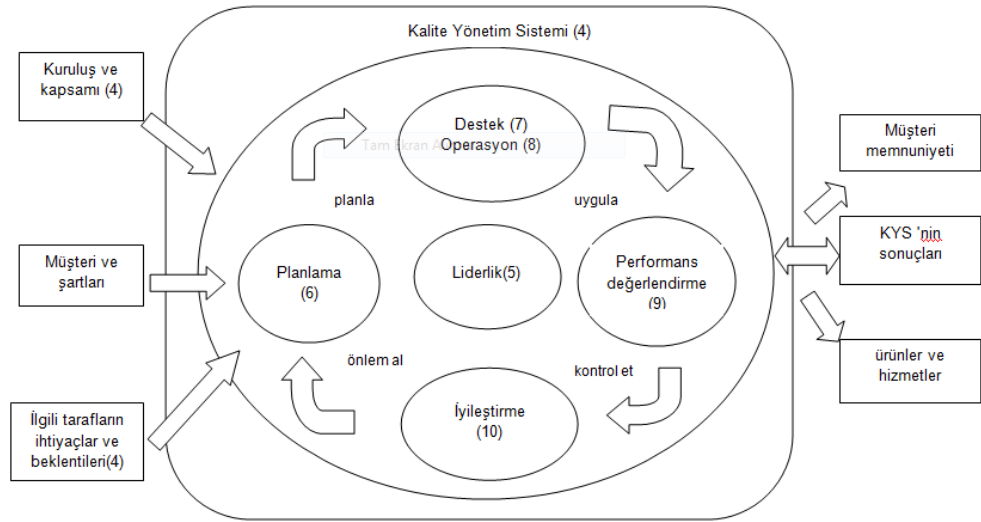
Çalışanların Bağlılığı: Kuruluşun varlığı çalışanlarına bağlı olduğu için onların katılımı sayesinde bilgi, beceri ve yetenekleri kuruluşun daha ileriye gitmesine katkı sağlayacaktır. Diğer taraftan kalite yönetim sisteminin kurulması

Çalışanların katılımı sayesinde gerekleŖecektir. Nitekim alışanlar Ŗirket yönetiminin bir parçası olduğunu hissederlerse daha iyi performans göstereceklerdir. Deming'in yöneticilere dediği gibi, bölümler arası engelleri yıkararak çalışanlarının bilgi ve deneyimlerini paylaşmaları için onları cesaretlendirmeli, motive etmeli ve onlara kuruluş için iyileştirme yapma fırsatı tanınmalıdır.¹²

Proses Yaklaşımı: Proses (süreç) girdileri ve ıktıları olan, kaynakları kullanan ve birbirleriyle etkileşen faaliyetlerin tamamıdır. Kuruluşun başarılı olabilmesi için tüm proseslerin etkin bir Ŗekilde yönetilmesi gerekir. Kalite yönetim sistemi proseslerden oluştuğu için kuruluşun değerini proseslerin performansları belirlemektedir. Burada amaç prosesler üzerinde sürekli kontrolün sağlanmasıdır. Bir anlamda bütünün kontrolü değil de parça kontrolü sayesinde etkinlik arttırılmış olacaktır.

Aşağıdaki tabloda da görüldüğü üzere, kalite yönetim sistemindeki tüm prosesler birbirinden etkilenmektedir. Bu nedenle, tüm prosesler bir zincir gibi düşünülerek bir sonraki prosesi memnun etme düşüncesiyle ilerlerse, sonuç olarak istenilen verim elde edilecektir. Ŗekil 1.1'de proses tabanlı KYS modeli görünmektedir. KYS'nin 4. ve 10. maddelerinin modeldeki yeri Ŗekil üzerinde açıkça görünmektedir.

¹² Muhittin Ŗimřek, *Toplam Kalite Yönetimi*, 3.Baskı, İstanbul: Alfa Yayınları, 2001, s.137.



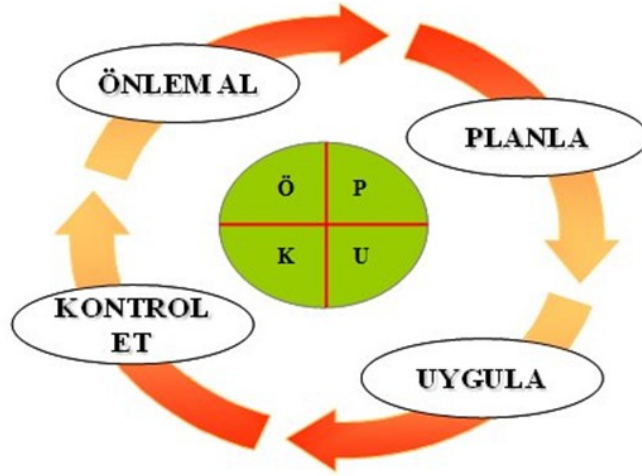
Şekil 1.1: Proses tabanlı KYS modeli¹³

İyileştirme: İyileştirme her zaman daha da iyi olanı aramaktır. Bir kuruluş yaptığı bütün faaliyetlerinde sürekli olarak iyileşme sağlamayı hedef haline getirmelidir. Sürekli iyileştirmenin Japonya'daki karşılığı, değişim anlamına gelen kai ve daha iyi anlamına gelen zen kelimelerinin birleşimi olan “kaizen”dir.¹⁴ Kaizen yaklaşımı sayesinde fazla üretim, bekleme, taşıma, stoklar, hatalar, tamirler, verimsiz süreçler vb. israflar da en aza indirgenmiş olur. Dolayısıyla yapılan iyileştirmelerle birlikte, problemlerin kök nedenlerini bulabilir, iç ve dış risk tahminlerine ulaşabilir ve inovasyon görüşümüzü ortaya çıkarabiliriz.

Yapılan açıklamalardan anlaşılacağı üzere kuruluş içerisinde ne kadar iyileştirme yapılırsa verimlilik ve kar oranı da o derece de artış gösterecektir. Bu nedenle iyileştirme yaparken izlenebilecek en önemli yol PUKÖ döngüsünün uygulanmasıdır.

¹³ "Kalite Yönetim Sistemi (ISO 9001:2015) Temel Eğitimi", <https://sigmaakademi.com/iso-9001-egitimi.html>

¹⁴ Şimşek, a.g.e., s.139.



Şekil 1.2: PUKÖ Döngüsü¹⁵

Burada,

P = Planla (Prosesler ve hedefler belirlenir.)

U = Uygula (Prosesler uygulanır.)

K = Kontrol et (Prosesler izlenir ve ölçülür.)

Ö = Önlem al (Sürekli iyileştirme için gerekenler yapılır.)

şeklinde ifade edilir.

KYS sistem olarak incelendiğinde PUKÖ döngüsü biçiminde işlemektedir. PUKÖ döngüsü, firmanın daha verimli ve etkin çalıştığını gösterir, ekip çalışmasını destekler ve karmaşık faaliyetlerin düzenlenmesine yardımcı olur. Sürekli iyileştirmenin en önemli aracı olduğu gibi sürecin standardizasyonunu da güvence altına almaktadır.

Kanıtı Dayalı Karar Verme: Doğru ve etkili kararların verilebilmesi için verilerin iyi analiz edilmesi ve kuruluşa yol gösterici olması önemlidir. Gerekli veriler toplanmalı ve istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz sonuçları anlamlı hale getirilmelidir. Diğer taraftan kalite yönetim sisteminin yedi temel ilkesinden biri olan veri, ölçüm ve bilgi oluşturduğu için verileri ölçerek analiz edebilir ve bu sayede bilgiye ulaşabilir. Bu şekilde yeterli bilgiye ulaşıp kararlarımızın objektif ve doğru olma olasılığını artırabilir.

¹⁵ "Mükemmellik Modeli ve PUKÖ Döngüsü",
<https://mukemmeliz.wordpress.com/2008/09/25/mukemmellik-modeli-ve-puko-dongusu/>

Bir anlamda ölçüm ve istatistiği kurumumuza entegre ederek toplanan verileri doğru bilgiye çevirmeli ve karar aşamasında kullanılmasını sağlamalıyız.

İlişki Yönetimi: Kalite yönetim sisteminin başarılı bir şekilde yürütülmesi için tedarikçiler, müşteriler ve tüm paydaşlarla yakın ilişkiler kurulmalı ve bunlar ilişki yönetimi şeklinde değerlendirilmelidir. Nitekim kurulan bu ilişki, tüm taraflar (paydaşlar) için katma değer yaratma yeterliliğini artıracaktır. Genel olarak denilebilir ki, kuruluştaki yapılan tüm faaliyetler tedarikçilerine, müşterilerine ve tüm paydaşlarına bağlı olduğu için standart, tüm ilgili taraflarla olan kalitenin iyileştirilmesini istemektedir.

1.6. ISO 9000 KALİTE YÖNETİM SİSTEMİ STANDARTININ GELİŞİMİ

İlk olarak ABD'nin getirdiği standartlaşma kavramı Japonya'nın da çabalarıyla bugün kullanılan standart için bir zemin oluşturmaktadır. Standardizasyon, belirli faaliyetleri etkinleştirmek için tamamı ilgili tarafların yardımı ve birleşmesiyle kural koyma ve bu kuralları uygulama işlemidir.¹⁶ Standardizasyon iş hayatını etkileyen her türlü konuda olabilir. Uluslararası kullanımı kolaylaştırmak için standart çalışmalarını ilk kez Uluslararası Standartlar Organizasyonu ISO (International Organization For Standardization) başlatmıştır. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra 14 Ekim 1946 'da yapılan 25 ülkenin katıldığı toplantıda ISO'nun resmi olarak 23 Şubat 1947 tarihinde kurulmasına karar verilmiştir. Merkezi İsviçre'nin Cenevre kenti olan ve 67 teknik gruptan oluşan heyetle birlikte kurulmuştur. ISO'nun Türkiye'deki tek temsilcisi olan TSE(Türk Standartları Enstitüsü), 1955 yılında ISO'ya üye olmuştur. Ülkemizde hazırlanan standartların yayınlanması TSE tarafından gerçekleştirilmektedir.

Tek düzeliği sağlama amacı taşıyan ISO'da, standartlar üzerine birçok çalışmalar yapılmış ve ilk olarak 1987 yılında 176 teknik komitenin katılımıyla ISO 9000 Standartlar serisi yayımlanmıştır. Bu standart TSE tarafından 1988'de TSE 6000, 1991'de ise TS/ISO 9000 standartları olarak kabul edilmiştir. Bu standart müşteri memnuniyetinin artırılması ve kalite yönetim sisteminin kurulması, geliştirilmesi konularında öncü olmuştur. Standart, kalite yönetim sisteminin oluşturulması gereken

¹⁶ Muhittin Şimşek, *Sorularla Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemleri*, İstanbul: Alfa Yayıncılık, 2000, s.42.

şeklini ve oluşan sistemin değerlendirilmesinde kullanılan kalite güvence sistemi ile ilgili standarttır. Söz konusu standart başlangıçta ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003 olmak üzere 3 tane alt standarttan oluşuyordu. 1987 yılında yayımlanan Kalite Güvence Sistem Standardı'nın içeriği, 1994 yılında kontrol tabanlı bir yaklaşımla ilk revizyonuna uğramıştır¹⁷. Standart yine Kalite Güvence Sistemi Standardı olarak ve yine alt standartlar şeklinde küçük değişiklikler ile yayımlanmıştır. Yayımlanan standartlar aşağıda gösterilmiştir.

- i) ISO 9000:1994 = Kalite yönetimi ve Kalite Güvence Sistem Standartları Seçim Kılavuzu (bu standartta üç alt standardın kullanım şartları açıklanmıştır.)
- ii) ISO 9001:1994 = Kalite Sistemleri-Tasarım/Geliştirme, Üretim, Tesis ve Hizmette Kalite Güvencesi Modeli
- iii) ISO 9002:1994 = Kalite Sistemleri-Üretim ve Tesiste Kalite Güvencesi Modeli
- iv) ISO 9003:1994 = Kalite Sistemleri-Son Muayene ve Deneyler için Kalite Güvencesi Modeli
- v) ISO 9004:1994 = Kalite Yönetimi ve Kalite Sistemi Elemanları Kılavuzu

1994 revizyonu, uygulamada yaşanan sıkıntılar ve bazı şartları tam olarak taşınamaması nedeniyle, 2000 yılında tekrar revizyona uğramıştır. Büyük değişikliklerin ilki olan 20 madde kaldırılmış, ancak özü korunmuştur. Bu revizyonda kalitenin güvence altına alınmasının yanı sıra performansının geliştirilmesi ve artırılması için de çalışmalar yapılmıştır. 1994 revizyonuna göre daha fazla kalite yönetim sistemine odaklanılmıştır. Kalite yönetim sisteminin dayandığı ilkeler önem kazanmıştır. 1994 yılındaki revizyonda yer alan üç alt standart kaldırılmış ve dört temel standart ortaya konmuştur.¹⁸

Bu temel standartlar aşağıda verilmiştir.

- i) ISO 9000:2000 = Kalite Yönetim Sistemleri-Temel Esaslar Terimler ve Sözlük
- ii) ISO 9001:2000 = Kalite Yönetim Sistemleri-Şartlar
- iii) ISO 9004:2000 = Kalite Yönetim Sistemleri-Performans İyileştirmeleri için Kılavuz
- iv) ISO 19011 =Çevre ve Kalite Yönetim Sistemleri Tetkik Kılavuzu

¹⁷ İsmail Efil, *Toplam Kalite Yönetimi*, Bursa: Dora Yayınları, Yenilenmiş 7.B., 2010, s.243.

¹⁸ Yılmaz Özkan, *Toplam Kalite*, Adapazarı: Sakarya Kitapevi, 1.B., 2005, s.157.

Standart 2008 yılında proses tabanlı bir yaklaşımla küçük çaplı bir revizyona daha uğramıştır. ISO 9001:2008 revizyonu ile 2000 revizyonunda anlaşılabilen maddeler kaldırılmıştır. 2008 yılındaki revizyona göre oluşturulan dört ana standart şunlardır¹⁹:

- i) ISO 9000:2005 = Temel ve Kavramlar
- ii) ISO 9001:2008 = Kalite Yönetim Sistemi Gereklilikleri
- iii) ISO 9004:2009 = Sürdürülebilir Başarı İçin Yönetme
- iv) ISO 19011:2002 = Yönetim Sisteminin Denetimi

En son revizyon ise 15 Eylül 2015 tarihinde proses ve risk tabanlı bir yaklaşım esas alınarak yayımlanmıştır. Bu revizyonla risk yönetimi, doküman (yazılı) bilgi, stratejik amaç ve hedef kavramları gelmiştir.

Genel olarak ISO 9000 Standartlarının tarihi sürecini sıralayacak olursak²⁰ ;

1963: MIL-Q 9858A (ABD 'de savunma teknolojisinde)

1968: AQAP Standartları (NATO üyesi ülkelerde)

1969: DEF Standards (UK MOD) olarak yayınlandı.

1979: BS 5750 (İngiltere'de)

1987: ISO 9000 Serisi standartları ISO tarafından yayınlandı.

1988: EN 29000 Standartları (CEN tarafından)

1994: ISO 9000 Standardı revize edildi.

¹⁹ Efil, a.g.e., s.360.

²⁰ Burcu Çiflikli, *ISO 9001 Kalite Yönetim Sisteminin 2000 Revizyonu Farklılıklarının İşgörenlerin Kurum Kültürü Algularına Etkilerinin İncelenmesi: Örnek Bir İşletmede Araştırma*, (Yüksek Lisans Tezi), Antalya: Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2005, s.30.

2000: ISO 9000 Standardı revize edildi ve ISO 9001:2000 olarak yayınlandı.

2008: ISO 9001:2000 revize edildi.

2015: ISO 9001:2008 revize edildi.

ISO 9001 standardı genel bir standart olup diğer standartlar onun çerçevesinde kendi alanları dahilinde entegre standartlar geliştirmiştir. İçinde bulunan tüm maddeler, tüm sektörler ve çeşitli büyüklükteki kuruluşlara uyarlanabilir. Dolayısıyla ISO 9001 standardını temel alan diğer standartlar şunlardır:

- ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi
- IATF 16949 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi
- ISO 45001 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi
- ISO 27001 Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemi
- ISO 22000 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi
- ISO 13485 Tıbbi Cihazlar Yönetim Sistemi

1.7. ISO 9001:2008 KALİTE YÖNETİM SİSTEMİ STANDARDI İLE ISO 9001:2015 REVİZYONU ARASINDAKİ FARKLILIKLAR

ISO 9001 dünya genelinde en çok bilinen ve kullanılan yönetim sistemleri standardıdır. Nitekim diğer standartlarla olan bağı koruyabilmek ve teknolojik gelişmeler ve endüstrideki değişikliklere ayak uydurmak adına 2015 revizyonunda önemli değişiklikler yapılmıştır. Eylül 2015'de yayınlanan standarda Eylül 2018'e kadar geçiş süresi verilmiştir. Bu sebeple kuruluşlar bu yıllık sürede gerekli eğitimleri almalı ve standardın değişikliğe uğrayan yeni halini bünyelerine entegre etmelidirler.

Yapılan değişikliklere veya farklılıklara değinecek olursak; ISO 9001:2015 KYS'de ilk olarak diğer yönetim sistemleri ile uyumun sağlanabilmesi adına yüksek seviyeli yapı (Annex SL) kullanılmıştır. Kullanılan bu yüksek seviyeli yapı ile ana maddelerde değişiklik yapılmaksızın alt maddeler eklenerek değişikliğe uğrayan

(revize edilen) tüm yeni standartlar için bir örnek oluşturulmuştur. Bu sayede tüm yönetim sistemleri için temel olan bir çerçeve geliştirilmiştir.²¹

Tablo 1.1: ISO 9001:2008 ile ISO 9001:2015 Standart Maddelerindeki Temel Farklılıklar

ISO 9001:2008 Standardı Temel Maddeleri	ISO 9001:2015 Standardı Temel Maddeleri
Kalite Yönetim Sistemi (madde 4)	Kuruluşun Kapsamı (madde 4)
Yönetim Sorumluluğu (madde 5)	Liderlik (madde 5)
Kaynak Yönetimi (madde 6)	Planlama (madde 6)
Ürün Gerçekleştirme (madde7)	Destek (madde 7)
Ölçme, Analiz ve İyileştirme (madde 8)	Operasyon (madde 8) Performans Değerlendirme (madde 9) İyileştirme (madde10)

Yeni revizyonda yapılan değişikliklerden biri de madde sayısındaki farklılık olarak karşımıza çıkmaktadır. 2008 standardı 8 maddeden oluşurken, 2015 versiyonunda madde sayısı 10'a çıkarılmıştır.

En önemli değişikliklerden birisi de önleyici faaliyet kavramı yerini risk temelli düşünceye dayalı proses yaklaşımına bırakmıştır. Risk temelli düşünceye dayalı proses yaklaşımı kalite yönetim sisteminin tamamında etkili hale gelmiştir. Bu yaklaşım bizim karşımıza çıkacak fırsatları ve iyileştirme yapacağımız noktaları görmemize yardımcı olacaktır. Burada vurgulanmak istenen, risk meydana gelmeden oluşabilecek herhangi bir durum için önlemin önceden alınmasıdır. Bu yaklaşıma olaylardan önce harekete

²¹ Türk Standartları Enstitüsü," TS EN ISO 9001:2015 Kalite Yönetim Sistemi Belgelendirmesi Başladı", <https://www.tse.org.tr/Icerik/DuyuruDetay?DuyuruID=4288>, (11.01.2016)

geçme veya önlem alma anlamında proaktif yaklaşım adı da verilir. Dolayısıyla verilen şartlar altında kuruluşlar bütün işlerinde risk temelli düşünce ve riskleri belirlerken yaptığı faaliyetlerden sorumlu olacaktır.

2008 versiyonunda kalite yönetim sisteminin 8 temel prensibi (ilkesi) var iken 2015 revizyonuyla prensip sayısı 7'ye düşürülmüş ve küçük değişiklikler yapılmıştır. Örneğin, bu prensiplerden biri olan "yönetimde sistem yaklaşımı", proses yaklaşımı içerisinde kullanılmıştır. Yine "karşılıklı faydaya dayalı tedarikçi ilişkileri" prensibi "ilişki yönetimi" prensibi olarak değiştirilmiştir.

Yapılan bir başka değişiklik ise "ürün" olarak kullanılan standart dili "ürün ve hizmetler" olarak değişikliğe uğramış olmasıdır. Buna karşılık; 2008 versiyonunda dokümante edilmiş prosedür, kayıtlar, kalite el kitabı gibi kavramları kullanılıyor iken, 2015 revizyonu ile dokümante edilmiş bilgi (yazılı bilgi) kavramı kullanılmaya başlanmıştır. Kalite el kitabının hazırlanmasının zorunluluğu ortadan kalkmış olmakla birlikte isteyen firmalar kalite el kitapları hazırlayabileceklerdir. Standardın 2008 versiyonunda yer alan 6 zorunlu prosedür (dokümanların kontrolü, kayıtların kontrolü, düzeltici faaliyetler, önleyici faaliyetler, iç denetimler, uygun olmayan ürünün kontrolü) kaldırılarak, dokümante bilgi adı altında işlenmesine karar verilmiştir. Bu bağlamda kuruluş, neye ihtiyaç duyuyorsa onları belirlemeli ve gerekli eklemeleri yapmalıdır.

Bununla birlikte hariç tutmalar yerine uygulanabilirlik ifadesi getirilmiştir. Uygulanabilirliğin anlamı, kuruluş yönetim sistemi içinde hangi prosedürü uygulamıyorsa, o hariç tutma olarak kullanılıyorken onun yerine böyle bir maddelendirmenin yapılması zorunluluğunun ortadan kalkmış olmasıdır.

2015 revizyonuyla kuruluş bağlamı kavramı standarda girmiştir. Burada sözü edilen kuruluş bağlamından kasıt, KYS'nin bir çerçeve olarak ele alınmasıdır. 2008'de bulunan yönetim temsilciliği kavramının kaldırılmasıyla, üst yönetimin bütün işlerden direkt sorumlu olduğu bilinci verilmiş olup, yönetim temsilcisi gibi herhangi bir atama gerekliliğine gerek kalmamıştır. Bir başka yenilik ise tedarikçi ifadesi, yerini dış kaynak sağlayıcısı kavramına bırakmıştır.

Sürekli iyileştirme; 2008 standardında dönem sonlarında yapılan bir faaliyet iken, 2015 versiyonunda bu anlayış her faaliyet sonrası anlık olarak sürekli izlenmiş ve performans ölçümleri kontrol edilmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE KALİTE YÖNETİM SİSTEMİNİN KURULUMU VE YÖNETİMİ

2.1. IATF 16949:2016 KALİTE YÖNETİM SİSTEMİ STANDARDI

Otomotiv sektöründe kalite olgusu yıllar içerisinde çok farklı anlamlar taşımıştır. Söz gelimi 1970'de müşteri anlayışına göre otomobilin dış tasarımı, 1975'de otomobilin yakıt tasarrufu, 1980'de otomobilin güvenilirliği, 1990'lı yıllarda ise otomobilin güvenliği olarak kalite tanımları yapılmış ve bu özellikler dikkate alınmıştır.²² Yapılan açıklamadan da anlaşılacağı üzere, kuruluşlar müşteri çekebilmek adına bazı kriterler ortaya koyarak fark yaratmalıdır. Fark yaratma en iyi kalitenin standart hale getirilmesiyle sağlanacağı için bir sistem etrafında ilerlenmesi önem arz etmektedir. Nitekim bir sistem kurularak yönetilen otomotiv endüstrisi farklılıklarını da dikkate alarak bir standart yayınlamıştır. Standartlar kullanıcılar arasında ortak bir anlayış ve dil oluşturmak adına kurulduğundan otomotiv endüstrisi de kendi için IATF 16949:2016 standardını yayınlamıştır. Tüm standartların temelini oluşturan ISO 9001:2015 kalite yönetim sistemi baz alınarak otomotiv endüstrisi için yeni bir standart oluşturulmuştur.

Otomotiv endüstrisinin yeni standardı IATF 16949:2016, ISO bağlantılı olarak Uluslararası Otomotiv Görev Gücü (IATF- International Automotive Task Force) tarafından yayınlanmıştır. ISO 9001'e ek olarak içerisinde mühendislik şartnameleri, proses verimliliği ve gözden geçirilmesi, müşteri temsilcisinin sorumluluk ve yetkilerinin tanımlanması, çalışanların oryantasyon süreci, motivasyonu ve yetkilendirilmelerinin yapılması, fabrika, tesis, ekipman planlamalarının yapılması ve etkinliğinin izlenmesi, beklenmedik durum planlarının oluşturulması, tesis temizliği ile ilgili düzenlemelerin yapılması, müşterinin belirttiği özel karakteristiklerin belirtilmesi, kuruluşun imalat yapabilirliğinin araştırılması, onaylanması ve dokümanite edilmesi, üretimdeki ve tasarımdaki FMEA uygulamalarının yapılması, kontrol planlarının oluşturulması ve yönetilmesi gibi maddeler yer almaktadır.

²² Birol Bumin, Hakan Erkuşlu, "Toplam Kalite ve Kıyaslama İlişkileri", *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Ankara, 2002, s. 85.

ISO 9001:2015 standardındaki revizyon ile birlikte IATF 16949:2016 standardı da 10 madde şeklinde düzenlenmiştir. Söz konusu IATF 16949 standardı, ISO 9001:2015 standardının otomotiv sektöründe nasıl uygulanması gerektiğini gösteren bir standart olup, bu on maddeye ek olarak içerisinde teknik şartnameler barındırmaktadır.

Genel olarak denilebilir ki, IATF 16949 otomotiv sektörü için kalite yönetim sistemi adını alarak, otomobil üreticilerinin özel isteklerini tanımlamak ve bunlara cevap vermek adına oluşturulmuştur. Böylece otomotiv sektörü için uluslararası düzeyde aynı terminolojiyi kullanan kalite yönetim sistemi standardı oluşturulmuş ve sektörün ihtiyaçlarına göre detaylandırılarak yeni bir standart geliştirilmiştir. IATF 16949 standardında, süreç bazlı yönetim anlayışıyla hareket edilmelidir. IATF 16949:2016 standardında risk temelli düşünce benimsenerek riskler azaltılmış, fırsat değerlendirmelerinin daha iyi yapılması sağlanmıştır. Yeni standart ile birlikte para, zaman, maliyet ve kaynaklar üzerinde tasarruf yapma fırsatı yakalanmış olacaktır. Diğer taraftan bu standart sayesinde çalışanların motivasyonu sağlanarak sürece dahil edilmesi, etkin bir iletişimin oluşturulması için üst yönetimin ve liderlerin sürece katılımının sağlanması gerekir.

2.2. IATF 16949:2016 STANDARDININ ORTAYA ÇIKIŞI VE DİĞER STANDARTLAR

Otomotiv endüstrisi için düzenlenen bu standardın temeli 1999 yılında ISO 176 teknik komitenin birleşmesiyle oluşturulan, içerisinde Avrupa ülkeleri otomotiv standartlarını ve Amerika'daki otomotiv standartlarını barındıran yeni bir standart olan IATF 16949 (International Automotive Task Force) kurulmasıyla başlamıştır. Daha öncede bahsedildiği üzere, ISO'nun 1987'de kadar ürün standardı yayınlamasına karşılık 1987'den sonra sistem standardı yayınlamaya başlamasıyla birlikte, otomotiv için sektör bazlı kalite yönetim sisteminin kurulması adına bir adım atılmıştır. Nitekim bu standart, otomobil üreticileri ve tedarikçileri tarafından benimsenmiştir. Avrupa ve Amerika'daki tüm otomobil üreten firmalar bu standardı tedarikçilerinden ön şart olarak istemiş ve orijinal ekipman üreticileri (OEM) için zorunlu tutulan bir standart haline gelmiştir.

Otomotiv endüstrisindeki üretim aşamalarında ABD'de QS 9000, Almanya'da VDA 6, Fransa'da EAQF, İtalya' da AVSQ ulusal ölçekte ve IATF 16949:2016 kalite yönetim sistemi ile uluslararası ölçekte otomotiv sektörü için kalite standartları yayımlanarak kalite yönetim sisteminin gelişmesine yardımcı olmuştur. IATF 1997'de uluslararası araç üreticileri grubunun üretici kuruluşlarından ve ulusal ticaret birliklerinden oluşmuştur. IATF üyelerine bakacak olursak; BMW Group, Daimler Chrysler, Ford Motor Company, General Motors Company, PSA Peugeot-Citroen, Renault, Volkswagen, Fiat, ulusal ticaret birliklerinden olan AIAG (ABD), VDA 6 (Almanya), ANFIA (İtalya), FIEV (Fransa), SMMT (İngiltere)'dir. Bu standartta bulunan Amerikan (QS 9000), Alman (VDA 6.1), Fransız (EAQF) ve İtalyan (AVSQ) otomotiv kalite yönetim sistemleri çok çeşitli ihtiyaçları karşılamaya yönelik bir araya gelmişlerdir.²³

Ulusal ölçekte yayınlanan kalite yönetim sistemlerinden de kısaca bahsedecek olursak; QS 9000 Daimler Chrysler, Ford, General Motor'un kendi tedarikçilerinin kalitesini yükseltmek adına AIAG (otomotiv endüstrisi faaliyet grubu) yoluyla yayımlanan kalite standardıdır. VDA 6 (Alman Otomotiv Endüstrisi Birliği), Almanya'daki otomobil üreticileri tarafından oluşturulan kalite yönetim sistemi belgelendirilmesidir. Mercedes, BMW, Audi, Volkswagen, Porsche otomobil üreticileri ve bunların tedarikçilerinin de içinde bulunduğu birliktir. EAQF (Tedarikçi Kalite Yeteneğinin Değerlendirilmesi), Renault, Citroen, Peugeot firmalarının içinde bulunduğu Fransız otomobil üreticilerinin tüm tedarikçileri ile olan ilişkilerinin düzenlemek adına yayınlanan kalite standardıdır. AVSQ, FIAT grubu ve İtalyan Otomotiv Sanayisi Derneği (ANFIA) katılımıyla oluşmuştur. Otomotiv sektörüne ait kalite çalışmalarının planlandığı bir standarttır.

IATF 16949 standardının geçmişine bakacak olursak, ilk defa 1999 yılında QS 9000'e ek gereklilikler getirilerek standart oluşturulmuştur. ISO 9001:2000 standardı temel alınarak hazırlanmış ISO/TS 16949:2002 revizyonu ile ikinci değişim süreç bazlı yapılmıştır. Bu standartta birçok zorunluluk bildiren ifadeler kullanılmıştır. 26 Mart

²³ Özer Erdoğan, *ISO/TS 16949:2002 Kalite Yönetim Sistemi ve Bir Otomotiv Yan Sanayi Firmasında Uygulamaları*, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2008, s. 30.

2002 tarihinde yapılan revizyonun 2008 yılına kadar yürürlükte kalmasına karar verilmiştir.

İlk basımında Amerika ve Avrupalı otomobil üreticileri standarda destek verirken, 2009 revizyonu ile Japon otomobil üreticileri JAMA'nın da eklenmesiyle birlikte, ISO/TS 16949:2009 kalite yönetim sistemi oluşturulmuştur.²⁴ Standartta çok büyük değişiklikler yapılmamıştır. Asıl önemli değişiklikler Ekim 2016 revizyonu ile gerçekleşmiştir. Standart temel kalite yönetim şartlarının yanı sıra, müşteri özel istekleri ve ihtiyaçlarını da karşılayacak düzeyde hazırlanmıştır. Standartta vurgulanmak istenen temel düşünce, tedarik boyunca sürekli iyileştirmeyi hedeflemek, hataları düzeltmek yerine, hata yapılmaması yaklaşımını benimsemek, hata ve eksiklikleri önlemek, ürünle ilgili müşteri geri bildirimlerini dikkate almak ve kalite yönetim sisteminin oluşturulmasını ve yönetilmesini sağlamaktır.

2.3. BELGE GEÇİŞ SÜRECİ

IATF 16949:2016 otomotiv kalite yönetim sistemi standardı 1 Ekim 2016'da yayımlanmıştır. Daha sonra 1 Kasım 2016' da IATF'in tanımladığı kurallara uyumluluk adına standardın 5. baskısı yayımlanmış ve Aralık 2016 'da tetkikçi yetiştirme programı için sınav sürecine başlanmıştır. 1 Ocak 2017 kuruluşların IATF 16949:2016 standardına geçebilecekleri en erken tarih olarak belirlenmiştir. ISO/TS 16949:2009'a göre son tetkik tarihi 1 Ekim 2017 olarak belirtilmiş olup, bu tarihten sonra yapılacak tetkiklerin yeni standarda göre değerlendirilmesine karar verilmiştir. Diğer taraftan geçiş tetkiklerinin son tarihi 17 Mayıs 2018 olarak belirlenmiş olup kuruluşların yeni revizyona 14 Eylül 2018 tarihine kadar geçmiş olması gerekmektedir.²⁵

²⁴ Cihangir Batmaz, *ISO/TS 16949 Otomotivde Kalite Yönetim Sisteminin Toplam Kalite Yönetimi Açısından İrdelenmesi ve Talaşlı İmalat Sanayisinde Bir Çalışma*, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2010, s. 48.

²⁵ "IATF 16949 Geçişiniz İçin Önemli Tarihler (PDF)", <https://www.bsigroup.com/tr-TR/IATF-16949-Otomotiv-Kalite-Yonetim-Sistemi/>

2.4. ISO/TS 16949:2009 İLE IATF 16949:2016 ARASINDAKİ FARKLILIKLAR

ISO/TS 16949:2009 ile IATF 16949:2016 standardı arasındaki en önemli farklılık, ISO/TS 16949 olarak bilinen standardın adı, IATF 16949:2016 olarak ISO 9001 ile işbirliği devam ederek değiştirilmiştir. ISO 9001:2015'de madde sayısının 10'a çıkarılmasıyla birlikte, IATF 16949:2016 standardının da yapısı değiştirilmiştir. Genel madde başlıkları ISO 9001:2015 ile aynı olmakla birlikte, teknik konularda farklılıklar oluşmuştur. Görüldüğü üzere, standart adında değişiklik olsa da ISO ile eş zamanlı ilerleme yaşanmıştır. Diğer bir taraftan IATF 16949:2016 standardı da PUKÖ döngüsü ve risk temelli düşünceye dayalı proses yaklaşımını benimsemiştir. En önemli yeniliklerden bir diğeri de kuruluşun merkezindeki düşünce, kalite yönetimini ve sürekli iyileştirmeyi esas alması olmuştur. Süreçlerin düzenli takip edilmesi sonucu sürekli iyileştirmenin bir sistem haline gelmesiyle birlikte işlemler kolaylaştırılmıştır.

Tablo 2.1: ISO/TS 16949:2009 ve IATF 16949: 2016 Maddelerinin Karşılaştırılması

ISO/TS 16949:2009 STANDART MADDELERİ	IATF 16949:2016 STANDART MADDELERİ
0-GİRİŞ 0.1 Genel 0.2 Süreç Yaklaşımı 0.3 ISO 9004 ile ilişki 0.4 Diğer yönetim sistemleriyle uyumluluk 0.5 Bu teknik şartnamenin amacı	0-GİRİŞ 0.1 Genel 0.2 Kalite Yönetim Prensipleri 0.3 Proses yaklaşımı 0.4 Diğer yönetim sistemleri standartlarıyla ilişki
1-KAPSAM 1.1 Genel 1.2 Uygulama 1.3 Alıştırmalar	1-KAPSAM 1.1 Kapsam - ISO 9001:2015'e otomotiv ekleri
2-ATIF YAPILAN STANDART VE/VEYA DOKÜMANLAR 2.1 Alıştırmalar	2-ATIF YAPILAN STANDART VE/VEYA DOKÜMANLAR 2.1 2-Atıf yapılan ya da bilgilendirici standart ve/veya dokümanlar
3-TERİMLER VE TARIFLER 3.1 Alıştırmalar	3-TERİMLER VE TARIFLER 3.1 Otomotiv endüstrisi için terimler ve tarifler
4-KALİTE YÖNETİM SİSTEMİ 4.1 Genel Şartlar 4.2 Dokümantasyon Şartları 4.3 Alıştırmalar	4-KURULUŞUN BAĞLAMİ 4.1 Kuruluşu ve kapsamını anlamak 4.2 İlgili tarafların beklentilerini ve ihtiyaçlarını anlamak

	<p>4.3 Kalite yönetim sisteminin kapsamını belirlemek</p> <p>4.4 Kalite yönetim sistemi ve prosesleri</p>
<p>5-YÖNETİM SORUMLULUĞU</p> <p>5.1 Yönetimin Taahhüdü</p> <p>5.2 Müşteri odaklılık</p> <p>5.3 Kalite politikası</p> <p>5.4 Planlama</p> <p>5.5 Sorumluluk, yetki ve iletişim</p> <p>5.6 Yönetimin gözden geçirmesi</p> <p>5.7 Alıştırmalar</p>	<p>5-LİDERLİK</p> <p>5.1 Liderlik ve taahhüt</p> <p>5.2 Politika</p> <p>5.3 Kurumsal roller, sorumluluklar ve yetkiler</p>
<p>6-KAYNAK YÖNETİMİ</p> <p>6.1 Kaynakların sağlanması</p> <p>6.2 İnsan kaynakları</p> <p>6.3 Altyapı</p> <p>6.4 Çalışma Ortamı</p> <p>6.5 Alıştırmalar</p>	<p>6-PLANLAMA</p> <p>6.1 Riskleri ve fırsatları belirleyen faaliyetler</p> <p>6.2 Kalite hedefleri ve hedeflere ulaşmak için planlama</p> <p>6.3 Değişikliklerin planlanması</p>
<p>7-ÜRÜN GERÇEKLEŞTİRME</p> <p>7.1 Ürün gerçekleştirmenin planlanması</p> <p>7.2 Müşteri ile ilişkili süreçler</p> <p>7.3 Tasarım ve geliştirme</p> <p>7.4 Satın alma</p> <p>7.5 Üretim ve hizmetin sağlanması</p> <p>7.6 İzleme ve ölçme ekipmanlarının kontrolü</p> <p>7.7 Alıştırmalar</p>	<p>7-DESTEK</p> <p>7.1 Kaynaklar</p> <p>7.2 Yetkinlik</p> <p>7.3 Farkındalık</p> <p>7.4 İletişim</p> <p>7.5 Dokümanite edilmiş bilgi</p>
<p>8-ÖLÇME, ANALİZ VE İYİLEŞTİRME</p> <p>8.1 Genel</p> <p>8.2 İzleme ve ölçme</p> <p>8.3 Uygun olmayan ürünün kontrolü</p> <p>8.4 Veri analizi</p> <p>8.5 İyileştirme</p> <p>8.6 Alıştırmalar</p>	<p>8-OPERASYON</p> <p>8.1 Operasyonel planlama ve kontrol</p> <p>8.2 Ürün ve hizmetler için şartlar</p> <p>8.3 Ürün ve hizmetlerin tasarımı ve geliştirilmesi</p> <p>8.4 Dışardan sağlanan proseslerin, ürünlerin ve hizmetlerin kontrolü</p> <p>8.5 Üretim ve hizmetin sağlanması</p> <p>8.6 Ürün ve hizmetlerin serbest bırakılması</p> <p>8.7 Uygun olmayan çıktıların kontrolü</p>
	<p>9-PERFORMANS DEĞERLENDİRME</p> <p>9.1 İzleme, ölçme, analiz ve değerlendirme</p> <p>9.2 İç tetkik</p> <p>9.3 Yönetimin gözden geçirmesi</p>
	<p>10-İYİLEŞTİRME</p> <p>10.1 Genel</p> <p>10.2 Uygunsuzluk ve düzeltici faaliyetler</p> <p>10.3 Sürekli iyileştirme</p>

2.5. IATF 16949:2016 STANDARDININ MADDELERİ

IATF 16949:2016 standardında yer alan 10 ana madde ve bu maddelerin açıklanmasını yapmakta yarar vardır.

2.5.1. 0. Giriş ve 1. Kapsam

Giriş bölümünde genel kavramlar, kalite yönetim prensipleri, proses yaklaşımı, diğer yönetim sistemleri standartlarıyla olan ilişki hakkında bilgiler verilmiştir. Genel kavramlar olarak bakıldığında KYS'nin uygulanmasının kuruluş açısından ne gibi yarar sağladığı, standardın amacının ne olduğu anlatılmıştır. Standart PUKÖ döngüsünün üzerinde durmaktadır. Ne var ki PUKÖ döngüsünün kuruluş içerisinde kullanımının kuruluşun kalitesinin iyileşmesine ve fırsatları yakalama konusunda yarar sağlayacağını savunur. Diğer yeniliklerden biri olarak risk temelli düşünce anlayışı içinde kuruluşun hedeflerindeki sapmalara neden olan faaliyetlerin belirlenerek etkilerinin azaltılması ve bu sayede ortaya çıkabilecek fırsatların da değerlendirilmesine yarar sağlayacağı belirtilmiştir.

Alt başlıklarından biri olan kalite yönetim prensipleri, ISO:9001:2015 revizyonu ile müşteri odaklılık, liderlik, çalışanların katılımı, proses yaklaşımı, iyileştirme, kanıta dayalı karar verme, ilişki yönetimi olmak üzere yedi maddeye indirilmiştir. Bu prensiplerin kuruluşta uygulanmasının kuruluşun organizasyon performansını arttıracığı ve sistem kurulmasında kolaylık sağlayacağı savunulmuştur.

Proses yaklaşımı istenilen sonuçların elde edilebilmesi için proseslerin anlaşılmasını ve yönetilmesinin kuruluşun verimliliğine katkı sağlayacağı ve hedeflere ulaşmada yol gösterici olacağı için bu yaklaşımın kullanılması desteklenmiştir. Proses yaklaşımının içinde PUKÖ döngüsü, ile risk temelli düşünce yaklaşımına sıklıkla başvurulmuştur. Buradaki PUKÖ döngüsü eski standarttaki düzeltici ve önleyici faaliyetlerle aynı mantıkta çalışmaktadır. Risk temelli düşüncede ise belirsizliğin etkisi altında olan riskler olasılıkları ortaya çıkarmaktadır. Kuruluş da ortaya çıkan olasılıkları dikkate alarak fırsatları değerlendirmelidir.

Diğer yönetim sistemi standartlarıyla olan ilişkisine baktığımızda; kuruluş, risk temelli düşünce ve PUKÖ döngüsünü kullanarak diğer yönetim sistemleri ile arasındaki

bağı sağlamaktadır. Bu standartta bulunan özel şartlar otomotiv sektörü için oluşturulmuştur. İçerisinde ISO 9000 kalite yönetim sistemindeki tanımları ve terimleri de bulundurması standardın zeminin net oturması için gereklidir.

Diğer tarafın; kapsam maddesinde alt başlık olarak içerisinde ISO 9001:2015'e ek otomotiv sektörüyle ilgili şartlar bulundurmaktadır. Temeli ISO 9001:2015'e dayandırılarak tüm kuruluşlar için etkin bir standart olduğu ve otomotiv sektörüne ait eklerinde kuruluşun ürün ve hizmet anlamında kapsamını ortaya koyduğunu göstermektedir. Otomotiv endüstrisi için gerekli eklerine bakacak olursak; müşterilerin özel istekleri, ürünlerin tasarımı, geliştirilmesi, montajı ve servisleri hakkında ek bilgileri içerdiği görülmektedir.

2.5.2. Atıf Yapılan Standart ve/veya Dokümanlar

ISO 9001:2015 kalite yönetim sistemi standardına atıf yapılmıştır. Alt başlık olarak atıf yapılan bilgilendirici standart ve /veya doküman, otomotive ait kontrol planlarına atıflar yapılmıştır.

2.5.3. Terimler ve Tarifler

Burada ISO 9001:2015'den farklı olarak otomotiv sektöründe kullanılan terimlerin tanımlamaları yapılmıştır. Bu tanımlamalar arasında ileri ürün kalite planı, yan sanayi parçası, yetki, şahit numune, müşteri şartları, kontrol planı, müşteri özel istekleri, montaj tasarımı, imalat için tasarım, imalat ve montaj için tasarım, altı sigma seviyesinde tasarım, tasarımdan sorumlu organizasyon, hata önleme, yaygınlaştırma prosesi, hata ağacı analizi, laboratuvar, imalat, imalat fizibilitesi, imalat hizmetleri, dış kaynaklı proses, uzak mevki, tesis, destek fonksiyonu, aşırı navlun, periyodik bakım, kestirimci bakım, koruyucu bakım, toplam verimli bakım, ürün, ürün güvenliği, üretim durdurma, tepki planı, servis parçası, özel karakteristik, özel statü, trade-off eğrileri, trade-off prosesi, hata bulunamadı gibi kavramların ne anlama geldiği anlatılmıştır.

2.5.4. Kuruluşun Bağlamı

Kuruluşun bağlamını anlamak, ilgili tarafların beklentilerini ve ihtiyaçlarını anlamak, kalite yönetim sisteminin kapsamını belirlemek, KYS kapsamı içerisinde müşteri özel istekleri, KYS ve prosesleri gibi alt başlıklardan oluşmaktadır. Kuruluşun

bağlamını anlamak maddesinde kuruluşun amacı, ne ürettiği, müşterilerinin kim olduğu, politikaları, hedefleri vb. belirlenmektedir. Kuruluş tarafından oluşturulan sistemin başarısızlığını veya başarısını etkileyen faktörler takip edilmelidir. Müşteri özel istekleri göz önünde bulundurularak, yönetim sisteminin içine dahil edilmelidir.

KYS ve prosesleri maddesi içinde, otomotiv sektörüne ait ürün ve proseslerin uygunluğu ile ilgili yasal ve düzenleyici şartlar belirlenmeli, ürün güvenliği için dokümante edilmiş bir proses oluşturulmalı, izlenmeli ve gözden geçirme işlemleri yapılmalıdır.

2.5.5. Liderlik

Bu madde, liderlik ve taahhüt, politika ve kurumsal roller, sorumluluklar ve yetkiler adında üç alt başlıktan oluşmaktadır. Liderlik ve taahhüt alt başlığında kuruluşun sorumluluğu, prosesin etkinliği ve verimliliği proses sahipleri, müşteri odaklılık ile ilgili konulara değinilmiştir. Politika alt başlığında ise kalite politikasının oluşturulması ve yürütülmesi için yapılması gereken düzenlemelerden bahsedilmiştir. Kurumsal roller, sorumluluklar ve yetkiler alt başlığında ise yetkili bir personel atanması ve görevlerinin dokümante edilmiş olması gerektiği savunulmuştur. Otomotiv sektörüne ek olarak ürün şartları ve düzeltici faaliyetler için sorumlu bir personelin olması ve yetkileri belirlenmesi gerekmektedir. Genel olarak bakıldığında, tepe yönetimin yapması gereken işlerinden ve çalışanlarına karşı yol gösterici konumunda olmasından bahsedilmiştir.

2.5.6. Planlama

Riskleri ve fırsatları belirleyen faaliyetler, kalite hedefleri ve hedeflere ulaşma için planlama, değişikliklerin planlanması alt başlıklarını kapsamaktadır. Riskleri ve fırsatları belirleyen faaliyetler; risk analizleri, beklenmeyen durum planları, önleyici faaliyetlerden yararlanılması belirtilirken, kalite hedefleri ve hedeflere ulaşma için planlama; kalite hedeflerinin oluşturulması gerektiği, bu hedeflere ulaşma yolunda nelerin yapılabileceği, ne zaman ve kimler tarafından yapılacağı gibi konular yer almaktadır. Değişikliklerin planlamasının da ise kalite yönetim sisteminin bütünlüğü bozulmadan yapılan değişikliklerin sisteme yerleştirilmesi, sorumluluk ve yetkilerin yeniden düzenlenmesi işlemleri yapılmaktadır.

2.5.7. Destek

Destek maddesi; kaynaklar, yetkinlik, farkındalık, iletişim, dokümente edilmiş bilgi olmak üzere beş alt başlıktan oluşmaktadır. Kaynaklar başlığı altında, kuruluştaki ihtiyaç duyulan kaynaklar insan, altyapı (atölye, tesis ve ekipman planlaması), proseslerin çalıştırılması için ortam (gerekli ortam belirlenmeli, oluşturulmalı ve sürdürülebilirliği sağlanmalıdır), izleme ve ölçme kaynakları (ölçüm sistemleri analizine başvurulmalı) bu kaynakların ölçüm izlenebilirliği (kalibrasyon/doğrulama kayıtlarından yararlanılmalıdır), laboratuvar şartları (gerekli test ve muayene işlemleri için iç ve dış laboratuvarlar oluşturulmalıdır.) kurumsal bilgi (ihtiyaçlardan dolayı değişen bilgiler kuruluş içerisinde dikkate alınarak gerekli ekler yapılmalıdır.) gibi konular yer almaktadır. Kaynakların kurumsal hafızanın temelini oluşturduğu belirtilmektedir.

Yetkinlik ise; otomotiv sektörüne özel ekler olan işbaşında eğitim, iç tetkikçi yetkinliği, ikinci taraf tetkikçi yetkinliğinden oluşmaktadır. İş başında eğitimi, çalışanların eğitim seviyesi ve görevdeyken yaptığı işin zorluğuyla doğru orantılıdır. İç tetkikçi yetkinliği ve ikinci taraf tetkikçi yetkinliği, doğrulanması için kuruluşun dokümente edilmiş prosedürlere sahip olması gerekmektedir. Gereken yetkinliğe sahip olan kişide, ISO 9001 ve IATF 16949 şartlarını iyi anlama, risk temelli düşünce yaklaşımıyla tetkikteki otomotiv prosesleri anlama, tektik sonuçlarının nasıl planlanması gerektiğini bilme ve gereken raporlamaları yapmaya hakim olma gibi özellikler bulunmalıdır.

Farkındalık maddesi altında kuruluştaki görev yapan personelin kalite politikasını ve hedeflerini bilmesi gerektiği belirtilmiştir. KYS'nin etkinliğinden doğan katkıları ve gerekli şartlara uymanın sonuçları üzerinde oluşacak etkinin farkında olunmalıdır.

İletişim, firma içerisinde ve dışında hangi konular hakkında, ne zaman, kiminle, nasıl ve kim tarafından iletişime geçileceği önceden belirlenmiş olmalıdır.

Dokümente edilmiş bilgi kavramı kuruluş için gerekli olan bilgileri ifade eder. Kalite yönetim sistemi dokümente edilmeli ve kalite el kitabı bulunmalıdır. Söz konusu el kitabının içeriği kuruluşun kendi isteğine bağlıdır. Dokümente edilmiş bilgi

hazırlanmalı ve gereken güncellenmeler yapılmalıdır. Dokümanite edilmiş bilginin kontrolü tutulan kayıtlar sayesinde yapılması nedeniyle, bu kayıtlar muhafaza edilmeli ve zamanında güncellemeleri yapılmalıdır.

2.5.8. Operasyon

Operasyonel planlama ve kontrol, ürün ve hizmetler için şartlar, ürün ve hizmetlerin tasarımı ve geliştirilmesi, dışarıdan sağlanan proseslerin, ürünlerin ve hizmetlerin kontrolü, üretim ve hizmetin sağlanması, ürün ve hizmetlerin serbest bırakılması, uygun olmayan çıktının kontrolü gibi alt başlıkları içermektedir. Operasyonel planlama ve kontrol; planlama yapılırken müşteri ürün şartları ve teknik özellikleri, lojistik şartları, imalat prosesi, proje planı, kabul kriterleri kuruluş tarafından dikkate alınmalıdır. Ürün ve hizmetler için şartlar altında; gerekli şartlar belirlenmeli, gözden geçirilmeli ve değişmesi durumunda işlemlerin yenilenmesi gibi konular incelenmektedir. Müşteri tasarım özel karakteristiklerinin şartlara uygunluğu sağlanmalıdır. Kuruluş; müşteri şartları, üretim prosesleri ve ürünün sürekli imalatının olup olmadığının belirlenmesi için fizibilite analizi yapmalıdır.

Ürün ve hizmetlerin tasarımı ve geliştirilmesi aşamasında, ilk olarak planlama yapılmalı, girdiler belirlenmeli, kontroller yapılmalı, çıktılar incelenmeli ve değişiklikler kontrol edilmelidir.

Dışarıdan sağlanan proseslerin, ürünlerin ve hizmetlerin kontrolü; şartlara uygunluğundan emin olunmalıdır. Gereken kontroller yapılmalı ve kontrollerin etkinliğinin ne derece uygun olduğu takip edilmelidir. Yasal mevzuat şartlarına uygun olması için prosesler dokümanite edilmelidir. Kuruluş, otomotiv ürün ve hizmet tedarikçilerinden KYS'nin geliştirilmesini ve yapılan uygulamaların iyileştirilmesini istemelidir. Dışarıdan sağlanan proses, ürün ve hizmetlerin performans değerlendirmelerini yapmak için dokümanite edilmiş bir prosese ve kriterlere ihtiyaç vardır. Dış tedarikçiler için şartların yeterli olup olmadığı belirlenmelidir.

Üretim ve hizmetlerin sağlanması kontrollü şartlar altında uygulanmalıdır. Otomotiv sektöründe kontrol planları, operatör talimatları, görsel standartlar, iş ayarlarının doğrulanması, duruş sonrası doğrulama, toplam verimli bakım, üretim

planlama tanımlamaları yapılmalı, uygulanmalı ve sürdürülebilirliği sağlanmalıdır. Kuruluşun çıktıları tanımlanmalı ve izlenebilirliği sağlanmalıdır. Müşterilere ve dış tedarikçilere ait varlıkların (malzeme, ekipman, tesis, komponent vb.) tanımlamaları yapılmalı, doğrulanmalı, korunmalı ve muhafazası sağlanmalıdır. Herhangi bir olumsuz durum karşısında müşteri veya tedarikçiye gerekli raporlamalar yapılmalıdır. Kuruluş çıktılarını şartlara uygunluğundan emin olana kadar muhafaza etmelidir. Sevkiyat sonrası faaliyetlerde servis bilgilerinin geri beslemeleri alınmalı ve gereken işlemler yapılmalıdır. Ürünün gerçekleştirilmesini etkileyebilecek değişiklikler kontrol edilmeli ve gereken tedbirler alınmalıdır.

Ürün ve hizmetlerin serbest bırakılması; yetkili kişi veya kişiler tarafından ürün ve hizmetin uygunluğu doğrulanmalı ve kabul onayı verilerek serbest bırakılma işlemi tamamlanmalıdır.

Kuruluş, uygun olmayan çıktıların kontrolünü sağlamalı ve şartlara uymayan çıktıların kontrol altında tutulmalıdır. Uygun olmayan ürünlerin yanlışlıkla kullanımını ve sevkiyatını önlemek için gerekli tedbirleri almalıdır. Uygun olmayan ürünün yeniden işleme alınması için risk analiz metotları (FMEA) ile oluşabilecek riskler değerlendirilmelidir. Müşteriye bilgilendirilmelerde bulunup şartları kabul ettiğine dair onayı alınmalıdır. Daha sonra düzeltilen ürünün kontrolü tekrar yapılmalıdır.

2.5.9. Performans Değerlendirme

Performans değerlendirme maddesi üç alt başlıktan oluşmaktadır. Bunlar izleme, ölçme, analiz ve değerlendirme, iç tetkik, yönetimin gözden geçirmesidir. İzleme, ölçme, analiz ve değerlendirme maddesinde; kuruluş neleri izlemesi ve ölçmesi gerektiğini, hangi metotlardan yararlanacağını, ne zaman yapacağını, analiz ve değerlendirmeyi ne zaman yapacağını belirlemektedir. Kuruluş, müşteri memnuniyetini dikkate almalı, analiz ve değerlendirmeler için istatistiksel tekniklerden yararlanılmalıdır.

İç tetkik; kuruluş KYS'nin ve IATF'nin şartlarına uygunluğundan ve bu şartları sağladığı ve uygulanabildiğinden emin olmak adına iç tetkik yapılmalıdır. İç tetkik

kriterleri belirlenerek tetkik sonuçları gerekli birimlere raporlanmalıdır. Rapor sonuçlarına göre düzenlemeler ve düzeltmeler yapılmalıdır.

Yönetimin gözden geçirmesi; kuruluşun yeterliliği, etkinliği ve uygunluğu planlanan aralıklarla gözden geçirilmelidir. Gözden geçirme girdileri ve çıktıları kayıt altında olmalıdır. Yapılan bu gözden geçirmeler sürekli iyileştirme sürecinin temel unsuru olarak performans değerlendirilmesine yön verir.

2.5.10. İyileştirme

Uygunsuzluk ve düzeltici faaliyet, sürekli iyileştirme alt başlıklarından oluşmaktadır. İyileştirmedeki temel amaç, müşteri memnuniyetini artırmak olup, fırsatları görme ve performans iyileştirmede yol gösterici olmaktadır. Uygunsuzluk ve düzeltici faaliyete ilişkin kuruluş, uygunsuzluğu hemen belirlemeli ve sebeplerinin ortadan kaldırmak için çalışmalarda bulunmalıdır. Düzeltici faaliyetlerin yeterliliği gözden geçirilmeli, risk ve fırsatların güncellemeleri yapılmalıdır. Uygunsuzluk ve düzeltici faaliyetler dokümante edilmiş prosedür olarak muhafaza edilmelidir.

Sürekli iyileştirme konusunda kuruluş; analiz ve değerlendirme sonuçlarını, ve yönetimin gözden geçirme çıktılarını dikkate alarak sürekli iyileştirme faaliyetlerini takip etmeli ve değerlendirmelerini yapmalıdır. Yapılan değerlendirmeleri önleyici faaliyetlerle güçlendirmelidir.

2.6. IATF 16949:2016 STANDARDININ KURULUMU VE İŞLEYİŞİ

IATF 16949:2016 standardının temeli ISO 9001:2015 Kalite Yönetim Sistemi standardına dayanır. Söz konusu standart, otomotive özel bir standart olup, yaygın olarak otomotiv sektöründe kullanılmaktadır. Otomotive ana ve yan sanayide faaliyet gösteren firmaların öncelikle ISO 9001:2015 KYS standardını kurması ve bunun üzerine IATF 16949:2016 standardını entegre etmesi gerekir. Kuşkusuz, ISO 9001:2015 KYS genel bir standart iken, IATF 16949:2016 standardı çok daha özel ve zorlayıcı bir yapıya sahiptir. IATF 16949:2016'nın kurulumu ISO 9001:2015 KYS'nin kurulumuna benzer olup biraz daha detaylıdır. Bu bölümde ISO/TS 16949:2009 ve IATF 16949:2016 standart maddeleri arasındaki farklara değinmiştik. Söz konusu bu farklılıklar, ISO 9001:2015 KYS revizyonundan kaynaklanmaktadır.

IATF 16949:2016 standardının kurulumu, ISO 9001:2015 revizyonu ile gelen ek maddelerin eklenmesi ile oluşturulmuş ve bu bölümde ISO 9001:2015'e ek olarak gelen otomotiv ile ilgili farklılıklardan bahsedilmiştir. Şimdi de IATF 16949:2016 standardının kurulmasında, ISO/TS 16949:2009 standardı arasındaki kurulum farklılıklarına ve yeni standardın kurulumunun nasıl olması gerektiğine kısaca değinilecektir.

İlk farklılık daha öncede bahsedildiği üzere, madde sayılarının sekizden ona çıkması ile karşımıza çıkmıştır. Dördüncü maddeye (kuruluşun bağlamı) kadar olan kapsam, atıf yapılan standart ve/veya dokümanlar, terimler ve tarifler genel olarak benzer detayları içermektedir. Eski standartta dördüncü madde kalite yönetim sistemi olarak geçiyorken, yeni standartta kuruluşun bağlamı adını almıştır. Kuruluşun bağlamı maddesiyle, ilgili tarafların ihtiyaç ve beklentilerini anlamak, kalite yönetim sisteminin kapsamını belirlemek, kalite yönetim sistemi ve süreçleri incelenmektedir. Beşinci bölüm olan yönetimin taahhüdü, yeni standartta liderlik olarak geçmekte ve içerisinde liderlik ve taahhüt, politika, kurumsal görev yetki ve sorumluluklar adı altında konular irdelenmiştir. Altıncı bölüm eski standartta kaynak yönetimi olarak geçiyorken yeni standartta planlama adını almıştır. Planlama eskiden beşinci bölümde incelenirken yeni standartta bir madde olarak ele alınmıştır. Bu madde kapsamında, riskleri ve fırsatları irdelleyen faaliyetler, kalite hedefleri ve hedeflere ulaşmak için planlama, değişikliklerin irdelenmesi incelenmiştir. Eski standartta ürün gerçekleştirme olarak incelenen yedinci madde, yeni standartta destek adını almıştır. Destek maddesi kapsamında, kaynaklar yetkinlik, farkındalık, iletişim, dokümanite edilmiş bilgi konularından bahsedilmiştir. Eski standardın son maddesi olan ölçme, iyileştirme ve analiz, yeni standartta operasyon adını almıştır. Bu madde içeriğinde, operasyonel planlama, ürün ve hizmetler için şartlar, ürün ve hizmetlerin tasarımı ve geliştirilmesi, dışarıdan sağlanan proseslerin, ürünlerin ve hizmetlerin kontrolü, üretim ve hizmetin sağlanması, ürün ve hizmetlerin serbest bırakılması, uygun olmayan çıktıların kontrolünü barındırmaktadır.

Yeni standarda gelen dokuzuncu madde performans değerlendirmedir. Bu madde de izleme, ölçme, analiz ve değerlendirme, iç tetkik, yönetimin gözden geçirmesinden bahsedilmiştir. Son madde olan iyileştirmede, uygunsuzluk ve düzeltici faaliyetler, sürekli iyileştirme çalışmaları irdelenmiştir. Buraya kadar yapılan

açıklamalardan da anlaşılacağı üzere, eski standarttaki bazı alt maddeler, yeni standartta önemini vurgulamak adına madde başlığında incelemiştir.

Standarda gelen revizyon ile birlikte firmalar, IAFT 16949:2016 kurulumunu yukarıda bahsedilen maddeleri göz önünde tutarak gerçekleştirmelidir. Ayrıca, IATF 16949:2016'da istatistiksel ve istatistiksel olmayan kalite iyileştirme araçlarının kullanılması önerilmektedir. Bu kalite iyileştirme teknikleri; FMEA, PPAP, APQP, MSA ve SPC şeklindedir. Bu çalışmanın kapsamında söz konusu iyileştirme teknikleri hakkında bir sonraki bölümde bilgi verilecektir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

IATF 1649:2016 STANDARDINDA KULLANILAN İSTATİSTİKSEL VE İSTATİSTİKSEL OLMAYAN KALİTE İYİLEŞTİRME TEKNİKLERİ

3.1 KALİTE İYİLEŞTİRMEDE KULLANILAN BAZI TEMEL KAVRAMLAR

Kalite kontrol ve kalitenin iyileştirilmesi ile ilgili birçok kavramdan yararlanılmaktadır. İstatistiksel yöntemler iyileştirilme aşamasında önemli bir yere sahip olduğu için bu bölümde gerekli olan kavramları inceleyerek, kavramları nerelerde kullanabileceğimize değinilecektir.

İstatistik: İstatistiğin ilgi alanı sayılar ve kollektif olaylardır. İstatistik, belirli olay veya durum hakkında sayısal verilere dayanarak gerçek durum hakkında bilgi edinilmesi ve/veya çıkarımda bulunulmasını sağlar. Diğer bir deyişle toplanan verilerin analiz edilerek yorumlanması sonucunda, verilerin anlamlı bilgiye dönüştürülmesidir. İstatistik, durum analizi yapmak, karşılaştırma yapmak, bugünün verilerinden yararlanarak geleceği tahmin etmek ve belirsizlikler altında karar verebilmemize yardımcı olma amaçlarını taşıyan yöntem ve teknikleri içeren bir bilimdir.

Anakütle: Bir konu hakkında bilgi edinilmek istenilen topluluğun tamamıdır. Anakütle içerisinde bulunan bilgilerin aynı neden altında toplanması önemlidir.

Tamsayım: Anakütlerdeki birimlerin tamamının incelenmesidir.

Örneklem: Anakütleden bir defada alınan birimlerdir.

Örnekleme: Anakütleden örneklem alma (çekme) işlemidir.

Anakütle hacmi: Anakütlerdeki birim sayısıdır.

Örneklem hacmi: Örneklem hacmindeki birim sayısıdır.

Örneklem sayısı: Örneklemdeki birimlerin alınma sayısıdır.

Karakteristik: Proses veya ürünün ayırt edici özelliğidir.

Anakütle parametresi: Anakütle tanımlanırken kullanılan değerlerdir.

Örneklem istatistiği: Örneklemen özelliğidir.

Spesifikasyon: Belirli bir ürün hakkında yanılığya düşülmeyecek şekilde tanımlanan değerlerdir.

Tolerans: Belirli özellikler ve şartlar altındaki değişkenlik miktarıdır. Alt ve üst spesifikasyon sınırları arasındaki farkı verir.

Spesifikasyon sınırı: Ürün özelliğinin kabul edilebilir değerleridir. Bu değerler müşteri veya kuruluş tarafından belirlenebilir. Ürün kalitesinin belirlenmesinde kullanılır.

Kontrol sınırı: Proses değişkenliğinin kontrol altına alınabilmesi için hesaplanan sınırlardır. Ortalamanın alt ve üst üç standart hata değeri, kontrol sınırlarını vermektedir. Kontrol grafiklerinin çiziminde kontrol sınırlarından yararlanılmaktadır.

Proses: Girdileri çıktılarına dönüştüren faaliyetlerin tamamıdır.

Seriler: Gözlem değerlerini anlamlı hale dönüştürme yollarından birisidir.

Frekans serileri: Gözlem değerlerindeki tekrar sayısına frekans denir. Serilerin frekanslara göre düzenlenmesi sonucu frekans serileri oluşmaktadır.

Histogram: Frekans dağılım grafiğidir. Eşit aralıklı veya oranlı ölçeklerle ölçülmüş veriler için uygulanmaktadır. Gözlem değerleri nicel ise histogram grafikleri kullanılmaktadır. Gözlem değerlerinin dağılımı hakkında bilgiler vermektedir. Veriler dikdörtgen çubuklar halinde gösterilir ve bu çubuklar veri dağılımını vermektedir. Çubuk sayısı veri grubunu, çubuk genişliği veri aralığını, yüksekliği ise veri miktarını göstermektedir. Normal dağılım için bu grafik türünden yararlanılmaktadır.

Ortalama: Gözlem değerlerinin merkezi eğilimidir.

Aritmetik ortalama: En sık kullanılan ortalamadır. Gözlem değerleri toplamının gözlem sayısına bölünmesi ile elde edilir.

Mod: Bir seride en çok tekrar eden değerdir.

Medyan: Seri içerisindeki birimlerin büyüklüğüne göre sıralanması sonucu en ortada yer alan değer olup, verilerin %50'si bu değerden küçük ve %50'si de bu değerden büyüktür.

Range: Değişkenlik ölçüleri arasındaki en basit ölçümdür. Seri içerisindeki en büyük değerle en küçük değer arasındaki farktır. Serinin değişkenliğini genişliği hakkında bilgi verir.

Standart Sapma: Serideki değerler ile ortalama arasındaki fark sapmayı vermektedir. Bu sapmaların kareleri ortalaması standart sapmayı vermektedir. Standart sapma da bir değişkenlik ölçüsüdür. Örneklem standart sapması şu formül ile hesaplanır.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \hat{\sigma} \quad (3.1)$$

Varyans: Standart sapmanın karesi olup, σ^2 sembolü ile gösterilir.

Değişim Katsayısı: Serilerin değişkenlik açısından birbirleriyle karşılaştırılmasında uygulanmaktadır. Serideki standart sapmanın ortalamasının yüzdesi olarak ifade edilme biçimidir.

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} * 100 \quad (3.2)$$

Olasılık: Beklentiler karşısında belirsizliğin oluşmasıdır. Belirsizlik altında yapılan muhtemel sonuçlar ile karar vermedir.

Binom Dağılımı: Sınıflandırılabilen veya sayılabilen ve kesikli veriler için kullanılan iki şıklı (ketegorili) bir dağılımdır. Geçti - kaldı, iyi - kötü, yazı - tura, kabul - ret gibi iki şıklı değerler söz konusu olduğun da uygulanan dağılıma ilişkin olasılık fonksiyonu denklem (3.3)'deki gibidir.

$$P(x) = \begin{cases} \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x} & x=0,1,2,\dots,n \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3.3)$$

Binom dağılımında n ve p olmak üzere, iki parametresi vardır ve n deney sayısını, p ise ilgilenilen (elverişli) durumun meydana gelme olasılığını göstermektedir.

²⁶ Erkan Işığışok, *Betimsel İstatistik*, Bursa: Alfa Aktüel Yayınevi, Güncellenmiş 2. Baskı, 2018, s. 259.

Poisson Dağılımı : Belirli zaman dilimleri arasında olayın meydana gelme sayısının olasılığıdır. Sayılabilen veya sınıflandırılabilen kesikli veriler için kullanılmaktadır. Meydana gelme olasılığı ender olan olaylarda uygulanan bir dağılımdır. Poisson dağılımının tek parametresi λ olup, Poisson olasılık fonksiyonu aşağıdaki şekilde formüle edilebilir.

$$P(x) = \begin{cases} \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} & x = 0,1,2, \dots \\ 0 & \end{cases} \quad (3.4)$$

Normal Dağılım : Ölçülebilen ve sürekli veriler için uygulanan prosesin tamamı hakkında bilgiye ulaşmamızı sağlayan dağılımdır. Ortalama ve standart sapma olmak üzere iki parametresi bulunmaktadır. Ortalama eğrinin merkezini, standart sapma ise dağılımın değişkenliğini göstermektedir. Normal olasılık yoğunluk fonksiyonu denklem (3.5)'deki gibidir.

$$f(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(X-\mu)^2/\sigma^2} \quad -\infty < X < +\infty \quad (3.5)$$

3.2. IATF 16949:2016 STANDARDINDA KULLANILAN İSTATİSTİKSEL VE İSTATİSTİKSEL OLMAYAN KALİTE İYİLEŞTİRME TEKNİKLERİ

IATF 16949:2016 standardında istatistiksel ve istatistiksel olmayan kalite iyileştirme tekniklerinden yararlanılmaktadır. Söz konusu iyileştirme teknikleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir :

i) IATF 16949:2016 standardında kullanılan istatistiksel teknikler

- Ölçüm Sistemleri Analizi (Measurement System Analysis – MSA)
- İstatistiksel Proses Kontrol (Statistical Process Control – SPC)

ii) IATF 16949:2016 standardında kullanılan istatistiksel olmayan teknikler

- Hata Türü ve Etkileri Analizi (Failure Modes and Affect Analysis - FMEA)
- İleri Ürün Kalite Planlaması (Advanced Product Quality Planning - APQP)
- Üretim Parçası Onay Prosesi (Production Part Approval Process - PPAP)

Şimdi bu teknikleri sırasıyla irdeleyelim.

3.3. ÖLÇÜM SİSTEMLERİ ANALİZİ (MSA)

Otomotiv sektöründe proses (süreç) yönetiminin en önemli kollarından biri olan Ölçüm Sistemleri Analizi (Measurement System Analysis – MSA), firmaların ölçümlerini ne denli doğru yaptıklarının kontrol edilmesinde kullanılır. Sadece otomotiv sektörü için değil, ölçüm yapan diğer sektörler ve kurumlarda yapılan ölçümlerin doğruluğunu değerlendirirken de ölçüm sistemleri analizine başvurulmaktadır. Günlük hayatta bile bir yolculuğa çıktığımızda, elimizdeki pusulanın doğru göstermesi bizim için çok değerlidir. Yanlış yönü gösteren pusula yüzünden zaman, maliyet ve hedefimize ulaşamama gibi sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Buradan hareketle, firmalar da ellerindeki verilerin doğruluğuna göre karar mekanizması geliştirip, nasıl ilerlemeleri gerektiğini belirlemektedir. Bir anlamda kuruluşların verilere dayalı karar vermeleri için en önemli nokta elde edilen verilerin doğruluğudur.

Ölçüm Sistemleri Analizi (MSA), yaptığımız ölçümler ile gerçek değer arasında nasıl bir ilişki olduğunu göstermektedir. Ölçüm sistemleri analizi: ölçüm cihazları, ölçümden sorumlu operatörler, ölçüm yapılan ortam ve ölçümde kullanılacak olan diğer yardımcı ekipmanlardan oluşmaktadır. İçerisinde bulunan tüm bu faktörlerin yeterliliğinin değerlendirilmesi, varyasyonların karşılaştırılması ve verilerin güvenilirliğinin artırılması için MSA'ya başvurulmaktadır. MSA'nın amacı, proses ilerleyişinde ulaşılan sonuçlara neden olan değişkenliğin nereden geldiğini belirleyerek, toplam değişkenliğin azaltılmasını sağlamak ve ölçüm sistemindeki belirsizliğin nedenini ortaya koyarak bu analizin yapılıp yapılmayacağına karar vermektir.

Dolayısıyla yanlış analiz sonuçlarına ulaşmamak adına ölçüm sistemleri analizinden yararlanılmaktadır.²⁷ Nitekim yapılan ölçümlerin aynı veya farklı operatörler tarafından yapılması sonucunda elde edilen veriler arasında farklılık olup olmadığının belirlenmesinde de yol gösterici bir analizdir.

Ölçüm sistemleri analizini kullandığımız alanlar şu şekilde sıralanabilir:

- ✓ Ölçüm yapılan cihazların karşılaştırılması,
- ✓ Ölçümü yapan operatörlerin karşılaştırılması,
- ✓ Yeni ürünün devreye alınması,
- ✓ Ölçüm aletinin onarım öncesi ve onarım sonrası durumunun karşılaştırılması,
- ✓ Ölçüm aletinin performansının ortaya konulması,
- ✓ Hataların kaynaklarını bulma ve bu hataların iyileştirilmesi ve
- ✓ Ölçüm ekipmanlarının kabulü ve kıyaslanması.

3.3.1. Ölçüm Sistemleri Analizine İlişkin Bazı Temel Kavramlar

Ölçüm sistemleri analizinde çok sayıda kavram kullanılmaktadır. Bu kavramlardan başlıcaları aşağıdaki gibidir :

- ☞ Ölçüm sistemi
- ☞ Ölçüm cihazı
- ☞ Doğruluk
- ☞ Hassasiyet
- ☞ Tekrarlanabilirlik
- ☞ Tekrar üretilebilirlik
- ☞ Eğilim
- ☞ Doğrusallık
- ☞ Kararlılık
- ☞ Çözünürlük

Şimdi bu kavramlara sırasıyla ve kısaca değinelim.

²⁷ Necmi Gürsakal, *Altı Sigma Müşteri Odaklı Yönetim*, Ankara: Nobel Yayınevi, 2.Baskı, 2005, s.176.

Ölçüm sistemi : Ölçümleri elde ederken kullandığımız referans, operatör, ekipman, yöntem, çevre gibi proseslerin tümüdür. Burada referans ölçümü kalibre etmek için alınan standart değerimiz iken operatör, ölçümü yapan kişi, ekipman ürün ölçümünde kullanılan cihaz, yöntem ölçümü uygulama yolu ve çevre ölçümü yapmış olduğumuz ortamdır.

Ölçüm cihazı : Ölçümler elde edilirken kullanılan herhangi bir cihazdır. Örneğin; mikrometre, yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı, sertlik ölçüm cihazı, kumpas, kalınlık kompatörleri vb. cihazlardır.

Doğruluk : Gerçek değer tam olarak ölçülmesidir. Diğer bir deyişle gerçek değer ile cihazın göstermiş olduğu değer arasındaki farktır. Yapılan ölçümlerin ortalama ve referans değer arasındaki kabul edilebilir uzaklığını göstermektedir. MSA' da ilk basamak doğru değişkenin doğruluğunun kontrol edilmesidir. Nitekim yanlış değişkenin doğruluğu veya hassaslığı önem arz etmemektedir. Bu nedenle, ölçülen proses kontrol altında olmalıdır.

Hassasiyet : Tutarlılık olarak da değerlendirilen hassasiyet değeri, ölçüm sistemini dar bir aralıkla ölçebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Bir anlamda tekrar edilen ölçümler arasında aynı değeri verebilmektir. Ölçüm aralığı boyunca tekrar eden ölçümlerin beklenen varyasyonudur. Doğruluk ve hassasiyet sonuçlarının yorumlanması Şekil 3.1'de görülmektedir.



Şekil 3.1 : Doğruluk ve Hassasiyet Sonuçlarının Yorumlanması²⁸

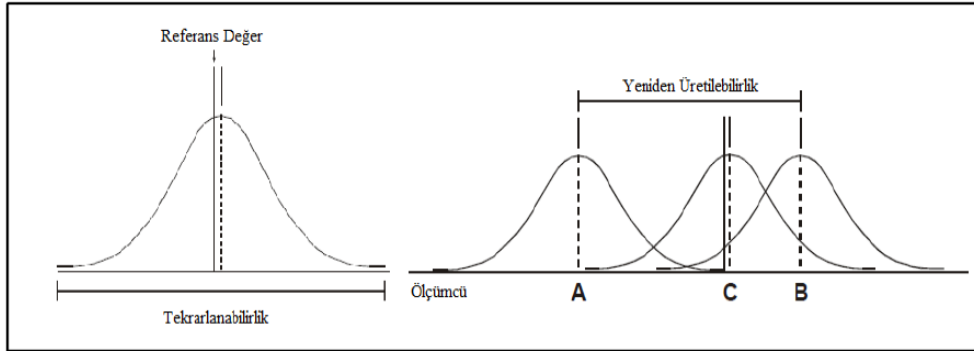
Şekil 3.1'de doğruluk ve hassasiyetin yüksek olduğu hedef tahtası, yapılan ölçümün güvenilir ve hassas olduğunu, doğruluğun az hassasiyetin yüksek olduğu hedef

²⁸ "Doğruluk, Hassasiyet, Hata", <https://veribilimcisi.com/2017/07/14/dogrulukaccuracy-kesinlikprecision-hataerror-nedir/>, (Erişim Tarihi 30.05.2018)

tahtası yapılan ölçümün güvenilir olmadığını ancak hassas bir ölçüm yapıldığını göstermektedir. Doğruluğun yüksek, hassasiyetin az olduğu şekil ise yapılan ölçümün güvenilir ancak hassas olmadığı sonucunu verirken, doğruluğun ve hassasiyetin az olduğu şekil, ölçümün hem hassas olmadığını hem de güvenilir olmadığını göstermektedir.

Tekrarlanabilirlik (repeatability) : Aynı operatörün aynı parça ve özellikte, aynı ölçüm aleti ile birden çok ölçüm sonucu elde edilen değişkenliğidir. Söz konusu ölçüm sistemindeki değişkenliğin kendi içerisindeki tutarlılığı karşılaştırılmaktadır.

Tekrar Üretilirlik (reproducibility) : Farklı operatörlerin aynı parça ve karakteristik üzerinde aynı ölçüm aleti ile yaptığı birden çok ölçümlerin varyansıdır. Diğer bir deyişle operatörler arası değişkenlik karşılaştırılmaktadır. Şekil 3.2'de tekrarlanabilirlik ve tekrar üretilebilirlik ile ilgili grafik yer almaktadır.

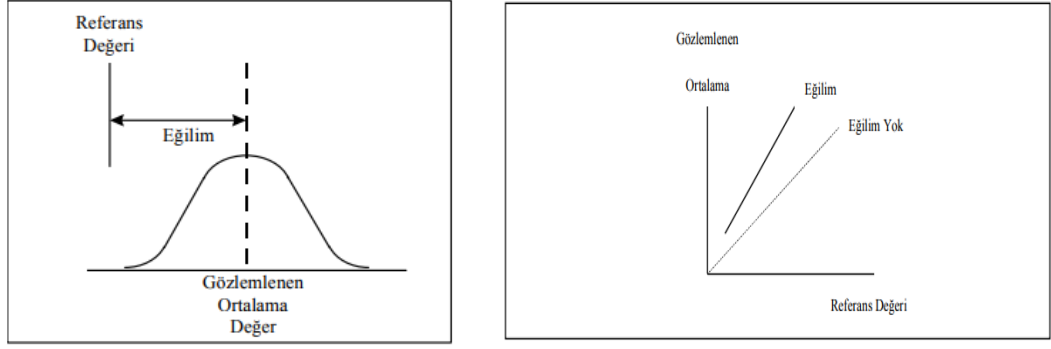


Şekil 3.2 : Tekrarlanabilirlik ve Tekrar Üretilirlik²⁹

Eğilim (bias) : Yapılan ölçümlerin gözlemlenen ortalaması ile referans değeri arasındaki farkı gösterir.³⁰ Şekil 3.3'de grafiksel olarak gösterilen eğilim, sistematik hatanın ölçüsüdür. Eğilime neden olan faktörler arasında kalibrasyon, çevresel nedenler, uygulamada hatalar, yıpranmış cihaz ve master kullanımları ve bozulmalar örnek gösterilebilir.

²⁹ Alper İlerler, *Dijital Radyografide Ölçüm Sistemleri Analizi*, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, 2015, s.30.

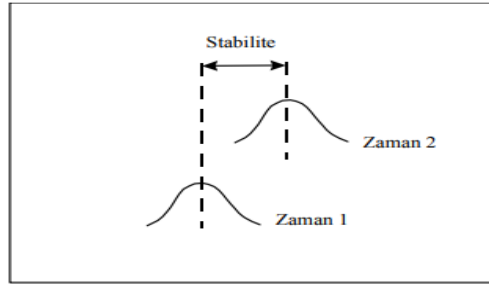
³⁰ Özge Acar, *Niteliksel Ölçüm Sistemleri Analizi ve Bir Uygulama*, (Yüksek Lisans Tezi), Bursa : Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2012, s. 23.



Şekil 3.3 : Eğilim

Doğrusallık (linearity) : Doğrusallık ölçüm aletindeki eğilim değişkenliğidir. Ölçüm, ölçerin tüm noktalarında doğru, tutarlı ve aynı olmalıdır. Kalibrasyon gereksinimi, kötü muhafaza (pas, kir vb.), düşük kalitede aletlerin kullanımı ve uygunsuz ölçüm aletlerinin kullanılması doğrusallığı etkileyebilecek nedenler arasında gösterilebilir.

Kararlılık (stability) : Aynı parçanın yalnızca bir özelliğini ölçerken zamana bağlı olarak göstermiş olduğu sapmadır. Odak noktası zamandır. Şekil 3.4'de grafiksel olarak gösterilen kararlılığı etkileyebilecek faktörler bozulmalar, farklı ölçüm metotlarının kullanılması, master hataları ve kullanıma bağlı eskimeler olabilir.



Şekil 3.4 : Kararlılık

Çözünürlük (resolution) : Çözünürlük, ölçüm aletinin ölçüm yeteneğini belirtir. Ölçüm sisteminin çözünürlüğü spesifikasyonlarının onda biri kadar olmalıdır. Bu bir kuraldır. Çözünürlüğün yetersiz olduğu durumlarda değişkenliğin belirlenme olasılığı düşecektir. Bu nedenle çözünürlüğün yüksek olması önemlidir.

3.3.2. Ölçüm Sistemleri Analizinin Uygulama Aşamaları

- Parça veya ürüne ait kalite spesifikasyonlarının ve ölçüm kalibrasyonun belirlenmesi,
- Numune, ölçüm yapacak kişiler, ölçüm kayıtları gibi ölçüm parametrelerinin belirlenmesi,
- Ölçümlerin yapılması,
- Ölçüm verilerini kayıtlarının ,
- Ölçüm yeterliliğinin hesaplanması ve
- Ölçüm yeterliliğinin değerlendirilmesi.

Ölçüm sistemleri analizi, nicel verilere uygulanabileceği gibi nitel verilere de uygulanabilmektedir. Bu durumda, MSA'nın uygulanması nicel ölçüm sistemleri analizi ve nitel ölçüm sistemleri analizi olmak üzere, ikiye ayrılmaktadır. Şimdi MSA'nin bu iki analizini sırasıyla irdeleyelim.

3.3.3. Nicel Ölçüm Sistemleri Analizi

Nicel ölçüm; olayların gözlemlenerek, ölçülebilir ve sayısal olarak ortaya koyan bir çalışmadır. Nicel ölçümlerde amaç, yapılan gözlemleri deneyler ve analizler ile ölçüp sonucu sayısal verilerle açıklamaktır.

MSA'da nicel ölçümlerin analizi için Gage R & R'dan yararlanılmaktadır. Burada sözü edilen Gage R & R ölçüm cihazından ve ölçümü yapan operatörlerden kaynaklı oluşan değişkenliği ölçen istatistiksel ölçüm tekniğidir. Tekrarlanabilirlik ve tekrar üretilebilirlik ikisi birlikte toplam Gage R & R vermektedir. MSA'nın da temel amacı olan değişkenliğin azaltılmasında Gage R & R çalışmaları önem taşımaktadır. Gage R & R çalışmasının uygulama sırası aşağıdaki gibidir:

- Çalışmada kullanılacak yöntem belirlenir.
- Numune, operatör ve tekrar ölçüm sayıları belirlenir. (En az 2 operatör ve 2 tekrar olmalıdır.)
- Ölçümde kullanılacak olan ekipmanlar seçilerek uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- Toleransı düşük olan numuneler seçilir.

- Numuneler sırayla numaralandırılır.
- Operatörlerden numuneleri rastgele ve habersiz bir şekilde ölçmesi istenir.
- Ölçüm sonuçlarından elde edilen kayıtlar alınır ve analizleri yapılır.

Gage R & R analizinden elde edilen veriler üç istatistiksel araç ile analiz edilebilir. Bunlar; aralık yöntemi, ortalama aralık yöntemi ve ANOVA (Varyans analizi) yöntemidir.

Aralık yöntemi; bu yöntem ölçüm varyansının tahmin edilmesine yarayan değişken ölçüm aletinin analiz edilmesiyle gerçekleşir. Ölçüm sistemine genel bakışın sağlanması için bu yöntemden yararlanılmaktadır.

Ortalama ve aralık yöntemi, tekrarlanabilirlik ve tekrar üretilebilirlik değerlerinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. Burada tekrarlanabilirlik, tekrar üretilebilirlik, toplam varyans, proses değişkenlik ölçüsü, ölçüm değişkenliği ölçüsü gibi verilerden yararlanılarak analiz sonucu karara bağlanır.

ANOVA yöntemi ise değişkenliğin nedeninin nereden geldiğini ve sonuç üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğunu belirlemek için kullanılmaktadır.

Gage R & R çalışmasından elde edilen analizler değerlendirilirken, Tablo 3.1'deki belli başlı kabul kriterleri bulunmaktadır.

Tablo 3.1 : Ölçüm Sistemleri Analizinde Kabul Kriterleri

% Toplam varyansa göre	% Toplam toleransa göre	Ölçüm sisteminin sonucu
< %1	< %10	İdeal
%2 - %10 arası	%10 - %30 arası	Kabul edilebilir
%10 <	%30 <	Yetersiz

Tablo 3.1'deki kabul kriterleri incelendiğinde, toplam varyansa göre %1'den küçük ve toplam toleransa göre %10'dan küçük çıkan sonuç, ölçüm sisteminin ideal (istenen) olduğunu gösterirken, toplam varyansa göre %2 - %10 arası ve toplam toleransa göre %10 - %30 arası değere sahip olan bir ölçüm kabul edilebilir ve yeterli

seviyededir. Diğer taraftan toplam varyansı %10' dan büyük ve toplam toleransı %30'dan büyük olan bir ölçüm yapılan ölçüm sistemi analizinin yetersiz olduğunu gösterdiği için gerekli iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır.

3.3.4. Nitel Ölçüm Sistemleri Analizi

Nitel veriler sayısal olarak ölçülemeyen değişkenlerdir. MSA çalışmalarında nitel ölçümlerde muayene edilen parçanın uygun olup olmadığı değerlendirilmektedir. İstatistiksel olarak ölçemediğimiz bu verileri, sınıflandırıp nicel veri gibi değerlendirerek verilerin ölçülebilir hale getirilmesi sağlanmaktadır. Örneğin kadın ve erkek nitel verileri için kadın olana 1, erkek olana 2 etiketi (kodu) verilerek analize alınır. Bu etiketleme yöntemiyle birlikte, MSA'da nitel ölçüm analizleri için Attribute R&R kullanılmaktadır. Söz konusu Attribute R&R çalışması bize nitelik ölçümünü vermektedir. Yine bu analizde de tekrarlanabilirlik ve tekrar üretilebilirlik değerlerinden yararlanılmaktadır. Tekrarlanabilirlik ile ölçüm yapan operatörün kendi ölçüm sonuçları arasındaki tutarlılık incelenirken, tekrar üretilebilirlik ile farklı operatörler arası sonuç varyasyonları tespit edilmektedir.

Attribute R & R uygulama adımlarına şu şekildedir:

- ✓ Çalışma yönteminin belirlenmesi,
- ✓ Numune, operatör, tekrar ölçüm sayılarının belirlenmesi,
- ✓ Numunelerin seçilerek sınıflandırılması,
- ✓ Operatörlere rastgele numune ölçümlerinin yaptırılması,
- ✓ Ölçüm sonuçlarının kaydı,
- ✓ Analizinin yapılması ve
- ✓ Değerlendirme standartlarının belirlenmesi.

Yapılan ölçümlerde tüm değerlendirmelerin aynı standartta olduğundan emin olunmalıdır. Belirtilen adımlar uygulandıktan sonra, analiz sonuçlarına göre operatörlere gerekli eğitimler verilmeli ve sertifikalar aldırılarak iyileştirmeler yapılmalıdır.

Yukarıda sözü edilen Attribute R & R analizinde, Cohen'in kappa testi sonucuna bakarak, ölçüm yapan operatörlerin birbirleri veya referans değer ile arasındaki uyum

değerlendirilmektedir. Buradaki asıl amaç, operatörün standarda göre uyumunu belirlemektir. Dolayısıyla gözlemlenen sonuçlar arasındaki benzerlik araştırılmaktadır.

Diğer taraftan analiz sonuçlarına göre Cohen'in kappa testi iki gözlemci arasındaki uyumu verirken, Fleiss'in Cohen kappası iki ve daha fazla gözlemci arasındaki uyumu vermektedir. Kappa katsayısı -1 ile +1 arasında değer almaktadır. Bir anlamda bu katsayı 1'e yaklaşıncaya uyumun iyi, 0 ise uyumun şansa bağlı olduğu, 0'a yaklaşıncaya uyumun zayıfladığı şeklinde yorumlanmaktadır. Kappa ölçümü yapılırken etkinlik, gözden kaçırma olasılık değeri, yanlış alarm olasılık değeri ve eğilim gibi değerlerinde hesaplanması gerekmektedir. Bu değerlerle ilgili gerekli açıklamalara uygulama bölümünde değinilecektir.

3.4. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL (SPC)

İstatistiksel proses kontrol, üretim prosesi aşamasında örnekleme teknikleri ile verileri toplayarak analiz etme, bu analizleri yorumlama ve farklı çıkarımlarda bulunarak kalite ile ilgili problemlere açıklık getirmede kullanılmaktadır. Diğer bir deyişle hata oranlarını azaltmada, süreçlerdeki problemlerin çözüme ulaşılmasında ve proseslerin kontrol altında tutulması amacıyla istatistiksel proses kontrole başvurulmaktadır.

İstatistiksel proses kontrol ilk olarak 1924 yılında A. Shewhart tarafından olasılık çizelgesinin oluşturulmasıyla kullanılmaya başlanmıştır. İlk uygulama çalışmaları ise 1932 yılında Amerika'da silahlı kuvvetler üzerine yapılmıştır. Kalitenin tarihsel gelişiminde de belirttiğimiz gibi, Deming tarafından Japon mühendisler için SPC (İPK) eğitimleri verilmeye başlanmasıyla Japon kalite devrimi yaşanmıştır. Diğer taraftan kontrol modeli yerine önleme modeli getirilerek, süreç içerisine istatistiksel kontrol yöntemlerinin girmesiyle birlikte, ortalamanın ve değişkenliğin kontrol altına alınması ve azaltılması sağlanmış, müşterilerinde süreç ile ilgili katılımları dikkate alınmaya başlanmıştır. Ne var ki SPC'nin başarılı olarak yürütülmesi için üst yönetimin desteği de şarttır. Üst yönetim çalışanlarını SPC konusunda desteklemeli ve bilinçlenmelerini sağlamalıdır. Elde edilen sonuç ve raporlar üst yönetimin gözetiminden geçmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır. İstatistiksel proses kontrolde prosesin kontrol altında olması önem taşıdığı için kontrol dışı durumlara neden olan

genel ve özel nedenler belirlenmelidir. Bahsedilen genel nedenlerden kaynaklanan değişimler prosesin kontrol altına alınabileceğini, özel nedenler ise proses üzerinde büyük değişimlere neden olabileceği için kontrol altına alınmasının zor olduğu durumlara yol açabilir.

Diğer taraftan istatistiksel proses kontrolün sağladığı yararlar şu şekilde gösterilmektedir³¹:

- ✓ Potansiyel hataların oluşmasını önler.
- ✓ Hataların erken yakalanmasına yardımcı olur.
- ✓ Kontrol maliyetlerinin azaltılmasını sağlar.
- ✓ Ürün kalitesinde ve üretimde süreklilik sağlar.
- ✓ Ürüne duyulan güvenle birlikte, müşteri memnuniyetinin artmasına yardımcı olur.
- ✓ Ürün ve proseste meydana gelen değişkenliğin hemen fark edilmesini sağlayarak kalite de oluşan farklılıkları azaltır.
- ✓ Çalışanların karar verme kabiliyetini kazanmalarına ve karar aşamasında sürece katılımlarını arttırmaya yardımcı olur.

3.4.1. İstatistiksel Proses Kontrole Geçiş Aşamaları

Daha önce belirtildiği gibi üst yönetimin katkısı istatistiksel proses kontrol üzerinde önemli bir yer kaplamaktadır. Bu aşamada üst yönetim SPC uygulamasını yürütecek olan personelin veya personellerin gerekli eğitimleri almasını sağlamalıdır. Daha sonra ürün karakteristiği belirlenmelidir. Ürün üzerinde en çok etkiye sahip olan kritik özellik belirlenip SPC çalışmaları yapılmalıdır. Diğer taraftan, proses içerisinde neler olması gerektiği, nelerin değiştirilebileceğini, prosesin ne kadar güvenilir olduğu gibi sorulara cevap aranarak proses analizi yapılmalıdır. SPS için kritik özelliğe sahip olan gözlemler arasından alt gruplar oluşturulmalı ve oluşturulan bu alt gruplar arasındaki değişkenlik izlenmelidir.

³¹ Erkan İŞİĞİÇOK, *Toplam Kalite Yönetimi Bakış Açısıyla İstatistiksel Kalite Kontrol*, Ezgi Kitabevi Yayınları, Genişletilmiş 2.B., Bursa, 2012, s.152.

3.4.2. İstatistiksel Proses Kontrol Grafikleri

Süreç geliştirmede en önemli araç kontrol grafikleridir.³² Kontrol grafikleri, proseste yer alan problemlere ilişkin fikir sahibi olmamızı ve sürecin iyi çalışıp çalışmadığını da görmemizi sağlamaktadır. Kontrol grafiklerinin amacı, sürecin ortalamasını ve süreç içerisindeki değişkenliği takip etmek ve hem ortalamayı hem de değişkenliği kontrol altına almaktır.

Prosesteeki değişkenlikler özel ve genel neden olmak üzere iki çeşitte incelenmektedir. Genel nedenlerden kaynaklanan değişkenlikler, süreç içerisinde olma olasılığı olan, kolay bir şekilde çözüme ulaşılabilen, süreç içerisindeki hataların ortak yönüdür. Özel nedenlerden kaynaklanan değişiklikler ise kontrol grafiklerinin asıl kullanıldığı noktalardır. Bunlar tahmin edilemeyen, hata düzeltilmesine rağmen, tekrar ortaya çıkabilen nedenler oldukları için prosesin istatistiksel olarak kontrol altına alınması isteniyorsa, özel nedenlere odaklanılarak nedenlerin ortadan kaldırılması sağlanmalıdır.

Prosesteeki değişikliklerin kontrolünün sağlanmasında birçok grafikten yararlanılmasına rağmen genel olarak iki tür kontrol grafiği kullanılmaktadır.³³ Prosesten elde edilmiş olan veriler ölçülebilir nitelikteyse; nicel kontrol grafikleri, veriler ölçülebilir nitelikte değilse nitel kontrol grafiklerinden yararlanılmaktadır. Dolayısıyla hangi grafiğin kullanılması gerektiğine karar verilirken, ilk olarak kullanım amacı değerlendirilmelidir. Daha sonra değişkenler belirlenerek gerekli grafik türü seçilmelidir. Uygulanacak olan grafik türünün doğruyu yansıtabilmesi adına örneklem hacmi belirlenir. Örneklem seçimi için bir zamanlama çizelgesi hazırlanır ve örneklem sayısı belirlenerek, Tablo 3.2'deki kontrol grafiklerinin uygulanmasına başlanır.

³² İrfan Ertuğrul, *Toplam Kalite Kontrol Kalite Güvenliği ve ISO 9000 Standartları Toplam Kalite Yönetimine İlişkin Bir İşletme Uygulaması*, Bursa: Ekin Yayınevi, 3.Baskı, 2014, s. 207.

³³ Ahmet Öztürk, *Kalite Yönetimi ve Planlanması*, Bursa: Ekin Yayınevi, 2009, s. 319.

Tablo 3.2 : Kontrol Grafikleri

<u>Nicel Kontrol Grafikleri</u>	<u>Nitel Kontrol Grafikleri</u>
✓ I - MR grafikleri	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Binom dağılımı için kullanılan grafikler • p grafikleri np grafikleri
✓ \bar{X} - R grafikleri	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Poisson dağılımı için kullanılan grafikler • u grafikleri c grafikleri
✓ \bar{X} -s grafikleri	

3.4.3. Nicel Kontrol Grafikleri

Daha öncede değinildiği gibi ölçülebilen süreçlerde kullanılan grafiklerdir. Bir anlamda seçilecek değerler ölçülebilen özelliklerden oluşmalıdır. Bu grafik türü normal dağılıma sahip veriler için uygulanmaktadır. Tablo 3.2’de de görüldüğü gibi, nicel kontrol grafikleri I-MR, \bar{X} - R ve \bar{X} -s olmak üzere, üç şekilde sınıflandırılır. Şimdi bu üç grafik türü hakkında kısa bilgi verelim.

I - MR grafikleri : Bireysel gözlem değerleri ve hareketli aralık kontrol grafikleridir. Söz konusu grafikte I tek bir ölçümün yapıldığını belirtirken, MR hareketli range değerinin kısa zaman içindeki ölçümünü vermektedir. Diğer taraftan bu grafik türü n=1 olan ve ardışık iki değer range’ini izlemek için uygulanmaktadır. I kontrol grafiğinin kontrol sınırları,

$$UCL_I : \bar{X} + 3\overline{MR}/d_2 \quad (3.6)$$

$$CL_I : \bar{X} \quad (d_2 \text{ değeri sabit bir katsayıdır.}) \quad (3.7)$$

$$LCL_I : \bar{X} - 3\overline{MR}/d_2 \quad (3.8)$$

şeklinde iken;

MR kontrol grafiğinin kontrol sınırları şöyledir :

$$UCL_{MR} : D_4 \overline{MR} \quad (3.9)$$

$$CL_{MR} : \overline{MR} \quad (D_3 \text{ ve } D_4 \text{ değişen sabit değerlerdir.}) \quad (3.10)$$

$$LCL_{MR} : D_3 \overline{MR} \quad (3.11)$$

\bar{X} - R grafikleri : Nicel kontrol grafikleri arasında en yaygın kullanılan ve etkili sonuç veren ortalama ve aralık kontrol grafikleridir. \bar{X} aritmetik ortalamayı verirken, R değeri de çekilen gözlem değerleri arasındaki en büyük ve en küçük değerlerin farkını vermektedir. Söz konusu süreç içerisinde, değişikliklerin daha net izlenebilmesi için örneklem sayısı 25'den büyük olmalıdır. Bu grafik türü örneklem hacminin 2 ile 9 arasında olan veriler için uygulanmaktadır. Burada sözü edilen \bar{X} kontrol grafiğinin sınırları,

$$UCL_{\bar{X}} : \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad (3.12)$$

$$CL_{\bar{X}} : \bar{\bar{X}} \quad (3.13)$$

$$LCL_{\bar{X}} : \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad (3.14)$$

şeklinde iken, R kontrol grafiğinin kontrol sınırları şöyledir :

$$UCL_R : D_4 \bar{R} \quad (3.15)$$

$$CL_R : \overline{MR} \quad (3.16)$$

$$LCL_R : D_3 \bar{R} \quad (3.17)$$

Burada $A_2 = \frac{3}{d_2 \sqrt{n}}$ ve d_2 değeri sabit bir katsayıdır. Ayrıca, D_3 ve D_4 sabit değerlerdir.

\bar{X} - s grafikleri : Ortalama ve standart sapma kontrol grafikleri süreç içerisindeki değişimleri ortaya çıkarmada etkili olduğu halde hesaplanması da bir o kadar zordur. Örneklemelerin ortalamalarının ve standart sapmalarının kontrolü için uygulanan

grafiklerdir. Bununla birlikte örneklem hacmi 10 veya daha fazla olan veriler için kullanılmaktadır ve ortalama kontrol grafikğinin kontrol sınırları,

$$UCL_{\bar{X}} : \bar{\bar{X}} + A_3\bar{s} \quad (3.18)$$

$$CL_{\bar{X}} : \bar{\bar{X}} \quad (3.19)$$

$$LCL_{\bar{X}} : \bar{\bar{X}} - A_3\bar{s} \quad (3.20)$$

şeklinde iken, s kontrol grafiğinin kontrol sınırları şöyledir :

$$UCL_s : B_4\bar{s} \quad (3.21)$$

$$CL_s : \bar{s} \quad (3.22)$$

$$LCL_s : B_3\bar{s} \quad (3.23)$$

Burada $A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}}$, c_4 değeri değışen sabit katsayıdır. Ayrıca, D_3 ve D_4 sabit değerdendir.

3.4.4. Nitel Kontrol Grafikleri

Niteliksel kontrol grafikleri sayısal olarak ölçülemeyen, iyi - kötü, geçer - geçmez, kabul- ret gibi kategorik olarak sınıflandırılabilen değışimler için kullanılan grafiklerdir. Kullanılan veriler kesikli dağılım özelliğİ içermektedir. Binom ve poisson dağılımına dayalı grafiklerden oluşmaktadır. Söz konusu grafiklerden hatalı ürünler için kullanılanlar p ve np grafikleri iken, üründe bulunan hatalar için kullanılan grafikler c ve u grafikleridir.

p grafiğİ : Örnekleme de oluşun oluşun hata oranlarının belirlendiğİ grafiklerdir. Bu alt grup sayıları sabit veya değışken olabilmektedir. Değışkenliğın net bir şekilde fark edilebilmesi için örneklem hacmi büyük olmalıdır. Ürünün tamamı veya tek bir özelliğİ için bu grafik kullanılabilir. p grafiğinden elde edilen dağılımın ortalaması binom dağılımına dayanmaktadır. Örneğın kabul edilebilir-kabul edilemez, geçer-geçmez gibi süreçlerin kontrolünde p grafiğİ kullanılmaktadır. Prosesten elde edilen bilgiler doğrultusunda ürüne ait veriler kayıt altına alınmalıdır.

p grafiği yorumlanırken hata oranın kontrol sınırları içerisinde olup olmadığı incelenmektedir. Eğer kontrol sınırları içerisindeyse süreç kontrol altında, değilse sınır içerisinde olmayan prosese müdahale edilerek kontrol altına alınması sağlanmalıdır. P kontrol grafiğinin kontrol sınırları şöyledir:

$$UCL_p : \bar{p} + 3 * \sqrt{\bar{p}(1 - \bar{p})/n} \quad (3.24)$$

$$CL_p : \bar{p} \quad (3.25)$$

$$LCL_p : \bar{p} - 3 * \sqrt{\bar{p}(1 - \bar{p})/n} \quad (3.26)$$

Burada parametre = p ve orta çizgi = $\bar{p} = \frac{\sum_i^n p_i}{n}$ şeklindedir.

np grafiği : Örneklemlerden oluşan hatalı ürün sayısının belirlendiği grafiklerdir. Örneklem hacmi sabit olduğunda ya da belirli zaman aralıklarında örneklem hacimleri birbirine eşit olduğunda kullanılır. p grafiğinde olduğu gibi değişkenliği belirlemek adına örneklem hacmi $n \geq 50$ olmalıdır. Bu grafik türü de binom dağılımında kullanılmaktadır. np grafiğinin yorumu p grafiğinin yorumuyla benzerdir.

np kontrol grafiğinin kontrol sınırları şöyledir:

$$UCL_{np} : n\bar{p} + 3 * \sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})/n} \quad (3.27)$$

$$CL_{np} : n\bar{p} \quad (3.28)$$

$$LCL_{np} : n\bar{p} - 3 * \sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})/n} \quad (3.29)$$

Burada parametre = np ve orta çizgi = $n\bar{p}$ şeklindedir.

c grafikleri : c değeri, belirli sayıda gözlenen örneklemdeki hata sayısıdır. örneklem sayısı sabitse c grafiği kullanılabilir. Birim başına hata sayıları dikkate alındığı için poisson dağılımı kullanılmaktadır. Grafikte yer alan noktalar kontrol sınırları içerisindeyse süreç doğru bir şekilde çalışıyor demektir. Kontrol sınırları dışına

çıkılırsa, o noktadaki süreçte gerekli düzeltici önlemler uygulanarak süreç kontrol altına alınmalıdır.

c kontrol grafiğinin kontrol sınırları şöyledir:

$$UCL_c : \bar{c} + 3 * \sqrt{\bar{c}} \quad (3.30)$$

$$CL_c : \bar{c} \quad (3.31)$$

$$LCL_c : \bar{c} - 3 * \sqrt{\bar{c}} \quad (3.32)$$

Burada parametre = c ve orta çizgi = $\bar{c} = \frac{\sum_j^k c_j}{k}$ şeklindedir.

u grafikleri : u değeri, belirli sayıda gözlenen örnekteki birim başına düşen hata sayısıdır. c grafiği gibi bu grafik türü de poisson dağılımında kullanılmaktadır. Örneklem sayısı sabit veya değişken olduğu durumlarda kullanılır. Bu grafik sonuçlarına göre kontrol dışına çıkan noktalara müdahale edilip gerekli düzeltici önlemler alınmalı ve proses kontrol altına alınana kadar üretim başlatılmamalıdır.

u kontrol grafiğinin kontrol sınırları şöyledir:

$$UCL_u : \bar{u} + 3 * \sqrt{\bar{u}/n} \quad (3.33)$$

$$CL_u : \bar{u} \quad (3.34)$$

$$LCL_u : \bar{u} - 3 * \sqrt{\bar{u}/n} \quad (3.35)$$

Burada parametre = u ve orta çizgi = $\bar{u} = \frac{\sum_i^k u_i}{k}$ şeklindedir.

Buraya kadar olan açıklamalardan da anlaşılacağı üzere kullanılan kontrol grafikleri sayesinde süreç takibi sağlanmaktadır. Prosesten elde edilen ölçümler değerlendirilerek kontrol sınırları dışına çıkan sonuçların nedenleri belirlenir ve tekrar bu tür nedenlerin oluşmaması için düzeltici veya önleyici faaliyetlerden yararlanır. Dolayısıyla ölçüm değerleri takip edilerek her bir ölçüm sonucu bir öncekiyle

karşılaştırılmalı ve sürekli iyileşmenin sağlanabilmesi için hatalar meydana gelmeden önlem alınması hedeflenmelidir.

3.4.5. Proses Yeterlilik Analizi

İstatistiksel proses kontrol uygulamalarının süreçte meydana gelen değişiklikleri gösterdiğini ve süreç hakkında bilgi sahibi olmamızı sağladığını belirtmiştik. Burada sözü edilen istatistiksel proses kontrolün müşteri isteklerini karşılamada uygun olup olmadığı ise proses yeterlilik analizi ile belirlenmektedir. Proseste üretilen ürünün spesifikasyonlar veya tolerans sınırları içerisinde üretim yapıp yapmaması, prosesin yeterliliği hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadır. Nitekim istatistiksel proses kontrolde sürecin kontrol altında olması ve sürecin yeterli olması en önemli iki koşuldur. Karar vermemize yardımcı olan katsayılar veya indeksler ise C_p ve C_{pk} 'dır.

C_p değeri değişkenlik göstergesidir. Bu değer spesifikasyon sınırları içerisinde ürün üretebilme derecesini göstermektedir.³⁴ Bu değer 1'den küçükse proses yetersiz, 1 ise proses yeterli fakat kontrol dışına çıkabilir, 1 ve 1,33 değeri arasında ise proses yeterli ancak izlenilmesine devam edilmeli, 1,33 den büyükse proses iyi ve spesifikasyonlar karşılanmaktadır. C_p değeri spesifikasyon aralığı içindeki sürecin uygunluğunu tahmin etmektedir.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{UCL - LCL} = \frac{\text{tolerans}}{6\sigma} \quad (3.36)$$

Burada, USL: üst spesifikasyon sınırını,

LSL: alt spesifikasyon sınırını,

UCL : üst kontrol sınırını ve

LCL : alt kontrol sınırını göstermektedir.

³⁴ Rıdvan Bozkurt, Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri, MPM Yayınları, Yayın No:630, 4.Basım,Ankara, 2003, s.148.

C_{pk} değeri proses yeterlilik göstergesidir. Prosesin ortalama hedefe göre dağılımını ve sınırlar içerisindeki dağılımını göstermektedir. C_{pk} değeri sürecin merkezlenme durumuna odaklandığı için iki yönlü proses yeterlilik göstergesidir.³⁵ Bu değer 1'den küçükse proses yetersiz ve spesifikasyon dışı üretim var, 1 ve 1,33 değeri arasında ise proses spesifikasyonları karşılıyor fakat hedeften uzaklaşmalar olursa hata yüzdesi artabilir, 1,33 den büyükse proses iyi ve spesifikasyonlar karşılanıyor.

$$C_{pk} = \frac{USL - \text{ortalama}}{3\sigma} = \frac{\text{ortalama} - LSL}{3\sigma} = \frac{Z_{MIN}}{3\sigma} \quad (3.37)$$

Nitekim C_p ve C_{pk} değerleri arasındaki farkın fazla olması ortalamanın hedeften sapmış olduğunu göstermektedir.

3.5. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA)

FMEA (HTEA) çalışmaları ilk 1960-1965 yılları arasında NASA'nın uygulamaya koyduğu Apollo projesinde aya insan indirmek için kullanılmıştır. 1965-1970 yılları arasında ise ABD silahlı kuvvetleri ortaya çıkan problemleri bir araya getirme ve bunların analiz edilmesinde FMEA' dan yararlanmışlardır. Yine 1970 - 1975 yılları arasında ABD uçak sanayinde, bilgisayar üretimlerinde ve Japon firması olan NEC endüstriyel uygulamalarda kullanılmıştır. 1977 yılında otomotiv endüstrisinde FORD tarafından uygulanmaya başlanmasıyla, General Motor ve Chrysler tarafından da standart olarak kabul edilmiştir.³⁶ Günümüzde de otomotiv, havacılık, nükleer enerji, iletişim, sağlık, turizm gibi birçok sektörde FMEA uygulamaları kullanılmaktadır.

FMEA, işletmenin zararına yol açabilecek hataların önceden tespit edilmesi ve sürecin başında müdahale edilip hataların giderilmesi için önlemler alınmasını sağlayan bir tekniktir. FMEA uygulaması sayesinde, potansiyel hatalar ve bu hataların etkileri belirlenerek hataya neden olan etkenler araştırılır ve çözümü için yapılacak faaliyetler

³⁵ Bozkurt, a.g.e., s. 147.

³⁶ Gürsakal, a.g.e., s. 187.

planlanır. Bir anlamda FMEA uygulamalarıyla firmaları başarısızlığa iten öncelikli etkenler belirlenmektedir. Söz konusu başarısızlığa neden olan riskler ortaya konur ve başarısızlığın ortadan kaldırılması için öncelikler belirlenir. FMEA güvenilirliğin oluşmasında en önemli analiz yollarındandır. Nitekim ürün üretilirken en önemli unsur müşteri memnuniyetinin sağlanmasıdır. Bu durum üretilen ürüne olan kalite güvencesinin sağlanmasıyla oluşur.

FMEA'nın kullanıldığı alanlar şu şekildedir:

- ✓ Bir süreç,ürün, hizmet veya sistem ilk olarak tasarlandığında,
- ✓ Mevcut sistem üzerinde yeni değişiklikler meydana geldiğinde,
- ✓ Değişikliğe uğrayan sürecin başlatılmasında,
- ✓ Var olan süreçte kontrol planları oluşturulurken,
- ✓ Mevcut sistemde oluşan hataların belirlenmesinde,
- ✓ Süreç,ürün veya hizmetin ömrü boyunca belirli aralıklarla izlenmesinde.

3.5.1. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Yararları

FMEA firma içerisinde süreç, ürün veya hizmette meydana gelebilecek hataların ortaya çıkmasını sağlar. Bulunan hataların etkilerinin anlaşılmasına ve nedenlerinin araştırılmasına fırsat tanır. Ne var ki, firmanın sürekli iyileştirme çalışmalarına yardımcı olmaktadır. Kritik önceliklerin belirlenmesini sağlayarak ürün kalitesinin artmasına, risklerin azaltılmasına ve güvenilirliğin artmasına katkı sağlamaktadır. Proses analizinin yapılmasına yardımcı olduğu için hataları baştan önleyerek ürünün oluşturulma zamanını ve maliyetini düşürür. Müşteri memnuniyeti, rekabet gücü ve firmanın imajında artış olmasına yardımcı olur. Nitekim önceliklerin belirlenmesi ve düzeltmelerin yapılması için yol göstericidir. Düzeltici ve önleyici faaliyetlerin başlatılmasını sağlamaktadır.

3.5.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi Türleri

FMEA uygulama alanlarına ve amaçlarına göre sistem FMEA, tasarım FMEA, servis FMEA ve proses FMEA olmak üzere dörde ayrılmaktadır. Şimdi bu FMEA türleri hakkında kısaca bilgi verelim.

Sistem FMEA : Bu FMEA çeşidi tasarım veya ilk defa belirlenen kavram üzerine sistemlerin analizinde kullanılmaktadır. Sistem kalitesinin aktif olarak çalıştırılması amacıyla uygulanmaktadır. Sistem aksaklıklarından dolayı oluşan kalitesizliklerle ilgilenmektedir. Sistem gerekliliklerine göre kalitenin iyileştirilmesi çalışmalarını destekler.

Tasarım FMEA : Üretim veya montaj proseslerinde uygulamaya başlamadan önce ne gibi problemler olabileceğine yönelik uygulamaları kapsamaktadır. Bu FMEA türü tasarımda oluşabilecek hataların engellenmesi, ihtiyaçların belirlenmesi, üretim veya montaj tasarımlarının planlanması, tasarımdaki kritik özelliklerin belirlenmesi, tasarım değişikliklerinin belirlenmesi, tasarımda iyileştirme sağlanabilmesi için sistem geliştirir. Amaç tasarımda meydana gelen hataları minimize ederek, kalitenin artırılması ve sürekliliğinin sağlanmasıdır. Tasarım FMEA, ürünle ilgili özellikler belirlendikten sonra ama tasarımı için imalat onayı verilmeden önce başlatılmalı ve hedefler belirlenmelidir.

Servis FMEA : Servisin veya hizmetin müşterilere ulaşmadan önce analizinin yapıpı memnuniyetin artırılması ve iyileştirmenin sağlanması için uygulanmaktadır. Servis FMEA'nın amacı sistemde oluşan yetersizlikleri belirlemek, kontrol planlarının daha ileri düzeye çıkarılmasına yardımcı olmak, güvenilirlik, kalite ve sürekliliğin sağlanmasını sağlamaktır.

Proses FMEA : Üretim veya montaj proseslerinin analiz edilmesi ve şartların iyileştirilmesi için sistem oluşturur. İmalat süreçlerinde oluşan hataların önlenmesine odaklanır. Proses FMEA türleri arasında en çok kullanılan uygulamadır. Hatalı ürün üretimini azaltmak için öncelik sırasının belirlenmesini sağlamaktadır. Proses FMEA'ya proses onayı verilmeden önce fizibilite aşamasında başlanmalıdır. Diğer taraftan bu başlangıç önemli hatalarla karşılaşınca, müşteri isteğine göre veya proseslerde değişiklik yaşandığı ya da değişiklik ihtiyacına başvurulduğu zaman da başlatılabilir. Yapılacak olan proses FMEA prosesin tamamına uygulanabileceği gibi tek bir bölüm içinde uygulanabilir. İlk olarak herkes tarafından bilinen bir proses akışı diyagramı hazırlanmalı ve ayrıntılı inceleme yapılmalıdır. Problemin araştırılması ve önlenmesi için müşteri profili belirlenmelidir. En az 3, en fazla 8 kişiden oluşan çalışma ekipleri kurulmalıdır. Ekipte yer alan kişiler prosese hakim olmalı ve gereken kurallara

uymalıdır. Ekip lideri seçilmeli ve çalışmanın nasıl ilerlemesi gerektiği hakkında yönlendirici olmalıdır. Ekip potansiyel hataları belirlemeli, bu hataların sebeplerini ve nelere neden olacağını incelemelidir. Gerekli durum tespitleri yapıldıktan sonra analizler yorumlanmalı ve değerlendirmeler sonuçlandırılmalıdır. Gerekli görülen düzeltici faaliyetler belirlenmeli ve uygulanmalıdır.

3.5.3. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Yorumlanması

FMEA analizinde önemli olan hataların engellenmesidir. Bundan dolayı belirli öncelikler ortaya konulmalıdır. Önceliklerin ortaya konulması aşamasında olasılık, şiddet ve saptanabilirlik değerleri önem arz etmektedir.

Bu önceliklerden biri olan olasılık değeri, hatanın gerçekleşme sıklığıdır. Söz konusu hataya neden olan faktörler belirlenir ve bunların oluşma sıklıklarına göre 1 ile 10 arasında dereceler verilmektedir. Şiddet değeri ise hatanın müşteri üzerinde oluşan etkisini vermektedir. Potansiyel hata türünü değişmediği sürece şiddet değerinde bir farklılık oluşmayacaktır. Şiddet değeri de 1 ile 10 arasında derecelendirilmektedir. Son olarak saptanabilirlik değeri, parçada oluşabilecek hatanın üretim veya montaj hattından çıkmadan önce, müşteriye ulaşmadan önce tespitinin yapılmasıdır. Saptanabilirliğin tespit edilmesi için 1 ile 10 arasında derecelendirme yapılmalıdır. Yapılan bu derecelendirme sonuçlarının çarpımı ile risk öncelik sayısına ulaşılmaktadır. 1 ile 10 arasında değer alan olasılık, şiddet ve saptanabilirlik değerlerini çarpımlarından elde edilen ve 1 ile 1000 arasında değer alabilen RÖS (risk öncelik sayısı) değeri şöyle hesaplanır:

$$RÖS = \text{Olasılık} * \text{Şiddet} * \text{Saptanabilirlik} \quad (3.38)$$

Kuruluşlar bu RÖS değerine göre odaklanılması gereken önceliklerini belirledikleri için bulunan RÖS değeri 100'den fazla ise kesinlikle düzeltici faaliyetlere başlanarak gerekli önlemler alınmalıdır. Nitekim üç değer de ortada 5 puan olsa, çarpımı 125 olur ve birisi 5'in altında 4 olursa $5*5*4=100$ değeri elde edilir.

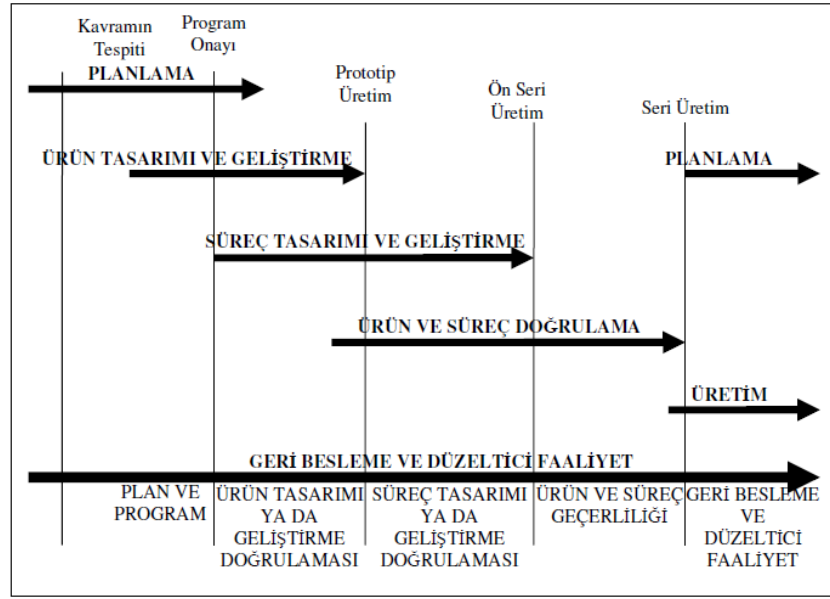
3.6. İLERİ ÜRÜN KALİTE PLANLAMASI (APQP)

İleri ürün kalite planlamasının (APQP) uygulanmasının amacı müşteri memnuniyetinin sağlanacağı düzeyde kalite planının ürün, hizmet veya süreçlerin geliştirilmesine destek olacak şekilde hazırlanmasıdır. Hazırlanan bu kalite planı sayesinde, müşteri ile ortak bir dil oluşturulmuş olur ve iletişim kolaylaşır. Yapılan çalışmalar sonucu çıkan ürüne göre, müşteri memnuniyetinin derecesi göz önüne alınarak sürekli iyileştirme sağlanmaya çalışılmaktadır. Müşteriye kısa zamanda, daha az maliyetle kaliteli ürün sunmak için sistem geliştirmiştir.

APQP uygulanırken, üst yönetim gerekli olan kaynakları tedarik etmeli ve kapasiteyi belirlemelidir. Nitekim iş planlamasını yapacak ve tüm üretim detaylarına hakim bir ekip lideri belirlenmelidir. Sorumluluk ve yetki atamaları yapılarak kimin, neyi, ne zaman, ne kadar süre içinde yapacağı belli olmalıdır. İç ve dış müşteriler belirlenmelidir. Gerekli olan yöntem, personel, tedarikçi, malzeme tanımlamaları yapılmalıdır. İstenen tasarımın yapılabiliği, güvenilirliği, kritik özellikleri ve üretim sürecinin kontrol edilebilirliğinin sağlanıp sağlanamayacağını değerlendirilmesi yapılmalıdır. Sürece başlarken kalite için maliyet ve zaman da değerlendirmeye alınmalıdır. İş planının yapılması aşamasında zaman aralığı belirlenmelidir.

3.6.1. İleri Ürün Kalite Planlamasının Aşamaları

Daha öncede bahsedildiği üzere müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin zamanında karşılanması firmaların yapacakları herhangi bir proseste başarıya ulaşmalarıyla doğru orantılıdır. Başarıya ulaşabilmek için firmalar ileri ürün kalite planlamasını bir zaman dilimi şeklinde aşama aşama yürütmelidir. Şekil 3.5' de ileri ürün kalite planlamasının aşamaları gösterilmektedir.



Şekil 3.5 : APQP Aşamaları³⁷

Şekil 3.5 incelendiğinde, APQP'nin 5 aşamadan oluştuğu görülür. Bu aşamalar sırasıyla Planlama, ürün tasarımı ve geliştirme, proses tasarımı ve geliştirme, ürün ve proses onayı, geri besleme, değerlendirme ve düzeltici faaliyetler biçimindedir. Şimdi bu aşamalar hakkında sırasıyla kısa bilgiler verelim.

Planlama : APQP'de öncelikle planlama aşamasının girdileri olan müşteriden gelen şikâyetler, öneriler, memnuniyetler gibi geri bildirimler dikkate alınmalıdır. Ekip bu gelen geri bildirimlere göre, ürün üretimine başlarken ürünle ilgili gerekli kriterlerini belirlemelidir. Daha önce bu tarz bir ürün üretimi oldu mu, üretimde ne gibi hatalarımız oldu, neleri yanlış yaptık vb. gibi sorular ile nasıl bir hedef üzerinden ilerleneceği belirlenmelidir. Müşteri talepleri veya yönetimin yapmak istediği projelere göre pazar stratejileri belirlenmelidir. Zaman, yatırım, bütçe, ciro ve rekabet gibi faktörlere göre iş planı hazırlanmalıdır. Eksikliklerin belirlenmesi ve bunların giderilmesi için planlar yapılmalıdır. Ürün ve süreç kabulü gerçekleştirildikten sonra ürünün güvenilirliği test edilmelidir. Ürünün ömrü, yedek parçasının olması, tamiri vb. gibi birçok özellik irdelenmelidir. En son müşteriden satış sonrası kullanımı, beklentileri karşılama oranı, müşteri kontrolleri sonuçları gibi bilgiler alınmalıdır.

³⁷ Mehmet Ali Toker, *Otomotiv Tedarik Zincirine Yönelik ISO/TS 16949:2002 Kalite Yönetim Sistemi ve Hayes Lemmerz İnci Alüminyum Jant Fabrikasında Uygulanması*, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2007, s. 108.

Planlama aşamasının çıktılarına baktığımızda güvenilirlik ve kalite hedefleri tanımlanmalıdır. Geçici malzeme planları oluşturulmalıdır. Eski tecrübelerden de yararlanılarak, geçici bir proses akış planı hazırlanmalıdır. Müşterilerin belirlemiş olduğu özel ürün veya süreçteki kritik özellikler belirlenmelidir. Sürdürülebilirliğin sağlanması için ürün güvence planı hazırlanmalıdır.

Ürün Tasarımı ve Geliştirme : Bu aşamada planlama sonrası tasarım ve karakteristikler incelenmektedir. Müşteri istekleri de dikkate alınarak tasarım FMEA oluşturulmalıdır. Ürünün üretime uygunluğu ve montaj tasarımı ile ilgili araştırmalar yapılmalıdır. Ürünü standarda uygunluğu ile ilgili doğrulamalar yapılmalıdır. Nitekim istenilen plan dahilinde ilerlenip ilerlenmediğini görmek adına tasarım gözden geçirilmesi gerekmektedir. Tasarım FMEA sonuçlarına göre, bir prototip kontrol planı oluşturulmalıdır. Teknik resimler, yasal şartlar, toleranslar, teknik spesifikasyonlar, malzeme özellikleri, özel ürün ve proses karakteristikleri, ölçüm cihazları ile ilgili kontroller takip edilmelidir.

Proses ve Geliştirme : Proses ve geliştirme aşaması, ürün tasarım geliştirme süreciyle eş zamanlı başlamaktadır. Bu süreç ile artık yan sanayide işin içine girmektedir. Paketleme ile ilgili standartlar belirlenmektedir. Kalite yönetim sistemi referans alınarak değişiklikler yapılırken, gerekli spesifikasyonlar, teknik resim, şartnameler, formlar, kontrol planları gibi dokümanlar oluşturulmaktadır. Ürün proses akış planına uyularak sevkiyata hazır duruma getirilir. İşletme içerisindeki yerleşim planları düzenlenir. Diğer taraftan proses FMEA'ya başvurularak risk analizi yapılır. Seri üretime başlanmadan önce potansiyel hataları görmek adına ön seri kontrol planları takip edilir. Proses ile ilgili tüm bilgileri içeren proses talimatları oluşturulur. Ölçüm sistemleri analizi planı yapılarak ölçüm cihazları ve karakteristikler tanımlanır. Son olarak üst yönetiminde katılacağı bir toplantı ile süreç hakkındaki bilgiler paylaşılır.

Ürün ve Proses Onayı : Ürün ve proses onayı çıktılarına baktığımızda, ön seri üretim süreci ile seri üretim öncesi kendimizi test etmiş olmaktayız. Bu aşamada MSA ile değerlendirmeler yapılırken, SPC ile de firmalar karakteristikleri üzerine proses yeterliliği çalışmaları yapmaktadırlar. Üretim parçası onay süreci ile parçanın uygunluğundan emin olununca, ürün özelliklerine göre gerekli olan üretim geçerlilik testleri yapılır. Ürünün paketlenme sürecine ait değerlendirmeler yapıldıktan sonra,

üretim kontrol planları ile seri üretim çıktısının değerlendirilmesini ve kontrol planının yenilenip değişikliklerin yapılması sağlanır. En son kalite planları onaylanır ve yönetime sunulur.

Geri Besleme, Değerlendirme ve Düzeltici Faaliyet : Bu aşamada değişkenlik nedenleri araştırılarak azaltılması için çalışmalar yapılmaktadır. Eksiklikler düzeltici faaliyetler ile giderilerek, müşteri memnuniyeti arttırılmaya çalışılır. Nihai kullanıcıya problemsiz ürün göndermek adına, sevkiyat ve hizmet performansı arttırılır. En baştan son ana kadar gereken tüm ölçümler kontrol planları ile incelenmektedir.

3.7. ÜRETİM PARÇASI ONAY PROSESİ (PPAP)

Firmaların müşteri beklentilerini anlayarak, bunların karşılanması için gerekli faaliyetlerin oluşturulacağına teminatını veren bir uygulamadır. PPAP uygulaması ile üretim standart hale getirilmektedir. PPAP sayesinde tasarım bütünlüğü görülerek, problemler erken fark edilmekte ve kalitesizlik maliyetlerinin önüne geçilmesi sağlanmaktadır. Diğer taraftan PPAP; yeni ürünün devreye alınmasında, üründeki yapısal farklılıklarda, onaylanmış olan üründen farklı bir malzeme kullanıldığında, kullanılan ekipmanın yer değiştirmesi, tedarik kaynaklarındaki değişiklikler, proses akış şemasının değişmesi durumunda ve üretim sürecinin başlangıç aşamasında hazırlanmalıdır.

PPAP uygulaması beş seviyeli sunum şeklinde gerçekleşmektedir. Birinci seviye, parça sunum garanti mektubu ve görünüm parçası onay raporunu içeren en alt seviyedir. İkinci seviye, parça sunum garanti mektubu, numune parçaları ve kısıtlı verileri içerisinde barındırır. Üçüncü seviye, parça sunum garanti mektubu, numune parçalar ve bütün verilerden oluşmaktadır. Dördüncü seviye, parça sunum garanti mektubu, müşterinin belirlediği şartları içerir. Beşinci seviye tedarikçilerin yapmış olduğu en kapsamlı sunumdur. Parça sunum garanti mektubu, numune parçalar ve tedarikçi tarafından gözden geçirilmesi gereken tüm dokümanlar bulunmaktadır.

PPAP için gerekli dokümanlar aşağıdaki gibidir :

- ✓ Tasarım kayıtları (parça teknik resimleri, parça malzeme listesi vb. bunların gizliliği önemlidir.)
- ✓ Onaylı mühendislik değişiklik dokümanları (üretimde, parçada veya ekipmanda gerçekleşen değişiklikler henüz mühendislik kayıtlarına geçmemiş olsa da kuruluşun elinde bulunmalıdır. Müşteriler değişiklik taleplerini form, ön yazı vb. şekillerde belirtebilirler.)
- ✓ Müşteri mühendislik onayı (müşteri değişiklik talebine karşı verilen bir cevaptır.)
- ✓ Tasarım FMEA (risk önceliklerini ve risklerin önlenmesi için gereken faaliyetleri içerir.)
- ✓ Proses akış şeması (kuruluş tüm üretim proses adımlarını ve sırasını net olarak gösteren bir şema oluşturmalıdır.)
- ✓ Proses FMEA (hataların etkileri ve nedenleri belirlenir. Ürün kalite planlaması aşamasında ve üretime başlanmadan önce yürütülmelidir.)
- ✓ Kontrol planı (prototip, ön seri, seri üretimi kapsar.)
- ✓ MSA çalışması (kontrol planlarında bulunan nicel ve nitel ölçümler için yapılır.)
- ✓ Boyutsal sonuçlar (buradaki sonuçlar İPK değer sonuçlarıyla aynı olmalıdır.)
- ✓ Malzeme/performans test sonuçları
- ✓ Ön proses çalışması (yapılabilirlik , performans seviyesinin müşteri veya kuruluş tarafından tüm özel karakteristikleri için kabul edilebilirliği tespit edilir.)
- ✓ Laboratuvar yeterlilik dokümanları
- ✓ Görünüm parçası onay raporu

- ✓ Numune üretim parçası (müşterinin istediği kadar ve istediği şekilde sağlanmalıdır.)
- ✓ Şahit numune (müşterinin önceden istediği numuneler arasından seçerek tedarikçisine belirttiği parçadır.)
- ✓ Kontrol ekipmanları (müşteri tarafından talep edildiğinde parçaya özel ekipmanlar onay için sunulmaktadır.)
- ✓ Müşteri özel istekleri
- ✓ Parça sunum garanti mektubu - PSW (gerekli kayıtlar olmadan seri üretime başlanamaz.)

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

IATF 16949:2016 STANDARINDA KALİTENİN İSTATİSTİKSEL TEKNİKLERLE İYİLEŞTİRİLMESİNE İLİŞKİN BİR UYGULAMA (MSA VE SPC)

4.1. IATF 16949:2016'DA MSA VE SPC KULLANIMININ AMACI

Çalışmamızın teorik bölümlerini içeren ilk üç bölümde, IATF 16949:2016'da kullanılan istatistiksel ve istatistiksel olmayan 5 teknik genel olarak teorik seviyede anlatılmıştır. Bu tekniklerden FMEA, APQP ve PPAP teknikleri IATF standardının istatistiksel olmayan teknikleridir. Buna karşılık MSA ve SPC analizleri ise istatistiksel teknikler olarak kullanılmaktadır. Bu bölümde, IATF 16949:2016 standardında kullanılan iki istatistiksel tekniğin uygulaması yapılacaktır.

Böylece, IATF 16949:2016 standardında yer alan MSA ve SPC tekniklerinin firmaların kalite iyileştirme performansları üzerinde ne tür etkileri olduğu incelenecektir. Söz konusu iki teknik, iki ayrı firma bünyesinde gerçekleştirilmiştir. MSA tekniğinin kullanımının amacı, proseslerde ölçüm cihazları ile yapılan ölçümlerin ne kadar doğru olduğunun değerlendirilmesi ve ölçüm sisteminin yeterli olup olmadığının irdelenmesi adına istatistiksel yöntemler kullanılarak ortaya konulması iken, SPC'nin kullanımının amacı ise prosesinde veya üründe meydana gelen değişiklikler ve eğilimlerin neden kaynaklandığını bularak bunların hataya yol açmadan düzeltilmesini sağlamaktır. Bu çalışmanın sonucunda, otomotiv sektöründe veya otomotiv sektörü standardını uygulayacak olan kuruluşların, kullanacakları MSA ve SPC tekniklerini kendi bünyelerine entegre ederek, firma kalite yönetimi ve kalitenin iyileştirilmesi üzerine olan performansının etkisini daha iyi görebilmeleri sağlanacaktır.

4.2. ÖLÇÜM SİSTEMLERİ ANALİZİ (MSA) UYGULAMASI

4.2.1. Attribute MSA Uygulaması

Teorik bölümde de değinildiği gibi, ölçüm sistemleri analizi ölçüm sonucunun nitel veya nicel olmasına bağlı olarak, Attribute R&R ve Gage R&R şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Ölçüm sistemleri analizinin uygulamasında, X firmasının Renault HS

parçasına ait yırtık ürünün olup olmadığı (Kabul/Red) tespit edilmeye çalışılmıştır. Ölçüm (gözlem) sonucunun işleminin kabul ve red olmak üzere nitel verilerden oluşması nedeniyle Attribute MSA uygulanmasına karar verilmiştir.

Çalışma MİNİTAB programına gerekli veriler girilerek uygulanmıştır. Bu amaçla, 3 operatör, 50 parçayı 3 tekrar ile ölçmüş ve 450 ölçüm yapılmıştır. Uygulamada kullanılan parçalar 1'den 50'ye kadar PARÇA değişkeni ile operatörler A, B ve C olmak üzere OPERATÖR değişkeni ile operatörün 1 (Kabul) ve 0 (Red) kararı (değerlendirmesi) de SONUÇ değişkeni olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, söz konusu 50 parçanın uzman tarafından değerlendirilmiş sonuçları da REFERANS değişkeni olarak tanımlanmıştır. Söz konusu tanımlamalar Minitab'da Ekran 4.2.1'deki gibi yer almaktadır.

	C1	C2-T	C3	C4
	PARÇA	OPERATÖR	SONUÇ	REFERANS
1	1	A	1	1
2	2	A	1	1
3	3	A	0	0
4	4	A	1	1
5	5	A	0	0
6	6	A	1	1
7	7	A	0	0
8	8	A	1	1
9	9	A	0	0
10	10	A	1	1
11	11	A	1	1
12	12	A	0	0
13	13	A	1	1
14	14	A	1	1
15	15	A	1	1
16	16	A	1	1
17	17	A	0	1
18	18	A	1	1
19	19	A	1	1
20	20	A	1	1
21	21	A	1	1
22	22	A	0	0
23	23	A	1	1
24	24	A	1	1
25	25	A	1	1
26	26	A	1	1

	C1	C2-T	C3	C4	C5
	PARÇA	OPERATÖR	SONUÇ	REFERANS	
26	26	A	1	1	
27	27	A	1	1	
28	28	A	1	1	
29	29	A	1	1	
30	30	A	0	0	
31	31	A	1	1	
32	32	A	0	0	
33	33	A	1	1	
34	34	A	0	0	
35	35	A	1	1	
36	36	A	1	1	
37	37	A	0	0	
38	38	A	1	1	
39	39	A	0	0	
40	40	A	1	1	
41	41	A	1	1	
42	42	A	0	0	
43	43	A	1	1	
44	44	A	1	1	
45	45	A	0	0	
46	46	A	1	1	
47	47	A	0	0	
48	48	A	0	1	
49	49	A	1	1	
50	50	A	1	0	
51	1	A	1	1	

	C1	C2-T	C3	C4
	PARÇA	OPERATÖR	SONUÇ	REFERANS
51	1	A	1	1
52	2	A	1	1
53	3	A	0	0
54	4	A	1	1
55	5	A	0	0
56	6	A	1	1
57	7	A	0	0
58	8	A	1	1
59	9	A	0	0
60	10	A	1	1
61	11	A	1	1
62	12	A	0	0
63	13	A	1	1
64	14	A	1	1
65	15	A	1	1
66	16	A	1	1
67	17	A	0	1
68	18	A	1	1
69	19	A	1	1
70	20	A	1	1
71	21	A	1	1
72	22	A	0	0
73	23	A	1	1
74	24	A	1	1
75	25	A	1	1
76	26	A	1	1

Ekran 4.2.1: Verilerin Minitaba Girilmesi (450 verinin ilk 76'sı)

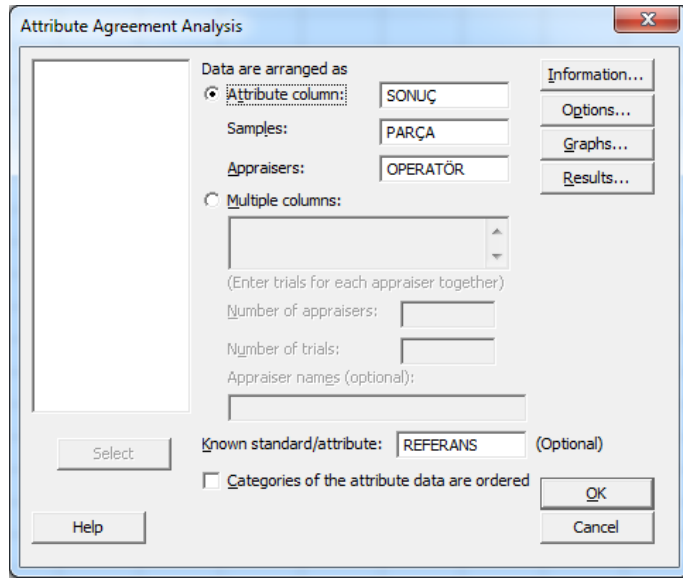
Ekran 4.2.1'de 450 veriden oluşan veri tabanında PARÇA (C1) değişkeninin ilk 50'si 1'den 50'ye kadar devam etmekte ve 50'den sonra tekrar 1'den 50'ye kadar ikinci tekrar ölçüm sonuçları devam etmektedir. OPERATÖR (C2) sütunu ise ilk 150 veri A, sonraki 150 veri B ve son 150 veri C operatörü şeklinde devam etmektedir. SONUÇ (C3) değişkeninde ise her bir operatörün ilgili ilk 50, ikinci 50, üçüncü 50 parçaya ilişkin kabul veya red sonuçları yer almaktadır. Nihayet, REFERANS (C4)

değişkeninde ise 50'şerli parçaların uzman tarafından değerlendirilen sonuçları yer almaktadır.

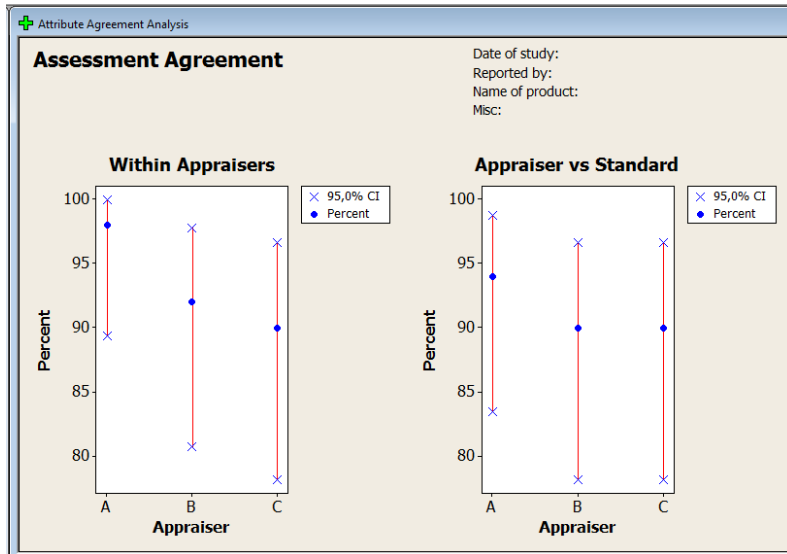
Minitab'a Ekran 4.2.1'deki veriler girildikten sonra,

Stat > Quality Tools > Attribute Agreement Analysis >

komutu uygulanır ve Ekran 4.2.2'de açılan iletişim kutusuna gerekli bilgiler girilerek Ok düğmesine tıklanır. Böylece, Ekran 4.2.3'deki bulgulara ulaşılır.



Ekran 4.2.2 : Minitab Attribute R&R Ekranı



Ekran 4.2.3: Değerlendirme Uyumu

Ekran 4.2.3'deki bulgular incelendiğinde, iki ayrı yapıda sonuçların olduğu görülür. Grafiğin sol kısmında (Within Appraisers), A, B ve C olmak üzere, 3 operatörün (appraisers) kendi içlerindeki ortalama uyum (uyumşa-aggreement) yüzdelerinin %95 güven aralıkları görülmektedir. Bu durumda, operatörlerin ortalama uyum yüzdelerinin sırasıyla A için %98, B için %92 ve C için %90 olarak bulunmuştur. Bu bulgu, ölçülen 3'er tekrardan oluşan 50'şer parçaya ilişkin yapılan değerlendirmelerin uyum yüzdelerini ifade eder. A'nın kendi içindeki ortalama uyum yüzdesi yüksek olmasına karşın, ortalama uyum yüzdesinin güven sınırları da diğer iki operatöre göre oldukça dar olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, ortalama uyum yüzdeleri üç operatör için de yüksek bulunmuştur. Ayrıca, A operatörünün değişkenliği daha az ve uyum yüzdesi daha yüksek bulunur iken, B ve C operatörlerinin değişkenliği fazla olup kendi içlerinde uyumlu olduğu söylenebilir.

Grafiğin sağ kısmının (Appraisers vs Standard) bize verdiği bulgu ise, 3 operatörün her birinin Referans (Standard, uzman) değere göre ortalama uyum yüzdelerinin %95 güven aralıklarıdır. Sonuçlar incelendiğinde, A operatörü ile standard arasında %94 uyum var iken, B ve C operatörlerinin her biri ile standart arasında %90 uyum bulunmuştur. Sonuç olarak, 3 operatörün değerlendirmelerinin referans değere yakın ve tutarlı olduğu söylenebilir.

Diğer taraftan, yapılan analiz sonucunda iletişim kutusu olarak açılan Ekran 4.3 dışında, Session alanında da Ekran 4.2.4'deki bulgulara ulaşılmıştır.

Session					
Attribute Agreement Analysis for SONUÇ					
Within Appraisers					
Assessment Agreement					
Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI	
A	50	49	98,00	(89,35; 99,95)	
B	50	46	92,00	(80,77; 97,78)	
C	50	45	90,00	(78,19; 96,67)	
# Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.					
Fleiss' Kappa Statistics					
Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
A	0	0,970000	0,0816497	11,8800	0,0000
	1	0,970000	0,0816497	11,8800	0,0000
B	0	0,877451	0,0816497	10,7465	0,0000
	1	0,877451	0,0816497	10,7465	0,0000
C	0	0,845073	0,0816497	10,3500	0,0000
	1	0,845073	0,0816497	10,3500	0,0000

Ekran 4.2.4: Sonuç için Özellik Uyum (Uyuşma) Analizi

Daha önce teorik bölümde de bahsedildiği üzere, Fleiss Kappa Statistics değeri ikiden daha fazla operatör arasındaki uyum ölçülürken kullanılmaktadır. Grafikte de operatörlerin kabul ve red oranlarındaki kappa değerlerine baktığımızda, %75'den büyük olduğu için operatörlerin kendi içlerindeki uyumun iyi olduğu sonucuna varılabilir. Bu bulgu, daha önceki grafiğin yorumu ile benzerlik göstermektedir. Diğer taraftan SE Kappa değeri, Kappa'nın standart hatası olup, tahminin kesinliğini ölçmektedir. Standart hata ne kadar küçükse, tahminin o kadar kesin olduğu söylenir. Ayrıca, hem kabul hem red için ve her 3 operatör için hesaplanan Kappa değerleri ve standart hataları dışında, z ve p değerleri de yer almaktadır. P değerlerinin %5'ten küçük olması nedeniyle, tüm durumlar için %5 seviyesinde istatistiksel açıdan anlamlı farklılık olduğu söylenebilir.

Diğer taraftan, operatör ile standart arasındaki etkinliğe ilişkin bulgular Session alanının devamında olup bulgular Ekran 4.2.5'te yer almaktadır.

Session					
Each Appraiser vs Standard					
Assessment Agreement					
Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI	
A	50	47	94,00	(83,45; 98,75)	
B	50	45	90,00	(78,19; 96,67)	
C	50	45	90,00	(78,19; 96,67)	
# Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.					

Ekran 4.2.5: Operatörler ile Standart Arasındaki Uyum

Ekran 4.2.5'deki Percent değeri, operatörlerin standarda göre etkinlik değerini vermektedir. Buradaki etkinlik değeri, doğru değerlendirilen parça sayısının toplam ölçüm sayısına bölünmesi ve sonucun 100 ile çarpılmasıyla bulunur. Etkinlik değeri, operatörün ne derece doğru karar verdiğinin göstergesi olarak yorumlanmaktadır. Buradan hareketle, A operatörü etkinliği %94 olarak hesaplanır iken, B ve C operatörlerinin her birinin etkinlikleri %90 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgular, operatörlerin toplam ölçümdeki etkinlik değerlerinin oldukça yüksek bulunduğu söylenebilir. Bu da operatörlerin verdikleri kararın doğruluğunun yüksek olduğu anlamına gelir. Burada sözü edilen etkinlik şöyle hesaplanır:

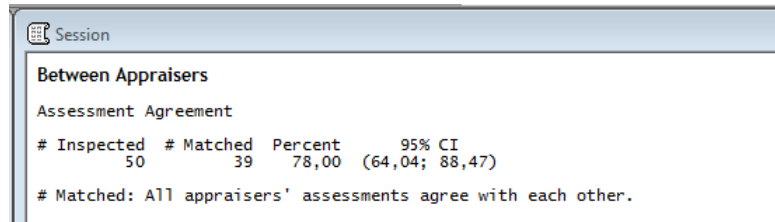
$$Etkinlik(E) = \frac{\text{Doğru değerlendirilen parça sayısı}}{\text{Toplam ölçüm}}$$

Ekran 4.2.5'deki etkinlik değerlerinin elle hesaplanmış şekli şöyledir:

Tablo 4.1: Etkinlik Değerlerinin El ile Hesaplanması

$E_A = \frac{47}{50} = 0,94$	$E_B = \frac{45}{50} = 0,90$	$E_C = \frac{45}{50} = 0,90$
------------------------------	------------------------------	------------------------------

Bununla birlikte, operatörlerin kendi aralarındaki uyuma ilişkin bulgular Ekran 4.2.6'daki gibi gerçekleşmiştir.



# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
50	39	78,00	(64,04; 88,47)

Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

Ekran 4.2.6: Operatörlerin Kendi Aralarındaki Uyum

Between Appraisers (operatörler arasında) tablosu, operatörlerin 50 ölçümden 39'nu doğru olarak değerlendirdiklerini göstermektedir. Bu durumda Kappa değeri %78 bulunur ve %78 oranındaki Kappa değerinin %75'den büyük olması nedeniyle, operatörlerarası birlikte uyumun iyi olduğu söylenebilir. Dolayısıyla analize bu veriler kullanılarak devam edilmelidir.

Hesaplanan Kappa değerinin nasıl hesaplandığını da irdelemekte yarar vardır.

$P_o = \text{gözlenen (gerçekleşen) değerlerin toplamı}$

$P_e = \text{beklenen (teorik) değerlerin toplamı}$ olmak üzere,

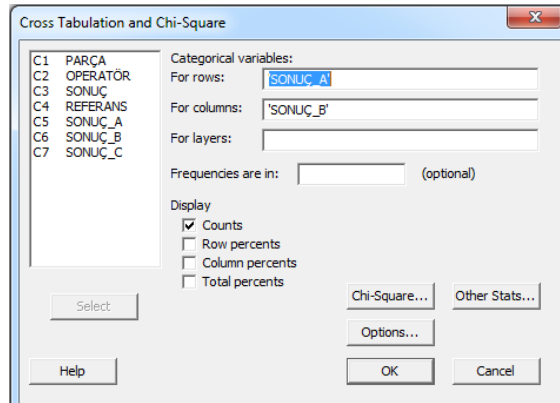
Kappa değeri şöyle hesaplanır :

$$Kappa = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e} < 1$$

Operatörler için Kappa değerlerini hesaplanırken, Minitab'a ;

Stat > Tables > Cross Tabulation and Chi Square..

komutu uygulanır ve Ekran 4.2.7 'deki iletişim kutusuna gerekli bilgiler girilerek Ok düğmesine tıklanır. Böylece Ekran 4.2.8'deki bulgulara ulaşılır.ilişkin Tablo 4.2'deki bulgulara ulaşılmıştır.



Ekran 4.2.7: A ve B Operatörlerinin Çapraz Tablolanması

Tabulated statistics: SONUÇ_A; SONUÇ_B

Rows: SONUÇ_A Columns: SONUÇ_B

	0	1	All
0	45	5	50
1	3	97	100
All	48	102	150

Cell Contents: Count
Expected count

Kappa 0,878788

Ekran 4.2.8: A ve B Operatörlerine ait Çapraz Tablolama ve Kappa Değeri

Ekran 4.2.8'de A ve B operatörlerine ait Kappa değerlerinin nasıl bulunduğuna ilişkin Tablo 4.2'deki bulgulara ulaşılmıştır.

Tablo 4.2: A ve B Operatörü Çapraz Tablosu ve Kappa Değerinin El ile Hesaplanması

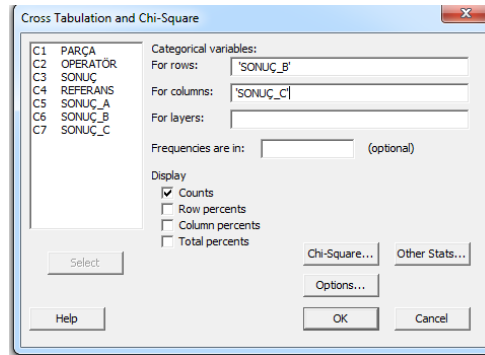
			B		Total
			0	1	
A	0	Sayım	45	5	50
		Beklenen Sayım	16,0	34,0	50,0
	1	Sayım	3	97	100
		Beklenen Sayım	32,0	68,0	100,0
Total		Sayım	48	102	150
		Beklenen Sayım	48,0	102,0	150,0

$$P_o = \frac{45}{150} + \frac{97}{150} = 0,3 + 0,647 = 0,946$$

$$P_e = \frac{16,0}{150} + \frac{68,0}{150} = 0,106 + 0,453 = 0,559$$

$$kappa = \frac{0,946 - 0,559}{1 - 0,559} = \frac{0,387}{0,441} = 0,87$$

Ekran 4.2.8'de de görüldüğü üzere A ve B operatörlerine ait Kappa değeri 0,87 şeklinde hesaplanmıştır. Ulaşılan bu değer, A ve B operatörleri arasında uyumun yüksek ve güçlü olduğunu göstermektedir. Buradan hareketle diğer operatörler (B ve C) için de sırasıyla aynı şekilde çapraz tablolama ve Kappa değerleri bulunacaktır.



Ekran 4.2.9: B ve C Operatörlerinin Çapraz Tablolama

Tabulated statistics: SONUÇ_B; SONUÇ_C

Rows: SONUÇ_B Columns: SONUÇ_C

	0	1	All
0	43 15,04	5 32,96	48 48,00
1	4 31,96	98 70,04	102 102,00
All	47 47,00	103 103,00	150 150,00

Cell Contents: Count
Expected count

Kappa 0,861368

Ekran 4.2.10: B ve C Operatörlerine ait Çapraz Tablolama ve Kappa Değeri

Ekran 4.2.10'da B ve C operatörlerine ait Kappa değerlerinin nasıl bulunduğuna ilişkin Tablo 4.3'deki bulgulara ulaşılmıştır.

Tablo 4.3: B ve C Operatörü Çapraz Tablosu

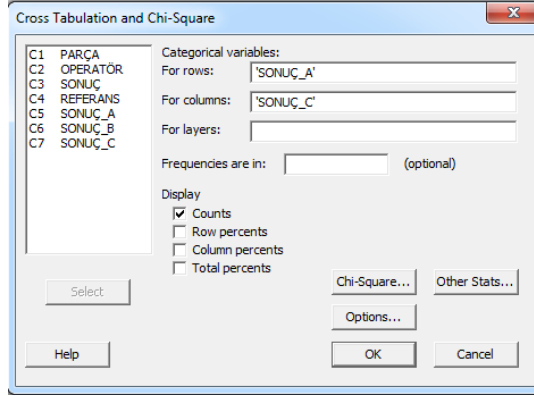
			C		Total
			0	1	
B	0	Sayım	43	5	48
		Beklenen Sayım	15,0	33,0	50,0
	1	Sayım	4	98	102
		Beklenen Sayım	32,0	70,0	102,0
Total		Sayım	47	103	150
		Beklenen Sayım	47,0	103,0	150,0

$$P_0 = \frac{43}{150} + \frac{98}{150} = 0,286 + 0,653 = 0,939$$

$$P_e = \frac{15,0}{150} + \frac{70,0}{150} = 0,1 + 0,466 = 0,566$$

$$kappa = \frac{0,936 - 0,566}{1 - 0,566} = \frac{0,37}{0,434} = 0,86$$

Ekran 4.2.10'da görüldüğü üzere B ve C operatörlerine ait Kappa değeri 0,86 şeklinde hesaplanmıştır. Ulaşılan bu değer, B ve C operatörleri arasında uyumun yüksek ve güçlü olduğunu göstermektedir. Buradan hareketle diğer operatörler (A ve C) için de sırasıyla aynı şekilde çapraz tablolama ve Kappa değerleri bulunacaktır.



Ekran 4.2.11: A ve C Operatörlerinin Çapraz Tablolanması

Tabulated statistics: SONUÇ_A; SONUÇ_C

Rows : SONUÇ_A Columns : SONUÇ_C

	0	1	All
0	44 15,67	6 34,33	50 50,00
1	3 31,33	97 68,67	100 100,00
All	47 47,00	103 103,00	150 150,00

Cell Contents: Count
Expected count

Kappa 0,862944

Ekran 4.2.12: A ve C Operatörlerine ait Çapraz Tablolama ve Kappa Değeri

Ekran 4.2.12'de A ve B operatörlerine ait Kappa değerlerinin nasıl bulunduğuna ilişkin Tablo 4.4'deki bulgulara ulaşılmıştır.

Tablo 4.4: A ve C Operatörü Çapraz Tablosu

			C		Total
			0	1	
A	0	Sayım	44	6	50
		Beklenen Sayım	15,7	34,3	50,0
	1	Sayım	3	97	100
		Beklenen Sayım	32,0	68,7	100,0
Total		Sayım	47	103	150
		Beklenen Sayım	47,0	103,0	150,0

$$P_o = \frac{44}{150} + \frac{97}{150} = 0,293 + 0,646 = 0,939$$

$$P_e = \frac{15,7}{150} + \frac{68,7}{150} = 0,104 + 0,458 = 0,562$$

$$kappa = \frac{0,936 - 0,562}{1 - 0,562} = \frac{0,374}{0,438} = 0,86$$

Ekran 4.2.12'de görüldüğü üzere A ve C operatörlerine ait Kappa değeri 0,86 şeklinde hesaplanmıştır. Ulaşılan bu değer, A ve C operatörleri arasında uyumun yüksek ve güçlü olduğunu göstermektedir. Genel olarak denilebilir ki, üç operatöründe birbirleri ile olan çapraz tabloları sonucu kappa değerleri %75'den fazla olduğu için uyumları yüksek ve güçlü sonucuna varılmaktadır.

Tabulated statistics: SONUÇ_A; REFERANS K				Tabulated statistics: SONUÇ_B; REFERANS K				Tabulated statistics: SONUÇ_C; REFERANS K			
Rows: SONUÇ_A	Columns: REFERANS K			Rows: SONUÇ_B	Columns: REFERANS K			Rows: SONUÇ_C	Columns: REFERANS K		
	0	1	All		0	1	All		0	1	All
0	44	6	50	0	43	5	48	0	43	4	47
	15	35	50		14,40	33,60	48,00		14,10	32,90	47,00
1	1	99	100	1	2	100	102	1	2	101	103
	30	70	100		30,60	71,40	102,00		30,90	72,10	103,00
All	45	105	150	All	45	105	150	All	45	105	150
	45	105	150		45,00	105,00	150,00		45,00	105,00	150,00
Cell Contents:	Count Expected count			Cell Contents:	Count Expected count			Cell Contents:	Count Expected count		
Kappa	0,892308			Kappa	0,890966			Kappa	0,905956		

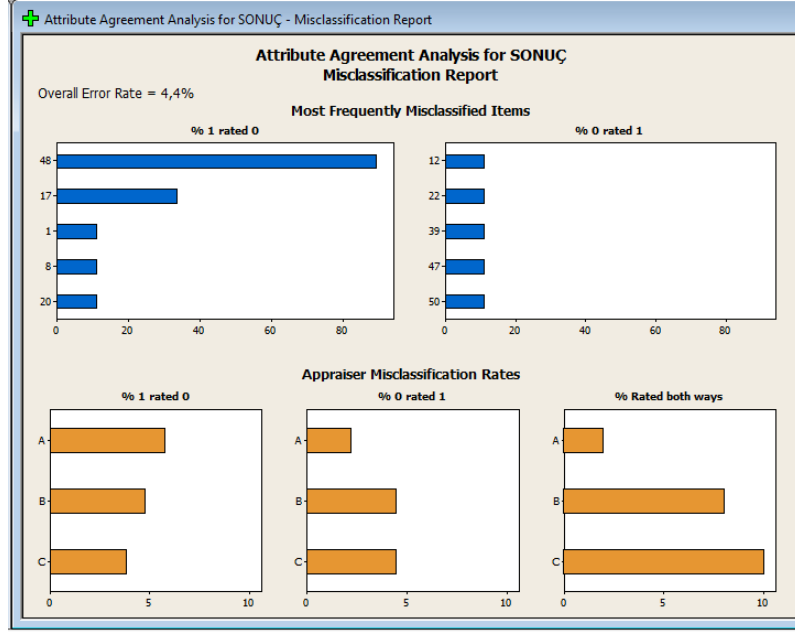
Ekran 4.2.13: Operatörler ile Referans Değer Arası Kappa Değeri

Kappa değeri yüksek olan operatörlerin ayrıntılı sonuçlara ulaşmak için :

Asistant > Measurement Systems Analysis > Attribute Agreement Analysis

komutu girilir ve Ekran 4.2.14'e açılan iletişim kutusuna gerekli bilgiler girilerek Ok düğmesine tıklanır. Böylece, Ekran 4.2.15'deki bulgulara ulaşılır.

Ekran 4.2.14: Genel Sonuçlar için Attribute R&R Ekranı



Ekran 4.2.15 : Sonuçlar için Özellik Analizi ve Yanlış Sınıflandırma Raporu

Ekran 4.2.15'deki bulgular incelendiğinde Most Frequently Misclassified Items tablosunda (en sık hatalı sınıflandırılmış parçalar) sağ tarafta yer alan sonuçlar operatörlerin, 48., 17., 1., 8., 20. no.lu parçalara ait sonuçlara Kabul iken Red yanıtını verdiklerini (yanlış alarm olasılığı, probability of false), sağ tarafta yer alan sonuçlar ise operatörlerin 12., 22., 39., 47., 50. no.lu parçalara Red iken Kabul (gözden kaçırma olasılığı, probability of miss) yanıtını göstermektedir.

Ekran 4.2.15'deki Appraiser Misclassification Rates tablosu (alt kısımdaki tablo, operatörlerin hatalı sınıflandırma oranları) ise operatörlerin yanlış alarm ve gözden kaçırma yüzdeleri hakkında bilgi vermektedir. %1 rated 0 (Kabul parçaların Red Yüzdeleri) tablosuna bakıldığında, operatörler içinde A operatörünün parçaları Kabul iken Reddetme yüzdesinin diğer operatörlere göre daha fazla olduğunu ve A operatörünün parça kontrollerinde daha temkinli (hassas, katı) davrandığı sonucuna ulaşılmaktadır. %0 rated 1 (Red parçaların Kabul Yüzdeleri) tablosunda ise, B ve C operatörlerinin A operatörüne göre Red parçayı Kabul etme yüzdesi, firmada gereksiz ek maliyetlere sebep olacağı için B ve C operatörlerine gerekli eğitimlerin verilmesi sonucuna götürmektedir.

%Rated both ways (Hem Kabul parçaların Red hem de Red parçalarınKabul yüzdeleri) tablosu bize B ve C operatörlerinin hem kabul hem reddetme hatalarının A operatörüne göre oldukça fazla olduğunu gösterir. Bu sonuçlar doğrultusunda B ve C operatörlerine gerekli eğitimler verilmeli ve yapılan hatalar azaltılmaya çalışılmalıdır. Burada sözü edilen yanlış alarm ve gözden kaçırma değerleri şu şekilde hesaplanır:

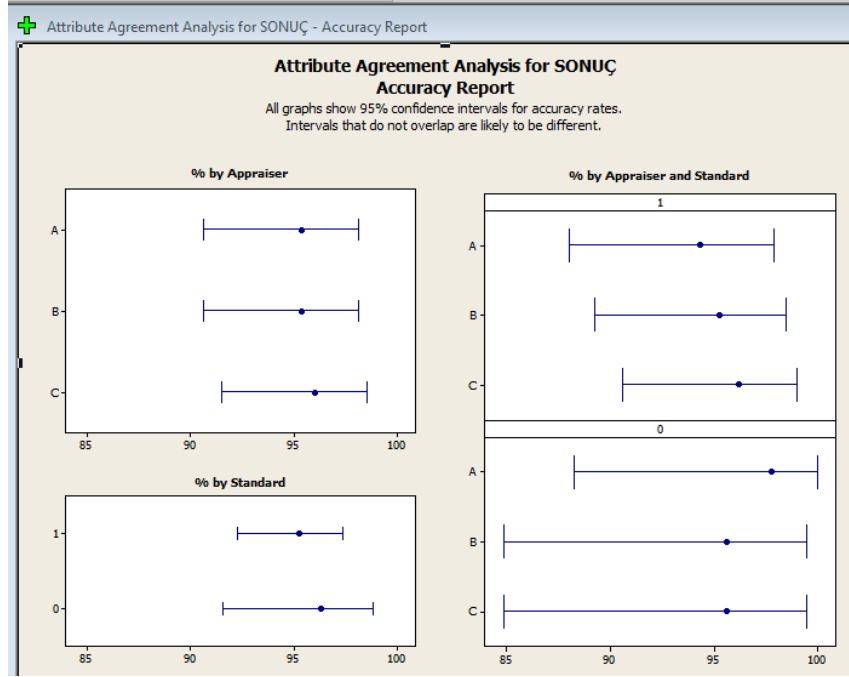
$$\text{yanlış alarm}(P_{fa}) = \frac{\text{yanlış alarm sayısı}}{\text{uygun olması gereken ölçüm sayısı}}$$

$$\text{gözden kaçırma}(P_{miss}) = \frac{\text{gözden kaçırma sayısı}}{\text{uygun olmaması gereken ölçüm sayısı}}$$

Tablo 4.5 : Operatörlerin Yanlış Alarm ve Gözden Kaçırma Değerlerinin Hesaplanması

Operatörler	P_{fa}	P_{miss}
A	6/35*3=0,0571	1/15*3=0,022
B	5/35*3=0,0476	2/15*3=0,044
C	4/35*3=0,038	2/15*3=0,044

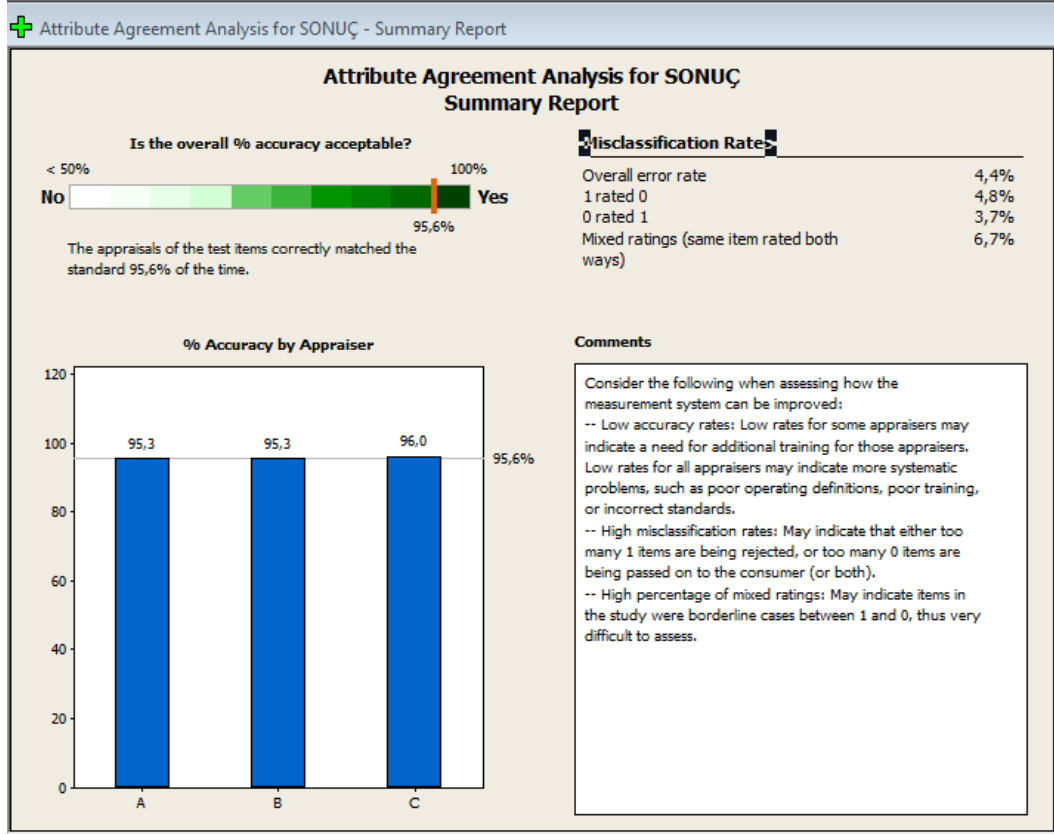
Diğer taraftan, operatörlerin değerlendirme sonuçları için Özellik Analizi ve Doğruluk Raporu Ekran 4.2.16'da yer almaktadır.



Ekran 4.2.16 : Sonuçlar için zellik Analizi ve Doğruluk Raporu

Ekran 4.2.16'da tüm grafiklerin doğruluk oranları için %95 güven aralıkları gösterilmiştir. %by appraiser (Opeatrler doğruluk yüzdesi) tablosu, operatörlerin genel doğruluk yüzdeleri birbirine yakın olduğunu vermektedir. % by appraiser and standard (Operatörler ile Referans doğruluk yüzdesi) tablosunda, operatörler ve standart arasındaki kabul oranlarının doğrulukları birbirleriyle paralellik gösterilmiş, red oranları tablosunda A opertr B ve C operatörüne göre farklılık göstermesine rağmen hemen hemen benzer gözlem sonuçlarına ulaşmışlardır. %by Standard tablosu da, referans değerdeki Kabul ve Red yüzdelerinin güven sınırlarını göstermektedir.

Son olarak, sonuçlar için nitelik değerlendirme analizi zet raporu da Ekran 4.2.17'deki gibi gerçekleşmiştir.



Ekran 4.2.17 : Sonuçlar için Özellik Analizi ve Özet Raporu

Ekran 4.2.17'de yukarıda sol üstte gösterilen yatay çubuk, operatörlerin toplam doğruluk oranını göstermektedir ve bu oran %95,6 olarak bulunmuştur. Bu durum yatay çubuğun hemen yanındaki alanda (Missclassification Rate) da görüleceği gibi genel hatalı sınıflandırma oranının (Overall error rate) %4,4 olduğu anlamına gelir. Misclassification rates raporuna göre, operatörlerin Kabul etmesi gereken parçaların %4,8'ini Reddedtiği ve reddetmesi gereken parçaların da %3,7'sini kabul ettiği söylenebilir. Operatörlerin hem kabul parçaların red hem de red parçaların kabulü yönündeki hatalarının yüzdesi de %6,7 olarak bulunmuştur.

Son olarak, %Accuracy by appraiser (operatörlerin doğruluk yüzdeleri) tablosu bulgularına göre, A ve B operatörlerinin doğruluk yüzdeleri %95,3 iken, C operatörünün doğruluk yüzdesi %96 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgular, operatörlerin doğruluk yüzdeleri arasında önemli bir farklılık olmadığı sonucuna ulaşılabilir.

Buraya kadar olan açıklamalardan da anlaşılacağı üzere MSA, değişimdeki birimleri değerlendirilmesiyle ne kadarının ölçüm sisteminden kaynaklı olduğunu

belirlemeye çalışmaktadır. Prosese girmeden önce veya iyileştirme çalışmaları yapılmadan önce ölçüm verilerinin güvenilir olup olmadığı MSA ile belirlenerek sürece devam edilmelidir.

4.2.2. Gage R & R MSA Uygulaması

Ölçüm sistemleri analizinde diğer bir uygulama da, nicel verilerden yaralanılan Gage R & R analizidir. Yapılacak olan bu analizde, Piston Gas Springs firmasının boru parçasına ait boru boyunun ortalama değeri incelenmiştir. Bu amaçla 10 parça, 3 operatör, 3 tekrar ile ölçülmüş ve 90 ölçüm yapılmıştır. Uygulamada kullanılan parçalar 1'den 90'a kadar parça değişkeni, operatörler A, B ve C olmak üzere operatör değişkeni ve operatörlerin ölçüm sonuçları ise ölçüm değişkeni olarak tanımlanmıştır. Veriler Minitab programında incelenmiş ve Ekran 4.2.18'deki gibi tanımlanmıştır.

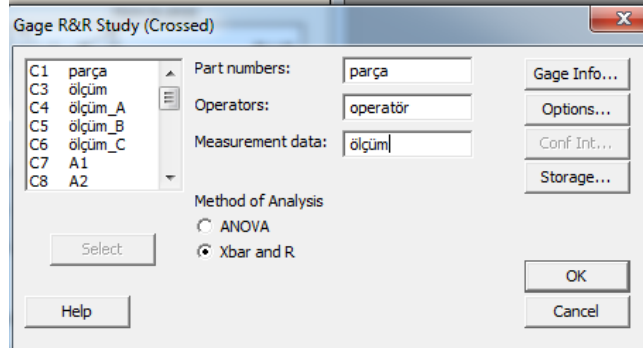
↓	C1	C2-T	C3	↓	C1	C2-T	C3	↓	C1	C2-T	C3	↓	C1	C2-T	C3
	parça	operatör	ölçüm		parça	operatör	ölçüm		parça	operatör	ölçüm		parça	operatör	ölçüm
1	1	A	320,02	26	6	A	319,99	51	1	B	320,02	76	6	C	319,99
2	2	A	320,00	27	7	A	320,00	52	2	B	320,00	77	7	C	320,00
3	3	A	320,01	28	8	A	319,99	53	3	B	320,01	78	8	C	319,99
4	4	A	320,02	29	9	A	320,01	54	4	B	320,02	79	9	C	320,01
5	5	A	319,98	30	10	A	320,01	55	5	B	319,98	80	10	C	320,01
6	6	A	320,00	31	1	B	320,02	56	6	B	320,00	81	1	C	320,02
7	7	A	320,00	32	2	B	320,00	57	7	B	320,00	82	2	C	320,00
8	8	A	319,99	33	3	B	320,01	58	8	B	320,00	83	3	C	320,01
9	9	A	320,01	34	4	B	320,02	59	9	B	320,01	84	4	C	320,02
10	10	A	320,01	35	5	B	319,98	60	10	B	320,01	85	5	C	319,98
11	1	A	320,02	36	6	B	319,99	61	1	C	320,02	86	6	C	319,99
12	2	A	320,00	37	7	B	320,00	62	2	C	320,00	87	7	C	320,00
13	3	A	320,01	38	8	B	319,99	63	3	C	320,01	88	8	C	319,99
14	4	A	320,02	39	9	B	320,01	64	4	C	320,02	89	9	C	320,01
15	5	A	319,98	40	10	B	320,01	65	5	C	319,98	90	10	C	320,01
16	6	A	319,99	41	1	B	320,01	66	6	C	319,99	91			
17	7	A	320,00	42	2	B	320,00	67	7	C	320,00	92			
18	8	A	319,99	43	3	B	320,01	68	8	C	319,99	93			
19	9	A	320,01	44	4	B	320,02	69	9	C	320,01	94			
20	10	A	320,01	45	5	B	319,98	70	10	C	320,01	95			
21	1	A	320,02	46	6	B	319,99	71	1	C	320,02	96			
22	2	A	320,00	47	7	B	320,00	72	2	C	320,01	97			
23	3	A	320,01	48	8	B	319,99	73	3	C	320,01	98			
24	4	A	320,02	49	9	B	320,01	74	4	C	320,01	99			
25	5	A	319,98	50	10	B	320,01	75	5	C	319,98	100			
26	6	A	319,99	51	1	B	320,02	76	6	C	319,99	101			

Ekran 4.2.18: Verilerin Minitab'a Girilmesi

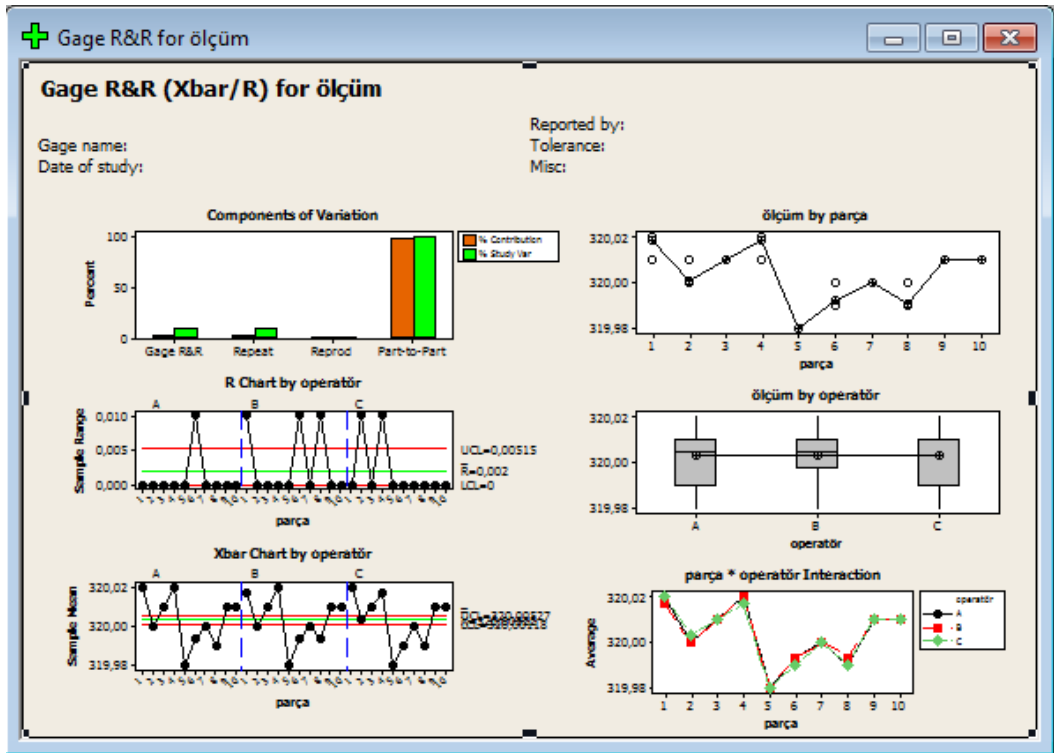
Veriler yukarıdaki gibi minitaba girildikten sonra,

Stat > Quality Tools > Gage Study > Gage R&R Study (crossed)...

komutu uygulanır ve gelen iletişim kutusuna gerekli bilgiler aşağıdaki gibi girilerek Ok tıkları. Daha sonra Ekran 4.2.20'deki ölçüm sonuçlarına ulaşılır.



Ekran 4.2.19: Minitab Gage R&R Ekranı



Ekran 4.2.20: Ölçüm için Gage R & R Sonuçları

Ölçüm için Gage R & R sonuçları (Gage R & R Xbar/R for ölçüm), ölçüm sisteminin hızlı bir şekilde değerlendirilmesi ve ölçüm hatası kaynaklarından gelen değişimler hakkında bilgi vermektedir. Varyasyon bileşenleri (Components of Variation) tablosuna bakıldığında, parçadan parçaya (part to part) değişkenliğin tekrar edilebilirlik (repeat) ve tekrar üretilebilirlik (reprod) sonuçlarından elde edilen değişkenlikten daha yüksek olduğunu görülmektedir. Gage R & R ölçümündeki katkı yüzdesi (%Contribution) sütunu parçadan parçaya (Part-to-Part) tablosundaki değişimin

%99,08 olduğunu gösterirken, bu değer toplam Gage R & R'dan (Total Gage R & R) daha büyük olduğu için varyasyonun büyük bir bölümü parçalardaki farklılıklardan kaynaklandığını açıklamaktadır. Bu sonuçlardan hareketle tekrar edilebilirlik ve tekrar üretilebilirlik sonuçlarına bakılarak ölçüm sistemine ait bir problemin olmadığı, parçadan parçaya değişiklik olduğu için bu konuda iyileştirme çalışmalarına gidilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır. Yine sonuçlara göre ölçüm sisteminde en büyük bileşen parça varyasyonudur ve ölçüm sistemimizde parça varyasyonu %99,54 olarak hesaplanmıştır. Bu değer Ekran 4.2.21'de ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Operatörlere göre aralık grafiğinde, R grafiği (R chart by operatör), tekrarlanabilirliği ve tekrar üretilebilirliği gösterirken, Xbar grafiği (Xbar chart by operatör) limitler içindeki parça değişimini göstermektedir. R grafiğinde yatay eksen örnek aralığı (sample range) yer alırken, dikey eksen operatörlerin her parçaya ait aralık değerleri noktalar şeklinde gösterilmektedir. Bu noktalar, her operatörün ölçmüş olduğu en büyük ve en küçük ölçümler arasındaki farkı vermektedir. Bir önceki grafikte de ulaşılan sonuçtan da hareketle parçadan parçaya değişimin söz konusu olması, R grafiğinde de noktalardan bazılarının kontrol dışına çıkmasına yol açmıştır. A operatörü 6. parçada, B operatörü 1., 6. ve 8. parçada, C operatörü 2. ve 4. parçalarda kontrol limitlerinin dışına çıkmıştır. Bu ölçüm, parçadan parçaya kaynaklanan değişimlere bağlı olarak tutarlı bir sonuç olmadığını ortaya koymaktadır.

Xbar grafiğindeki (Xbar chart by operatör) yatay eksen örneklem ortalamalarını (sample mean), dikey eksen ise operatörlerin her parçaya ait ölçmüş olduğu ortalama değerleri vermektedir. Burada yer alan noktalar, kontrol limitlerinin dışında kaldığı sürece ölçüm sisteminin iyi olduğunu ve parçalardaki değişimlerin kolaylıkla tespit edilebileceğini desteklemektedir. Birçok noktanın kontrol limitlerinin altında veya üstünde olması, parçadaki değişimin kısmen çok ve ölçüm varyasyonundan daha büyük olduğunu sonucuna götürmektedir.

Parçadan kaynaklanan varyasyon tablosu (ölçüm by parça), her parça için alınan ortalama ölçümleri vermektedir. Bu tabloya bakıldığında, bireysel noktaların birbirlerinden tekrar yayılmadığı görülmüştür. Bu yayılım, varyasyonun parçadan kaynaklandığını anlamamızı kolaylaştırmıştır.

Ölçüm by operatör tablosu, operatörlerin genel ortalamaları arasındaki farkları vermektedir. Kutu grafiğinde (box plot) her operatörün birinci ve üçüncü kartilleri, medyan değeri ve bu değerlerin ortalamaya göre nerede yer aldıkları gösterilmiştir. Diyagramdaki orta çizgi medyan değerini verirken, A ve B operatörünün medyan değerleri (320,005) aynı, C operatörünün medyan değeri (320,01) farklı hesaplanmıştır. Üç operatöründe ortalamaları 320,03 olmak üzere aynı bulunmuştur. A ve B operatörüne ait Q1 (birinci kartil) değeri 319,99 , Q3 (üçüncü kartil) değeri 320,01, C operatörüne ait Q1 (birinci kartil) değeri 319,99 , Q3 (üçüncü kartil) değeri 320,01 olarak hesaplanmıştır. Grafiğe göre B operatörünün ölçtüğü parçalar, A ve C operatörüne göre daha az değişkenlik göstermektedir. Burada istenen sonuç, ortalamalar arasında farkın olmaması yani düz bir çizginin olmasıdır. Medyan değerleri arasındaki farktan dolayı, C operatöründen kaynaklanan bir kayma meydana gelmiştir. Bu kayma, C operatörünün A ve B operatörleri arasındaki genel ortalama farkını ortaya koymaktadır. Operatörlerin ortalama olarak parçaları benzer şekilde ölçtüğünü gösteren çizgi neredeyse paraleldir. Çizgi paralel olmasaydı, değerlendiricilerin parçaları farklı şekilde ölçtüğü sonucuna varılırdı.

Operatör parça arasındaki etkileşimi (parça * operatör interaction) veren tabloda, her parçaya ait operatörlerin bulmuş oldukları ortalama değerlerin dağılımı gösterilmektedir. A operatörünün ölçtüğü ortalamalar daire, B operatörünün ölçtüğü ortalamalar kare ve C operatörünün ölçtüğü ortalamalar baklava dilimi şeklinde belirtilmiştir. Ölçüm sistemine göre, operatörler aynı parçalar üzerinde benzer sonuçlara ulaşarak parça ve operatörler arasında tutarlı bir etkileşimin olduğu sonucuna varılmıştır. Ek olarak bahsetmek gerekirse, eğer parça ve operatör arasında etkileşim söz konusu olmasaydı, paralel çizgiler halinde bir tabloyla karşılaşılabileirdi.

Minitab - BORU GAGE R & R.MPJ.BAK - [Session]

File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help Assistant

Gage R&R Study - XBar/R Method

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,0000014	0,92
Repeatability	0,0000014	0,92
Reproducibility	0,0000000	0,00
Part-To-Part	0,0001496	99,08
Total Variation	0,0001509	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0,0011813	0,0070880	9,62
Repeatability	0,0011813	0,0070880	9,62
Reproducibility	0,0000000	0,0000000	0,00
Part-To-Part	0,0122292	0,0733753	99,54
Total Variation	0,0122861	0,0737168	100,00

Number of Distinct Categories = 14

Ekran 4.2.21: Gage R & R Çalışmasında XBar/R Metodu

Session alanında Ekran 4.2.21'deki bulgulara ulaşılmıştır. Yukarıdaki tabloda toplam varyasyon (total variation) değeri, parçadan parçaya (part-to-part), tekrarlanabilirlik (repeatability), tekrar üretilebilirlik (reproducibility) değerleri toplanarak elde edilirken, her bir bileşenin toplama bölünmesi ve 100 ile çarpılmasıyla bileşenlerin her birinin katkısı yüzde olarak tahmin edilmektedir. Ölçüm sistemine bakıldığında, katkı yüzdesi (%Contribution) değerlerinde en büyük varyans yüzdesi %99,08 ile parçadan parçaya (part-to-part) değişiminden kaynaklanmaktadır. %99,08 değeri, part to part değerinin toplam varyasyona (total variation) bölünüp 100 ile çarpılması $((0,0001496/0,0001509)*100)$ sonucu elde edilmektedir. Bulunan bu değer %2 ile %10 arasında olduğundan bazı uygulamalar için kabul edilebilirken, iyileştirmeye gidilebilir şeklinde yorumlanmaktadır. Genel olarak session ekranı, varyasyonumuzun çoğunda iyi bir ölçüm sistemi olduğunu gösterirken, değişkenliğin parçadan kaynaklı olduğunu desteklemektedir. Çalışma varyasyonu (%Study Var) sütunundaki toplam Gage R&R katkısı, %9,62 $((0,0070880/0,0737168)*100)$ olarak bulunmuştur. %9,62'lik değer %10'dan az olduğu için ölçüm sistemi kabul edilebilir ve ideal sınırlar içerisinde yorumu yapılmaktadır. Ölçüm sistemi için kabul kriterleri şu şekildedir:

Tablo 4.6 : Gage R & R ölçüm sistemine ait kriterler³⁸

% toplam varyansa göre Gage R & R	% toplam toleransa göre Gage R & R	Ölçüm Sistemi
<%1	<%10	İdeal
%2 - %10	%10 - %30	Kabul edilebilir
>%10	>%30	Yetersiz

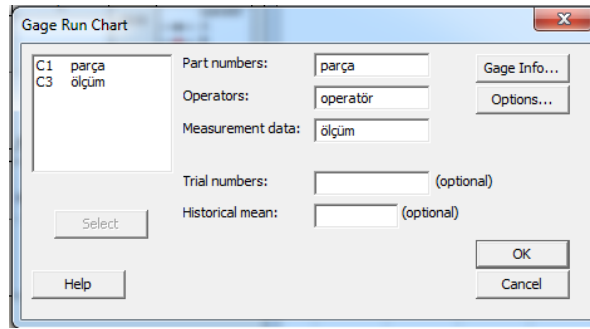
Farklı kategorilerin sayısı (number of distinct categories-Ndc) değeri 14 olarak bulunmuştur. Bu değer ölçüm prosesinin bölünebileceği kategori sayısını vermektedir. Ndc değerinin 5 veya 5'den büyük olması istenmektedir. Yaptığımız analizde de 5'den büyük bir sonuç elde edildiği için sistemdeki parçaların iyi derecede ayırt edilebilir ve kabul edilebilir bir ölçüm sistemi olduğu sonucu çıkmaktadır.

³⁸ Sigma Center ders notları

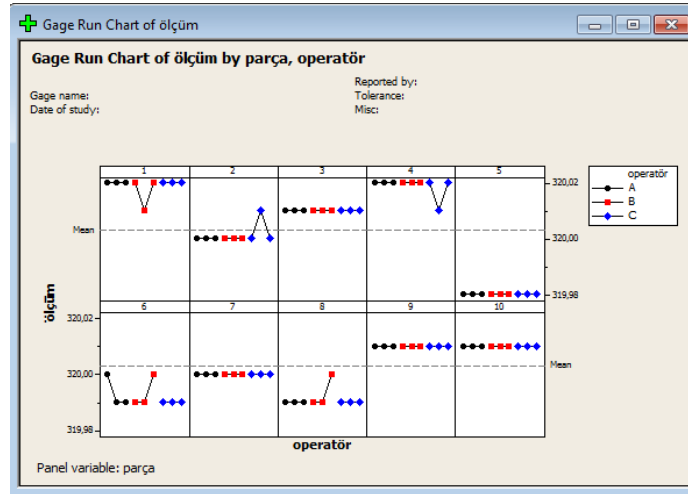
Özet olarak buraya kadar yorumlanan sonuçlara göre parçadan kaynaklı bir değişkenliğin söz konusu olduğu görülmüştür. Bu sonucun daha ayrıntılı incelenmesi adına, her parça için her operatör tarafından yapılan ölçümler arasındaki farklılıkları karşılaştırmak ve operatörlere göre parçalarda ne kadar ölçüm değışkenliği olduğunu görebilmek için Gage Run Chart grafiği irdelenecektir. Bu grafik için Minitab'a

Stat > Quality Tools > Gage Study > Gage Run Chart >...

komutu girilerek, gelen iletişim kutusu Ekran 4.2.22'deki gibi doldurulur ve Ok tıklanır.



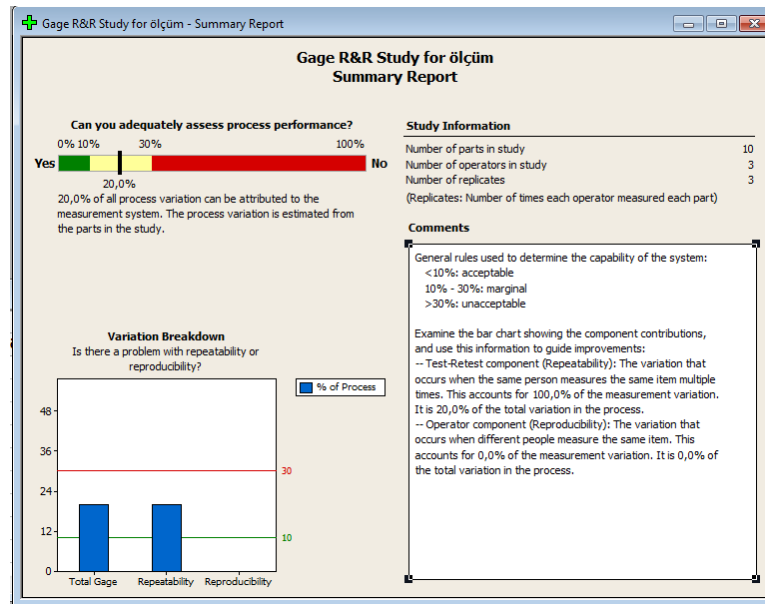
Ekran 4.2.22: Minitab Gage Run Chart Ekranı



Ekran 4.2.23: Gage Ölçüm Çalışma Grafiği

Ekran 4.2.23'de yatay eksen ölçüm ortalamalarını bir anlamda referans çizgisini gösterirken, düşey eksen 10 parçaya ait 3 operatörün 3 tekrar sonucu ölçtüğü

ortalamları ve bu ortalamların ölçüm ortalamasının neresinde yer aldığına dair bilgi vermektedir. Her sütun içinde operatörlerin yaptıkları ölçümler farklı simgelerle belirtilmiştir. A operatörü daire, B operatörü kare ve C operatörü baklava dilimi şeklinde gösterilmektedir. Parçaların ortalama ölçümlerine bakıldığında ortalama en yakın değerler 7. parçada, en uzak değerler ise 5. parçada ölçülmüştür. Bunun yanısıra 3., 5., 7., 9. ve 10. parçalarda operatörler tutarlı sonuçlar elde etmişlerdir. Aynı parçaya ait sonuçlar incelendiğinde, B ve C operatörlerinin ara ara tutarlı ölçümler yapmadığı sonucu karşımıza çıkmakta ve A operatörünün ölçüm tekrarlanabilirliğinin iyi olduğu görülmektedir.



Ekran 4.2.24: Gage R & R Çalışması için Ölçüm Özet Raporu

Ekran 4.2.24'de sol üstte gösterilen yatay çubuk, tüm süreçteki ölçüm sistemi %20'lik değişime bağlamaktadır. Çalışma varyasyonu sonuçlarına göre bu değişim %10 ve %30 arasında değer aldığından uygulamanın önemine, ölçüm cihazının maliyetine, tamir masraflarına vb. özellikler için kabul edilebilir bir ölçüm sistemi olduğunu göstermektedir.

Varyasyon dağılımı (variation breakdown) tablosunda çubuk grafikleri, prosese ait toplam Gage R & R, tekrarlanabilirlik ve tekrar üretilebilirlik değerlerini göstermektedir. Bu değerler %10 ve %30 arasında sonuçlar aldığı için ölçüm sistemi kabul edilebilir yorumu desteklenmektedir.

Sağ tarafta yer alan yorumlar (comments) kutucuğunda sistem kapasitesinin belirlenebilmesi için genel kurallara yer verilmiştir. Bileşen katkılarını gösteren çubuk grafiğini incelemek, iyileştirmeleri yönlendirmek için aşağıdaki bilgilerden yararlanılmaktadır:

-Test bileşeni (Tekrarlanabilirlik) : Aynı kişi aynı parçayı birden fazla defa ölçtüğünde meydana gelen değişikliği vermektedir. Bu ölçüm varyasyonunun % 100'nü oluşturur. İşlemdeki toplam değişimin% 20,0 'sidir.

- Operatör bileşeni (Tekrar üretilebilirlik) : Farklı operatörler aynı parçayı ölçtüğünde meydana gelen değişimi vermektedir. Bu ölçüm değişiminin % 0,0'nı oluşturur. İşlemdeki toplam değişimin% 0,0'ıdır.

Özet olarak Gage R & R, ölçüm sisteminin ve operatörlerin kapasitesini analiz etmek için etkili bir araçtır. Bu verilere göre işlemimizle ilgili kararlar alırken, verilerin doğru olduğundan emin olunmalıdır. Ölçüm sistemi iyi veri sağlayamıyorsa, hatalı bilgilere dayanarak çok önemli kararlar alınabilmektedir. Yapmış olduğumuz analizden elde edilen grafiklerde, ölçüm sistemine ve rapor bulgularına ilişkin önceki sonuçları destekler nitelikte sonuçlara ulaşılmıştır. Çalışmadaki, Gage R & R kabul edilebilir nitelikte ve varyasyonun parçadaki değişimden kaynaklandığı görülmektedir.

4.3. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL (SPC) UYGULAMASI

Teorik bölümde de değinildiği gibi, istatistiksel proses kontrol analizi sonucunun nitel veya nicel olmasına bağlı olarak, nicel kontrol grafikleri ve nitel kontrol grafikleri şeklinde ikiye ayrılmaktadır. İstatistiksel proses kontrol içerisinde makine yeterlilik analizi üzerine çalışma yapılmıştır. İçerisinde şeklinde bahsedilmesindeki neden, proses yeterlilik analizinin zamana bağlı olarak prosesde meydana gelen değişimi verirken, makine yeterlilik analizinde böyle bir zaman kavramının olmamasıdır. Proses yeterlilik analizi uzun dönem analizi iken makine yeterlilik analizi kısa dönemi kapsamaktadır. Makine yeterlilik analizinde, değişkenler sabitken makinenin tekrar üretilebilirliği incelenmekte ve belirli şartlar altında makinenin yeterli olup olmadığı gösterilmektedir. Genel olarak makine yeterlilik analizine prosesler stabil hale getirilerek, üretilen üründen ardışık sayıda örnek alınmasıyla başlanır. Burada da aynı proses yeterlilik analizinde olduğu gibi C_m ve C_{mk} olmak üzere iki parametreden yararlanılmaktadır.

Bu parametrelerin hesaplanma şekli proses yeterlilik analizi ile aynı olup aşağıdaki gibi bulunmaktadır:

$$C_m = \frac{\bar{U}SL - ASL}{6\sigma} \quad C_{mk} = \frac{\bar{U}SL - \bar{X}}{3\sigma} \text{ ya da } \frac{\bar{X} - ASL}{3\sigma}$$

Makine yeterlilik analizinde proses yeterlilik analizinden farklı olarak C_m ve C_{mk} parametrelerinin kabul kriteri için minimum değeri 1.33 olmalıdır.³⁹

Buraya kadar makine yeterlilik analizi hakkında genel bilgiler verilmiş olup uygulama üzerinde bilgiler pekiştirilecektir. Uygulama Literatür Kimya firmasının kullanmış olduğu enjeksiyon makinesine ait makine yeterlilik analizidir. Analizdeki amaç, firmanın kullanmış olduğu makineye ait verilerden hareketle makine yeterliliğinin uygun olup olmadığının araştırılmasıdır. Çalışma MİNİTAB programına gerekli veriler girilerek uygulanmıştır. Bu amaçla, enjeksiyon makinesine ait sağ ve sol olmak üzere 30 veri seçilmiş ve 3 tane alt ve üst spesifikasyon limitleri belirlenmiştir.

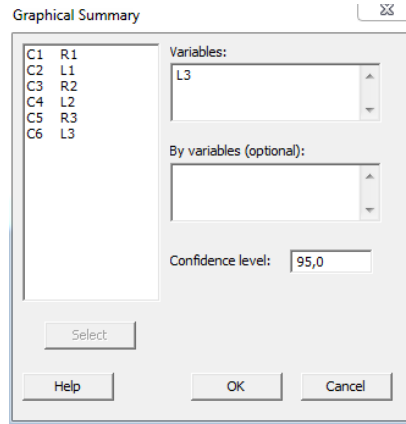
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	R1	L1	R2	L2	R3	L3
1	15,85	15,99	20,04	20,08	11,85	11,82
2	15,82	15,95	19,97	20,08	11,81	11,88
3	15,80	15,88	20,01	20,08	11,93	11,82
4	15,88	16,00	19,94	20,06	11,80	11,90
5	15,89	15,85	20,05	20,03	11,86	11,93
6	15,88	16,00	19,98	20,07	11,87	11,88
7	15,85	15,80	20,03	20,11	11,92	11,81
8	15,87	15,81	20,00	20,02	11,87	11,83
9	15,83	15,86	19,96	20,09	11,88	11,83
10	15,82	15,88	19,97	20,08	11,92	11,85
11	15,80	15,84	20,08	20,01	11,87	11,96
12	15,82	15,85	20,05	20,05	11,92	11,92
13	15,88	15,80	20,05	20,07	11,87	11,84
14	15,84	15,89	20,02	19,98	11,83	11,83
15	15,90	15,82	20,05	20,09	11,94	11,96
16	15,83	15,88	20,01	20,12	11,80	11,98
17	15,84	15,90	20,05	20,01	11,96	11,92
18	15,80	15,92	20,08	20,14	11,90	11,81
19	15,88	15,89	20,01	20,08	11,93	11,82
20	15,80	15,87	20,03	20,07	11,84	11,98
21	15,84	15,92	19,97	20,15	11,95	11,87
22	15,80	15,89	20,05	20,13	11,95	11,80
23	15,82	15,93	20,03	20,00	11,97	11,87
24	15,81	15,85	20,07	20,10	11,99	11,97
25	15,84	15,97	20,01	20,18	11,99	11,83
26	15,80	15,87	20,05	20,08	11,97	11,86
27	15,83	15,94	19,99	20,03	11,96	11,92
28	15,80	15,88	20,09	20,01	11,98	11,99
29	15,83	15,88	20,09	20,04	11,95	11,94
30	15,84	15,84	20,01	20,08	11,97	11,87

Ekran 4.3.1: Verilerin Minitab'a Girilmesi

Veriler yukarıdaki gibi minitaba girdikten sonra makine yeterlilik çözümlemesi yapılır. Yapılacak olan uygulamaya ilk olarak normallik analizi ile başlanacaktır.

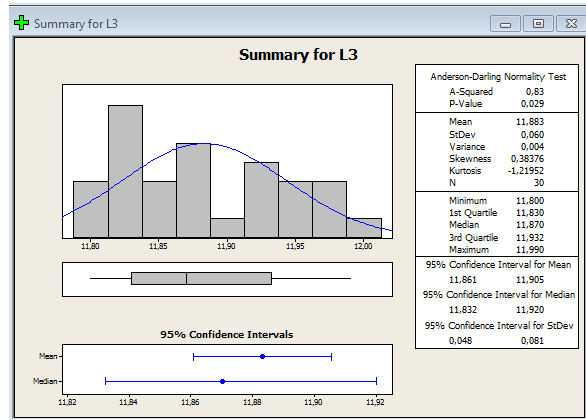
³⁹ Erkan Işığışık, TKY Bakış Açısıyla İstatistiksel Kalite Kontrol, Bursa : Ezgi Kitabevi, Genişletilmiş 2. Baskı, s. 285.

Normallik analizi için **Stat > Basic Statistics > Graphical Summary** komutu girilerek aşağıda çıkan Ekran 4.3.2'deki iletişim kutusuna gerekli tanımlamalar yapılır.



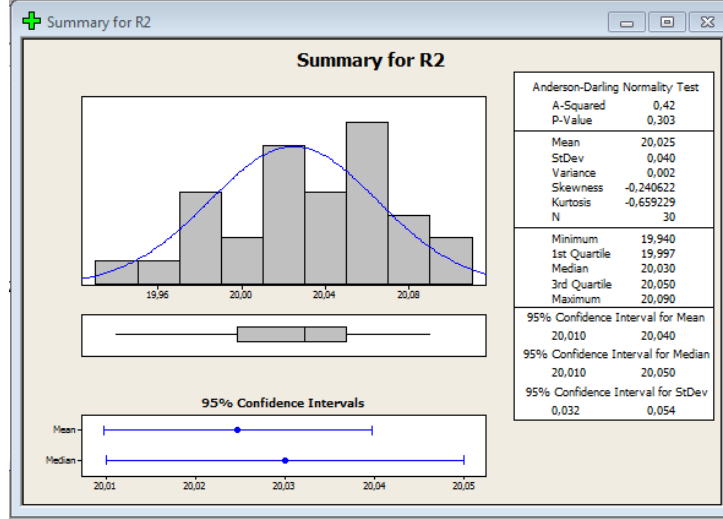
Ekran 4.3.2: L3 için Grafik Özeti Bulunması

Yukarıda belirtildiği gibi sağ ve sol parçalara ait tüm verilere normallik uygulanmıştır.



Ekran 4.3.3: L3 için Özet Tablo

Gerekli veriler girilip komutlar uygulanınca karşımıza yukarıdaki gibi bir özet tablo gelmektedir. Burada L3 parçasını örnek vermemizdeki neden diğer parçalar arasında normal dağılıma uymayan parça olmasıdır. L3 parçasına ait p-value değeri 0.029 olarak bulunmuştur. Bu değer 0.05'den küçük olduğu için normal dağılmadığı sonucuna varılmaktadır.



Ekran 4.3.4: R2 için Özet tablo

Ekran 4.3.4'de sağ parçaya ait ikinci tolerans değeri için verilen değerlerin girilmesi sonucu p-value değeri $0,303 > 0,05$ olduğu için R2 parçasının normal dağılıma uyduğunu söyleyebiliriz. Diğer parçalar içinde sırayla bu analiz yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre R1 ve L3 parçaları normal dağılıma uymadığı için bu parçalara ait analizin devam edilmesine gerek yoktur.

Normal dağılıma uyan R2, R3, L1, L2 parçaları için makine yeterlilik analizi yapılacaktır. Bu analizin yapılabilmesi için aşağıdaki komutlar girilmelidir:

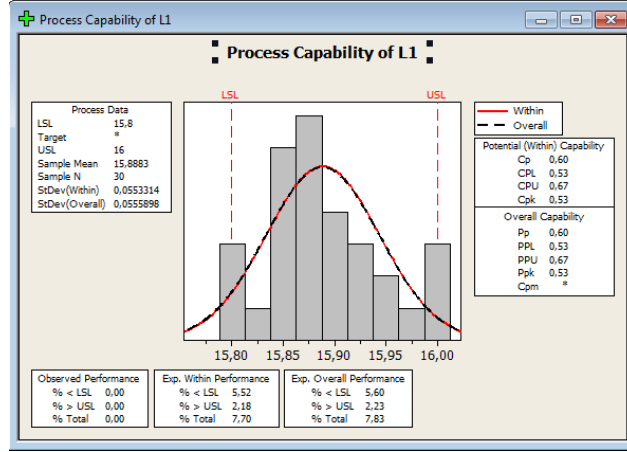
Stat > Quality Tools > Capability Analysis > Normal >

The figure shows a dialog box titled "Capability Analysis (Normal Distribution)". It contains the following fields and options:

- Data are arranged as: Single column: [L1]
- Subgroup size: [1] (use a constant or an ID column)
- Subgroups across rows of: []
- Lower spec: [15,8] Boundary
- Upper spec: [16] Boundary
- Historical mean: [] (optional)
- Historical standard deviation: [] (optional)

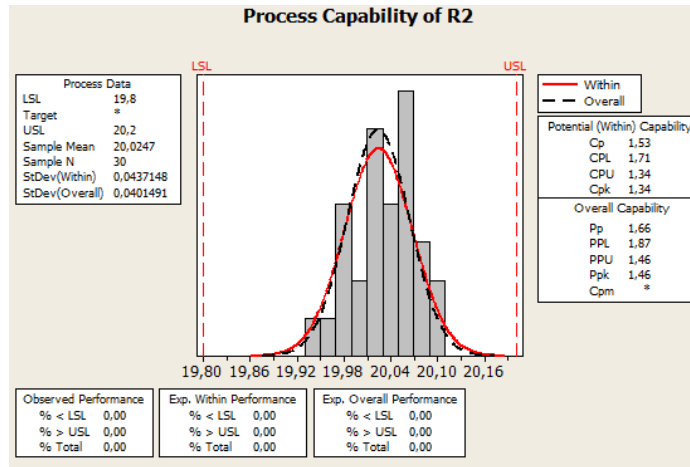
Buttons: Select, Help, Transform..., Estimate..., Options..., Storage..., OK, Cancel.

Ekran 4.3.5: L1 için Tolerans Değerlerin Girilmesi



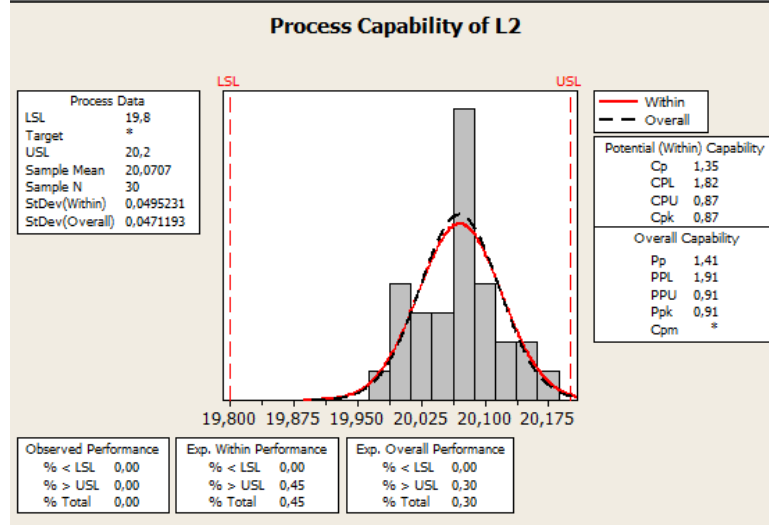
Ekran 4.3.6: L1 Parçasına ait Makine Yeterlilik Analizi

Analiz sonucuna göre L1 verisine ait C_m değeri 1,33'den küçük olduğu için kötüdür. Aynı zamanda C_{mk} değeri de 1,33'ün altında olduğu için makinenin yeterli olmadığı kanısına varılmaktadır.



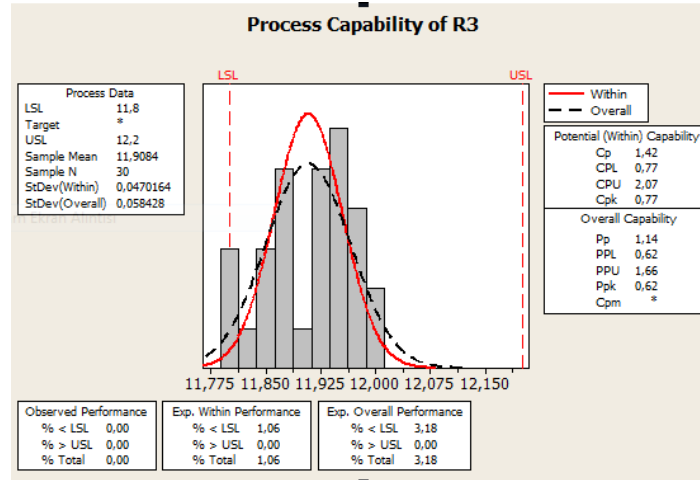
Ekran 4.3.7: R2 Parçasına ait Makine Yeterlilik Analizi

Yapılan analizler sonucunda sadece R2 verilerine ait makine yeterliliği iyidir. Burada C_m ve C_{mk} değerlerinin 1,33'den yüksek olması koşulunu sağladığı için makinenin yeterliliği uygundur.



Ekran 4.3.8: L2 Parçasına ait Makine Yeterlilik Analizi

L2 verileri içinde C_m değeri $1,41 > 1,33$ iyi görünse de C_{mk} değeri $0,91 < 1,33$ koşulunu sağlamadığı için makine yeterli değildir.



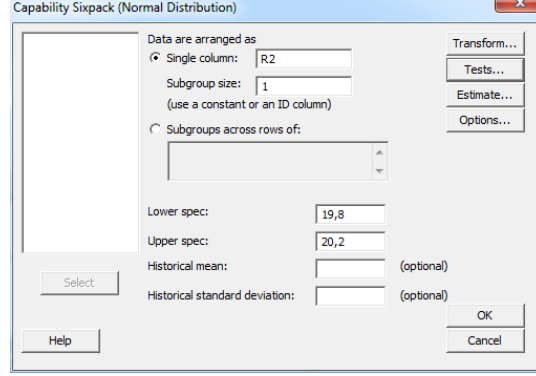
Ekran 4.3.9: R3 Parçasına ait Makine Yeterlilik Analizi

R3 verilerine göre de C_m değeri yeterli iken C_{mk} değeri kötü olduğu için makine yeterli değildir.

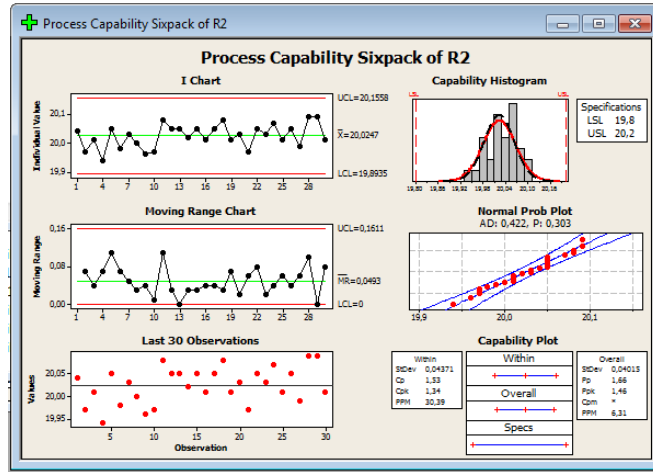
Yapılan analizler sonucu sadece R2 parçasına ait makinenin yeterli olduğuna karar verildiği için yeterlilik analizine genel bir bakış olarak bakılacaktır. Bunun için Minitab'da;

Stat > Ouality Tools > Capability Sixpack > Normal >...

komutları uygulanır.



Ekran 4.3.10: R2 Parçasına ait Makine Yeterlilik Çözümlemesi



Ekran 4.3.11: R2 Parçasına ait Makine Yeterlilik Genel Bakış

R2 parçasına ait makine yeterlilik analizi yukarıda genel olarak incelenmiştir. Burada verilen I-MR grafiği alt grup sayımızın bir olması nedeniyle görüntülenmiştir. Bu grafiklerde de görüldüğü üzere bireysel gözlem değerleri ile hareketli aralık değerleri tolerans değerleri arasında olduğu için makine kontrol altındadır. Buradan hareketle üretime devam edilebileceği sonucuna varılmaktadır. Last 30 Observations tablosu da verilerin ortalama ve tolerans değerleri arasındaki dağılımı hakkında bilgi vermektedir. Verilerin büyük bir çoğunluğu ortalamanın üzerinde toplanmıştır.

Capability Histogram tablosu, verilerin spesifikasyon sınırları içindeki yayılımları hakkında bilgi vermektedir. Dolayısıyla verilerin normal dağılıma uyduğu görülmektedir. Gösterilmiş olan kesik çizgiler süreç yayılımını verirken, sürekli çizgiler spesifikasyon yayılımını vermektedir.

Normal Prob Plot tablosunda veriler orta çizgi boyunca dağılmaktadır. Bir anlamda verilerin normal dağılımı hakkında bilgi vermektedir. Nitekim p-value değerinin $0,303 > 0,05$ olması verilerin normal dağıldığını gösterir.

Capability Plot bize makine kapasitesinin değerlendirilmesi hakkında bilgi verir. Diğer taraftan C_m ve C_{mk} değerleri sürece ait gerçek performansı vermektedir. Söz konusu C_m ve C_{mk} değerleri birbirlerine yakın olduğu için veriler spesifikasyon sınırları arasında ortalanmıştır. Dolayısıyla süreç istatistiksel olarak kontrol altında ve C_m ve C_{mk} değerleri 1,33'den büyük olduğu için makinenin yeterli olduğu yorumu yapılabilir.

SONUÇ

IATF 16949:2016 kalite yönetim sistemi (KYS), sektörel bazda düzenlenen uluslararası bir otomotiv kalite yönetim sistemidir. Kuruluşların alacakları IATF 16949:2016 KYS belgesi, proseslerini etkin yürütebilmek adına gerekli birçok aşamanın gerçekleştirilebileceğini göstermektedir. Kuruluşlar en temel gereklilik olan ISO/TS 9001:2015 KYS belgesini alarak IATF 16949:2016 KYS'nin alt yapısını oluşturmaktadır.

IATF 16949:2016 standardı, otomotiv sektöründe ve kalite yönetim sistemini benimseyen kuruluşlarda, kaliteyi sistem haline getirip, bu sistemin sağladığı sürekli iyileşme, hatasız üretim, hataların meydana gelmeden önlenmesi, müşteri geri bildirimlerinin dikkate alınarak istenilen ürün ve hizmetin elde edilmesi vb. avantajlardan yararlanarak piyasada kalıcı olmayı hedeflemektedir.

Bu çalışmanın amacı, otomotiv sektörü standardı olan IATF 16949:2016 KYS ve öneminin anlatılması, revizyonun getirdiği yeniliklerin incelenmesi, standartta kullanan istatistiksel tekniklerin uygulanması sonucunda kuruluşlara ne gibi katkılar sağlayacağını irdelenmesidir. Bu amaçla, IATF 16949:2016 KYS'de kullanılan istatistiksel tekniklerinden ölçüm sistemleri analizi (MSA) ve istatistiksel proses kontrol analizine (SPC) ait bir uygulama yapılmıştır.

Uygulamanın ilk bölümünde ölçüm sistemleri analizi, nicel ve nitel veri ayrımı gözetilerek iki ayrı veri grubu için incelenmiştir. Nitel veri grubu için Attribute R&R ölçüm sistemleri analizi ve nicel veri grubu için Gage R&R ölçüm sistemleri analizi uygulanmıştır. Bu uygulamalar iki ayrı firma bünyesinde gerçekleştirilmiştir. İlk olarak nitel verilerden yararlanılarak 50 parça, 3 operatör ve 3 tekrar ile ölçülmüş ve Attribute R&R analizi yapılmıştır. Yapılan analizde, operatörlerin parçalar üzerinde yaptıkları ölçümlerin uyumu, ölçümler arasında tutarlılık olup olmadığı ve doğruluk oranları araştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, 3 operatörden (A, B, C) en doğru ölçüm sonucuna ulaşan, %96 ile C operatörü olmuştur. A ve B operatörlerinin de doğru ölçüm yüzdeleri %95,3 oranında yüksek bir değerdir. Yapılan 450 ölçümün toplam doğruluk oranı ise %95,6 olup, hata oranı %4,4 gibi düşük bir yüzdeye sahiptir. Bu sonuç, operatörlerin ölçüm sonuçlarını referans değere göre yüksek düzeyde doğru ve tutarlı

ölçüklerini ortaya koymuştur. Operatörlerin kendi aralarındaki uyum iyiliğini gösteren Kappa değeri %78 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu Kappa değeri, operatörler arası birlikte uyumun iyi olduğunu desteklemektedir.

Genel olarak Attribute R&R analiz sonuçları, operatörlerin referans değerle karşılaştırıldığında doğru ölçümler yapıldığı ve verilerin güvenilir sonuçlar verdiği için prosese bu verilerle devam edilebileceğini ortaya koymaktadır.

İkinci bir uygulama olarak ölçüm sistemleri analizinde nicel verilere uygulanan Gage R&R analizi ile boru parçasının boyuna ait ortalama değerleri ölçülmüş ve ortaya çıkan farklılıkların nereden kaynaklandığı araştırılmıştır. Bu analizde, 10 parça, 3 operatör tarafından 3 tekrar ile ölçülmüş ve 90 ölçüm yapılmıştır. Sonuçlar, tekrar üretilebilirlik, tekrar edilebilirlik ve parçadan parçaya değişkenlik hakkında bilgiler vermektedir. Yapılan analizlerin sonucu, farklılıkların asıl nedeninin %99,08 ile parçadan parçaya değişimden kaynaklandığını ve parça üzerinde bir iyileştirme çalışması yapılmasının gerektiğini göstermektedir. Aynı zamanda parçalardan kaynaklanan farklılıkları bulmak için operatörlere göre ölçüm değişkenlikleri incelenmiştir. Ölçüm değişkenliklerine bakıldığında, her parça için her operatörün ölçtüğü ortalama tek tek gösterilmiştir. Buna göre, 3., 5., 7., 9., ve 10. parçalarda tüm operatörlerin hesapladıkları ortalamalar aynı bulunduğu için operatörlerin sonuçları arasında bir tutarlılık olduğu görülmüştür. A operatörü diğer operatörlerin verdikleri sonuçlara göre daha tutarlı sonuçlar elde etmiştir. Buna ek olarak analiz, ölçüm sistemindeki değişkenliğin %20'lik bir değişimden kaynaklandığını göstermektedir. %20'lik değişim yüzdesi, %10 ile %30 arasında bir değer aldığı için bu ölçüm sisteminin kabul edilebilir olduğunu ortaya koymaktadır. Kabul edilebilir bir ölçüm sistemi verilerimizin güvenilir olduğunu ve bu verilerle prosese devam edilebileceğini göstermiştir.

Son uygulamamızda, istatistiksel proses kontrol analizinde enjeksiyon makinesine ait makine yeterlilik analizi üzerine yapılmıştır. Enjeksiyon makinesine ait 30 veri seçilmiş ve bu verilerin sağ ve sol parçaları için üç tane alt ve üst spesifikasyon limitleri arasında üretimin yapılabilmesi adına makinenin yeterli olup olmadığı araştırılmıştır. Uygulamaya ilk olarak normallik analiziyle başlanmış ve normal dağılıma uyan R2, R3, L1 ve L2 parçalarına makine yeterlilik analizi yapılmıştır. Bu

parçalar arasında sadece R2 parçasına ait makinenin yeterli olduğu görülmüştür. Analiz sonucuna göre, sağ parçanın alt spesifikasyon limiti 19,8 ve üst spesifikasyon limiti 20,2 (R2) olarak verilmiş ve makine değişkenliğini gösteren C_m değeri 1,66 olarak hesaplanmıştır. Hem makinedeki değişkenlik hem de yeterlilik hakkında bilgi veren C_{mk} değeri ise 1,46 olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerlerin 1,33'den yüksek olması makinenin yeterli olduğunu, gerekli spesifikasyon değerlerini karşıladığını ve verilerin bu sınırlar içinde yer aldığını göstermektedir.

Sonuç olarak kullanılan istatistiksel kalite iyileştirme teknikleriyle, firmalar üretime devam edebilme kararına proseslerinin veya makinelerinin güvenilir sonuçlar verip vermediğini araştırarak ulaşmaktadır. Kullanılan istatistiksel teknikler sayesinde firmalar üretimlerini planlarken, üretimde ve satışta iyileşmeler sağlayacaklardır. Dolayısıyla hatalar oluşmadan önlenmiş, kusurlu ürün sayısı/oranı azaltılmış, kalitesizlik ve kalite maliyetleri azaltılmış, değişkenlikler giderilerek prosesin veya makinenin kontrol altına alınması sağlandığı için yeterlilik karşılanmış olup, müşteri memnuniyeti önemsenerек üretimde sürekliliğin sağlanması hedeflenmiştir.

İstatistiksel kalite iyileştirme teknikleri, parça hassasiyetleri göz önünde bulundurularak tekrar etmelidir. Firmalar verilerin doğruluğundan, ölçenlerden ve ölçümlerden emin olarak üretimlerini sürdürmelidir. Günlük hayatta da olduğu gibi gerçeği öğrenmek doğru kararlar verebilmemizin anahtarıdır. Buradan hareketle firmalar, verdikleri her doğru karar sayesinde sürekli iyileşme sağlayabilir ve sektörde kalma ömrünü uzatabilirler.

KAYNAKÇA

ACAR Özge, *Niteliksel Ölçüm Sistemleri Analizi ve Bir Uygulama*, (Yüksek Lisans Tezi),Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa, 2012.

AKIN Besim, *İşletmelerde İstatistik Proses Kontrol Teknikleri*, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1996.

ATMACA Ediz, KESKİN Hülya, “TS 16949 Kalite Yönetim Sistemi'nin Otomotiv Sektöründeki Yeri”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C.12, S.2, 2007, ss.53-65.

AVDALLAR Volkan, *Otomotiv Endüstrisi İçin Kalite Yönetim Sistemleri*, (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.

AYSAL Esmâ, *Yükseköğretimde ISO 9001:2008 Kalite Yönetim Sistemi Uygulamalarında Karşılaşılan Sorunlar: Bir Kamu Üniversitesi Örneği*,(Yüksek Lisans Tezi),Fatih Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2013.

BAŞANBAŞ Şükran, “Algılanan Kalite, Tatmin Ve Bağlılık Üzerine Otomotiv Yan Sanayiinde Bir Araştırma”, *Pazarlama ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, S.10, 2012, ss.15-39.

BATMAZ Cihangir, *ISO/TS 16949 Otomotivde Kalite Yönetim Sisteminin Toplam Kalite Yönetimi Açısından İrdelenmesi ve Talaşlı İmalat Sanayisinde Bir Çalışma*, (Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2010.

BİRCAN Hüdaverdi ve GEDİK Hasan, “Tekstil Sektöründe İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin Uygulaması Üzerine Bir Deneme” *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, C.4, S.2,2003, ss. 69-79.

BOZKURT Rıdvan,*Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri*, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, B.4, 2003, Ankara.

BOZKURT Rıdvan, ODAMAN Aynur, *ISO 9001 Kalite Güvence Sistemleri*, MPM Yayınları, Ankara, 1995.

BULUT Eylem Gül, *Bir Otomotiv Tedarikçisinde ISO/TS 16949 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi Spesifikasyonu Kapsamında Yapılan İstatistiksel Proses Kontrol Ve Bulanık Mantık Çalışmaları*, (Yüksek Lisans Tezi), Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2007.

BUMİN Birol, ERKUTLU Hakan, “Toplam Kalite Yönetimi ve Kıyaslama İlişkileri”, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C.4, S.1, Ankara, 2002, ss.83-100.

BURDICK, R.K., BORROR, C.M., MONTGOMERY, D.C., ” A Review of Methods for Measurement Systems Capability Analysis”, *Journal of Quality Technology*, 2003, 35, ss.342-354.

BURNAK Nimetullah,*Toplam Kalite Yönetimi - İstatistiksel Süreç Kontrolü*, Osmangazi Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, 1997.

CUSUMANO José Luis Guerrero, SELEN Willem J., “*A Comparison Of International Quality Standards: Divergence And Agreement*”, *Business Process Management Journal*, Vol: 3, Issue: 3, pp. 205-217.

ÇAĞLAYAN Ece, *ISO 16949 Kalite Yönetim Sisteminin Otomotiv Sektöründeki Yeri*, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2017.

ÇAKAR Tarık, SERDAR Mahmut, “Kalite Yönetim Sistemleri”, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, C.6, S.2, 2002, ss.87-91.

ÇEKİRGE Zeynep, *TS EN ISO 9001 2000 Kalite Yönetim Sisteminin Etkinliğinin Ölçülmesi Üzerine Bir Araştırma*, (Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2009.

ÇETİN C., AKIN B., EROL V., *Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemi*, Beta Basım Yayın, B.2., İstanbul, 2001.

ÇEVİK Osman, ARAN Gamze, “Kalite İyileştirme Sürecinde Hata Türü Etkileri Analizi (FMEA) Ve Piston Üretiminde Bir Uygulama”, *Selçuk Üniversitesi İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, C.8, S.16, 2009.

ÇİFLİKLİ Burcu, *ISO 9001 Kalite Yönetim Sisteminin 2000 Revizyonu Farklılıklarının İşgörenlerin Kurum Kültürü Algılarına Etkilerinin İncelenmesi: Örnek Bir İşletmede Araştırma*, (Yüksek Lisans Tezi), Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya, 2005.

DEMING W. Edwards, *Quality Productivity and Competitive Position*, Massachusetts Inst Technology, 1st Edition, 1982

DEMİR Mehmet Emin, *İşletmelerde ISO 9001:2000 Kalite Yönetim Sistemi Uygulamalarının İnsan Kaynakları Yönetiminin Etkinliği Üzerine Bir Araştırma*, (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya, 2006.

DOĞAN Özlem İ., “Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, C.2, S.1, 2000.

DURMAN B. M., PAKDİL F.,” İstatistikî Proses Kontrol Uygulamaları İçin Bir Sistem Tasarımı”, *Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 2005.

EFİL İsmail, *Toplam Kalite Yönetimi ve Toplam Kaliteye Ulaşmada Önemli Bir Araç-ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi*, Uludağ Üniversitesi Yayınları, Bursa, 1996.

EFİL İsmail, *Toplam Kalite Yönetimi*, Dora Yayınları, Yenilenmiş 7.B., Bursa, 2010.

ENRICK Norbert Llyod, *Quality Control and Reliability*, Industrial Press, 7th Edition, 1977.

ERDİL Oya, KESKİN Halit, ZEHİR Cemal, “Firma İçi Kalite Bilgisi Kullanımı, İş gören Katılımı Ve Tasarımda Kalite Yönetimi İle Ürün Performansı Arasındaki

İlişkiler: Deneysel Bir Çalışma”, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, C.6, S.1, İstanbul, 2003, ss.43-54.

ERDOĞAN Özer, *ISO/TS 16949:2002 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi Ve Bir Otomotiv Yan Sanayi Firmasında Uygulamaları*, (Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2008.

ERTUĞRUL İrfan, *Toplam Kalite Kontrol Kalite Güvenliği ve ISO 9000 Standartları Toplam Kalite Yöntemine İlişkin Bir İşletme Uygulaması*, 3.B.,Ekin Yayınevi, Bursa, 2014.

GRANT Eugene L., LEAVENWORTH Richard S., *Statistical Quality Control*, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1988.

GÜLCAN Mesut, *Kalite Yönetim Sistemleri ve QS 9000 Sistemi Üzerine Bir Uygulama*, (Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2003.

GÜLER Levent, *ISO 9000:2000 Kalite Yönetim Sisteminde Performans Değerlendirme Uygulaması*, (Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2006.

GÜMÜŞOĞLU Şevkinaz, *İstatiksel Kalite Kontrolü ve Toplam Kalite Yönetimi Araçları*, Beta Basım Yayın, İstanbul 2001.

GÜN Özlem, *TS ISO 16949 Teknik Spesifikasyonunun İncelenmesi ve Otomotiv Yan Sanayinde Uygulanması*, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2005.

GÜRSAKAL Necmi, *Altı Sigma Müşteri Odaklı Yönetim*, Nobel Yayınevi, B.2., Ankara, 2005.

HACIEFENDİOĞLU Şenol, KOÇ Ümit, “Hizmet Kalitesi Algılamalarının Müşteri Bağlılığına Etkisi Ve Fast - Food Sektöründe Bir Araştırma”, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, S.18, 2009, ss.146-167.

ISHIKAWA Kaoru, *Toplam Kalite Kontrol*, Kalder Yayınları, No.7, İstanbul, 1995.

IŞIĞIÇOK Erkan, *100 Soruda Altı Sigma*, Marmara Kitabevi Yayınları, Bursa, 2011.

IŞIĞIÇOK Erkan, *Altı Sigma Kara Kuşaklar İçin Hipotez Testleri Yol Haritası*, Marmara Kitabevi Yayınları, Genişletilmiş 2. Baskı, Bursa, 2011.

IŞIĞIÇOK Erkan, *Betimsel İstatistik*, Alfa Aktüel Yayınevi, Güncellenmiş 2. Baskı, 2018.

IŞIĞIÇOK Erkan, *Çıkarımsal İstatistik*, Alfa Aktüel Yayınevi, Güncellenmiş 2. Baskı, 2019.

IŞIĞIÇOK Erkan, *Toplam Kalite Yönetimi Bakış Açısıyla İstatiksel Kalite Kontrol*, Ezgi Kitabevi Yayınları, 2. Baskı, Bursa, 2012.

İKİZ Hasan Erdem, DOĞU Eralp, KESKİN Ahmet Özkan, “Otomotiv Sektörü Müşteri Özel Şartlarının APQP Süreci Adımlarına Göçerimi Üzerine Bir Çalışma”, *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, C.9, S.1, 2008, ss.47-60.

İLERLER Alper, *Dijital Radyografide Ölçüm Sistemleri Analizi*, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, 2015.

İŞÇİL Necati, *İstatiksel Kalite Kontrolü*, Ankara İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi, Ankara, 1975.

JURAN Joseph M., *Juran on Leadership For Quality*, Free Press, 2003

KARA Murat Berke, *ISO 9000 Kalite Yönetim Sistemi: Elektronik Parça İthalatı Yapan Bir Firmaya Uygulanışı*,(Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013.

KARAGÜL Oğuzhan, *Otomotiv Servislerinde Kalite Yönetim Sistemi ve Uygulama Süreci*, (Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.

KARTAL Mahmut, *İstatistiksel Proses Kontrolü*, Şafak Yayınevi, Sivas, 1999.

KAVRAKOĞLU İbrahim, *Toplam Kalite Yönetimi*, Kalder Yayınları, 1998.

KOOSHAN F., “ Implementation of Measurement System Analysis (MSA): In the Piston Ring Company “Case Study””, *International Journal of Science and Technology*, Vol2, No. 10, 2012, pp.749-761.

KORKUT S. Derya, SOLAK Ertan, “Application of ISO/TS 16949:2009 in Forest Products Industry”, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, C.16, S.2, 2016, ss.362-369.

KOVANCI Ahmet, *Toplam Kalite Yönetimi Fakat Nasıl?*, 2.B., Sistem Yayıncılık, 2003.

Measurement Systems Analysis Reference Manuel, Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Company, USA, Third Edition, 2003, p.22.

MONTGOMERY Douglas C., *Introduction to Statistical Quality Control*, 5th Edition, Wiley, 2005.

OĞUZ Alparslan, USTA Süleyman Talha, “Analitik Hiyerarşi Sürecini Kullanarak ISO 9001: 2008’e Dayalı Kalite Yönetim Sistemi İle Müşteri Memnuniyeti Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi”, *KTÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi*, C.5, S.9, 2015, ss.25-37.

ÖZEL Gizem, *Performance Evaluation and Measurement Of Quality Management System in A Product Development Department*, (Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül University Graduate School Of Natural And Applied Sciences, İzmir, 2014.

ÖZKAN Yılmaz, *Toplam Kalite*, 1.B., Sakarya Kitabevi, 2005.

ÖZTÜRK Ahmet, *Kalite Yönetimi ve Planlaması*, Ekin Yayınevi, Bursa, 2009.

PANDİRİPALLİ B., *Repeatability and Reproducibility studies: A comparison of techniques*, Chaitanya Bharathi Institute of Technology, 2010.

SANSARCI Arzu, *ISO/TS 16949'da Süreç Yönetimi Uygulamaları*, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.

SARIKAYA Nilgün, *Toplam Kalite Yönetimi*, Sakarya Yayıncılık, B.1., Sakarya, 2003.

Sigma Center Ders Notları (Ölçüm Sistemleri Analizi).

SOLAK Ertan, *TS ISO 16949:2009 Kalite Yönetim Sistemi ve Bir Orman Ürünleri İşletmesinde Uygulanması*, (Yüksek Lisans Tezi), Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, 2014.

ŞAHİN Orhan, "İstatistiksel Proses Kontrolünde Kontrol Grafiklerinin Kullanımı Ve Tekstil Sanayinde Bir Uygulama", *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, S.10, 2013, ss.53-75.

ŞAHİN Orhan," İstatistiksel Proses Kontrolünde Proses Yeterlilik Analizi Ve Tekstil Endüstrisinde Uygulama", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, C.27, S.2, 2013, ss. 253-271.

ŞAHOĞLU Burcu, *ISO 9001:2008 Kalite Yönetim Sistemi ve Metal Sektöründe Bir Uygulama*, (Yüksek Lisans Tezi), Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa, 2010.

ŞİMŞEK Muhittin, *Sorularla Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemleri*, Alfa Yayıncılık, İstanbul, 2000.

ŞİMŞEK Muhittin, *Toplam Kalite Yönetimi*, Alfa Yayınevi, İstanbul, 2004.

TOKER Mehmet Ali, *Otomotiv Tedarik Zincirine Yönelik ISO/TS 16949:2002 Kalite Yönetim Sistemi Ve Hayes Lemmerz İnci Alüminyum Jant Fabrikası'nda Uygulanması*, (Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2007.

TUNÇER Hasan, *İşletmelerde ISO 9001:2008 Kalite Yönetim Sistemine Sahip Olmanın Kurumsal Kaynak Planlaması Üzerine Etkisi*, (Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2011.

TÜRKMEN Çeşminaz, *Kalite Yönetim Sisteminin Kuruluşlara Sağladığı Yararlar Ve Uygulamada Karşılaşılan Sorunlar - Tekstil Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir Kuruluşta Uygulanması*, (Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006.

WANG J., *Assessing Measurement System Acceptability For Process Control And Analysis Using Gage R&R Study*, (Master of Science Degree), University of Wisconsin-Stout, 2004.

YAMAK Oygur, *Kalite Odaklı Yönetim*, Panel Matbaacılık, İstanbul, 1998.

YAMAN Ümit, *Ölçüm Sistemleri Analizinde Kullanılan İstatistiksel Yöntemlerin İncelenmesi*, (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2009.

YATKIN Ahmet, *Toplam Kalite Yönetimi*, Nobel Yayın Dağıtım B.1., Ankara, 2003.

YAVUZ Elif, *Altı Sigma Yöntemi ve Uzaktan Eğitimde Bir Uygulama*, (Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2005.

YUMAK Hatice Cansu, *ISO 9001:2008 Kalite Yönetim Sistemi'nin Uygulanabilirliğinin İncelenmesi Gönüllülük Mü? Zorunluluk Mu?*, Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2014.

ZEYVELİ Metin, SELALMAZ Ersin, "İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin Zincir İmalatı Yapan Bir İşletmede Uygulanması", *Karabük Üniversitesi Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 2008.

DİĞER KAYNAKLAR

"Doğruluk, Hassasiyet, Hata", <https://veribilimcisi.com/2017/07/14/dogrulukaccuracy-kesinlikprecision-hataerror-nedir/>, (30.05.2018).

"IATF 16949 Geçişiniz İçin Önemli Tarihler (PDF)", <https://www.bsigroup.com/tr-TR/IATF-16949-Otomotiv-Kalite-Yonetim-Sistemi/>

"ISO TS 16949 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi"
<https://www.turcert.com/belgelendirme/sistem-belgelendirme/iso-ts-16949-otomotiv-kalite-yonetim-sistemi>

"Kalite Yönetim Sistemi (ISO 9001:2015) Temel Eğitim",
<https://sigmaakademi.com/iso-9001-egitimi.html>.

"Mükemmellik Modeli ve PUKÖ Döngüsü",
<https://mukemmeliz.wordpress.com/2008/09/25/mukemmelik-modeli-ve-puko-dongusu/>

Türk Standartları Enstitüsü, "TS EN ISO 9001:2015 Kalite Yönetim Sistemi Belgelendirilmesi Başladı",
<https://www.tse.org.tr/Icerik/DuyuruDetay?DuyuruID=4288>, (11.01.2016)

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLAMA İZİN FORMU

Yazar Adı Soyadı	Göзде TÜRК
Tez Adı	İstatistiksel Bakış Aarsıyla Otomotiv Sektöründe IATF 16349:2016 Standardının Kurulumu, Yönetimi ve Kalitenin İyileştirilmesi
Enstitü	Sosyal Bilimler Enstitüsü
Anabilim Dalı	Ekonometri
Tez Türü	Yüksek Lisans
Tez Danışman(lar)ı	Prof. Dr. Erkan İŞİĞİCOK
Çoğaltma (Fotokopi Çekim) İzni Kısıtlama	<input type="checkbox"/> Patent Kısıt (2 yıl) <input type="checkbox"/> Genel Kısıt (6 ay) <input checked="" type="checkbox"/> Tezimin elektronik ortamda yayımlanmasına izin veriyorum.

Hazırlamış olduğum tezimin belirttiğim hususlar dikkate alınarak, fikri mülkiyet haklarım saklı kalmak üzere Bursa Uludağ Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı tarafından hizmete sunulmasına izin verdiğimi beyan ederim.

Tarih : 03/07/2019

İmza :

