T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA PROGRAMI

ÜRETİM SEKTÖRÜNDE HATA TÜRÜ ve ETKİLERİ ANALİZİ: ELEKTRONİK İŞLETMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

Mehmet HASAR

Danışman
Dr. Öğretim Üyesi Neslihan YALÇINKAYA

MANİSA-2021

T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA PROGRAMI

ÜRETİM SEKTÖRÜNDE HATA TÜRÜ ve ETKİLERİ ANALİZİ: ELEKTRONİK İŞLETMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

Mehmet HASAR

Danışman
Dr. Öğretim Üyesi Neslihan YALÇINKAYA

MANİSA-2021

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum "Üretim Sektöründe Hata Türü ve Etkileri Analizi: Elektronik İşletmesine Yönelik Bir Uygulama" adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilen eserlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

25.07.2021

Mehmet Hasar

ÖZET

ÜRETİM SEKTÖRÜNDE HATA TÜRÜ ve ETKİLERİ ANALİZİ: ELEKTRONİK İŞLETMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

Kalite hiç şüphesiz son yılların en önemli rekabet faktörlerinden birisi haline gelmiştir. Kaliteyi en uygun maliyet ile yakalayabilmek ve ürünü en kısa zamanda müşteriye ulaştırmak için işletmeler yeni üretim sistemlerine geçiş yapmaktadır. Firmalar, üretim maliyetlerini düşürürken kalitenin yükseltilmesi amaçlamaktadırlar. Üretimde otomasyon sistemlerinin kullanılması ile birlikte de üretim maliyetleri azalmış ve üretim hızı artış göstermiştir. Yeni üretim sistemlerinin kullanılması ile birlikte kalite iyileştirme konusunda da çalışmalar yapılması gerekmektedir. Üretim prosesinin ve ürünün kalitesinin sağlanmasına yönelik birçok farklı teknik kullanılmaktadır. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) de ortaya çıkan hataları engelleyerek ve hatanın oluşmadan önce tespit edilmesini amaçlayan ve risklerin ortadan kaldırılması ya da kabul edilebilir düzeye indirilmesini sağlayan tekniklerden biridir.

Kalite iyileştirme uygulamalarından HTEA, sistem, tasarım, proses ve servis alanlarında kullanılmak üzere çeşitlere ayrılmaktadır. Tüm sektörler için uygulanabilir olması bu tekniği diğerlerine göre avantajlı hale getirmektedir.

Bu çalışmada HTEA tekniğinin çeşitlerinden biri olan Proses HTEA kullanılmıştır. HTEA detaylı olarak anlatılmış ve elektronik sektörüne yönelik uygulaması beyin fırtınası tekniği kullanılarak değerlendirilmiş, düzeltici ve önleyici faaliyetler belirlenerek analiz sonuçlandırılmıştır. Risk öncelik göstergesi değerleri karşılaştırılarak bu proses için uygulanan kalite iyileştirme çalışmaları tamamlanmıştır. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde analizin işletmedeki proses hatalarını ortadan kaldırarak üretim prosesini iyileştirdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA), Kalite İyileştirme, Proses

ABSTRACT

FAILURE MODE and EFFECTS ANALISIS IN THE MANUFACTURING SECTOR: AN APPLICATION FOR ELECTRONIC PLANT

In terms of quality it will be one of the most important features that can ever create a perfect result. Businesses are switching to new production systems in order to achieve quality with the most affordable cost and to deliver the product to the customer as soon as possible. Firms aim to increase quality while reducing production costs. With the use of automation systems in production, production costs have decreased and production speed has increased. With the use of new production systems, it is necessary to work on quality improvement. Many different techniques are used to ensure the production process and the quality of the product. Failure Mode and Effects Analysis is one of the techniques that aims to prevent existing errors and to detect the error before it occurs, and to eliminate or reduce the risks to an acceptable level.

FMEA, one of the quality improvement applications, is divided into types to be used in system, design, process and service areas. The fact that it can be applied to all sectors makes this technique advantageous over others.

In this study, Process FMEA, one of the variants of FMEA technique, was used. FMEA has been explained in detail and its application to the electronics industry has been evaluated using the brainstorming technique, and the analysis has been concluded by determining corrective and preventive actions. By comparing the risk priority indicator values, the quality improvement studies applied for this process were completed. When these results are evaluated , it has been determined that the analysis has been successful in improving the process errors in the enterprise.

Keywords: Failure Mode and Effects Analysis(FMEA), Quality Improvement, Process

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı gerçekleştirirken her aşamada desteklerini esirgemeyen bilgi, deneyimlerini benimle paylaşan ve yol gösteren danışman hocam sayın Dr. Öğretim Üyesi Neslihan YALÇINKAYA'ya, tezimin uygulama aşamasında büyük desteğini gördüğüm Eşref BARIŞ, Mustafa DİRİLİ'ye, çalışmalarımı gerçekleştirdiğim sırada manevi desteğini her zaman hissettiğim Fatma Nur ÖNAL'a, işletmede destek olan tüm personele, yüksek lisans eğitimin boyunca bilgi, birikim ve tecrübelerini bizlerle paylaşan hocalarıma, öğrenim hayatım süresince yanımda olan desteklerini her zaman hissettiğim aileme yürekten teşekkür ederim.

Mehmet HASAR

Manisa, 2021

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ i
ÖZET ii
ABSTRACT iii
TEŞEKKÜR iv
İÇİNDEKİLER v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ viii
TABLOLAR DİZİNİ ix
ŞEKİLLER DİZİNİ x
RESİMLER DİZİNİ xi
GİRİŞ 1

1.BÖLÜM

KALİTE KAVRAMI

KALİTE KAVRAMI 3
1.1 Kalite Nedir? 3
1.2 Kalite Kavramının Gelişimi 4
1.2.1 Muayene 5
1.2.2 Kalite Kontrol 6
1.2.3 Kalite Güvence 7
1.2.4 Toplam Kalite Yönetimi (TKY) 7
1.3 Kalitenin Unsurları 9
1.3.1 Tasarım Kalitesi 9
1.3.2 Uygunluk Kalitesi 10
1.3.3 Performans Kalitesi 10
1.4 Kalite Maliyetleri 10
1.4.1 Önleme Maliyetleri 11
1.4.2 Ölçme – Değerlendirme Maliyetleri 12
1.4.3 İçsel Başarısızlık Maliyetleri 12
1.4.4 Dışsal Başarısızlık Maliyetleri 13
1.5 Kaliteyi Etkileyen Faktörler 13
1.5.1 Pazar 13
1.5.2 Sermaye 14
1.5.3 Yönetim 14
1.5.4 Çalışanlar (İnsan) 14

1.5.5 Motivasyon 15
1.5.6 Malzeme 15
1.5.7 Makine ve Teçhizat 16
1.5.8 Bilgi 16
1.6 Kalite-Otomasyon İlişkisi 16

2. BÖLÜM

HATA TÜRÜ ve ETKİLERİ ANALİZİ GENEL BAKIŞ

HATA TÜRÜ ve ETKİLERİ ANALİZİ GENEL BAKIŞ 18
2.1 HTEA'nin Tarihçesi 18
2.2 HTEA'nin Tanımı 19
2.3 HTEA Türleri 21
2.3.1 Sistem HTEA 22
2.3.2 Tasarım HTEA 23
2.3.3 Proses HTEA 26
2.3.3.1 Proses HTEA Çalışma Ekibi 30
2.3.3.2 Proses HTEA'da Hata Türü 31
2.3.3.3 Proses HTEA'da Hata Etkisi 33
2.3.3.4 Proses HTEA'da Hata Nedenleri 33
2.3.3.5 Proses HTEA – Fonksiyon 34
2.2.3.6 Proses HTEA – Şiddet 34
2.2.3.7 Proses HTEA – Olasılık 36
2.3.3.8 Proses HTEA'da Kontrol Önlemleri 36
2.3.3.9 Proses HTEA – Saptanabilirlik 37
2.3.3.10 Proses HTEA - Risk Öncelik Göstergesi 38
2.3.3.11 Proses HTEA – Önerilen ve Alınan Önlemler 38
2.3.4 Servis HTEA 39
2.4 HTEA'nın Sağladığı Faydalar 39
2.5 HTEA'nın Sınırlamaları 41
2.6 HTEA'nın Diğer Kalite Teknikleriyle İlişkisi 42

3. BÖLÜM

ÜRETİM SEKTÖRÜNDE HATA TÜRÜ ve ETKİLERİ ANALİZİ: ELEKTRONİK İŞLETMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

ÜRETİM SEKTÖRÜNDE HATA TÜRÜ ve ETKİLERİ ANALİZİ: ELEKTRONİK İŞLETMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA 46
3.1 UYGULAMANIN YAPILDIĞI İŞLETMENİN TANITIMI 46
3.2 Uygulamanın Amacı, Materyal ve Metot 46
3.3 Uygulamanın Kapsamı ve Sınırları 47
3.4 HTEA Uygulamasının Güçlükleri 48
3.5 HTEA Uygulaması 48
3.5.1 HTEA Takımının Kurulması 51
3.5.2 Üretimde Meydana Gelebilecek Hatalar, Nedenleri, Etkileri ve Mevcut Kontroller 52
3.5.3 Ortaya Çıkma, Şiddet ve Saptama Değerlerinin Belirlenmesi ve Risk Öncelik Göstergesi Hesabı 59
3.5.4 Öncelikli Önlem Alınacak Hataların Belirlenmesi ve Öngörülen Düzeltici Faaliyetler ile Yeni RÖG Değerleri 64
3.5.5 Alınan Önlemler ve Uygulanan Düzeltici Faaliyetler Sonucu Yeni RÖG ve Eski RÖG Değerlerinin Karşılaştırılması 71
SONUÇ 72
KAYNAKÇA 74

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

AIAG: Automotive Industry Action Group

APQP: Advanced Product Quality Planning

ASQC: American Society for Quality Control

A.Ş: Anonim Şirketi

DOE: Design of Experiments

FTA: Fault Tree Analysis

HD: High Definition

HTEA: Hata Türü ve Etkileri Analizi

ISO: International Organization for Standardization

İPK: İstatistiksel Proses Kontrol

JCAHO: Joint Commission on Accreditation of Health Organizations

MIL – STD: Military Standardized

NASA: National Aeronautics and Space Administration

QFD: Quality Function Deployment

QOS: Quality of Service

RÖG: Risk Öncelik Göstergesi

SAE: Society of Automobile Engineers

TKY: Toplam Kalite Yönetimi

TV: Televizyon

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1: Hata Önlenmesine Yönelik Düşünce Sistemlerinin Karşılaştırılması 19
Tablo 2: Proses HTEA Kontrol Çizelgesi Örneği 29
Tablo 3: Proses HTEA Şiddet Değerlendirme Tablosu 34
Tablo 4: Proses HTEA Olasılık Değerlendirme Tablosu 36
Tablo 5: Proses HTEA Saptanabilirlik Değerlendirme Tablosu 38
Tablo 6: Ortaya Çıkma Değerleri Tablosu 60
Tablo 7: Hata Şiddet Tablosu 60
Tablo 8: Hata Saptama Tablosu 61
Tablo 9: Hataların Ortaya Çıkma Değerleri 62
Tablo 10: Hata Şiddet Değeri Tablosu 63
Tablo 11: Hata Saptanabilirlik Tablosu 64
Tablo 12: Hatalara Göre RÖG Değeri Tablosu 65
Tablo 13: Eski RÖG ve Yeni RÖG Değerlerinin Karşılaştırılması 71

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Kalite Anlayışının Evrimi..... 9
Şekil 2: Kalite Maliyetleri İçin Zaman Evreleri.....11
Şekil 3: Kalite Maliyetleri Arasındaki İlişki.....12
Şekil 4: HTEA Sistematiği.....21
Şekil 5: HTEA Çeşitleri.....22
Şekil 6: Blok Diyagram Örneği.....25
Şekil 7: Parametre Diyagramı Örneği.....26
Şekil 8: Kalite Sistemi İçinde HTEA'nın Yeri.....44
Şekil 9: TV Üretim İş Akış Şeması.....50

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1: Kart Konfigürasyonu Örneği 52
Resim 2: Otomatik Vidalama Makineleri 53
Resim 3: Vida Dizici ve Vida Alma Anı 54
Resim 4: Vida Dizici Sensörü Önüne Düşen Vida 54
Resim 5: Yanlış Noktaya Vidalama İşleminin Neden Olduğu Kozmetik Bozukluk 55
Resim 6: Dijital Tork Ölçüm Cihazı 56
Resim 7: Yeterli Torka Ulaşmamış Vida 56
Resim 8: Birbiriyle Eksenel Olmayan Delikler 58
Resim 9: White Balance Prosesinin Gerçekleştirildiği Karanlık Oda 59
Resim 10: White Balance Probu 66
Resim 11: Eksik Olan veya Torka Ulaşmamış Vidaların Görüntüsü 68
Resim 12: Vida Ayıklama Cihazı 70

GİRİŞ

Son yıllarda kalite, işletmelerin pazarda kalıcı olabilmesi ve rekabet avantajını sağlayabilmesi için önemli bir kavram haline gelmiştir. Gelişen rekabet ortamında rakiplerinden daha önde olmak için işletmeler, üretim sistemlerine ve kalite iyileştirme faaliyetlerine önemli bütçeler ayırmaya başlamışlardır. Üretim ve kalite maliyetlerinin en düşük seviyede tutularak üretim hızının arttırılması işletmeler için önemli bir hal almıştır. Hedeflenen bu amaçlar doğrultusunda üretim sistemleri, geleneksel üretim yöntemlerinden modern üretim yöntemlerine kaymıştır. Robotların ve otomasyon sistemlerinin kullanıldığı üretim hatları, insan faktöründen arındırılarak daha hızlı ve kaliteli üretimin gerçekleştirilmesi için modern üretim sistemlerinin kullanımı yaygınlaşmıştır. Modern üretim sistemleri ile kalitenin geliştirilmesi de hedeflenmektedir. Kalite iyileştirme bir süreci kapsamaktadır. Bu süreç; ürün ya da hizmetin kalitesini olumsuz şekilde etkileyen faktörlerin tümünün problem ortaya çıkmadan ya da çıktıktan sonra tespit edilerek ortadan kaldırılması ve bunun sonucunda müşteri memnuniyetinin arttırılması olarak tanımlanabilir. Kalite iyileştirme sürecinde geri kalan işletmeler yüksek rekabetin yaşandığı bu ortamda tutunamazlar.

Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA); kalitenin iyileştirilmesi aşamasında önemli bir yere sahiptir. Bu uygulama hata ortaya çıkmadan hatanın tespit edilmesine yardımcı olur. Ürün ve/veya prosesteki olası hataların ve bu hataların ortaya çıkaracağı etkilerinin tespit edilmesi, değerlendirilmesi ve ortaya çıkan hatanın gerçekleşme ihtimalini düşürecek veya yeniden ortaya çıkmasını önlemlerin belirlenmesi ve bu sürecin belgelendirilmesi için tasarlanıp uygulanan sistemli çalışmalar topluluğudur (AIAG, 1996: 15).

HTEA; tasarım aşamasından, üretim prosesinden ve servis hizmetinden kaynaklanan hata türleri üzerine odaklanarak sadece bilinen ve ortaya çıkan hataların değil, olası hataların da risklerini belirleyerek önceliklendirir. Hataların ortadan kaldırılması veya etkisinin azaltılması için gerekli düzeltici ve önleyici faaliyetler belirlenir. Önleyici faaliyetlerin ardından yeni yapılan değerlendirmelerle prosesin aynı şekliyle uygulanmasına devam edilir. Burada temel amaç, olası risklerin etkilerinin müşteride ortaya çıkmadan ortadan kaldırılması veya mümkün olan kabul edilecek bir düzeye indirilmesidir. Kalitenin anlatıldığı şekilde sistemli olarak sürekli

iyileştirilerek geliştirilmesi yoğun rekabetin yaşandığı ortamda işletmelerin faaliyetlerinin kalıcılığını sağlar.

HTEA, işletmelerin rekabet üstünlüğünü elde tutmak amacıyla uyguladıkları hata önleyici kalite faaliyetleri arasında en ilgi duyulan yaklaşım olmuştur. Özellikle üretim faaliyetlerinde, önemli bir tahminleme tekniği olarak kullanılırken son dönemlerde tüm sektörlerde hataların önlemesini sağlamak amacıyla da kullanılmaktadır.

Bu çalışmada HTEA yöntemi bir elektronik işletmesinde televizyon üretim hattında otomasyon sistemli üretime geçiş aşamasında ortaya çıkabilecek hataların risklerini ortadan kaldırmak veya etkisini kabul edilebilir düzeye indirmek amacıyla uygulanmıştır. Üretim prosesi clean room denilen temiz odada televizyonun çerçevesi üzerine panel ve ekranın yerleştirilmesi ile başlamaktadır. Ardından final montaj aşamasında kart vidalama kapak vidalama ve white balance testlerinin ardından ürün paketlenmektedir. Bu HTEA çalışmasında final montaj hattında bulunan ve daha öncesinde çalışanlar tarafından manuel olarak gerçekleştirilen operasyonların otomatik hale getirilmesi için kullanılan makineler incelenerek beyin fırtınası yöntemi ile analiz edilmiştir. Günlük 3000-3500 adet üretim kapasitesine sahip üretim hattında ortaya çıkabilecek hatalar belirlenerek Risk Öncelik Göstergesi değeri belirlenmiştir. Bu hatalar belirlenirken geçmiş tecrübelerden faydalanılmış ve proses detaylı olarak incelenmiştir. RÖG>100 olan hatalar için önlem alınması gerektiğine karar verilmiş ve değeri 100'den büyük hatalar için gerekli düzeltici faaliyetler ve önlemler uygulanmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

KALİTE KAVRAMI

1.1 Kalite Nedir?

Kalite kavramı Latincedeki "*Qualis*" (Nasıl) kökünden gelen "*Qualitas*" kelimesinden türetilmiştir. Kalite kavramı ürün veya hizmetlerden hangisi için kullanılıyorsa o hizmetin/ürünün gerçekte ne amaçla üretildiğini belli etmek maksadını taşımaktadır (Acar,2010:9). Genel olarak kalite, günlük yaşantımızda ürün veya hizmetin üstün ve iyi oluşunu belirtir. Bu sebeple ürün veya hizmetin kaliteli olduğuna dair kavramlar öznel değerlendirmelerden oluşmaktadır. Öznel değerlendirmeden oluşan kalite pek çok etkiye (yaşam seviyesi, kültür ve toplumsal düzen, eğitim seviyesi, yaşanılan coğrafya) bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Özçakar,2010: 107). Kalite ne demektir sorusunun cevabı için literatüre bakıldığında kalite kavramının farklı tanımları ile karşılaşılmıştır. Bazı kalite öncülerinin tanımları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

Kotler'e göre kalite, ürün ve/veya hizmetin kullanıcılar tarafından açıklanan veya anlatılan istekleri karşılayabilme kabiliyetine sahip özelliklerinin toplamıdır (Kotler,1996:56).

Juran'a göre, kalite, kullanıcıların istediği şıklık, sağlamlık, güvenilir olması gibi özelliklerin bulunduğu ve kusurları ortadan kaldırılmış ürün ve/veya hizmetlerin kullanış amacına uygun olmasıdır (Juran,1992:12).

Garvin'e göre kalite, kullanıcıların şikayet etmelerini önlemek değil, kullanıcıların memnun edilmesi için bir kavram olabilir (Garvin,1986:23).

Ishikawa'ya göre kalite ürün ve/veya hizmet kalitesidir. Genel anlamda bakılacak olursa kalite ise işin kalitesi, hizmetin kalitesi, ürün/hizmetin süreç kalitesi, şirketin insan kalitesi, sistem kalitesi, firmanın kalitesi, hedeflerinin kalitesidir (Ishikawa,1995:47).

Taguchi'ye göre kalite ise, ürünün sevk edildikten sonra veya hizmetin sunulduktan toplumda ortaya çıkardığı minimum zarardır (Flood ve ark, 1993:31).

Öte yandan kalite öncülerinden Deming, kaliteyi değişkenlik ve farklılıkların seviyesinin azaltılması olarak tanımlar ve hataların ortadan kaldırılması ile kalitenin yakalanabileceğini söyler. Crosby ise kalitenin spesifikasyonlara uygun olma durumu olduğunu düşünür. Farklı bir ifadeyle kalitenin hatasız üretim gerçekleştirme olduğunu veya speklerle yüzde yüz uyumlu olduğunu ifade eder (Hoyer,2001:53-62).

Birçok farklı şekilde tanımı yapılan kalitenin en çok kullanılan tanımları aşağıdaki gibi açıklanabilir (Şimşek,2004:6).

- Kalite, ürün/hizmetin değerli oluşudur.
- Kalite, üretim veya sunum öncesi belirlenen niteliklere uygun oluşudur.
- Kalite, müşteri gereksinimlerine ve kullanışına uygun olma durumudur.
- Kalite, müşterinin tatminidir.

Günümüz şartlarında, rekabetin yoğun yaşandığı koşullar altındaki ürünlerin ve/veya hizmetlerin kalite performasının aralıksız olarak iyileştirilmesi gereklidir. Şirket yöneticileri bunu sağlamaz ve kalite ile ilgili gerekli önlemleri ve iyileştirmeleri sağlayamaz ise, şirket başta itibar kaybı ve ürün-hizmet satışlarının düşmesi gibi birçok kayıpla karşı karşıya kalacaktır.

1.2 Kalite Kavramının Gelişimi

Tarihteki ilk dönemlerde kalite kavramının geliştirilmesi için standart kavramların, ölçülerin oluşturulduğu ve bunlara göre üretim gerçekleştirilmeye çalışıldığı bilinir. Kalite kavramı ile ilgili kavramlar, milattan önce 2150 senesine kadar ulaşır. Ünlü Hammurabi Kanunları'nın 229. Maddesinde şu ifadeler yer almaktadır: "*Eğer bir inşaat ustası bir ev yapar ve yapılan ev yeterince sağlam olmayıp sahibinin üstüne çökerek ölümüne sebep olursa o inşaat ustasının başı uçurulur.*" (Bozkurt, Odaman 1998:1). Bu kanundan ortaya çıkacağı üzere kalite kavramı ile ilgili yapılan çalışmalar, en ilkel şekilde de olsa, milat öncesi dönemlerde başlamış ve geliştirilerek, iyileştirilerek günümüze kadar ulaşmıştır. Ayrıca gelişmeler günümüzde de devam etmektedir. Kalite geliştirme aşamasında Orta Çağ Avrupa'sında önemli olarak gösterilebilecek icatlardan biri Gutenberg'in matbaayı bulmuş olmasıdır. Matbaanın icat edilmesi değiştirilebilen parçaların standart üretimi ve kullanılmasının ilk örnegi olarak kabul görmektedir. Diğer bir örnek ise Venedik'te

askeri donanmanın silah/mühimmat talebinin karşılanması için silah üretim işletmesinin kurulmasıdır. Ordunun ihtiyaç duyduğu ok ve yayların üretiminin gerçekleştirildiği bu fabrikada her çeşit yay ile uyumlu olan standart ok üretilmesi ve bunların stokta bulundurması zorunlu idi. 17. yy'da İngiltere'de Kral I. Charles tarafından kurulan kraliyet silahlı kuvvetlerinin kullanacağı tüm askeri teçhizatın standardını sağlamak için kurulan komisyon standart alanında kurulan komisyonların ilk örneklerden biridir (Küçük,2004:14). 18. yy sonlarında Sanayi devriminin gerçekleştirilmesiyle kalitenin denetlenmesinin daha kapsamlı şekilde yapılması söz konusu olmuştur. 19. yy'ın ikinci yarısından sonra, sanayi sistemin ortaya çıkması ve kitlesel üretimde artışların ortaya çıkması kalitenin önemini ortaya koymuştur (Şimşek,2004:16). Kalitenin bir sistemler bütünü şeklinde incelenmesi ve önceden belirlenen prensiplere dayandırılması ise, ilk defa ABD'de ortaya çıkmış ardından Japonya ve Avrupa'da yaşanan gelişmelerle birlikte zirveye ulaşarak yönetim bilimi içerisinde yerini almıştır.

Kalite yönetiminin gerçekleştirilen ilk sistemli çalışmalarını 1932 yılında W. F. Shewart'ın yaptığı çalışmalara kadar götürmek mümkündür. Kalite faaliyetlerinin tüm işletme çalışmalarına yön vermesi ve ayrı bir yönetim felsefesinin oluştuğu seviyeye gelmesi ise 1980'lerde olmuştur. Bu dönemde, kalite kontrol sistemleri istatistiksel uygulamalar şeklinde ortaya çıkan kalite uygulamaları belirli kişi ve/veya bölümlerin sorumluluğunda bir iş,uzmanlık alanı şeklinde gelişmeye başlamıştır. 1950'li ve 1960'lı yıllarda Philip Crosby, Edwards Deming, Armand Feigenbaum, Joseph Juran, Kauro Ishikawa ve Genichi Taguchi başta olmak üzere kalitenin gelişimine hizmet etmiş kişiler tarafından gerçekleştirilen çalışmalar ve ortaya atılan fikirler, dünyanın küreselleşmesi ile birlikte kalite faaliyetlerinin tüm işletme aktivitelerine yön veren bir temel kavrama dönüşmesine imkan sağlamıştır (Taşcı, Çabuk, 2013:8).

Tarihsel gelişim olarak kaliteyi, genel olarak muayene, kalite kontrol, kalite güvence ve toplam kalite olarak dört aşamada incelemek mümkündür.

1.2.1 Muayene

Bu işlemin en önemli amacı kullanıcıya ayıplı ürünün/hizmetin sunulmasını önlemektir. Muayene çalışmaları üretimin en sonunda uygulanması sebebi ile farklı

sebeplerden kaynakların israf edilmesine neden olarak maliyeti yükseltmektedir (Taşcı, Çabuk, 2013:8). Bu kalite sisteminde müşteriler/kullanıcılar korunurken üretim yapan firmalar zorluklarla karşılaşabilmektedirler. Kalite problemi bulunan ürünler şirketler tarafında ek maliyetler ortaya çıkarmaktadır. Bu sebepten üretim yapan işletmelerinde korunacağı bir kalite sistemi ile ilgili çalışmalar yapılarak kalite kontrol sürecine geçiş yapılmıştır.

1.2.2 Kalite Kontrol

Kontrol, belli bir çalışmanın öncesinde belirlenen talimatlar çerçevesinde belli hedeflere ulaşmak konusunda uygulanmasını sağlama işlevi şeklinde açıklanabilir (Taşcı, Çabuk, 2013:9). Kalite kontrol; bir prosesin kalite verimliliğini düşürecek etkenlere karşı önlem alarak kalite kontrol sürecine hâkim olma anlamına gelir (Öztürk,2013:22).

Kalite kontrolün gerçek amacı kullanıcı isteklerinin ve şirketlerin önemli hedeflerinin ekonomik olarak en uygun aşamada elde edileceği ürünün/hizmetin imalatı için ihtiyaç olan planların geliştirilip uygulanması ile etkili bir biçimde devamlılığının gerçekleştirilmesidir (Küçük, 2004:12). Kalite kontrolü, üründe bulunan niteliklerin onun üretimini gerçekleştiren sistemin bir işlevidir anlayışına dayanır. Yani üretim sistemi ile imal edilen ürün arasında bir neden-sonuç ilişkisi bulunduğundan sistemdeki değişkenler ve sistemdeki girdiler kontrol altına alınabildiği takdirde üründeki özellikler de kontrol altında olur. Kalite kontrol çalışmaları, ürünün tasarım aşamasından müşteriye ulaştırılmasına kadar sürdürülür.

Kalite kontrol fonksiyonu aşağıdaki temel aşamaları kapsamaktadır (Taşcı, Çabuk, 2013:8).

- **Standartların Oluşturulması:** Yönetim politikaları, kullanıcıların/müşterilerin beklenti, talep ve istekleri ile teknoloji konusundaki fırsatlar göz önünde bulundurularak, ürünün kalite performansını etkileyen mali, güvenlik ve ürünün/hizmetin performansı konusunda standartları saptanır.

- **Uygunluğun Değerlenmesi:** Üründe bulunan kalite konusundaki özelliklerin, daha önceden belirlenmiş olan standartlara uygun olup olmadığı incelenip değerlendirilir.
- **Düzeltici Faaliyet Kararlarının Alınması:** Belirlenen üretim standartlarının ardından toleransların dışında gerçekleşen üretimlerin ardından bunu ortadan kaldırmak için düzeltici faaliyetlerin uygulanması konusunda karar alınır.
- **Geliştirme Çalışmaları:** Kalite kavramının geliştirilmesi konusunda ortaya çıkan yeni gelişmeler, yöntemler ve teknolojik gelişmeler takip edilerek ürüne maliyet, ürün güvenilirliği ve performansı konusunda katkı sağlanması amaçlanır.

1.2.3 Kalite Güvence

Kalite güvence, üründe veya hizmette daha önceden kalite ile ilgili belirlenen ihtiyaçları karşılıyor olmasında, kullanıcı açısından yeterli olabilecek güvenilirliği oluşturacak sistemli çalışmaların tamamı şeklinde açıklanır (Taşcı, Çabuk, 2013:8). Oluşturulan kalite güvence sistematiği, ürünün kalite performansını etkileyen iç ve dış faktörleri kapsar.

1.2.4 Toplam Kalite Yönetimi (TKY)

Kalite kavramı, insanlar arasında sık sık telaffuz edilen ve toplumda oldukça bilinen bir yönetim felsefesidir. Fakat bunun önemini toplumda çok az kişi idrak edebilir ve bunu değerlendirir (Açık, 2006:22). Kalite artık, firmaların müşteri ve/veya kullanıcılarını mutlu etmeye firma içindeki her bir birimin en uygun şekilde çalışmasını sağlamaya yönelik bir işletme aracı olarak görülmektedir.

Toplam kalite yönetimi (TKY) kavramı ilk defa Henry Ford tarafından kullanılmış ve 1926'da yayımladığı My Life and Work (Hayatım ve İşim) adlı kitabında yeni bir yönetim felsefesi olarak tanımlanmıştır. Müşteri/kullanıcı gereksinimlerini karşılamak için elde bulunan insan, iş, makine ve teçhizat ile ürün veya hizmetteki kalite ihtiyaçlarının, sistemli bir şekilde tüm kademelerdeki personelin katkısı ile sağlanmasıdır (Efil, 1995:29). Bu felsefede uygulanan, her kademedeki tüm personelin düşünce ve amaçları değerlendirilmekte ve çalışanların tümü kalite sürecine katılmaktadır. Toplam Kalite Yönetimi uzun vadede müşteri

ve/veya kullanıcıların kalite konusunda doyuma ulaşmasını, kurum içi çalışanların ve yaşadığımız toplum için faydalar sunmayı amaçlamaktadır ve kalitenin iyileştirilmesi konusuna yoğunlaşmaktadır.

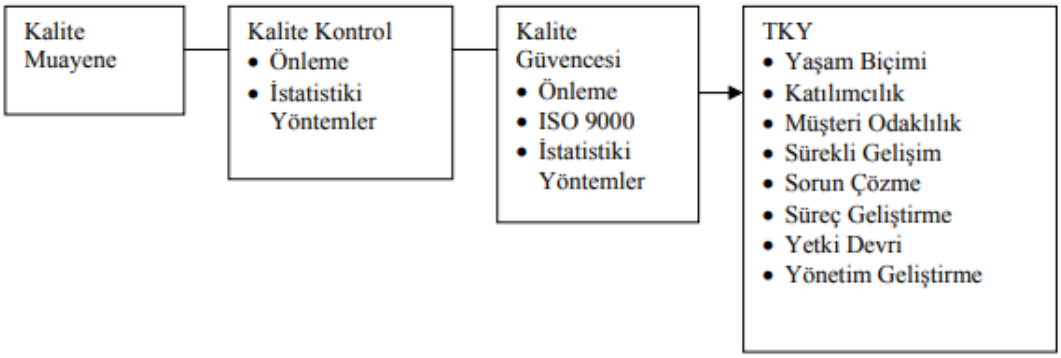
TKY'ni tam manasıyla 1950'li yıllarda Japonya'nın uyguladığı söylenebilir. Japon işletmeciler kalite kavramını işletmenin tüm kademelerine yerleştirerek kurum içi personeli bu konuda eğitmiş ve bilinçli olmalarını sağlamıştır. Bu yönetim sistemi ile Japon firmaların ürünleri dünya pazarında önemli konumlara gelmiştir.

TKY felsefesi uygulandığı her şirkette birbirinden çeşitli metotlar ile uygulanmıştır. İşletmelerin farklılaşma sebepleri ve ulaşmayı hedefleri farklı olması sebebi ile TKY'nin uygulama yöntemleri, uygulama kapsamı ve ayrılan bütçe de farklılıklar oluşturabilmektedir (Uzun, 2016:5).

Küresel pazarlarda rekabetin artması toplam kalite kavramının önem kazanmasına yol açmıştır. Bu yönetim felsefesinin süreci, üretici ve kullanıcının talep ve beklentilerini ekonomik olarak en makul seviyede karşılanması amacıyla kurum içindeki tüm kademelerde kalitenin gerçekleştirilmesi, korunması ve devamlılığının sağlanması konusundaki emeklerini birleştirerek koordinasyonunu sağlayan ve başta tepe yönetimin ve ardından tüm kademelerin katıldığı bir sistemdir (Taşcı, Çabuk, 2013:9).

Günümüz şartlarında rekabetçi ortamın değişen koşullarına uyum sağlayan, özellikle müşterilerinin beklentilerindeki değişimleri vaktinde yakalayıp, rekabetçi ortamda var olmak isteyen işletmeler için TKY bir yönetim anlayışı değil, bir yönetim felsefesi olmuştur. Bu yönüyle TKY diğer anlayışlardan ayrılmaktadır. Bu yönetim felsefesindeki farklılıkların oluşmasını sağlayan süreç aşağıda Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1: Kalite Anlayışının Evrimi



Kaynak: (Yükçü, 1999:6)

TKY'de, kalite kontrol edilmez üretilir düşüncesi hakimdir. Üretimin tamamlanmasının ardından ortaya çıkan kusurlu ürünlerin ayıklanmasının yerine üretim prosesinin ilk aşamasından itibaren hataların giderilmesi ve ortaya çıkan hataların kökenine inilerek önlenmesi amaçlanır (Taşcı, Çabuk, 2013:9). Bu nedenle TKY, yönetim ve üretim kademelerindeki çalışanlarının tümünün katılımıyla sürekli iyileştirmenin sağlanmasına dayanan, kullanıcı taleplerini her şeyden önde tutan modern yönetim felsefesi olarak açıklanabilir.

1.3 Kalitenin Unsurları

Ürünün özelliklerinin büyük bir bölümü tasarım aşamasında ürüne kazandırılırken bir kısmı üretim aşamasında, diğer bir kısmı ise serviste sürecinde belirir. Kalite bu farklar nedeni ile tasarım, üretim kalitesi ve kullanım olmak üzere üç ayrı ölçütle tanımlanır. Kalitenin öncülerinden Juran, kaliteyi tasarım kalitesi ve uygunluk kalitesi olarak iki bileşene ayırmıştır. Juran'ın belirlediği bileşenlere ek olarak performans kalitesi de önemli bir kalite bileşen olarak değerlendirilmektedir.

1.3.1 Tasarım Kalitesi

Tasarımın kalitesi ürünün sınıfını belirler. Tüm ürünler ve hizmetler çeşitli kalite seviyelerinde üretilir. Aynı veya benzer işler için tasarlanan ürünler arasında ortaya çıkan farklar, tasarım aşamasında öngörülen farklılıklardan oluşur. İşletmeler için tasarım aşamasında söz konusu olan iki farklı durum bulunmaktadır. İlk durumda tasarımın özellikleri, üretim gerçekleştiren işletmenin öncelik verdiği özellikler

dışında oluşur. Örneğin üretilecek ürün standartları kullanıcı tarafından belirlenmiş olur veya endüstride geçerliliği bulunan belirli standartlara uygunluk gerektirebilir. Diğer durumda ise, tasarım özellikleri tekstil, elektronik, dayanıklı tüketim ürünleri gibi malları üreten firmalar tarafından belirlenir. (Taşcı, Çabuk, 2013).

1.3.2 Uygunluk Kalitesi

Uygunluk kalitesi, işletmelerin kullanıcı gereksinimlerini karşılamak için ihtiyaç olan tasarım kriterlerini karşılayabilme ölçütüdür. Uygunluk kalitesinin, ölçülebilir bir özelliği bulunmaktadır. Üretilen ürünlerden her birinin öncesinde belirlenmiş olan standartlara ne derece uygun olduğunun tespit edilmesi mümkündür. Bunu belirlemek için ve değerlendirmesini yapabilmek için iki gösterge bulunmaktadır. Nominal değer ve tolerans olarak ifade edilen bu terimler şu şekilde açıklanabilir. Nominal değer, üretim sonrası hedeflenilen değerdir. Tolerans ise nominal değerden ne kadar uzaklaşılabileceğinin değeridir. Tolerans aralığı ürüne göre farklılık gösterebilir. Hangi ürün olursa olsun sadece tolerans değerleri içinde kalan ürünler kabul görür. (Taşcı, Çabuk, 2013:6). Bunlardan dolayı uygunluk kalitesi ölçülebilir nitelik taşır. Kullanıcıya sunulmuş ürünün belirlenen niteliklere hangi ölçüde uyduğu belirlenebilir. Kalite çalışmaları büyük ölçüde uygunluk kalitesi ile ilgilidir.

1.3.3 Performans Kalitesi

Tasarım kalitesi ile ürün performansı arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Ürünün performansı beklenen özellikleri karşılayabiliyor olması ile ölçülebilir. Bir ürünün tasarımına kurum içi ve kurum dışı müşteri istekleri ölçüde ürün performansı yüksek olmaktadır (Erdil ve ark, 2003:47). Örneğin, tasarım aşamasında eklenecek bir parça ile üründeki arıza yapma ihtimali azalacak ve satıştan sonraki hizmete daha az gerek duyulacak ise, müşterinin ürünün performansına duyduğu güven artacaktır.

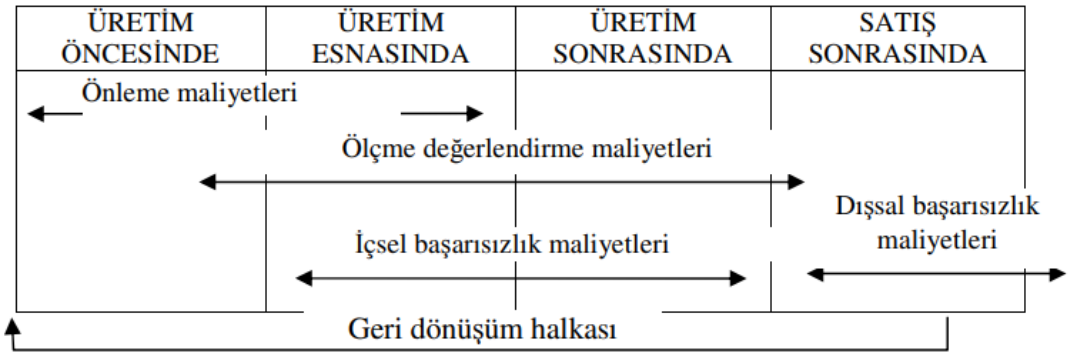
1.4 Kalite Maliyetleri

Kalite maliyetleri kalitenin ölçüsüdür. TKY'nin kurum içinde yerini alabilmesi, uygulanması ve sürekliliğinin sağlanması için kalitedeki ilerlemelerin değişiminin ölçülmesi ve rapor halinde sunulması gerekir. Şirketin kalite konusunda

nasıl bir yolda olduğunu görmenin ve gelişimini incelemenin en iyi kıyaslanacağı gösterge kalite maliyetleridir (Pekdemir, 1993:25). Diğer bir ifadeyle, işletmenin kalite konusundaki hedeflerine ulaşma yolunda nerede bulunduğunun somut ölçüsünü ortaya koymak için kalite maliyetlerinin bilinmesi gerekir. İşletmeler için asıl maliyetli olan durum kaliteli malın üretilmesini sağlamak değil, üretimde kalitesizliğin veya düşük kalitenin bulunması durumudur.

Kalite maliyetleri ile uygunluk kalitesi arasında bir bağlantı olup uygunluk kalitesi tasarım kalitesi ölçütlerini karşılama durumudur. Tasarım kalitesi hangi ölçüde olursa olsun eğer müşteri beklentisini karşılayacak uygunluk kalitesine sahip değil ise kalite maliyetleri açısından negatif etkisi olacaktır. Uygunluk kalitesini sağlamak ve bu kaliteden sapmaları önlemek, ürünleri belli standartlara göre üretmek için yürütülen faaliyetler sebebiyle oluşan maliyetlere kalite maliyetleri denir (Çabuk, 2005:2). Tasarım ve uygunluk kalitesi maliyet evreleri, Şekil 2'de gösterildiği gibi dört kategoride açıklanabilir (Raiborn, Kinney, 1999:92).

Şekil 2: Kalite Maliyetleri İçin Zaman Evreleri



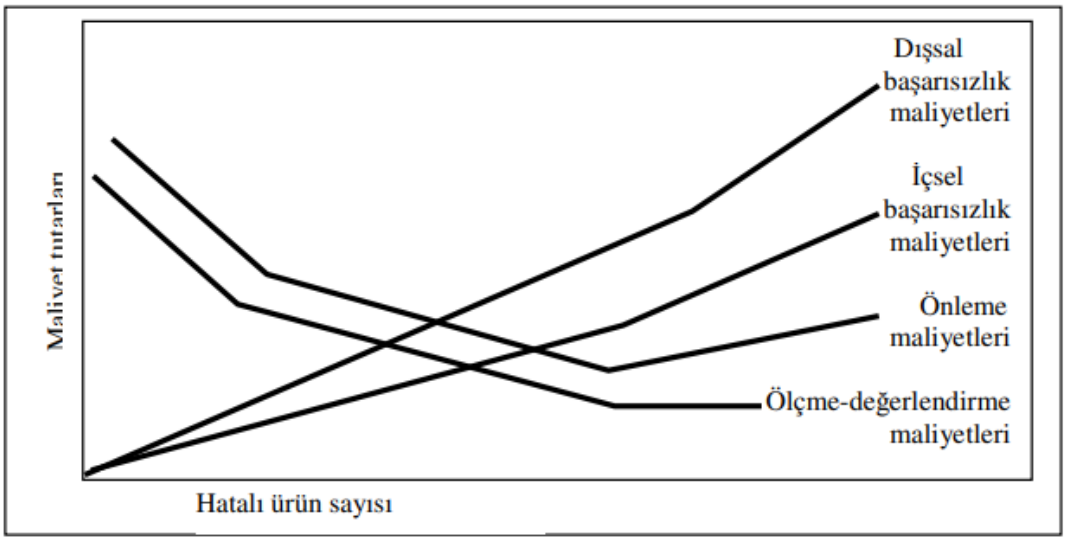
Kaynak: (Yıldıztekin, 2005:406)

1.4.1 Önleme Maliyetleri

Önleme maliyetleri, çalışanlarının tümünün ve birimlerin yapacakları işlerde ilk seferde doğru olanı uygulamalarını sağlamak veya kusur ortaya çıkmadan önlem almak için üstlenilen maliyetlerdir. Bu maliyetlerle, ürünün tasarımında belirtilen kalite özelliklerini sağlamayan ürünlerin üretilmesi sonucunda ortaya çıkan maliyetlerin engellenmesine çalışılır. Dışsal ve içsel başarısızlık maliyetlerini ortaya çıkaran faaliyetlerin bir daha oluşmasını engellemek amacı ile teknik bilgiye ihtiyaç duyan düzeltici/önleyici faaliyetlerin oluşturduğu maliyetler de bir önleme maliyeti

olarak kaçınılabilecek giderlerdir (Efil,1995:252). Önleme maliyetlerindeki artış, önemli düzeyde başarısızlık maliyetlerini azaltıcı nitelik taşımaktadır. Kalite-Maliyet ilişkisini gösteren çizelge Şekil 3'te verilmiştir. (Raiborn, Kinney, 1999:91).

Şekil 3: Kalite Maliyetleri Arasındaki İlişki



Kaynak: (Yıldıztekin, 2005:407)

1.4.2 Ölçme – Değerlendirme Maliyetleri

Ölçme-değerlendirme maliyetleri, uygunluk kalitesi teknik spesifikasyonlarına uygun olmayan ürünlerin tek tek ortaya çıkarılması ve bu ürünlerin bulunmasında maruz kalınan giderlerdir. Kalite kontrolde veya kalite doğrulaması gibi istenilen kaliteye ulaşmak amacı ile yapılan tüm değerleme maliyetleridir (Horngern ve ark, 1997:684). Ölçme ve değerlendirme maliyetleri; denetleme, üretim hattı üzerinde sürecinde kontrol etme, ürünlerin test edilmesi ve kalite gereksinimlerine uygunluğunun belirlenmesi için üretim öncesi test ve ölçümlerle ilgili maliyetlerdir.

1.4.3 İçsel Başarısızlık Maliyetleri

İçsel başarısızlık maliyetleri, müşteriden siparişin alınıp sevk edilmeden hatanın fark edilmesi ile ortaya çıkan maliyetlerdir. (Horngern ve ark, 1997:684). Iskartalar, kalite gereksinimlerini karşılamayan ve tekrardan üretimden geçirilmesi ekonomik ve mantıklı olmayan ürünlerdir (Yıldıztekin, 2005:409). Iskartaların sebep

olduğu malzeme, işçilik ve ortaya çıkan diğer giderler içsel başarısızlık maliyetlerine eklenmelidir

1.4.4 Dışsal Başarısızlık Maliyetleri

Bu maliyet siparişlerin kullanıcıya/müşteriye teslim edilmesinden sonra ortaya çıkan uygun olmayan ürünlerden dolayı katlanılan maliyetlerdir (Yıldıztekin, 2005:409). Bozulan ürünlerin tekrardan onarılması veya yenisi ile değiştirilmesi, garanti edilen süre içerisinde yaşanan kalite problemlerinin sorumluluğunu yerine getirmek, sevkiyat maliyetleri bu maliyetlere dahil edilebilir.

1.5 Kaliteyi Etkileyen Faktörler

Müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilmek için ürün/hizmetlerin devamlı olarak iyileştirilmesi gerekmektedir. İşletmeler kaliteye önem verdikleri derecede pazar payını arttırabilmektedirler. Bu yüzden işletmelerin kalite performansı, ulusal ya da uluslararası rekabette önde olmaları için kritik bir faktördür. Deming, yüksek kalitenin maliyetleri azaltacağını, şirketin pazardaki payını ve rekabet düzeyini arttıracağını belirtmiştir. Bu yüzden mevcut kalite performansının yükseltilmesi firma açısından son derece önemlidir (Beşkese, 2017:77).

Kaliteyi etkileyen pek çok faktör olmasına rağmen genel olarak kaliteyi doğrudan etkileyen faktörleri pazar, sermaye, üretim ve yönetimdeki çalışan etkisi, personel motivasyonu, üretimde kullanılan makine, hammadde, bilgi ve teknoloji sistemleri, üretim ve sürekli iyileştirme olarak sıralayabiliriz.

1.5.1 Pazar

Firmaların kurulma amaçları insanların ihtiyaç duyduğu gereksinimlerini karşılamak ve insanlara ürün/hizmet sunmak gelmektedir. Firmalar başarılı olabilmek için bireylerin ihtiyaçlarını iyi analiz etmeli ve beklentilerini karşılayabilecek ürün ve hizmetleri pazara sunmalıdır. Genelde firmaların bulunmak istediği pazarlarda birden çok işletme yer almaktadır (Taşcı, Çabuk, 2013:11). Küreselleşmenin sonucu olarak pazarda ortaya çıkan rekabet hem iç pazarda hem de uluslararası pazarda ciddi şekilde

artmaktadır. Pazarda sürdürülebilir şekilde bulunmanın yolu, kullanıcıların gereksinimlerini ortaya koyup bunları tasarım aşamasından itibaren ürün ve hizmetlere yansıtmaktır.

1.5.2 Sermaye

Küreselleşme sonucu milli sınırların ortadan kalkması ile çoğu sektörde rekabet artmıştır. Ürün ve hizmetlerin farklılaşması kullanıcıların ihtiyaç ve gereksinimlerinin sık sık değişiklik göstermesi şirketlerin karlılık oranlarında düşüşlere sebep olmuştur. Hatalı olan ürünlerin üretim aşamasının sonunda fark edilmesi ve kenara ayrılmasının ekonomik olarak ciddi zarara sebep olduğunu anlayan işletmeler kaliteyi üretim prosesinin son aşamasında değil her aşamada kontrol etmenin gerekli olduğunu anlamışlardır ve kalite kontrol edilmeden kaliteli üretim gerçekleştirilmesi gerektiğinin farkına varmışlardır (Taşcı, Çabuk, 2013:11). Kalitenin sürekli olarak geliştirilmesi için yapılan harcamalar aslında pazarda rekabet avantajı sağladığından maliyet olarak düşünülmemelidir.

1.5.3 Yönetim

Kalite organizasyonu içerisinde tüm çalışanların izleyeceği ve onlara yol gösterecek liderler bulunmalıdır. Kalitede mükemmellik arayışı uzun soluklu bir süreçtir. Bu süreçte çalışanların yollarını ve motivasyonlarını kaybetmemeleri, cesaretli olmaları ve kendilerinden beklenen katkıyı yapabilmeleri sadece yönetimin sürekli ve etkili liderliği ile mümkün olmaktadır (Duran, Ece, 2010:26). Müşteri talep ve gereksinimlerinin kuruluşu yönlendirmesine izin veren yöneticiler, çalışanların tümünün işlerine karşı stratejik bir bakış açısı kazanmalarını sağlamış olurlar.

1.5.4 Çalışanlar (İnsan)

Kalite üzerinde etkili olan en önemli faktörlerden biri de insan olup başka bir kaynak türü ile ikame edilemez. İnsan faktörü parayı, malzemeyi ve çalışma alanı gibi tüm faktörleri çalıştırır. Aynı zamanda insan bir üretim faktörü olarak da görev ve sorumluluk alır (Taşcı, Çabuk, 2013:12). İnsan faktörü hem girişimci olarak hem de iş gücü olarak üretim faktörleri içerisinde yer alır. Çalışanlar gerek üretimde gerekse yönetimde fiziksel ve zihinsel olarak destek sağlayarak kaliteyi etkilemektedir.

İnsan kaynağı, firmaların pazarda güçlü olmaları ve rekabetteki avantajları ellerinde bulundurmalarında aktif olarak rol alırlar. Kalite kavramında "Bir işi en iyi yapan bilir." sözü dikkate alınarak, çalışanlara söz verilerek karar aşamalarına katılımlarına imkan sağlanmalı ve yaratıcı yönleri desteklenmelidir (Pakdil, 2004:173). Her şeyden önce çalışanlara değer verilmesi ve bunun hissettirilmesi, bunun da firma uygulamalarında net olarak ortaya konması gereklidir. İnsan faktörü ancak bu aşamalardan sonra kalitenin iyileştirilmesine hizmet eder.

1.5.5 Motivasyon

Firmalarda değişen çevreye hızlı bir şekilde uyum sağlamak, doğru değerlendirme yapmak kurumu iyi tanımak ortak amaç meydana getirerek motivasyonu sağlamak stratejik yönetimin en önemli unsurlarındandır (Önen, Ölmez, 2019:295). Çalışanlardaki motivasyonun artırılması, insanlar arasındaki birliktelik, işe olan aidiyeti arttıracağından bu durum yapılan işin kalitesine de olumlu olarak yansıyacaktır.

Motivasyon kişilerin özel hayatları ile birlikte, iş hayatlarında da yaptıkları işin verimli olması konusunda ve kalitesi yönünden önemlidir. Firmalarda kaliteli bir üretim ve yönetim süreci için çalışan yönetimi önemli bir faktördür. Burada da yöneticilere çalışanların motive edilmesi ve organizasyonu aşamasında önemli sorumluluk düşmektedir (Ünlü ve ark, 2013:4). Yöneticinin en önemli sorumluluk ve görevlerinden biri de etkili ve verimli bir örgüt yapısı ortaya çıkarmaktır. Verimli ve etkin çalışan bir örgüt de, motivasyonu yüksek seviyede olan çalışanlar ile gerçekleştirilir.

1.5.6 Malzeme

Kaliteyi etkileyen faktörlerden bir diğeri de malzemedir. Üretim prosesinde kullanılan malzeme cinsi, üretim teknolojisi ve malzeme teknik özellikleri gibi faktörler, ulaşılmak istenen kalite düzeyini doğrudan etkiler. İstenilen kalite seviyesinin yükselmesi malzemelerin, yarı mamul ve mamule dönüştürülmesinde yeni ve farklı teknoloji seviyelerinin kullanılmasına başlanmıştır. (Özevren, 1997:51). Son dönemlerde malzemeler de teknolojik gelişmelerle birlikte gelişme göstermiş ve

çeşitlenmiştir. Böylelikle daha farklı özellikte ürünler yapılabilmekte ve müşteri tatmini sağlanmaktadır.

1.5.7 Makine ve Teçhizat

Gelişen teknoloji ile birlikte üretimde yüksek teknoloji ürünleri ve bilgisayarlar kullanılmaya başlanmıştır. Yüksek teknolojili robotların ve makinelerin kullanımı çalışan kaynaklı kusurları en az seviyeye düşürerek kaliteli ürünlerin üretilmesine olanak sağlamaktadır (Taşcı, Çabuk, 2013:12). Gelişen teknoloji ve otomasyon sistemleri, etkili ve verimli kalite kontrol yapılmasına imkan vermektedir.

1.5.8 Bilgi

Artan rekabet dolayısıyla bilgi, şirketlerin önemli bir üretim faktörü haline gelmesine sebep olmuştur. Şirketlere sürdürülebilir rekabet avantajı sağlayan bilginin yönetimi, son yılların üzerinde en çok durulan konusu olmuştur. Bilginin yönetilmesi üretim, yatırım, pazarlama gibi konularda şirketin en iyi kararı alabilmesi açısından önemlidir. Bu bilginin planlı şekilde işlenmesi, depolanması ve güncellenmesi paylaşılıp kullanılması bilgi yönetimi olarak tanımlanabilir (Uzun, Durna, 2008:33). Bilgi yönetimini başarılı uygulayan işletmeler, küresel çevrede meydana gelen değişimlere hızlı bir şekilde adapte olarak rekabetin çok ciddi boyutlara ulaştığı bu ortamda rakiplere karşı önemli avantaj elde etmiş olurlar.

1.6 Kalite-Otomasyon İlişkisi

Günümüzde işletmeler, otomasyon sistemlerinin kullanıldığı insan etkisinin en aza indirgeneceği üretim sistemlerini yoğun olarak tercih etmektedirler. Fabrikalar Endüstri 4.0 ile birlikte temeli yapay zekaya dayanan üretim süreçlerine geçiş yapmaktalar. Bu süreç fabrikaların otomatik hale geleceği insansız üretim yapılacağı bir gelişim sürecidir. Üretim süreci insan etkilerinden arındırılarak otomasyon sistemlerinin kontrolünde sıfır hata ile üretim yapılması hedeflenmektedir. Bu sistemler ve robotlar sayesinde kalite kontrol süreleri kısalmış, kontrol sonrası oluşabilecek hata düzeltme, yeniden üretim gibi konularda zaman ve maliyet tasarrufu

sağlamıştır (Bolatan, 2020:437-454). Bu sistemlerde amaç sadece kaliteden değil üretim hızı ve zamanında teslimat sağlayabilecek mükemmel bir üretim süreci sağlayarak müşteri tatminini sağlamaktır. Otomasyon sistemleri ile donatılmış fabrikalarda insandan kaynaklı problemlerin ortadan kaldırılması ve üretimin sürekliliğinin sağlanması gerçekleşir. Sensörler ve nümerik makineler ile üretim durdurulmadan üretim tüm aşamalarında otomatik şekilde kalite kontrolle yapılmakta böylece üretim tamamlandığında üretilen tüm ürünler istenilen kalite performansını sağlamaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM

HATA TÜRÜ ve ETKİLERİ ANALİZİ GENEL BAKIŞ

2.1 HTEA'nin Tarihçesi

1960'lı yıllarda havacılık alanında ortaya çıkan bu metot, uzay çalışmalarında yer almış, daha sonralarında otomotiv, nükleer, kimya gibi endüstrilerde de kabul görmüştür. Bu yöntem ilk kez 9 Aralık 1949 tarihinde ABD askeri prosedürü MIL-STD-1629A ile yayınlanmıştır. O dönemlerde HTEA daha çok askeri uçakların üretimi için kullanılmaktaydı (Özdemir, 2006:47). Öncelikle sistemlerin ve ekipmanlarda bulunan hataların değerlendirilmesi için kullanılmıs olup bir güvenilirlik saptamasının bir tekniğidir (Aran, 2006:243). 1960 – 1965 yılları arasında NASA aracılığında insanın bulunduğu astronomi projelerinde kullanılan bu metodun Amerika Birleşik Devletleri astronomi sektöründe faydalanılmasının temel nedeni ise astronomi araçlarının tek adette ve maliyeti yüksek bir araç olmasından dolayı hiçbir sistemde ve detaylandırılmış parçalarında herhangi bir kusur veya hata istenmemesidir (Taşan, 2006:28).

1970li yıllarda yayımlanan MIL-STD-1629A standardının "Çok Gizli" olması özelliğinin kaldırılması ile bu süreci takip eden yıllarda bu analizin çok çeşitli sektörlerde ve ileri teknolojiden faydalanıldığı alanlarda uygulanmaya başlanıldığı görülmüştür (Gilchrist, 1993:17). Otomotiv sektörünün ilk uygulamaları 1977'de Ford Motor Company tarafından yapılmıştır. Şirket güvenlik ve yasal düzenlemeler için otomotiv endüstrisine HTEA'yı tanıtmıştır. Ürün ve tasarımı iyileştirmek için de kullanmışlardır (Srivastava, 2018:1). 1985 yılında FIAT, Renault, ve PSA'nın (Peugeot Citroen Grubu) da bu teknği kullanması ile HTEA, Amerika dışındaki otomotiv sektörünün yanı sıra Avrupa otomotiv sektörü tarafından da benimsenmiştir (Taşan, 2006:28). Sektörün tasarım ve üretimde kullanılan sistemlerin güvenilirliğinin sağlanması açısından uygulanan en temel tekniklerden birisi olmuştur.

1993 yılının Şubat ayında otomotiv sektöründe Otomotiv Endüstrisi Faaliyet Grubu (AIAG) ve Amerikan Kalite Kontrol Topluluğu (ASQC) sanayi alanında HTEA

standardı oluşturmuştur. Oluşturulan bu tekniğin standardı Chrysler, Ford ve General Motors şirketleri tarafından kabul görmüş ve desteklenmiştir (Taş, Koç, 2010:152).

Küresel ölçekli şirketler, yirmi beş seneyi aşkın bir süreden beri bu analizi devamlı olarak geliştirmektedirler. En son 2004 senesinde sürüm 4.1 olarak yayımlanan Ford FMEA el kitabı içinde teknikte daha öncesinden farklı şekilde çeviklik terimi de tanımlanmıştır. Bilindiği üzere çevik tasarım; proseste oluşan farklılıklardan etkilenmeden tasarımın ve üretimin yapılabilme yeteneğidir. Ford Motor Company şirketinin uygulamaya koyduğu bu analiz ISO TS 16949:2002 ve Amerikan Otomotive Mühendisleri Derneği (Society of Automotive Engineers-SAE) SAE J1739 standardının beklentisinin de fazlasını karşılamaktadır (Taşan, 2006:29).

HTEA tekniğinin günümüzdeki uygulama alanlarına, Uzay çalışmaları, Atom, Otomotiv, İlaç endüstrisi, Medikal ve Ev Aletleri endüstrileri örnek olarak gösterilebilir (Düzgüner, 2002:35). Örnek olarak medikal hataların nedeni ile senede yaklaşık 98 bin kişinin ölmesinden dolayı, Sağlık Organizasyonları Birleşik Akreditasyon Komisyonu (Joint Commission on Accreditation of Health Organizations-JCAHO) sağlık kuruluşlarının bu analizi bir düzen şeklinde uygulanmasını ve her sene yenilenmesini ister (Tilburg ve ark, 2005:58).

Hataların engellenmesi ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalardan yola çıkılarak eski ve yeni düşüncenin sistemleri kıyaslandığında Tablo 1 ortaya çıkmaktadır.

Tablo 1: Hataların Engellenmesine Yönelik Düşünce Sistemlerinin Kıyaslanması

Eski Düşünce	Yeni Düşünce
Hurdaların takip edilmesi	Hurda oluşumunun önlenmesi
Güvenilirliğin sağlanması	Güvensizliklerin düşürülmesi
Hataların çözümünün bulunması	Hatanın oluşmadan önüne geçilmesi

Kaynak: (Kaya, Alaykıran, 2019:78)

2.2 HTEA'nin Tanımı

HTEA için çeşitli kaynaklarda farklı tanımlarla karşılaşılması mümkündür. Stamatis'e göre HTEA "Müşteriye ulaşmadan önce; sistemden, tasarımdan, üretimden ve/veya servisten kaynaklanan bilinen ve/veya olası gerçekleşebilecek hataların, problemlerin, yanlışların tanımlanması, belirlenmesi ve giderilmesine yarayan bir

mühendislik tekniğidir." (Stamatis, 1995:12). HTEA, çok sayıda hatanın türleri için iyileştirme uygulanmasının planlanmasının yerine, tüm sistem tarafında en önemli faydayı verecek hataları önceliklendiren metottur (Musubeyli, 1999:18).

HTEA, daha önceden oluşabilecek hataları tahminleyerek bunların önüne geçilmesine yönelik etkili bir yöntemdir. Hataların oluşması ile ortaya çıkacak problemlerin müşteri tarafından bakılması düşüncesine dayanmaktadır (Akın, 1998:7). Bu teknik uygulanır iken tespit edilen tüm hataların olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik tahmini yapılır.

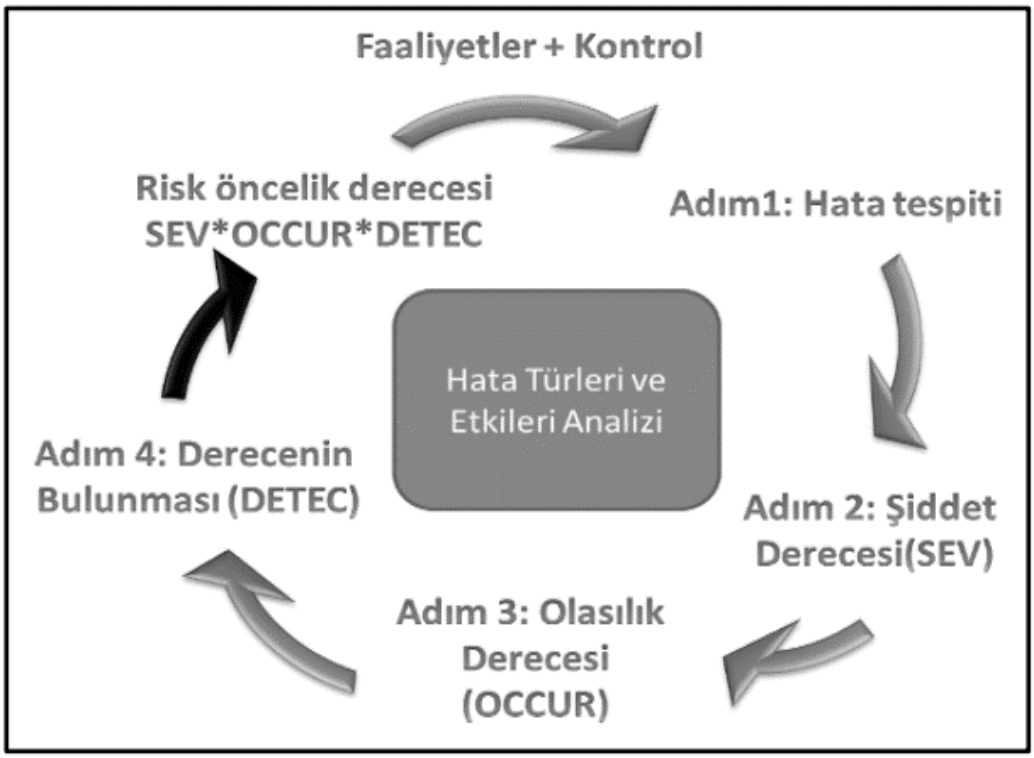
HTEA tekniği ile ilgili yayınlamış ilk prosedür olan MIL-STD-1629A'da ise şu şekilde bir tanım verilmiştir; "Her bir bileşene ait önemli hata türlerinin ve bunların ortaya çıkmasının sistem çalışması üzerindeki etkilerinin tanımlanması ve dokümantasyonudur." (MIL-STD-1629A).

Mizuno ve Akao HTEA, ürün, sistem, ekipman veya ürünü oluşturan bileşenlerin güvenirliğinin oluşturulmasında etkili şekilde kullanılan bir tekniktir (Mizuno ve Akao, 1994:9). HTEA, mühendisliğin bir parçası olarak üründeki ve üretim prosesindeki hataları analizlendirir.

Tanımların içinde en ayrıntılı olanı ise Otomotiv Endüstrisi Aksiyon Grubu'nun referans kitabındaki tanımlama gösterilebilir. HTEA üründeki ve/veya prosesteki ortaya çıkabilecek hataların ve bu hatalardan kaynaklanan sorunların tespit edilmesi ve incelenmesi, oluşabilecek hatanın ihtimalini düşürecek ya da tamamen engelleyecek uygulamaların belirlenmesi ve bütün bu süreçlerin dokümantasyonu için dizayn edilen sistemli bir uygulamalar topluluğudur (AIAG, 1996:18).

HTEA firmadaki farklı kişiler ve farklı bölümlerden gelen personelin ortaya çıkardığı birden fazla işlevi olan takımlarla uygulanan bir analizdir. Bu yönüyle kişiler arası iletişimi güçlendirdiği unutulmamalıdır. Başarılı bir HTEA çalışması için, "hata ortaya çıktıktan sonraki düzeltme" değil, aksine "hata ortaya çıkmadan önceki aksiyon" olarak değerlendirilmeli ve olabilecek en erken zamanda analiz edilmelidir (Taşan, 2006:27). HTEA sistematiği Şekil 4'te gösterilmiştir.

Şekil 4: HTEA Sistematiği



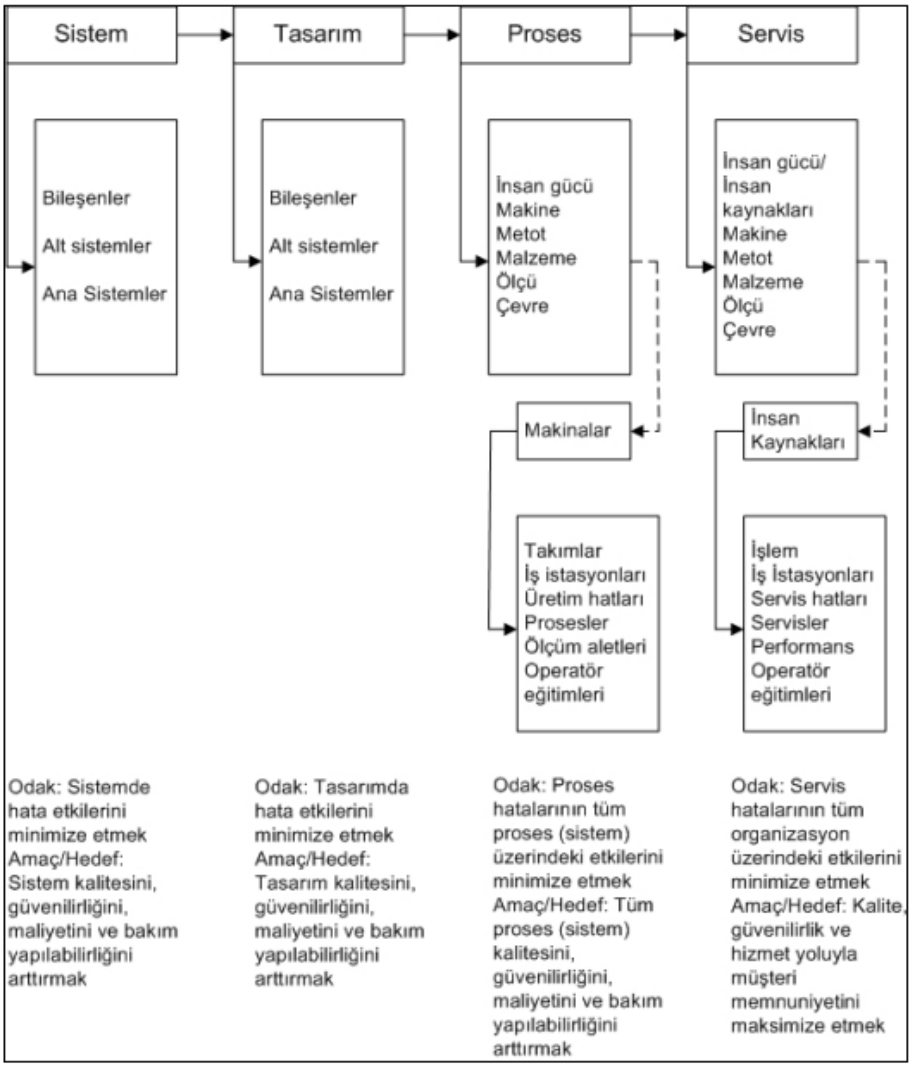
Kaynak: (Kahraman, Sağbaş, 2020:2)

2.3 HTEA Türleri

İlk uygulamalar donanıma yönelik yapılmış olsa da bu analiz şekli yaygınlaştıkça proseste ortaya çıkabilecek hataların belirlenerek hataların ortadan kaldırılması amacıyla da kullanılmıştır. Sonraki süreçte HTEA tasarım ve hizmet alanlarında uygulanmaya başlamıştır.

Genel olarak 4 farklı HTEA'dan bahsedilebilir. Bu analizler; Sistem HTEA, Tasarım HTEA, Proses HTEA, Servis HTEA'dır (Sankar, Prabhu, 2001:20). HTEA çeşitleri arasındaki bağlantı Şekil 5'te özetlenerek belirtildiği gibi 4 ana grupta incelenebilir.

Şekil 5: HTEA Çeşitleri



Kaynak: (Stamatis, 1995:41)

2.3.1 Sistem HTEA

Sistem ve alt sistemler analiz edilerek, sistemdeki eksikliklerden kaynaklanan sistem fonksiyonları arasındaki olası hataları tespit etmeye odaklanır. Burada hedef, sistemin kalitesini, güvenilirliğini ve korunabilirliğini artırmaktır. Sistem HTEA'da etkinlik ve performans gibi etkenler ile ekonomik etkenler arasında uyumlu bir denge oluşturmak amaçlanmaktadır. Buna ulaşmak için HTEA müşteri istek, ihtiyaç ve beklentileri doğrultusunda yapılmalıdır. Bu HTEA türü tasarımların belirlenmesinde sistem ve alt sistemlerin çözümlenmesinde kullanılır (Durhan, 2006:15). Sistemdeki eksikliklerden kaynaklanan olası hatalara odaklanır. Sistemlerarası ilişkileri ve sistem elamanlarını da kapsamaktadır.

Sistem HTEA'nın yararları şu şekilde sıralanabilir (Çeber, 2010:41).

- Optimum sistemlerin tasarım alternatifini seçmede yardımcıdır.
- Sistemdeki fazlalıkların tespit edilmesinde yardımcıdır.
- Sisteme etki eden olası problemlerin bulunabileceği alanalar daralır.
- Sistemde uygulanacak işlemeler için bir temel oluşturulmasına yardımcı olur.

2.3.2 Tasarım HTEA

Alt sistemlerin ve bileşenlerinin tasarım fonksiyonlarına odaklanır. Tasarımda hata etkilerinin minimize edilmesi amaçlanır (Taşan, 2006:31). Üretim aşamasına geçilmeden uygulanır. Ürün veya hizmet tasarımındaki hataların oluşturabileceği ürün hatalarının etkileri incelenir. Bu yöntem ile sistem veya alt bileşenlerinin güvenilirlik riskleri yazılı şekle getirilir, tüm hata türlerinin şiddetinin analizi yapılır ve hatayı ortadan kaldıran aksiyonlar yani dizayn farklılıkları tanımlanır (Yılmaz, 1997:88). Ürünün beklenen işlevleri ile birlikte tasarımdaki yetersizliklere dikkat edilerek ortaya çıkabilecek olası hataların tespit edilmesinde faydalanılan bir kalite geliştirme aracıdır (Çeber, 2010:21). Bu aşamayı kısaca tanımlarsak, tasarımda ortaya çıkabilecek olası hataların tümünün belirlenip somut olarak açıklanması aşamasıdır.

Etkili bir tasarım HTEA temel olarak sistem mühendisliği süreci, ürün geliştirme, AR-GE, pazarlama, imalat veya tüm varlıkların kombinasyonu boyunca hayata geçirilir. Ürünlerde kusurların veya çalışmayan özelliklerin önlenmesi, bir kalite tasarım çalışmasının en önemli kısmıdır (Çelikdemir, 2012:46). Yeni müşteriler kazanmak ve mevcut müşterilerin tatmininin sağlanmasını istiyorsak, mevcuttaki ürün nitelikleri bilindiğinde bunlar yeni ürünlerde veya yerine geçecek ürünlerde tasarım anlamında yaygınlaştırılmalıdır.

Tasarım HTEA üretilecek yeni parçaların tümünü, önceki imal edilen ürünlerin revizyonlu uygulamalarını, parçalardaki farklılıkları veya üretilen ürünlerdeki iyileştirmeleri konularını kapsar (Aran, 2006:247). Tasarım HTEA uygulaması kalite birimi, üretim bölümü ve yan sanayiden elde edilen datalara göre ilk örnek dokümanları yayınlanmadan öncesinde uygulanmalıdır.

Tasarım HTEA ile aşağıdaki adımlar izlenerek hatalar azaltılmaya ve önlenmeye çalışılır (Down ve ark, 2008:16).

- Fonksiyonel uygunluğu ve alternatif tasarımları içeren objektif tasarımın değerlendirmesine yardımcı olarak,
- Tasarım aşamasında karar verilmiş, sistem ve fonksiyonellik üzerinde etkili olacak olası hataları ve etkilerini düşürerek
- Risk azaltma aşamalarının takip edilmesinde bir format oluşturarak,
- Tasarımı iyileştirmek ve doğrulama çalışmaları için öncelikli çalışma alanında faydalı olacak olası hataları ve bunların kullanıcıdaki şiddetini gösteren detaylı çizelgeler oluşturularak,
- Tasarımdaki revizyonları değerlendirme ve tasarımları iyileştirmeye faydalı olacak işlevler sağlayarak.

Tasarım HTEA'nın faydaları ise şunlardır;

- Tasarım iyileştirme ile ilgili çalışmalarda öncelikler belirlenir.
- Olası hatalar tasarım sürecinde iken çözümlenir.
- Olası güvenlik hatalarının belirlenerek düzeltilmesine yardımcı olur.
- Kritik özelliklerin belirlenmesine yardım eder.

Tasarım HTEA Geliştirme Adımları

Tasarım HTEA'da nihai kullanıcıya ulaştırılacak ürünün tasarımı ile ilgilenilir. Etkin bir tasarım çözümlemesi; ekip ortaya çıkarma, hedef tespit etme, mamül özelliklerini, işlevlerini ve ihtiyaçlarını blok diyagramlar ya da P-diyagramlar içerir (Çeber, 2010:43). Hedeflenilen ürünün açıkça belirtilmiş bir tanıtımı, hata türü ve şiddetini tespit etmede önemli ölçüde fayda sağlar.

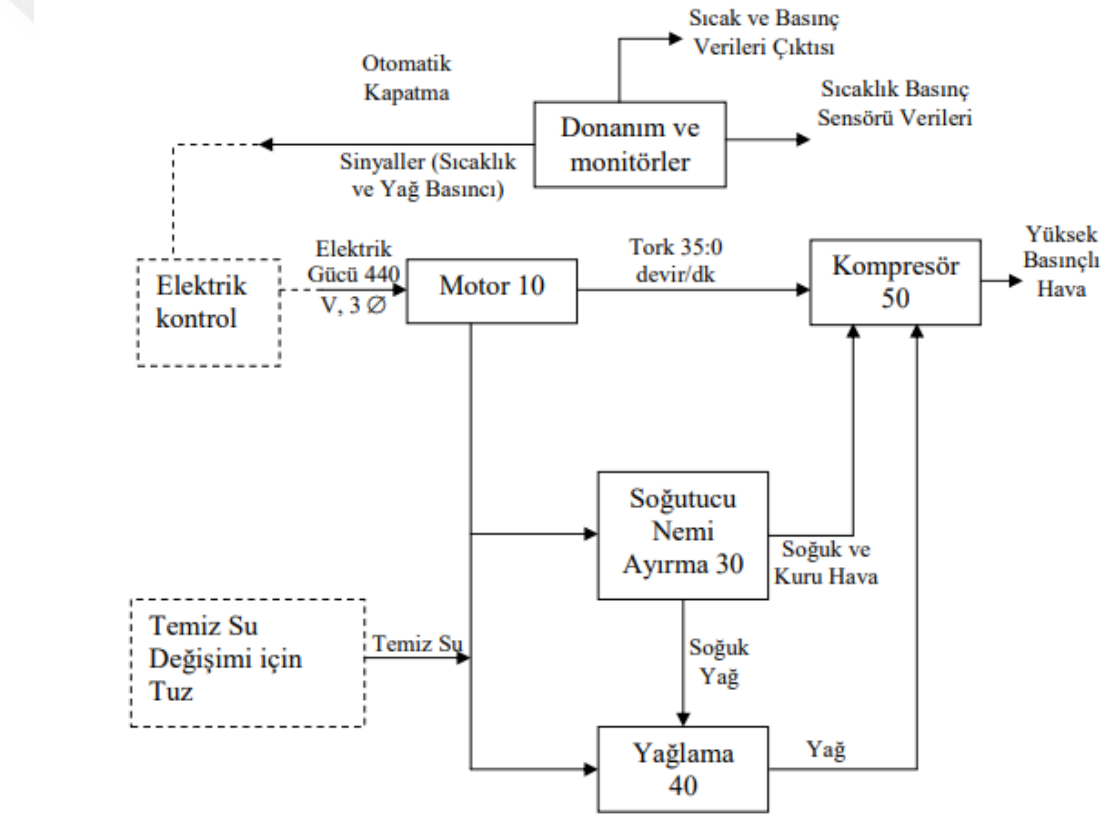
- **Ön Hazırlıklar:**

Tasarım esnasında ortaya çıkabilecek olası hataların tespit edilebilmesinin ilk aşaması o ürünü veya sistemi meydana getiren bütün aşamaların doğru biçimde çözümlenmesidir. Alt sistemler arasında etkileşim bulunup bulunmadığı var ise nasıl bir etkileşim bulunduğu açıkça belirtilmelidir.

- **Blok Diyagramlar:**

Blok diyagramlar sistemin bölümlerinin diğer bölümlerle olan bağlantısını gösterir. Bu bağlantılar sistemdeki işleyişi belirtir, ürünün ögeleri arasındaki fiziksel bağlantıyı gösterir. Süreç için ihtiyaç olan prosesin belirlenmesinde önemlidir. Alt sistemler arası etkileşimler veri alışverişi, nem, ısı, yük, kuvvet gibi bilgilerdir. (Villacourt, 1992:7). Şekil 6'da her bir işlev için olası hata türleri tespit edilmeden önce blok diyagramları ile sistemlerarası etkileşimler belirlenir.

Şekil 6: Blok Diyagram Örneği



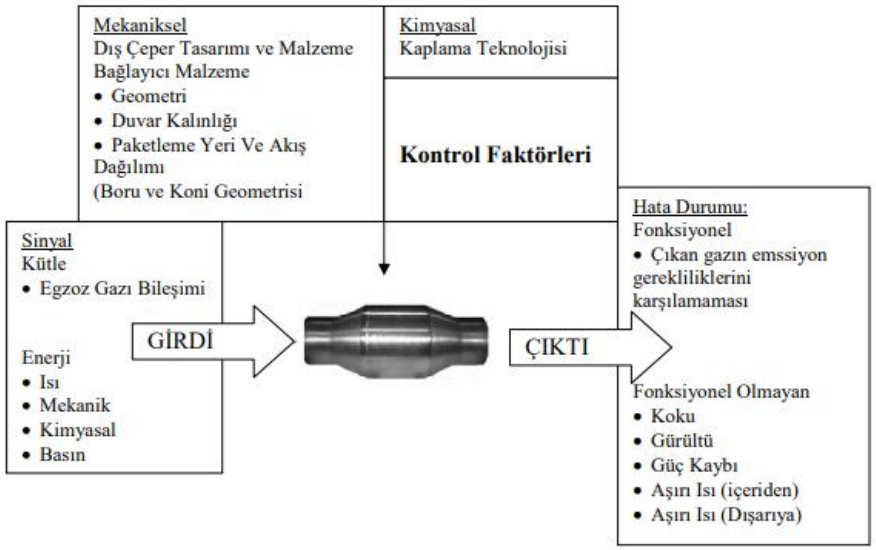
Kaynak: (Çeber, 2010:44)

- **Parametre Diyagramları:**

Parametre diyagramları, yapılan tasarımın işlevleriyle alakalı fiziki niteliklerin ekipçe kavranmasını sağlar. Ekip, tasarım için başarıyı etkileyen kontrol altına alınabilen veya alınamayan girdiler ve çıktıları analiz eder (Down ve ark, 2008:21). Şekil 7'de örnek parametre diyagramı gösterilmiştir (Çeber, 2010:44). Gösterildiği

gibi bu diyagramda ürün için girdiler, çıktılar, belirlenen ve belirlenemeyen işlev hataları, hedef değerden sapmaları ve oranların, kontrol faktörlerini belirlemede kullanılabilir.

Şekil 7: Parametre Diyagramı Örneği



Kaynak: (Çeber, 2010:45)

- **Fonksiyonel Gereklilikler**

Tasarım aşamasında, istenilen ürün veya prosesten istenen fonksiyon ve işlevler öncelikli sırada bulundurulur. Tasarımın işlevsel ihtiyaçlarının nasıl olacağı konusundaki tüm detaylar ayrıntılı bir şekilde belirtilmelidir (Çeber, 2010:45). Böylelikle ürün veya prosesin ortaya koyacağı tüm beklentilerde bunu engelleyecek noktaların belirlenmesi basitleşir.

2.3.3 Proses HTEA

Proses HTEA, üretim ve montaj aşamalarını çözümlemede kullanılan bir yöntemdir. Üretim veya montaj prosesindeki yetersizliklerden kaynaklanan hata türleri üzerinde durulur (Aran, 2009:251). Proseste üretilecek üründe ilk üretim aşamasında oldukça önemlidir. Üretim aşamasının öncesinde oluşabilecek hataları tespit edip ortadan kaldırmada etkilidir. Proses HTEA, çalışan personeli, makinayı, yöntemi, malzemeyi, ölçüm ve çevreyi içeren aşamaları olan bir tekniktir. Prosesteki tüm

bileşenlerin kendi içerisinde kendine ait bileşeni bulunmaktadır. Bunlar diğer bileşenlerle de iletişim halindedirler. Bu etkileşimlerin var olması hatanın ortaya çıkmasına sebep olabilir (Stamatis, 1995:156). Bu nedenlerle proses HTEA, tasarım ve sistem HTEA'ya göre daha güç uygulanmakla birlikte daha fazla zaman ihtiyacı gereklidir. Etkin bir proses HTEA çalışması için tasarım özellikleri iyi bilinmelidir. Bu özellikler üzerinde neler yapılabileceği belirlenmelidir. Proses HTEA çalışmasında dikkat edilecek önemli noktalardan biri üretim aşamasının başlangıcından bitişine kadar tüm operasyonları dikkate almaktır.

HTEA'nın ardından, proseste uygulanan iyileştirmelerden dolayı bu teknik süreç geliştirme yaklasımı şeklinde de tanımlanabilir. Proses HTEA, kusursuz üretim gerçekleştirmek için, analizi yapanlara montaj ve üretim aşamalarında kullanılan makinalari, teçhizatları, prosesleri ve iş gücünün etkisini çözümleyerek hataların oluşma ihtimalinin bulunduğu noktaları belirleme olanağı verir (Yılmaz, 1997:88). Donanım hataları, personel kusurları, malzemenin uygun olmamasından kaynaklı hataların tespiti proses HTEA ile üretim başlamadan öncesinde olacağından hatayı ortadan kaldırmak basit olacaktır (Aran, 2009:251).

Proses HTEA, üretimdeki sürecin iyileşmesini aşağıdaki amaçları sağlayarak yardımcı olur (Down ve ark, 2008:68):

- Üretim aşamasının işlevlerini ve ihtiyaçlarını belirlemek ve incelemek,
- Üretilecek malzemeyi, üretimin prosesi ile alakalı hata türlerini, proses ve kullanıcı tarafında gerçekleşebilecek olası hataların şiddetini belirlemek ve incelemek,
- Üretimin ya da montajın gerçekleştiği süreçte hedefleri belirlemek,
- Hataların saptanabilirliğini artırmak ve ortaya çıkmasını azaltmak için üretim aşamasında kontrollere yönelen prosesin değerlerini belirlemek,
- Hataları önleyen ve düzelten kontroller için öncelikli bir sistemin kurulumunu sağlamak,

Proses HTEA'nın sonuçları şunlardır (Durhan, 2006:33):

- Risk Öncelik Göstergesine (RÖG) göre belirlenmiş olası hataların türü listesi,
- Önemli hata türlerinin olası listesi,
- Kritik hatalar için alınabilecek önlemlerin listesi

- Hata türlerine neden olan noktaları ortadan kaldıracak, oluşmasını düşürecek ve tespit edilebilirlik seviyesini artıracak önlemlerin listesi.

Proses HTEA aşağıda belirtilen üretim süreçlerini kapsamalıdır:

- Tüm yeni ürün ve/veya parçalar
- Revizyon yapılmış ürün ve/veya parçalar
- Üretimde yeni teknolojilerin uygulandığı bilinen ürün ve/veya parçalar

Proses HTEA, tasarımı gerçekleştirilen mamülün istenilen şekilde üretiminin yapılması amacıyla uygulamaya koyulan önemli kalite geliştirme aracıdır (Deveci, 2013:30). Fakat tasarım eksikliği, ürünün üretimi sırasında potansiyel hataların ortaya çıkmasına sebep olabilir.Bu yüzden HTEA çeşitlerinden proses ve tasarımın ikisinin aynı anda uygulanıyor olması daha etkili olacaktır.

Proses HTEA çalışmasının aşamaları tamamlanınca gerçekleştirilen iyileştirmelerin uygun olup olmadığını denetlemek amacıyla bir kontroller çizelgesi aracılığı ile değerlendirilmesi önerilir. Bu sebeple Tablo 2'de kullanılabilecek kontrol listesi örneği verilmiştir.

Tablo 2: Proses HTEA Kontrol Çizelgesi Örneği

PROSES HTEA KONTROL LİSTESİ							
PARÇA ADI : PARÇA NO / REVİZYON : MÜŞTERİ FİRMA/PARÇA NO/REVİZYON : PROJE NO :				HAZIRLANMA TARİHİ : HAZIRLAYAN : PROSES HTEA NO : REVİZYON NO :			
	SORU	EVET	HAYIR	AÇIKLAMA / GEREKLİ AKSİYON	SORUMLU	HEDEF TARİHİ	GERÇEKLEŞME TARİHİ
1	Proses HTEA, çapraz fonksiyonlu bir ekip tarafından mı hazırlanmış?						
2	Proses HTEA sırasında HTEA Prosedürü'ne uyulmuş mu?						
3	Geçmiş kampanya ve garanti bilgileri gözden geçirilmiş mi?						
4	Benzer parça HTEA'leri göz önünde bulundurulmuş mu?						
5	Olası özel karakteristikler, Proses HTEA çalışmaları ile teyid edilmiş mi?						
6	Yüksek risk öncelik puanına sahip hata türleri için uygun düzeltici faaliyetler ve sorumlular atanmış, hedef tarihler belirlenmiş mi?						
7	Yüksek şiddet puanına sahip (9 ve üzeri) hata türleri için uygun düzeltici/önleyici faaliyetler ve sorumlular atanmış, hedef tarihler belirlenmiş mi?						
8	Düzeltici/önleyici faaliyetler tamamlandıktan ve doğrulandıktan sonra risk öncelik puanları revize edilmiş mi?						

Kaynak: (Taşan, 2006:97)

Proses HTEA çalışmalarına başlanmadan önce, prosesin hangi aşamasının göz önüne alınacağı netleştirilmelidir. Hedefteki ürün veya parça için üretimin tüm aşamalarını kapsayan bir HTEA uygulaması yapmak gerekmez. Bir ürün, hammadde halinden tamamlanmış ürün oluşuncaya kadar makinelerde şekillendirme, işleme, montaj ve kontrol gibi aşamalardan geçer (Deveci, 2013:31). Bir proses HTEA çalışmasının böyle geniş bir faaliyet alanını kapsaması mümkün değildir. Proses, her bir aşamanın ürüne belli özellik kattığı aşama veya faaliyet kademelerine bölünür. Bu şekilde üretimin gerçekleştirildiği proseste istenilen ayrıntı derecesine erişilmesi mümkün olur.

Proses HTEA, imalat sürecinin akış şeması ile başlamalıdır. Bu şema üretimin her bir aşamasında gerçekleştirilecek olan operasyonlar ürünün niteliklerini göstermelidir. Bazı etkilerin bilinmesi ve bazı şiddet değerlerinin tahmini görevli mühendislerden veya var ise Tasarım HTEA çalışmasından alınabilir. Proseste ardışık gelen çok sayıda operasyon var ise ve farklı hata türleri bulunuyorsa, operasyonların her birini farklı proseslermiş gibi düşünerek listelenmesi uygun olabilir (Aran, 2006:76). Ürün ve/veya parçanın kaliteli olarak üretilmesi veya montajlanabilmesi için ihtiyaç duyulan tüm proses basamakları bir akış diyagramı çizilerek en ayrıntılı şekilde incelenir.

2.3.3.1 Proses HTEA Çalışma Ekibi

Proses HTEA ekibi bir üretim prosesini takip ederken üretim kalite ve servis departmanlarından ihtiyaç olan bilgileri elde etmesi gerekmektedir. Bu yüzden ekipte prosesi detaylı bir şekilde bilen kişilerin olması önemlidir. Müşteri tanımının son kullanıcı olarak görülmesine karşılık, proses HTEA'da müşteri, üretimin veya montajın yapıldığı aşamalar ile ürünün servis faaliyetleri olabilir (Gül, 2001:52). Bu analiz ekibini prosesi çok iyi tanıyan bir üretim mühendisinin yönlendirmesi çalışmayı daha doğru şekilde ilerletecektir. Analiz ekibinin lideri başarılı bir şekilde sonuca ulaşmak için alttaki bilgilerin ve varsa dokümanların hazırlanıp verilerin elde edilmesinden sorumlu olmalıdır.

- Detaylı şekilde hazırlanmış teknik veriler
- Üretimin iş akışı şemaları
- Üretimdeki malzemenin taşınma şekli
- Kontrol önlemlerinin muayene planı

- Kusurlu ve hatasız üretim numuneleri

2.3.3.2 Proses HTEA'da Hata Türü

Proses HTEA'da hata türü tanımlaması yapılırken makinenin, cihazın, tezgahın, kalıbın işlevini nasıl eksiksiz şekilde yerine getiremediği ya da neden başaramadığına yanıt aranır. Hata türü olarak söz edilen, bir üretim sürecinin veya işlemin sonuca uygun olmaması veya tasarıma uygunluğunun sağlanamamasıdır. Proses HTEA çalışmasında sadece proses tarafından neden olunan hatalar incelenir. Ürünün sadece müşteriye ulaşmadan hemen öncesindeki hataları değil, ürünün üretim ömrü boyunca oluşabilecek hatalar göz önüne alınmalıdır. Prosesteki hata türünün anlamı bir bölüm ya da bütün kademelerin çalışmıyor ya da üretimin yapıldığı prosesin tasarım kriterlerini karşılayamıyor olduğu anlamı taşımaktadır. Olası hatanın türünün, bir parçanın belirlenmiş olan mühendislik gereklerini ya da prosesin ihtiyaçlarını karşılamada başarısız sayılabileceği durum şeklinde tanımlanır. Bir sonraki aşamadaki olası hata türü ile yakından bağlantılı bir neden ya da daha öncesindeki aşamada hata türüyle yakından bağlantılı bir sonuç ortaya çıkabilir (Aran, 2006:78). Bununla birlikte HTEA raporunun hazırlanmasında, gelen parçanın veya malzemenin doğru olduğu varsayılmaktadır.

Üretim prosesinin incelendiği bir üretim alanında belli bir bölümdeki veya tüm prosesteki olası hatalar listelenir. Varsayım şeklinde, hatanın ortaya çıkabileceği fakat mutlak ortaya çıkmasının gerekli olmadığıdır (Taşan, 2006:80-81). Üretim hattında görevli proses destek mühendisleri aşağıdaki soruların cevaplarını verebilecek donanımda olmalıdır.

- Şartnameyi karşılama yeterliliğini üretilen parça nasıl karşılayamaz?
- Mühendislik talimatlarını göz önünde bulundurmadan, kullanıcı neyi kötü olarak düşünebilir?
- Bu proseste ürün neden reddedilebilir?
- Proseste, kullanıcının kesinlikle kabul etmeyeceği şeklinde belirtilen neler ortaya çıkabilir?
- Mevzuata uygunsuzluk durumu olabilir mi?

Benzer üretim prosesleri ile bir karşılaştırma veya benzer ürünler için ilgili müşteri memnuniyetsizliklerinin kalite, dayanıklılık ve güven sorunlarının yeniden

değerlendirilmesi tavsiye edilen başlama noktasıdır. Ek olarak tasarım amacının biliniyor olmasına da gerek duyulur.

Üretim prosesi hatası aşağıdaki aşamaların herhangi birinden dolayı meydana gelebilir (Aran, 2006:79).

- Hammadde
- Stok veya yarı mamül
- Üretim aşamaları (Presle şekillendirme, makinede işleme, kaynak, kaplama)
- Montaj
- Muayene, kontrol (Üretimin her aşamasında)
- Taşıma, depolama

Hata türleri 4 temel kategoriye ayrılabilir (Taşan, 2006:78-80);

1. **Fonksiyonunu Tam Anlamıyla Gerçekleştirememe:** Sistemin, alt sistemin ya da tasarımın tamamının fonksiyonunu sağlayamaması, çalışmaması
2. **Zamanla Fonksiyonunu Yitirme:** Fonksiyonun gereksinimlerinden bazılarının sağlanamaması fakat istenen fonksiyonun tamamen karşılanamaması durumudur. Bu kategoride özellikle zaman içerisinde oluşan fonksiyon kayıpları yer alır.
3. **Kesintili Fonksiyon:** Fonksiyonun sağlanması, fakat çevresel sebeplere göre bazen çalışmaması ya da işlevselliğini kaybetmesi durumuna uğramasıdır. Bu kategoride sistemin belli bir zamanda fonksiyonunu tamamen yerine getirmesi daha sonra çalışmaz sonrasında tekrar çalışır duruma gelmesidir.
4. **İstenmeyen Fonksiyon:** Sistem içersindeki alt sistemlerin birbirleri ile bir etkileşim durumu bulunmaktadır. Alt sistemler ayrı ayrı detaylı şekilde gözlemlendiğinde tek başlarına yeterli performans gösterebilir fakat birbirleri ile etkileşim halinde olmaları sırasında kullanıcının istemediği işlevsellik ortaya çıkabilir.

Genellikle prosesteki hataların türleri, giriş kalite kontrol, talaşlı veya talaşsız üretim, montaj, prosesteki kontrollerin gerçekleştirilmesi, depolanması ve sevk edilmesi aşamalarında incelenebilir.

2.3.3.3 Proses HTEA'da Hata Etkisi

Hatanın ortaya çıkabilecek sonuçları, hatanın türünün kullanıcılar tarafındaki şiddeti şeklinde tanımlanır. Hatanın olası şiddeti belirlenirken hata türleri tek tek ele alınmalıdır (Gül, 2001:55). Hatanın sonuçları, müşterilerin nelere dikkat edeceği veya nelerle karşılaşabilecekleri yönünde tanımlanır. Son kullanıcı tarafında beklenti her zaman ürünün veya sistemin performansı açısından ele alınmalıdır. Fakat kullanıcı/müşteri üretim prosesinin sonraki aşamalarından biri ise, ortaya çıkan sonuçların süreç/proses performansı şeklinde ifade edilmesi gereklidir.

Üründeki hata türlerinin bazıları, tasarım HTEA tarafından belirlenenlerin aynıları olabilir. Üretim mühendisi ile tasarımcı, iyileştirmeleri önerirken farklı yollar izleseler de her iki teknik arasında belirli oranda çakışma olduğundan hareketle tasarım, üretim ve kalite güvence arasında önemli iş birliği gerekmektedir.

2.3.3.4 Proses HTEA'da Hata Nedenleri

Hataya sebep olabilecek nedenler, önlenebilecek veya kontrolü sağlanabilecek durumlar açısından hata türünün nasıl ortaya çıkacağı tanımlanabilir. Hata türlerinin her biri için bu hatalara sebep olabileceği düşünülen olası nedenlerin tümü sıralanmalıdır. Hata tanımları mümkün olduğunca tam yapılarak, ortaya çıkma nedenleri ile düzeltici faaliyetler arasında doğru ilişki kurulması sağlanmalıdır. Nedenler hataları ortaya çıkarır, hatalar da müşteri üzerinde etkileri doğurur.

Hata nedeni, bir kusur veya zarara karşı korumasızlık yönünden üretim prosesinin yetersizliği olarak görülür (Gül, 2001:56). Hata nedenlerinin pek çoğu hata ile doğrudan bağlantısı olmadığından, nedeni kontrol etmek veya düzeltmek için hangi ana nedenlerin esas oldukları ve hangi nedenlerin kolay kontrol edilebilir olduğuna karar vermek göz önüne alınmalıdır.

Tipik hata nedenine örnek verecek olursak, uygunsuz vida cıvata sıkma kuvveti, kalitesiz kaynak dikişi, hatalı ölçüm değerleri, yeterli olmayan havalandırma, yağlamanın eksik yapılması veya zamanında yapılmaması verilebilir.

2.3.3.5 Proses HTEA – Fonksiyon

Fonksiyon analizin üretim prosesinin tüm aşamaları sıralanır. İşlevselliğin tanımı; "Prosesin bu aşamasının yapması gereken nedir?" sorusuna yanıt verebiliyor olmalıdır. (Taşan, 2006:78).

2.2.3.6 Proses HTEA – Şiddet

Şiddet, olası hatanın kullanıcı üzerinde oluşturacağı etkisinin öneminin bir ifadesidir. HTEA ekibi aşağıdaki Tablo 3'te belirtilen Şiddet Değerlendirme Tablosunu kullanarak, hata türlerinin şiddetlerini değerlendirerek puanlar konusunda bir anlaşmaya varır. Şiddetin değeri sadece ürünün dizaynının farklılaştırılması ya da üretim sürecinin tekrardan tasarlanması ile değişimi mümkündür. Üretim süreci aşamasındaki kontrollerle değişiklik göstermez.

Tablo 3: Proses HTEA Şiddet Değerlendirme Tablosu

ETKİ	ETKİNİN ŞİDDETİ (Müşteriye Etkisi)	ETKİNİN ŞİDDETİ (Üretime Etkisi)	DEĞERLENDİRME
Felaket (Uyarısız)	Potansiyel hata türü uyarısız olarak ürün güvenliğini etkilediğinde ve/veya yasal mevzuatlara uygunsuzluk olduğunda çok yüksek şiddet sıralaması alır	Veya makine/montaj operatörünü uyarısız olarak tehlikeye sokar.	10
Felaket (Uyarılı)	Potansiyel hata türü uyarılı olarak ürün güvenliğini etkilediğinde ve/veya yasal mevzuatlara uygunsuzluk olduğunda çok yüksek şiddet sıralaması alır	Veya makine/montaj operatörünü uyarılı olarak tehlikeye sokar	9
Çok Yüksek	Ürün çalışmaz. (Birincil fonksiyon kaybı)	Veya ürünlerin %100'ü hurdaya ayrılabilir ya da ürün 1 saatten daha fazla bir süre tamir edilmek durumunda kalabilir.	8
	Ürün düşük seviyeli performans ile çalışır. Müşteri	Veya ürünler sınıflandırılmak zorunda kalabilir ve bir	

Yüksek	memnuniyetsizliği yüksek	kısmı hurdaya ayrılabilir. Ya da ürün tamir için bu departmanda otuz dakika ile bir saat arasında tamir edilmek durumunda kalabilir.	7
Orta	Ürün çalışıyor ancak konfor, rahatlık ve uygunluk kriterlerinden uzak. Müşteri memnuniyetsiz	Veya ürünün bir kısmı sınıflandırılmadan hurdaya ayrılabilir ya da tamir departmanında yarım saatten daha az bir sürede tamir edilmek durumunda kalabilir.	6
Düşük	Ürün çalışıyor ancak konfor, rahatlık ve uygunluk kriterlerinden uzak azalan bir performansa sahip. Müşteri oldukça memnuniyetsiz	Veya ürün %100 yeniden işlenmek zorunda kalınabilir. Ya da ürünün çalışması durdurularak tamir departmanına nakledilmeden tamir edilmesi gerekebilir.	5
Çok Düşük	Gıcırtı, tıkırtı gibi hatalar mevcut, neredeyse tüm (%75'ten daha fazla) müşteriler tarafından fark edilebilir.	Veya ürün hurdaya ayrılmadan sınıflandırılmak zorunda kalınabilir ve bir kısmı yeniden işlenir.	4
Önemsiz	Gıcırtı ve tıkırtı gibi özellikleri uygun değil. Hata müşterilerin %50'si tarafından fark edilmektedir.	Veya ürünlerin bir kısmı hurdaya ayrılmadan hat içinde ancak istasyon dışında yeniden işlenebilir.	3
Çok Önemsiz	Gıcırtı ve tıkırtı gibi özellikler uygun değil. Hata hassas müşteriler tarafından (%25'inden azı) fark edilebilmektedir.	Veya ürünlerin bir kısmı hurdaya ayrılmadan hatta ve istasyonda yeniden işlenebilir.	2
Hiç	Fark edilebilir bir etki yok	Veya operasyonda/operatörde çok az bir rahatsızlık ya da hiç etki yok	1

Kaynak: (Taşan, 2006:83)

2.2.3.7 Proses HTEA – Olasılık

Hata nedeninin ve bunun ortaya çıkardığı kusurun oluşma ihtimalidir. Analiz ekibi Tablo 4'te gösterilen Proses HTEA Olasılık Değerlendirme Tablosunu inceleyerek hataların türlerin olasılıkları için mutabık olurlar.

Tablo 4: Proses HTEA Olasılık Değerlendirme Tablosu

ORTAYA ÇIKMA OLASILIĞI	ORTAYA ÇIKMA SIKLIĞI	OLASILIK	DEĞERLENDİRME
Uzak: Başarısızlık çok uzak	≤ Bin parçada 0,010	$\leq 1.00 \times 10^{-5}$	1
Düşük: Oldukça seyrek başarısızlık	Bin parçada 0,1	1.00×10^{-4}	2
	Bin parçada 0,5	5.00×10^{-4}	3
Orta: Ara sıra başarısızlıklar	Bin parçada 1	1.00×10^{-3}	4
	Bin parçada 2	2.00×10^{-3}	5
	Bin parçada 5	5.00×10^{-3}	6
Yüksek: Tekrar eden başarısızlıklar	Bin parçada 10	1.00×10^{-2}	7
	Bin parçada 20	2.00×10^{-2}	8
Çok Yüksek: Başarısızlık kaçınılmaz	Bin parçada 50	5.00×10^{-2}	9
	Bin parçada 100 ≥	1.00×10^{-1}	10

Kaynak: (Taşan, 2006:86)

2.2.3.8 Proses HTEA'da Kontrol Önlemleri

Bu önlemler, hata türünün oluşmasını engelleyen ya da oluşabilecek hata türünü ortaya çıkaran kontroller şeklinde tanımlanır. Bunlar, İPK gibi süreçle ilgili kontroller olacağı gibi hata önleme (Poka- Yoke), prosesten sonraki muayene ve testler de olabilir (Aran, 2006:81). Hata nedenlerini önlemek için uygulanan önlemler sıralanmalıdır ki, bunlarla birlikte hata türü ve etkileri belirlenebilsin.

Yeni bir üretim prosesi için kontroller (mühendislik talimatları, kalite kontrol/muayene talimatları) normal olarak benzer prosestekilerle yerine getirilir. Başlangıç olasılığı ve keşfedilebilirlik değerlerinin tahmini bu kontrollere dayandırılarak yapılır. Hazırlanan kontrol listesi, direkt olarak hatayı ortaya çıkaran nedeni düzeltmeye ya da nedenin oluşmasını engellmeye yönelik olmalıdır.

Prosesteki kontroller iki farklı şekilde olabilir (Taşan, 2006:90);

- **Önleyici Kontroller**: Hataya sebep olan durumun veya hata türünün oluşmasını engelleyen veya ortaya çıkma olasılığını azaltan kontrollerdir.
- **Keşfedici Kontroller:** Hata nedenini veya türünü keşfeden kontrollerdir. Genel olarak seri üretime geçilmeden önce uygulanan ampirik ve fiziksel metotlar bu grupta incelenir.

Eğer olabiliyorsa önerilen uygulama, hatayı önlemek amaçlı yapılan kontrollerin uygulanmasıdır.

Prosesteki kontrollerin tayin edilmesi için aşağıda verilen aşamalar uygulanabilir.

- Listesi oluşturulan hataları tespit etmek için uygulanabilecek geçmişteki bütün kontrol yöntemleri belirtilir. Bu süreçte örnek olması açısından, geçmiş HTEA kontrollerinin uygulamaları ve listelenmiş güvenilirlik maddelerin dışında öncesindeki problemlerin çözümlerinin ana nedene ulaşıp hatanın bir daha oluşmaması için uygulanmış kontroller de örnek alınabilir.
- Listelenmiş kontrol yöntemlerinin listesi oluşturulur.
- Aşağıdaki sorular çerçevesinde olası diğer yöntemler belirlenmeye çalışılır.
    - Ortaya çıkan bu hata türünün nasıl farkında olunabilir?
    - Hatanın nedeni nasıl belirlenebilir?
    - Ne uygulanırsa bu hatanın farkında olunabilir?
    - Ne yapılırsa hatanın oluştuğu ortaya çıkarılır?

Hata türlerine neden olan durumları ortadan kaldırmak veya azaltmak için kullanılan kontrol yöntemleri, nedenin oluşma olasılığını da etkileyebilir. Proses kontrol yöntemleri arasında; manuel ve görsel kontroller, görsel işitsel uyarı cihazları, otomatik kontroller laboratuvar testleri, hata önleme ve istatistiksel proses kontrol sayılabilir (Musubeyli, 1999:19).

2.3.3.9 Proses HTEA – Saptanabilirlik

Saptanabilirlik, bileşen/alt sistem veya sistemin, proses kontrolleri kullanılarak olabilecek hata türlerini belirlenebilme durumudur. Kusur ortaya çıkmış gibi düşünülerek, yürütülen süreç kontrollerinin hatanın kullanıcıya ulaşmadan keşfedilebilme kriteri incelenir. Analiz ekibi Tablo 5'te gösterilen Saptanabilirlik

Değerlendirme Tablosunu inceleyerek kusurların/hataların saptanabilirlik seviyeleri ile ilgili mutabık olurlar.

Tablo 5: Proses HTEA Saptanabilirlik Değerlendirme Tablosu

SAPTANABİLİRLİK	DERECE	SAPTAMA İHTİMALİ (%)
Çok Yüksek	1	86-100
	2	76-85
Yüksek	3	66-75
	4	56-65
Orta	5	46-55
	6	36-45
Düşük	7	26-35
	8	16-25
Neredeyse İmkansız	9	6-15
	10	0-5

Kaynak: (Pillay, Wang, 2003:75)

2.3.3.10 Proses HTEA - Risk Öncelik Göstergesi (RÖG)

RÖG sayısı hata türlerinin tümü için tespit edilen, şiddet, olasılık ve saptanabilirlik değerinin çarpılması ile belirlenir. Hesaplanan sayı değeri, oluşan hataların türlerinin önem derecesini belirten göstergedir. RÖG değerleri hataların türlerinden ve bu türlere bağlı olan risklerin hangisinin daha öncelikli olduğu tespit edilebilir. Sonrasında en büyük değere sahip hatalar için alınacak tedbirler kararlaştırılmalıdır. Alınacak bu tedbirlerin hedefi, şiddetin, olasılığın veya saptanabilirliğin değerlerinden en az birini azaltmaktır (Kahraman, Sağbaş, 2009:33). RÖG isminden de tahmin edileceği gibi hataları veya riskleri önceliklendirerek ilk olarak hangisi için aksiyon alınması gerektiğine karar vermemizi sağlar.

2.3.3.11 Proses HTEA – Önerilen ve Alınan Önlemler

Alınan tedbirlerin uygulanması ile RÖG değerinin düşmesi beklenir, önce şiddet, ardından olasılık ve saptanabilirlik değerleri düşmüş olmalıdır. Buradaki amaç riskin azaltılması ve müşteri memnuniyetinin arttırılmasıdır. Önerilen önlemlerin maliyetleri yüksek veya devreye alma süreleri uzun sürecek ise birkaç alternatif belirlenerek en

uygun olanı seçilmelidir. Analiz ekibii alınacak bir tedbir sunmuyorsa, "Önerilen Aksiyonlar" kısmına "Gereksiz" olarak belirtilmelidir. Alınan tedbirler için hedef tarih ve sorumlu ekip üyesi tanımlanmalıdır. Tamamlanan faaliyet bilgileri analiz formuna doldurulmalıdır. İlgili faaliyetlerin takip edilmesi analiz ekibinin sorumlusu tarafınca uygulanır. (Taşan, 2006:96). Alınan önlemlerin tamamlanmasının ardından, yeniden RÖG değeri belirlenir.

2.3.4 Servis HTEA

Tüm tasarım ve donanımın uygulanması sürecinin ardından üretimin ve kalite faaliyetlerinin sürecini verimli duruma ulaşmasını sağlamak amacıyla uygulanan bir metottur (Yılmaz, 1997:136). Birimlerdeki işlem mekanizmalarının belirlenmesine ve kontrolünün sağlanmasına destek olur. İşleyişte ortaya çıkabilecek problemleri tespit eder ve analizine yardımcı olur. Birimler arasındaki uygulamaları listeleyerek, yapılması gerekli işlemler için öncelik sıralamasına göre yapılmasına yardımcı olur (Çeber, 2010:51).

Servis HTEA'nın faydaları aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Durhan, 2006:16);

- İş sürecinin analizinin yapılmasına yardımcıdır.
- Öncelikli işlemlerin belirlenmesinde ve kontrollerin planının geliştirilmesinde yardımcıdır.
- Düzeltici çalışmalarda öncelik sırasını belirler.
- Değişikliklerin uygulanma amacını belgelere işler.

2.4 HTEA'nın SAĞLADIĞI FAYDALAR

Bir HTEA çalışmasının uygulanmasının en önemli sebebi gelişmek istemektir. Başarıyla uygulanan HTEA birçok faydalı gelişmeyi de ardından getirecektir. Bu metodun uygulanmasının en temel amacı muhtemel hatayı ve nedenini ortadan kaldırarak hata etkisinde de azalma olmasını sağlamaktır. (Eryürek ve Tanya, 2003:22)

HTEA tekniğinin uygulanması ile elde edilebilecek faydalar aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Bolat, 2000:74).

- Üründeki tasarım, güvenilirlik, üretim teknolojileri ve emniyet bölümlerindeki kusurlu ve eksiklik olan kısımları tanımlar.
- Proseste ortaya çıkabilecek değişiklilerin maliyetini düşürür, önceden değişiklik yapmak imalat sürecinde değişiklik yapmaktan daha az zaman ve daha az maliyet gerektirir.
- Hurda ürün sayısını azaltır.
- Ürün sorumluluğu konusunda riski azaltır.
- Müşteri memnuniyetini arttırır.
- Şirketin imajını ve rekabetini geliştirir.
- Düzeltici faaliyetlerin belirlenmesine yardımcı olur.
- Gelecek aşamalardaki üretim hatalarının, tasarım, proses ve servis değişikliklerinde yardımcı olmak üzere dokümante edilmesini ve arşivlenmesini sağlar.

HTEA hataları önleyerek, hata maliyetlerinin ve ürünlerdeki risklerin azalmasını ve ürünün güvenliği konusunda iyileştirilmesini sağlar. Bu teknik kararlı bir şekilde ve istikrarlı olarak uygulanırsa aşağıdaki yararlar elde edilir (VDA, 1996:9).

- Hizmetin/ürünün kalitesinin, güvenirliliğinin ve emniyetlerinin iyileştirilmesi
- Üretim değişikliklerinde tüketilen zamandan ve maliyetten tasarruf sağlaması
- Risklerin azaltılması için alınmış önlemlerin dokümasyonu ve takip edilmesi
- Kontrol planlarının güçlü bir şekilde oluşturulmasına yardımcı olması
- Saptanabilir hataların belirlenmesi ve bu hatalara şiddet değerlerinin incelenmesi
- Ürün ve üretim proseslerindeki zayıf noktanın belirlenerek hataların ortadan kaldırılması ve kusurun giderilmesi ile seri imalat sürecinin problemsiz gerçekleşmesini sağlamak, bunun sonucunda da müşteri termin zamanlarının daha iyi sağlanması
- Önemli ürün niteliklerinin belirlenmesine yardımcı olması
- Üretim maliyetlerinin düşürülmesi
- Müşteri ilişkilerinde daha verimli performansın sağlanması
- Süregelen hataların ortadan kaldırılması veya tekrar etmemesinin sağlanması
- Piyasadaki ürünlerin hatalar sebebi ile geri çağırılma riskinin düşürülmesi

Başarılı HTEA çalışmalarının ortaya çıkmasında en önemli şartlardan biri de vaktinde uygulanmış olmasıdır (Schiegg, 1999:16). HTEA çalışmaları ürün veya proses geliştirme aşamalarının erken evrelerinde uygulanması doğru olacaktır.

HTEA'nın tasarım ve/veya proses içerisinde, saptanmadan önce ortaya çıkabilecek kusurdan önce uygulanmasıyla en önemli iyileşme elde edilmektedir. Hata oluştuktan sonra HTEA uygulaması sınırlı fayda sağlayacaktır. Tasarımda ve prosesteki değişikliklerin en az maliyetle uygulanabileceği evrede bir aşamada, HTEA'nın özenle uygulanması sonraki süreçte ortaya çıkabilecek zorunlu tasarım ve proses değişiklikleri de önemli ölçüde az olmaktadır (Vollrath, 2000:65). Bu sebeple HTEA uygulamaları sonraki süreçlerde ihtiyaç olacak değişiklik ihtimalini de azaltmaktadır. Ek olarak HTEA çalışmaları iyi eğitim almış uzmanlar tarafından uygun yazılımlar kullanılarak doğru biçimde uygulanması ile şirketler uzun vadede başarılarını güvence altına alacaklardır.

HTEA tekniğini uygulamadaki en önemli sebeplerden birisi de sürekli olarak gelişme ihtiyacıdır. HTEA uygulamasının sonuçlarının sistemli bir şekilde dokümante edilmesi ürünün geliştirilme aşamasında sürekli iyileşmeyi destekler ve elde edilen bilgi, birikim ve tecrübelerin korunmasına veya sonraki süreçlerde yapılacak projelerde faydalanılmasına imkan vermektedir (Aran, 2006:30). HTEA'dan en üst düzeyde faydalanılmak isteniyorsa bunun bir şirket kültürü haline getirilmesi ve kurumun bütünleşmesi gerekmektedir. Aksi durumda HTEA'nın başarısı sınırlı olacaktır.

HTEA'nın ortaya koyduğu avantajlar incelendiğinde bu teknik ile, firmalar ürün pazarında yüksek güvene sahip, kaliteli ürünleri düşük maliyetler ile tasarlayan ve üreten, yükselen proses giderlerini düşüren, üretim kusurlarının kullanıcıya ulaşmadan en erken şekilde düzeltilmesine destek olduğu görünmektedir (Aran, 2006:31). Bu teknik geliştirdiği belgelendirme ve doküman haline getirme süreciyle devamlı olarak yenilenebildiğinden uygulayan şirketlere önemli ölçüde kalite performansı ve müşteri memnuniyeti sağlamaktadır.

2.5 HTEA'nın SINIRLAMALARI

HTEA bütün sistem üzerinde bir hataya sebebiyet veren elemanların analizinde uygulandığında son derece etkindir, ancak çok fazla bileşenden oluşan çok fonksiyonlu karmaşık sistemler söz konusu olduğunda bu analiz zor bir hal almış

olabilir. Bunun sebebi de sistemde dikkate alınması gereken detaylı bilgi miktarının yeterli olmamasından dolayıdır. Diğer bir sınır ise, genellikle kontrol edilemeyen insan hatalarıdır. Genel olarak insan kaynaklı hatalar, sıralı bir şekilde operasyon sistemlerinde görülür ve etkilerinin çalışması sebep-sonuç analizi şeklinde yapılmalıdır. Bu faktörlerin haricinde bir diğer sınırlama da çevre etkileri olduğu görülüyor (Stamatis, 1995:17). Bu çevresel etkilerin dikkate alınması, sistemin farklı bileşenlerinin performans ve karakteristiklerinin toptan bir bilgisini gerektirir.

Bunların dışında HTEA uygulamasında karşımıza çıkan diğer güçlükler de şunlardır (Yılmaz, 1997:196);

- Veri kaynaklarındaki yetersizlik
- Ortak bir standart bulunmamasından kaynaklı yaşanan kavram karışıklığı
- Yönetim ve uygulamanın organizasyonunda bulunan personelin yöntemin kullanılması konusunda isteksiz oluşları

Yöntemin uygulanmasındaki en ciddi güçlük veri eksikliğinden kaynaklanmaktadır. HTEA ile ilgili tüm bilgi ve verilerin etkin ve zamanında girildiği kayıt altına alındığı veri tabanlarının olmaması uygulamayı güçleştirmektedir ve sağlıklı sonuçların ortaya çıkmasını engellemektedir (Çelikdemir, 2012:24). Yöntemde iki önemli olumsuzluk söz konusudur. Bunlardan ilki hataların düzeltilmesine yönelik iyileştirmelerin belirlenmesinde yapılan değerlendirmenin sübjektif oluşudur. "Şiddet, olasılık ve saptanabilirlik kriterlerindeki puanlama kuralları uygulamanın yapıldığı bir kuruluştan diğerine göre farklılık gösterdiğinden HTEA'daki RÖG hesaplama yönteminin doğal bir sübjektiflik taşıdığı konusunda hemfikir olunmuştur." (Kara-Zaitri, 1997:36). Diğeri ise tespit ve önleme ekiplerinin bazı durumlarda iletişimde kopuk bir durumda olmalarıdır (Pale, Shaw, 1990:127). Uygulamada hatanın çözümü önceliklerin belirlendiği gruptan başka diğer bir gruba verilmekte ve bunun sonucunda da çalışma bütünlüğü bozularak verimlilik azalmaktadır.

2.6 HTEA'nın DİĞER KALİTE TEKNİKLERİYLE İLİŞKİSİ

1980'lerin başından bu yana kalite konusunda gerçekleştirilen çalışmaların sistemde veya üründe meydana getirilmesinin her kademesinde ortaya çıkacak

problemleri tespit edip, ortaya çıkmasını engelleyecek, bu şekilde hem güvenilirliği arttıracak hem de kalite açısından sürekli olarak iyileştirmeyi sağlayacak metotlar geliştirme konusunda yoğunlaştığı görülmektedir. Sürekli iyileşme düşüncesi ile geçmişte yaşanan problemler öğrenilerek onların bir daha ortaya çıkmasının önüne geçilecektir. HTEA'da buna yönelik bir tekniktir. HTEA, ürünün/hizmetin tasarımının yapılması veya prosesinin geliştirilmesi ve yorumlanmasında yararlanılabilecek nicel bir yöntemdir. Bunlardan dolayı HTEA tekniği TKY'de önemli bir yere sahiptir.

Toplam Kalite Yönetimi

Toplam Kalite Yönetimi (TKY)'nde kalite kontrol edilmez üretilir anlayışı hakimdir. Burada kontrolün önemli olmasıyla beraber, kontrol yöntemiyle hatayı tespit etmek ve hedefe götürmemektedir. Bunun yerine ortaya çıkan kusurun kök nedenine inilerek oluşmamasını ve dolayısıyla kusursuz bir üretimi hedeflemek gereklidir. Bu sebeplerle HTEA yöntemi TKY'de önemli bir fonksiyona sahiptir (Kasa ve Boran,1993:56). HTEA kalite yönetim sistemlerinin de önemli bir parçasıdır. Şekil 8'de örnek bir kalite sisteminde HTEA'nın yeri görülmektedir.

Hata Ağacı Analizi

Analitik ve mantıksal biçimde olması gereken ve hatalı olası durumların etkilerinin birleşimini açıklar. Hata Ağacı Analizi ile hatanın sebepleri ve oluşma olasılıkları belirlenerek HTEA uygulamalarında faydalanılabilir (Stamatis, 1995:28).

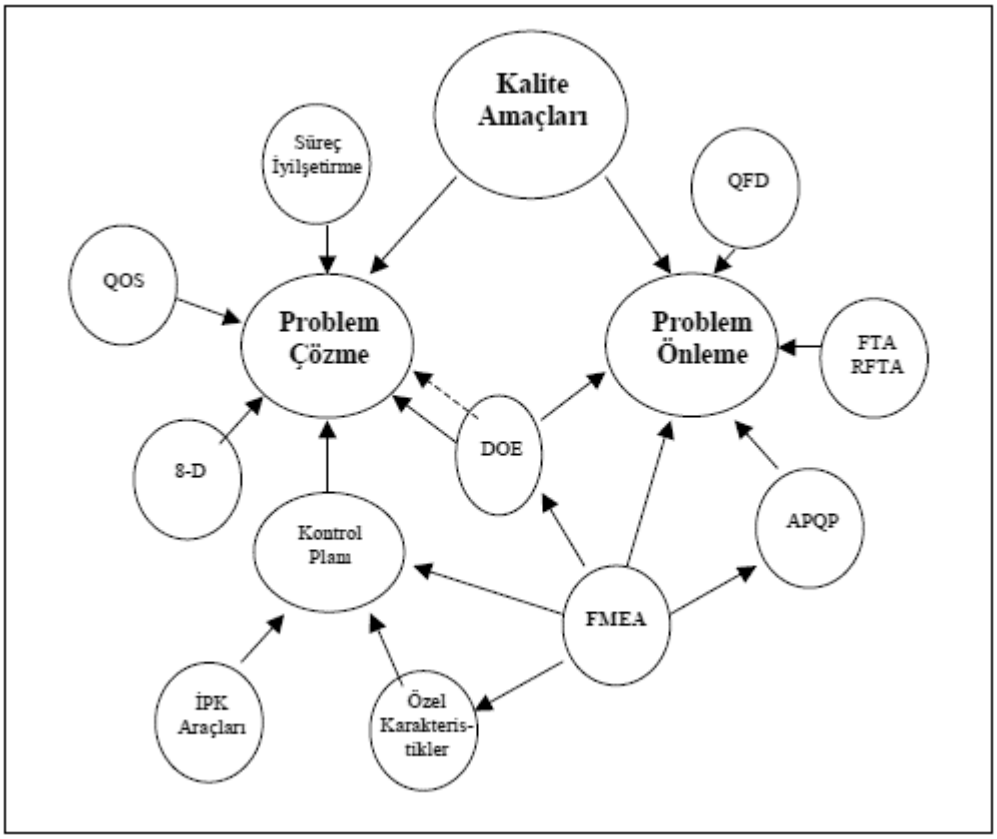
Kontrol Planı

Üreticinin belirli ürün, proses ya da hizmet için oluşturmuş olduğu kalite planlama çalışmalarının metin şeklindeki özetidir. Kullanıcı açısından önem arz eden ve özel bir önlemin alınmasına ihtiyaç duyulan proses değişkenleri ve dizayn kriterleri bu planda ortaya konur (Stamatis, 1995:27). HTEA uygulamaları da kritik ve önemli olan karakteristikleri belirleyerek kontrol planı için başlangıç noktası oluşturur.

Deney Tasarımı

Belirlenmiş bağımsız değişkenler önceden belirlenmiş bir plana göre değiştirilir ve bağımlı değişkenler üzerindeki etkileri belirlenir. HTEA çalışmalarında deney tasarımının en uygun kullanımı bağımsız değişkenlerin veya hata nedenlerinin kombine etkisinin belirlenmesinde olur (Aran, 2006:248).

Şekil 8: Kalite Sistemi İçinde HTEA'nın Yeri



Kaynak: (Aran, 2006:248)

Kalite Fonksiyon Yayılımı

Kalite Fonksiyon Yayılımı kullanıcı gereksinimlerini karşılamak için kullanılacak bir planlama aracı olarak tanımlanır. Tasarım, mühendislik ve üretime sistematik bir yaklaşım sağlar. Kalite Fonksiyon Yayılımı'nı doğru bir şekilde uygulamaya koyan işletme, kalite seviyesini ve verimliliğini arttırırken, maliyetler, ürün tasarımı ve geliştirme aşamaları ve mühendislik değişkenliklerini azaltabilir (Karabaş, 2007:11). Kalite Fonksiyon Yayılımı ve HTEA'nın pek çok ortak tarafı vardır. HTEA genellikle, Kalite Fonksiyon Yayılımı içerisinde hata önleme aracı olarak kullanılmaktadır.

İstatistiksel Proses Kontrol

İstatistiksel Proses Kontrol, bir süreci izlemek ve kontrol etmek için istatistiksel yöntemler kullanan bir kalite kontrol yöntemidir. Bu, prosesin verimli bir şekilde işlemesini sağlamaya yardımcı olur ve daha az ıskarta ile spesifikasyonlara daha uygun üretilmesini sağlar (Akın, 1996:120). HTEA'da olasılık ve saptama değerlerini belirlemede ve hataların ortaya çıkarılmasında kullanılmaktadır.

3.BÖLÜM

ÜRETİM SEKTÖRÜNDE HATA TÜRÜ ve ETKİLERİ ANALİZİ: ELEKTRONİK İŞLETMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

3.1 UYGULAMANIN YAPILDIĞI İŞLETMENİN TANITIMI

İşletmenin ülkemizin farklı yerlerinde üretim tesisleri bulunmakta ve 120'den fazla ülkede ürün ve hizmet sunmaktadır. Karlı ve uzun dönemli sürdürülebilir gelişimin sağlanması, bu büyümeyi sağlamak için hedef pazar dünya yaklaşımından hareketle, pazar payının arttırılması, yenilikçi ürün ve uygulamalarla hızla değişen dünyada daha fazla tüketiciye ulaşılması, kurumsal sorumluluk bilinciyle geleceğin garanti altına alınması, küresel bir grup olmak için, küresel organizasyonun bileşenlerinin entegrasyonunun ve optimizasyonunun sağlanması hedeflenmektedir. İşletmenin vizyonu doğrultusunda, gelişen ve güncel teknolojileri kullanarak, müşteri beklentilerini aşarak karşılayan, kolay satın alınabilir ve kullanılabilir, güvenilir ürünleri geliştirir, üretir ve satış sonrası hizmet verir.

- Kalite yönetim sistemi ISO 9001 standardının gereklerini yerine getirecek şekilde dokümante edilmesi, belgelendirilmesi ve sürekli iyileştirilmesi,
- Toplam kalite felsefesini esas alarak takım ruhu içerisinde şirket ve birimlerin hedeflerine ulaşılması,
- Sürekli iyileştirme yaklaşımı doğrultusunda tüm süreçlerdeki verimliliğin uluslararası düzeyde rekabet edebilecek seviyeye yükseltilmesi,

yönünde faaliyetleri Çevre, İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri ile birlikte bütünleşik bir şekilde yöneterek dayanıklı tüketim sektöründe kalite açısından şirketin öncülüğünde örnek bir kuruluş olmak için tüm gücüyle çalışır.

3.2 Uygulamanın Amacı, Materyal ve Metot

Araştırmada faydalanılan veriler, işletmede uygulama kapsamında yapılan toplantılarda yer alınarak elde edilmiştir.

Kalitenin iyileştirilmesi süreci kapsamında mal ve hizmet üretiminde uygulanan iyileştirme ve geliştirme metotlarının çok sayıda ve kapsamlı oluşu nedeniyle,

uygulamamız bu metotların içerisinde önemli bir yere sahip olan HTEA tekniği ile sınırlanmış olup, temel yaklaşım olarak üretimde ortaya çıkabilecek hataların değerlendirilmesi için bu uygulamada sadece Proses HTEA tekniğine odaklanılmıştır.

Bu araştırmanın amacı, Proses HTEA tekniğini uygulayarak final montaj hattında yer alan iki özel imalat makine için üretim hattından günlük 3000-3500 adet kapasite ile gerçekleşen üretimde ortaya çıkan veya çıkabilecek hataların şiddet değerlerini ve gerçekleşme ihtimalini düşürmek veya hatayı ortadan kaldırmaktır. Ayrıca sürecin dokümante edilmesi de amaçlanmaktadır. Uygulamanın bir diğer amacı ise ürünlerin olası hata türlerinden dolayı geri dönüşlerini engelleyerek zaman israfını ve garanti sebebi ile onarım, değişim, ıskarta oluşması gibi maliyetleri yani kalitesizlik maliyetlerini azaltarak kullanıcı memnuniyetini yükseltmektir.

İnceleme aşamasında, öncelikle belirlenen ürün ve modellere ait üretim akış şeması çıkarılmıştır. Ardından üretim akış sürecinde, ortaya çıkabilecek olası hatalar, etkileri, sebepleri ve kontrol önlemleri; toplanan HTEA ekibi tarafından neden-sonuç ilişkisi çerçevesinde Beyin Fırtınası Tekniği ile belirlenmiştir. Sonuçlara göre gerekli düzeltici faaliyetler tanımlanmış ve çalışma sonucunda elde edilen bilgiler proses HTEA tablosuna aktarılmıştır.

Elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle birlikte, uygulanan bu metodun şirketin mevcut kalite sistemi içerisindeki yeri değerlendirilmiştir.

3.3 Uygulamanın Kapsamı ve Sınırları

Uygulama için iki üretim hattı üzerinde bulunan iki adet özel amaçlı makine incelenecektir. Olası ve ortaya çıkan hata türleri belirlenip düzeltici faaliyetler belirlenecektir. Bunlar doğrultusunda uygulamanın yapıldığı işletmede yer alan final montaj hattı incelenmiştir. Bu çalışma sınırının tespit edilmesi, çalışma sırasında gerekli olmayan aşamalarda zaman israfını engellemek amacıyla önemlidir. HTEA çalışmasında dikkat edilecek önemli hususlardan biri çalışma alanını çok geniş tutmak yerine küçük parçalara bölmektir. Bu şekilde daha iyi sonuçlar elde edilir.

HTEA çalışmasına başlamak için sistem, ürün veya proses için aşağıdaki durumlardan birinin gerçekleşmiş olması gerekmektedir (Yaylalı, 2008:38).

- Mevcut durumdaki tasarımlar ve ürün proseslerinde değişim yapıldığında

- Mevcut tasarım ve prosesler için yeni uygulama çalışmalarına başlanacağında
- Mevcut proses veya tasarımlarda önemli hatalar tespit edildiğinde
- Yani ürün ve prosesler tasarlanması durumunda

3.4 HTEA Uygulamasının Güçlükleri

Her uygulamada olabileceği gibi HTEA uygulamalarında da bazı güçlükler ile karşılaşılabilir. Bu uygulamada da karşılaşılabilecek güçlükleri açıklayacak olur isek;

- Veri kaynaklarına ulaşma konusunda yaşanabilecek güçlükler, makineleri devreye alma sürecinde seri imalatın yapılamıyor olması sebebi ile istatistiksel verileri elde etmede güçlükler yaşanmaktadır.
- Uygulama tamamlandıktan sonra gerçekleştirilen iyileştirmelerin değerlendirilmesi konusunda kısmi subjektiflik olmasıdır. İyileştirilen proses yönetimi tatmin etmeyip uygulamanın kullanılmasına isteksizlik duymalarına neden olabilir.
- Hatayı saptama ve önleme bölümlerinin birbirinden kopuk şekilde hareket etmesi, bunu ortadan kaldırmak için HTEA ekibi oluşturulurken farklı departmanlardan çalışanlar ekibe dahil edilmiştir.
- HTEA uygulaması proses geliştirmenin geç evrelerinde yapılırsa elde edilecek fayda sınırlı olacaktır. Bunu ortadan kaldırma amacı ile makineler devreye alındıktan hemen sonra kısmi şekilde seri üretim yapılırken proses incelenip hatalar ortadan kaldırılmalıdır.

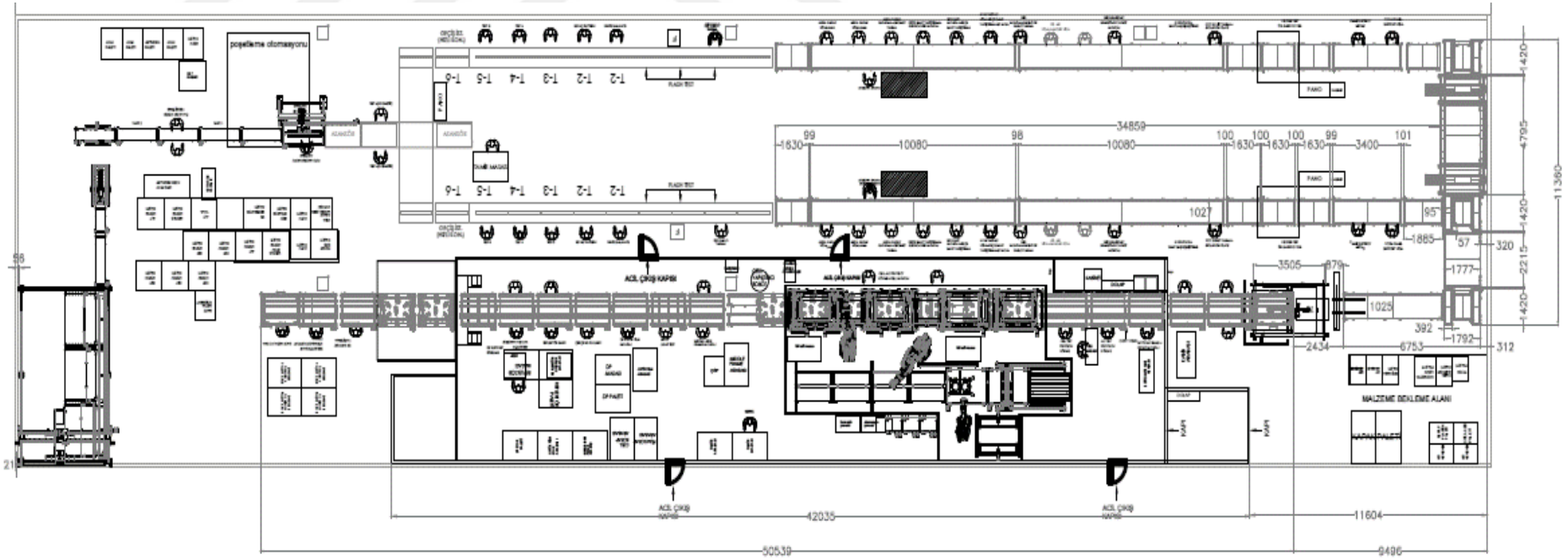
3.5 HTEA Uygulaması

Gerçekleştirilen Proses HTEA çalışması temel olarak şu aşamalardan oluşmuştur.

- İşletmede, üretilen televizyonların ve üretim süreçlerinin incelenmesi (Başlangıç çalışmaları)
- Üretim prosesinde ortaya çıkan hataların, hata nedenlerinin, hata etkilerinin ve hataların oluşmasını önlemek için kullanılan mevcut kontrollerin saptanması

- Ortaya çıkma, ağırlık ve saptama değerlerinin belirlenmesi, Risk Öncelik Göstergesinin (RÖG) hesaplanması
- Hatalar RÖG değerlerine göre sıralanarak tedbir alınması gerekli hataların sıralanması ve kontrol önlemlerinin belirlenmesi
- Hataların ortadan kaldırılması için öngörülen önlemler sonrası ortaya çıkma, saptama ve ağırlık değerlerinin bulunup yeni RÖG değerlerinin hesaplanması

Şekil 9: TV Üretim İş Akış Şeması



Yeni fabrikasına taşınan işletme üretimde rekabet avantajını, sürdürülebilirliği, ürün kalite standardını ve operasyon verimliliğini sağlayabilmek için geleneksel üretim anlayışından farklı olarak modern üretim sistemleri ile robot ve otomasyon teknolojisinin kullanıldığı üretim hattının yeniden tasarlanması gerektiğine karar verilmiştir. Üretilen standart TV modelleri için ayrı üretim hattı tasarlandı ve bu hat üzerine inşa edilecek özel makinelerin fonksiyonel gereklilikleri belirlendi. İki üretim hattı da Clean Room ve final montaj olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır.

3.5.1 HTEA Takımının Kurulması

İşletmede yürütülecek Proses HTEA uygulaması kapsamında final montaj hattı üzerinde yer alan makinelerin üretim prosesine olan etkileri incelenecektir. Daha öncesinde de belirtildiği üzere HTEA uygulaması bir takım çalışmasıdır. İşletmede uygulanan Proses HTEA çalışmasının takım üyeleri aşağıdaki şekildedir;

- HTEA Proje Lideri
- Üretim Müdürü
- Otomasyon Mühendisi
- Kalite Güvence Mühendisi
- Bakım Mühendisi
- Üretim Formeni

Temelde 6 kişiden oluşan ekibe her üretim aşamasında incelenen işi yürüten işçiler de takıma geçici olarak dahil olmuşlardır. Ekip üyeleri proses konusunda ve hat üzerine yerleştirilen makineler konusunda bilgi sahibi kişilerdir. HTEA ekibi ilgili konularda elde edilen verileri ve gözlemleri değerlendirerek problemi beyin fırtınası yöntemi ile ele almaktadırlar.

Beyin Fırtınası Tekniği: Bu teknik yaratıcı düşünme yapısını destekleyen, takım üyelerinin motivasyonunu yükselterek kısa zamanda çok fazla fikrin ortaya çıkmasına ve prosesin başarısız olma nedenine dair varsayımlar yapılmasına imkan sağlayan bir sürekli kalite geliştirme aracıdır. Bu yöntem tek başına veya bir grup ile yapılabilir (Öztürk, 2009:3).

3.5.2 Üretimde Meydana Gelebilecek Hatalar, Nedenleri, Etkileri ve Mevcut Kontroller

- ***Kart vidalama prosesi öncesinde back cover üzerine yerleştirilecek elektronik devre kartlarının konfigürasyonun yanlış olması:*** Proseste uygulanan lot size one denilen metottan dolayı sık sık küçük partiler halinde ürün dönüşleri yaşanmaktadır. Bu sebepten dolayı TV arka yüzeyinde bulunan back cover üzerine farklı boyutlarda ve farklı konumlarda elektronik devre kartları yerleştirilmesi gerekmektedir. Ürün dönüşlerinin çok sık yaşandığı üretim vardiyalarında yanlış kartın kullanılması riski bulunmaktadır. Hatanın oluşmasına; devre kartlarının görüntülerinin ve boyutlarının benzer oluşu etkilidir. Oluşacak hatanın potansiyel etkisi ise; üretilen TV'nin HD, Full HD ve 4K çözünürlükte olmasını sağlayan devre kartlarının yanlış montaj edilmesi sonucunda müşterinin satın almış olduğu ürünün istediği özelliklerde olmamasıdır. Kontrol önlemi olarak, operatör önünde yer alan ürün modeli bilgi formlarında konfigürasyon görüntüleri yer almaktadır. Üretilecek ürüne göre operatör ilgili sayfayı bularak kontrolü sağlamaktadır. Örnek kart konfigürasyonu Resim 1'de gösterilmiştir.

Resim 1: Kart Konfigürasyonu Örneği



- ***Otomatik Vidalama Makinesinde Vakumlu Elektrikli Tornavidanın Vidayı Kart Üzerine Düşürmesi:*** Otomatik Vidalama makineleri üzerinde bulunan vakumlu elektrikli tornavidalar vida üzerinde bulunan çapaktan dolayı vakumlamış olduğu vidayı kart üzerine düşürerek hataya sebep olabilir. Hatanın potansiyel etkisi, kullanıcı televizyonu kullanmak için enerji verdiğinde kart üzerinde bulunan vida kısa devreye sebep olarak ciddi

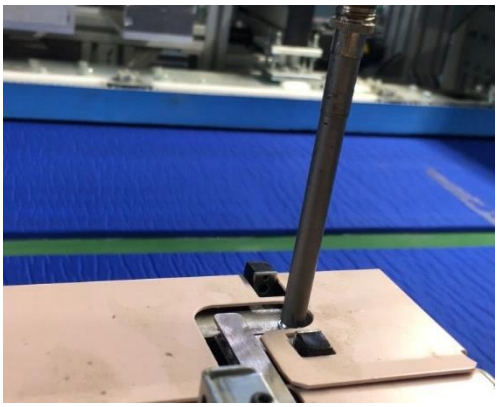
elektriksel arızaya sebep olabilir. Mevcut üretim şeklinde kart vidalama işlemi operatörler tarafından manuel olarak yapıldığı için yüzde yüz kontrol gerçekleştirilmektedir. Otomatik vidalama makinesi Resim 2'de gösterilmiştir.

Resim 2: Otomatik Vidalama Makineleri



- ***Otomatik Vidalama Makinesinde Vida Diziciden Vidanın Alınamaması:*** Vida diziciler vakumlu elektrikli tornavidaların vidaları belirlenen noktadan alması için olan makinelerdir. Ancak bazı olumsuz durumlarda vida diziciden vida alınamama problemi ile karşı karşıya kalınmaktadır. Bu sebeple kart veya arka kapak üzerinde bulunan vida deliği boş kalmakta ve üretim hattından bu şekilde vidası olmadan çıkmaktadır. Bu hatanın oluşmasına birden fazla durum neden olabilir. Tornavida da vakum kaçağı olması, vida dizicide sensör önüne vida düşmesi, vida dizicide vida sıkışması sonucu vida dizme işlemini yapamaması neden olur. Bu hatanın etkisi ise akan üretim hattından vidalama işlemi yapılmadan ürünün çıkmasıdır. Vida olması gereken yer boş kalmaktadır. Mevcut üretim hattında vidalama işlemi operatörler tarafından yüzde yüz kontrolle yapılmaktadır. Resim 3'te vida dizici ve diziciden tornavidanın vidayı alma anı gösterilmiştir.

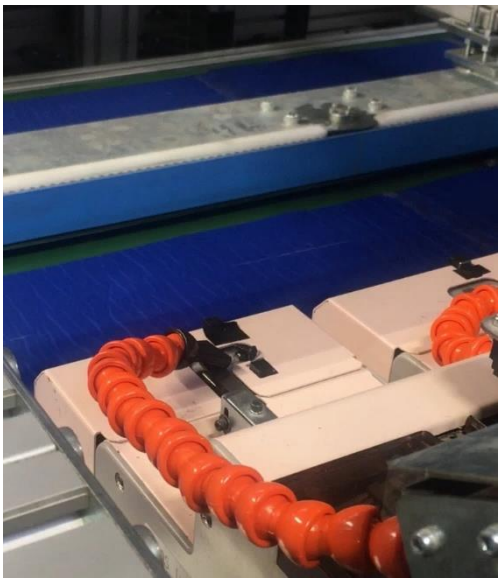
. **Resim 3: Vida Dizici ve Vida Alma Anı**





- ***Vida Dizicinin Sensörünün Önüne Vida Düşmesi:*** Vida üzerinde çapak bulunması sonucu veya farklı bir sebepten dolayı tornavidanın vidayı vakumlarken vida dizicinin üzerinde bulunan sensörün önüne düşürmesi sonucunda vida noktasında vida varmış gibi sinyal verip ancak tornavidanın vidayı vakumlayamamasına sebep olur. Bu hatanın potansiyel etkisi üretim sürecinde olan televizyonun makineden vida deliğinin boş bir şekilde çıkmasıdır. Mevcut proseste vidalama işlemi manuel olarak operatörler tarafından yapıldığı için yüzde yüz kontrol ile yapılmaktadır. Resim 4'te vida dizici sensörünün önüne düşmüş vida görüntüsü gösterilmiştir.

Resim 4: Vida Dizici Sensörü Önüne Düşen Vida



- ***Otomatik Vidalama Makinelerinde Yanlış Noktaya Vidalama İşlemi Yapılması:*** Bu makinede vidalama işlemi aynı zamanda üretim hattı konveyörü hareket halinde iken yapılmaktadır. Bu da hat konveyörünün ve makinenin senkronize çalışması anlamına gelmektedir. Ancak hat üzerinde yaşanan anlık duruş ve kalkışlar makine içerisinde bulunan merkezlenmiş üretilecek televizyonun pozisyonunun kaymasına sebep olur. Bu hatanın olası etkisi televizyon üzerinde kart veya arka kapağın hatalı vidalanması sonucu görsel hataya sebep olur. Mevcut kontrol önlemi olarak operatörler tarafından vidalama işlemi yapıldığından böyle bir hatalı duruma rastlanmamaktadır. Resim 5'te bu hatanın sebep olduğu görüntü gösterilmiştir.

Resim 5: Yanlış Noktaya Vidalama İşleminin Neden Olduğu Kozmetik Bozukluk



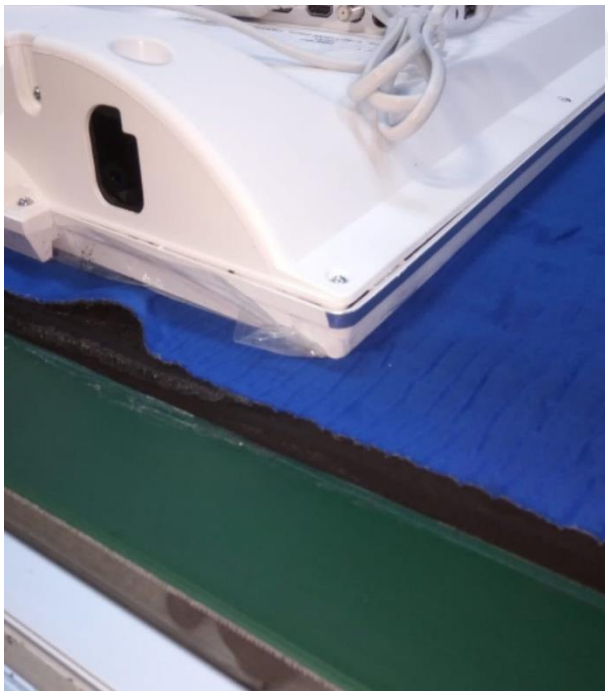
- ***Elektrikli Tornavidanın Vidayı Yeterli Torkta Sıkamaması:*** Üretimde kart vidalama ve arka kapak vidalama için belirlenen tork değerleri mevcut olup vardiyada belli aralıklarla tork ölçüm kontrolleri gerçekleştirilmektedir. Ancak vidalama esnasında makine dinamikliğinden, hat üzerinde yaşanan duruş-

kalkışlardan kaynaklı tork değeri istenilen aralıkta olmamaktadır. Bu hatanın potansiyel etkisi, vidanın titreşimlerden veya çevresel sebeplerden kaynaklı kolay gevşemesine sebep olmaktadır. Mevcut kontroller olarak, vardiyada belli aralıklarla torkmetre kullanılarak tork ölçümü yapılmakta ve uygun olamayan değer aralığı saptandığı takdirde operatörlerin kullandığı elektrikli tornavidalara gerekli tork ayarı yapılmaktadır. Resim 6'da dijital torkmetre görüntüsü görülmektedir. Ayrıca Resim 7'de yeterli torka ulaşmayan vidadan dolayı arka kapakta kalan açıklık görülmektedir.

Resim 6: Dijital Tork Ölçüm Cihazı



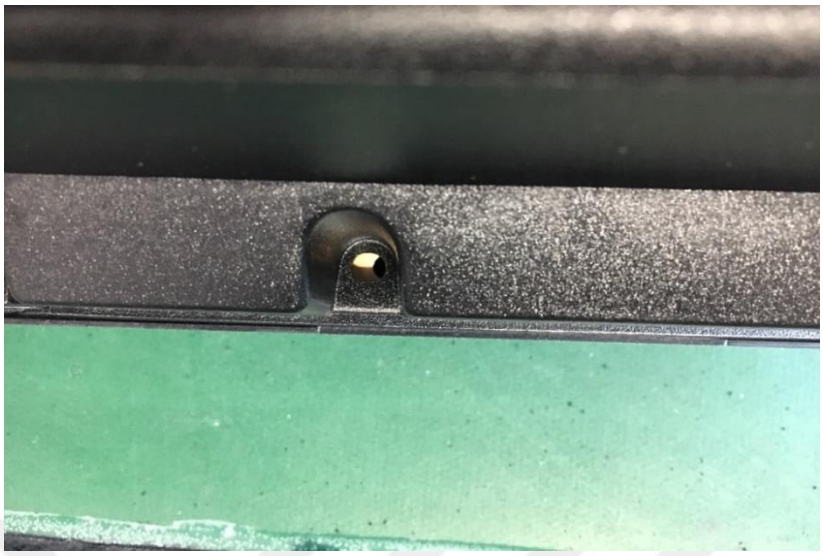
Resim 7: Yeterli Torka Ulaşmamış Vida



- ***Televizyonun Makine Girişinde Merkezlenmesi Sırasında Fazla Baskı Sonucu Vidalama Esnasında Vida Bosslarının Kırılması:*** Vidalama esnasında vidalama işlemi aynı zamanda hat konveyörü ilerlerken olacağı için makine içinde merkezlenmesinin belli bir sıkma değerinde olması gerekmektedir. Sıkma kuvveti, hat konveyörünün hareketinin televizyonun merkezlenmesini bozmayacak şekilde ve vida bosslarına zarar vermeyecek şiddette olmalıdır. Bu hatanın potansiyel etkisi, vida bosslarını kırarak kırılan ufalanan parçaların televizyon arka kapağının içerisine dağılarak taşıma sırasında ses oluşmasına sebep olur. Müşterinin istemeyeceği bir durum olup müşteri memnuniyetsizliği oluşturur. Mevcut durumda vidalama işlemi manuel olarak makine olmadan operatörler tarafından yapıldığı için böyle bir kontrol mevcut değildir.

- ***Arka Kapak Üzerinde Yer Alan Vida Deliği ve Boss Deliğinin birbirini Karşılamaması:*** Tedarikçiden gelen arka kapakların üzerindeki delikler ve televizyon çerçevelerinin üzerinde bulunan bossların birbirini karşılamaması dik şekilde vidalama işlemi yapılamamasına neden olmaktadır. Olası hata nedeni olarak tedarikçiden temin edilen çerçeve ve arka kapaklarda plastik enjeksiyon kalıbından kaynaklı çok nadir de olsa bu hata yaşanmaktadır. Manuel olarak yapılan vidalama işleminde operatör tornavidayı uygun açıda tutarak vidalama işlemi yapmaktadır. Ancak vidalama makinesinde eksenel kuvvetin haricinde yanal kuvvetlerin de oluşması makine üzerinde dik şekilde konumlanmış tornavidanın açısının bozulmasına neden olabilir. Bu dik açının bozulması ardından üretilecek diğer televizyonların vidalanması sırasında da olası hatalara sebep olabilir. Aynı zamanda vidanın gerekli torka ulaşmamasına neden olur. Mevcut kontrol olarak giriş kalite kontrol birimi tarafından bu hata kaynaklı veriler tutulmaktadır. Resim 8'de birbiri ile tam merkezli olmayan delik ve boss görüntüsü gösterilmiştir.

Resim 8: Birbiriyle Eksenel Olmayan Delikler



- ***Vida Üzerinde Çapak Bulunması:*** Vida, vida dizici kullanılarak her vidalama işlemi öncesinde tornavidanın alacağı pozisyona getirilir. Ancak vakumla vida alma işlemi yapıldığından vida üzerinde baş kısmında bulunan herhangi bir çapak vakum kaçağına sebep olmaktadır ve vidanın vida dizici üzerine düşmesine ya da makinenin dinamik şekilde hareket etmesinden kaynaklı televizyon üzerine savrulmasına neden olur. Bu hatanın potansiyel etkisi, vidanın televizyon kapağı üzerinde kalması sonucu kapak üzerinde çiziklere sebep olabilir. Bu da ürün kozmetiği açısından olumsuzluk ortaya çıkarır. Mevcut üretim prosesinde manuel vidalama işlemi yapıldığından vidanın televizyon üzerine savrulma durumu söz konusu değildir.

- ***White Balance Makinesinde Televizyonun Uygun Açıda Bulunmaması Sonucu Ekrana Yaklaşan Probun Uyguladığı Baskının Çok Olması:*** White balance diye tabir edilen proses, televizyonun tüm montaj işlemi yapıldıktan sonra renk kontrast testlerinin yapıldığı aşamadır. Karanlık bir ortamda bulunan makinede yer alan test probu mekanik bir kol ile hat üzerinde ilerleyen televizyonun orta noktasına yaklaşarak renk kontrast testi yapmaktadır. Ancak televizyon hat konveyörü üzerinde uygun açıda bulunmaz ise mekanik kol üzerindeki probun televizyon ekranına fazla baskı uygulayarak zarar

görmesine ve ekran üzerinde bölgesel görüntü bozukluklarına sebep olmasına neden olur. Mevcut kontrollerde bu proses manuel olarak yapılmakta olup baskıdan dolayı bir hata oluşması riski bulunmamaktadır. Resim 9'da White balance prosesinin gerçekleştirildiği karanlık oda görülmektedir.

Resim 9: White Balance Prosesinin Gerçekleştirildiği Karanlık Oda



3.5.3 Ortaya Çıkma, Şiddet ve Saptama Değerlerinin Belirlenmesi ve Risk Öncelik Göstergesi Hesabı

Ortaya çıkma, şiddet ve saptama değerlerinin belirlenmesi için 10'luk ölçek kullanılmıştır. Değerler saptanırken devreye alınma aşamasındaki tecrübelerden, makine kurulum ekibinden, seri üretim gerçekleştirilirken yapılan gözlemlerden faydalanılmıştır. Ayrıca geçmiş yıllarda yapılan HTEA çalışmalarının verilerinden de faydalanılmıştır. Ortaya çıkma, şiddet ve saptama değerleri HTEA ekibi üyeleri tarafından belirlenmiştir. RÖG değeri hesaplanırken çarpma ile yapılan RÖG hesabı yöntemi kullanılmıştır. Tablo 6'da ortaya çıkma ihtimali, Tablo 7'de şiddet ve Tablo 8'de saptama değerleri için kullanılacak tabloları göstermektedir.

Tablo 6: Ortaya Çıkma Değerleri Tablosu

ORTAYA ÇIKMA İHTİMALİ	HATA İHTİMALİ (Vardiya)	DERECE
Neredeyse Hiç	<1:1500000	1
Düşük	1:150000	2
	1:15000	3
Orta	1:2000	4
	1:1000	5
	1:500	6
Yüksek	1/100	7
	1/50	8
Çok Yüksek	1/20	9
	1/10	10

(Kaynak: Yazar tarafından düzenlenmiştir.)

Tablo 7: Hata Şiddet Tablosu

ORTAYA ÇIKAN ETKİ	KRİTER	DERECE
Tehlikeli	Emniyetle ilgili arıza, yasalarla uyumsuz bir arıza. Hata herhangi bir ikaz olmadan meydana gelir.	10
Ciddi	Emniyetle ilgili arıza, yasalarla uyumsuz bir arıza. Hata bir ikazla meydana gelir.	9
Çok Büyük	Üründe temel fonksiyon kaybı. Ürünün tamamı hurdaya çıkar.	8
Büyük	Ürün/süreç üzerinde büyük etki. Ürün kullanılamaz. Üretimin ayıklanması ve bir bölümünün hurdaya ayrılması gerekir.	7
Önemli	Parçanın yeniden işlenmesine neden olur. Ürün performansının derecesi düşmüştür. Ürün çalışmaktadır fakat kolaylık, rahatlık sağlayan bazı parçalar çalışmaz.	6
Orta	Ürün performansı veya süreç üzerinde orta şiddette etki. Müşteri bazı rahatsızlıklar duyar.	5

Küçük	Ürün performansı veya proses üzerinde küçük şiddette etki. Hata müşteri tarafından fark edilir ve ürün kullanımında bazı rahatsızlıklar yaşanır.	4
Önemsiz	Ürün performansı veya proses üzerinde önemsiz etki. Hata müşteriler tarafından fark edilir	3
Çok Önemsiz	Ürün performansı veya proses üzerinde çok önemsiz etki. Hata müşteriler tarafından fark edilmez.	2
Etkisi Yok	Ürün performansı veya proses üzerinde hiç etkisi yok.	1

(Kaynak: Yazar tarafından düzenlenmiştir.)

Tablo 8: Hata Saptama Tablosu

SAPTAMA DURUMU	KRİTER	DERECE
Hemen hemen imkansız	Belirlenme olasılığı yok	**10**
Çok zor	Kontrollerin hatanın türünü belirleme olasılığı çok zor	**9**
Zor	Kontrollerin hatanın türünü belirleme olasılığı zor	**8**
Çok az	Kontrollerin hata türünü belirlemesi çok azdır.	**7**
Az	Kontrollerin hata türünü belirlemesi azdır.	**6**
Orta	Kontrollerin hata türünü belirlemesi ortadır	**5**
Ortanın üstü	Kontrollerin hata türünü belirlemesi ortanın üstündedir.	**4**
Yüksek	Kontrollerin hata türünü belirlemesi yüksektir.	**3**
Çok yüksek	Kontrollerin hata türünü belirlemesi çok yüksektir.	**2**
Hemen hemen kesin	Kontrollerin hata türünü belirlemesi hemen hemen kesindir.	**1**

(Kaynak: Yazar tarafından düzenlenmiştir.)

Ortaya çıkma değerleri daha önceki HTEA çalışmalarından, tecrübelerden ve bazı hatalar için giriş kalite kontrol departmanından veriler alınarak belirlenmiştir. Aşağıdaki Tablo 9'da hataların ortaya çıkma değerleri verilmiştir.

Tablo 9: Hataların Ortaya Çıkma Değerleri

SIRA NO	HATA	ORTAYA ÇIKMA DEĞERİ
1	Kart vidalama prosesi öncesinde back cover üzerine yerleştirilecek elektronik devre kartlarının konfigürasyonun yanlış olması:	6
2	Otomatik Vidalama Makinesinde Vakumlu Elektrikli Tornavidanın Vidayı Kart Üzerine Düşürmesi	5
3	Otomatik Vidalama Makinesinde Vida Diziciden Vidanın Alınamaması	5
4	Vida Dizicinin Sensörünün Önüne Vida Düşmesi	9
5	Otomatik Vidalama Makinelerinde Yanlış Noktaya Vidalama İşlemi Yapılması	8
6	Elektrikli Tornavidanın Vidayı Yeterli Torkta Sıkamaması	8
7	Televizyonun Makine Girişinde Merkezlenmesi Sırasında Fazla Baskı Sonucu Vidalama Esnasında Vida Bosslarının Kırılması	3
8	Arka Kapak Üzerinde Yer Alan Vida Deliği ve Boss Deliğinin birbirini Karşılamaması	2
9	Vida Üzerinde Çapak Bulunması	9
10	White Balance Makinesinde Televizyonun Uygun Açıda Bulunmaması Sonucu Ekrana Yaklaşan Probun Uyguladığı Baskının Çok Olması	9

(Kaynak: Yazar tarafından düzenlenmiştir.)

Şiddet değeri hesaplanırken Tablo 7 göz önünde bulundurularak değerlendirme yapılmıştır. Tablo 10'da hataların şiddet değerleri gösterilmektedir.

Tablo 10: Hata Şiddet Değeri Tablosu

SIRA NO	HATA	ŞİDDET DEĞERİ
1	Kart vidalama prosesi öncesinde back cover üzerine yerleştirilecek elektronik devre kartlarının konfigürasyonun yanlış olması.	6
2	Otomatik vidalama makinesinde vakumlu elektrikli tornavidanın vidayı kart üzerine düşürmesi	8
3	Otomatik vidalama makinesinde vida diziciden vidanın alınamaması	5
4	Vida dizicinin sensörünün önüne vida düşmesi	5
5	Otomatik vidalama makinelerinde yanlış noktaya vidalama işlemi yapılması	7
6	Elektrikli tornavidanın vidayı yeterli torkta sıkamaması	6
7	Televizyonun makine girişinde merkezlenmesi sırasında fazla baskı sonucu vidalama esnasında vida bosslarının kırılması	6
8	Arka kapak üzerinde yer alan vida deliği ve boss deliğinin birbirini karşılamaması	2
9	Vida üzerinde çapak bulunması	2
10	White Balance makinesinde televizyonun uygun açıda bulunmaması sonucu ekrana yaklaşan probun uyguladığı baskının çok olması	6

(Kaynak: Yazar tarafından düzenlenmiştir.)

Hataların saptanabilme değerleri belirlenirken Tablo 8'den faydalanılmıştır. Bu değerler Tablo 11'de belirtilmiştir.

Tablo 11: Hata Saptanabilirlik Tablosu

SIRA NO	HATA	SAPTAMA DEĞERİ
1	Kart vidalama prosesi öncesinde back cover üzerine yerleştirilecek elektronik devre kartlarının konfigürasyonun yanlış olması.	5
2	Otomatik vidalama makinesinde vakumlu elektrikli tornavidanın vidayı kart üzerine düşürmesi	6
3	Otomatik vidalama makinesinde vida diziciden vidanın alınamaması	6
4	Vida dizicinin sensörünün önüne vida düşmesi	6
5	Otomatik vidalama makinelerinde yanlış noktaya vidalama işlemi yapılması	3
6	Elektrikli tornavidanın vidayı yeterli torkta sıkamaması	5
7	Televizyonun makine girişinde merkezlenmesi sırasında fazla baskı sonucu vidalama esnasında vida bosslarının kırılması	8
8	Arka kapak üzerinde yer alan vida deliği ve boss deliğinin birbirini karşılamaması	6
9	Vida üzerinde çapak bulunması	9
10	White balance makinesinde televizyonun uygun açıda bulunmaması sonucu ekrana yaklaşan probun uyguladığı baskının çok olması	9

(Kaynak: Yazar tarafından düzenlenmiştir.)

3.5.4 Öncelikli Önlem Alınacak Hataların Belirlenmesi ve Öngörülen Düzeltici Faaliyetler ile Yeni RÖG Değerleri

Ortaya çıkma olasılığı, şiddet ve saptanabilirlik değerleri belirlendikten sonra RÖG değeri hesabı bu değerlerin çarpılması sonucu elde edilmiştir. RÖG değeri ≥100 olan hatalar için öncelikli önlem alınması gerekmektedir. RÖG≤50 olan hatalar için önlem alınmasına gerek yoktur. 50 < RÖG < 100 için önlem almakta fayda olacağı düşünülmektedir. Tablo 12'de hataların hesaplanan RÖG değerleri gösterilmiştir.

Tablo 12: Hatalara Göre RÖG Değeri Tablosu

HATA	RÖG DEĞERİ
Kart vidalama prosesi öncesinde back cover üzerine yerleştirilecek elektronik devre kartlarının konfigürasyonun yanlış olması.	180
Otomatik vidalama makinesinde vakumlu elektrikli tornavidanın vidayı kart üzerine düşürmesi	240
Otomatik vidalama makinesinde vida diziciden vidanın alınamaması	150
Vida dizicinin sensörünün önüne vida düşmesi	270
Otomatik vidalama makinelerinde yanlış noktaya vidalama işlemi yapılması	168
Elektrikli tornavidanın vidayı yeterli torkta sıkamaması	240
Televizyonun makine girişinde merkezlenmesi sırasında fazla baskı sonucu vidalama esnasında vida bosslarının kırılması	144
Arka kapak üzerinde yer alan vida deliği ve boss deliğinin birbirini karşılamaması	24
Vida üzerinde çapak bulunması	162
White balance makinesinde televizyonun uygun açıda bulunmaması sonucu ekrana yaklaşan probun uyguladığı baskının çok olması	486

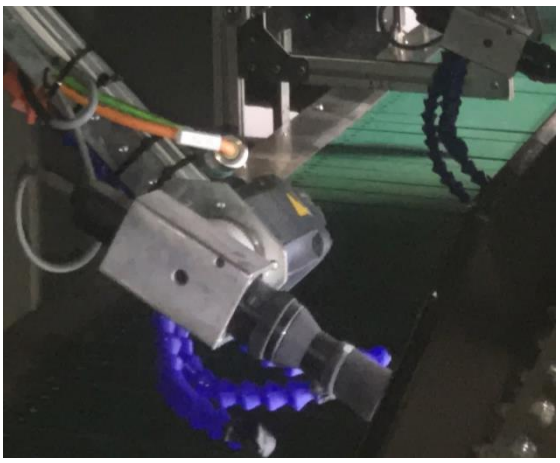
(Kaynak: Yazar tarafından düzenlenmiştir.)

RÖG değerine göre aşağıdaki sıra ile önlemlerin alınması gerekmektedir. Aşağıda listelenmiş hatalar için alınan düzeltici ve önleyici faaliyetler her bir hata için açıklanmıştır.

1) **White balance makinesinde televizyonun uygun açıda bulunmaması sonucu ekrana yaklaşan probun uyguladığı baskının çok olması:** White balance prosesi için kullanılan prob ekrana 5mm mesafeden renk kontrast testi yapmaktadır. Ancak konveyör üzerine açılı olarak koyulan televizyon belirlenen açıdan ±5 derece toleransının dışına çıkarsa prob televizyon

ekranına baskı uygulayarak televizyon panelinin zarar görmesine ve baskı yaptığı bölgede kalıcı lekelenme oluşmasına sebep olmaktadır. Bu hatanın çözümü için prob üzerine yumuşak kauçuk malzemeden başlık yaptırılmasına karar verildi. Ayrıca konveyör üzerine iki adet sensör ilave edilerek hat üzerinde açılı şekilde ilerleyen televizyonun açısı hesaplanarak tolerans ±8 dereceye yükseltildi. Tolerans dışı açıda olan televizyonlarda sensör ölçümü yaptıktan sonra sinyal göndererek hattın durmasını sağlıyor. Ancak ±5 derece olan hassasiyette hattın çok sık durdurulacağı fikri öne çıktığından tolerans değeri ±8 dereceye yükseltilmiştir. Tolerans aralığının genişlemesinin sebebi prob üzerine takılmış olan yumuşak kauçuk malzemenin kullanılması ile ekran üzerine baskı gerçekleşse bile herhangi bir hataya sebep olmayacak olmasıdır. Resim 10'da white balance prosesini gerçekleştiren prob ve ucuna takılmış kauçuk görülmektedir. Bu düzeltici ve önleyici faaliyet sonucu ortaya çıkma olasılığı ve saptanabilirlik değeri 3'e düşmüştür. Yeni RÖG değeri ise 54 olarak hesaplanmıştır.

Resim 10: White Balance Probu



2) **Vida dizicinin sensörünün önüne vida düşmesi:** Vida dizici üzerinde bulunan ve vida alma noktasında "vida var-yok" sinyali veren sensör önüne düşen vidalar sensörün sürekli "vida var" sinyali göndermesine sebep olmaktadır. Sensör önüne düşen vidayı tornavida vakumlama işlemi yapamadığından sürekli olarak orada kalmakta ve hatta ilerleyen televizyonların vida deliklerinin boş kalmasına sebep olmaktadır. Bu hatanın

etkisini ortadan kaldırmak için vida dizici sensörünün bulunduğu bölgeye basınçlı hava bağlantısı gerçekleştirilecektir. Tornavidanın üzerine yerleştirilen ve vakum değerini ölçen switch ile tornavidanın vidayı alıp alamadığı bilgisi elde edilmektedir. Bu switchten gelen sinyal sayesinde vidanın alınamadığı her durumda dizici sensörü önüne yerleştirilen basınçlı hava hortumundan saniyenin onda biri olacak şekilde hava verilecektir. Bu basınçlı hava ile sensör önüne düşen vidanın kaldırılması sağlanacaktır. Resim 4'te görülen vida dizicinin yanındaki turuncu hortum bu işlevi gerçekleştirmektedir. Yapılan bu iyileştirme faaliyetleri sonucu ortaya çıkma olasılığı 3'e, saptama değeri 4'e düşmüştür. Yeni değerlere göre yapılan hesapta RÖG değeri 60 olmuştur.

3) **Elektrikli tornavidanın vidayı yeterli torkta sıkamaması:** Bu hata, üründe kozmetik açıdan şekil bozukluğuna sebep olmaktadır. Tam olarak sıkılmayan vidalar çerçeve ve kapak arasında boşluk oluşturmaktadır. Aynı zamanda nakliye sırasında yaşanacak titreşimler ve çevresel etkilerle vidanın kolay gevşemesine neden olabilir. Bu sebeple vidalama makinesi üzerine yerleştirilen ve her vardiya başlangıcında tornavidaların tork değerlerinin ölçülmesini sağlayan tork cihazı tedarik edilmiştir. Bunun ile ölçüm yapıldıktan sonra üretime başlanmaktadır. Ayrıca makine çıkışına yerleştirilen ve televizyon üzerinde vidaların yerlerinin simüle edildiği görüntü ile istenen torka ulaşmayan vidalar kırmızı nokta şeklinde gösterilecektir. Bu durumda hat otomatik olarak durdurulup makine çıkışındaki operatörün ekranda kırmızı renk ile gösterilen vidayı kontrol etmesi sağlanacaktır. Aynı zamanda bu ekranda, vida deliğinin boş olduğu durumda da kırmızı olarak gösterilecektir. Resim 11'de hat sonuna yansıtılan televizyon üzerindeki deliklerin simüle edildiği görüntü bulunmaktadır. İyileştirme faaliyetleri sonucu saptama değeri 2, ortaya çıkma olasılığı 5 olmuştur. Yeni değerler ile RÖG değeri 60 olarak hesaplanmıştır.

Resim 11: Eksik Olan veya Torka Ulaşmamış Vidaların Görüntüsü



4) **Otomatik vidalama makinesinde vakumlu elektrikli tornavidanın vidayı kart üzerine düşürmesi:** Müşteri açısından yaşanabilecek en kritik hatalardan biridir. Kart üzerinde bulunacak en ufak metal bir malzemenin oluşturacağı kısa devre kartın yanmasına ve ürünün çalışmamasına sebep olacaktır. Bu durumu önlemek için hangi sebeple olursa olsun kart vidalama makinesi içerisinde tornavidanın üzerinde bulunan vakum switchi düşük vakum sinyali gönderir ise televizyon makineden çıktığı ilk istasyonda operatör önündeki ekrana "KARTIN ÜZERİNİ KONTROL ET" uyarısı gösterilecektir. Bu durum çok sık yaşanmıyor olsa da kritik önem arz etmesi sebebi ile uyarı çıktığında yüzde yüz kontrol edilecektir. Alınan önlemler sonucunda saptanabilirlik 4 ve ortaya çıkma değeri 2 olarak belirlenmiştir. Yeni RÖG değeri ise 64 olarak hesaplanmıştır.

5) **Kart vidalama prosesi öncesinde back cover üzerine yerleştirilecek elektronik devre kartlarının konfigürasyonun yanlış olması:** Bu hatanın ortaya çıkmasını engellemek amacı ile her hatta proses kontrol personelinin görevlendirilmesine karar verilmiştir. Ürün dönüşü gerçekleştiği sırada proses kontrol personeli ilk istasyondan başlayarak televizyon üzerinde kullanılacak tüm kart ve parçalar için ilk üretim onayı verecektir. Yeni saptama değeri 4 ortaya çıkma değeri ise 3 olarak belirleniştir. RÖG değeri ise 72 olarak hesaplanmıştır.

6) **Otomatik vidalama makinelerinde yanlış noktaya vidalama işlemi yapılması:** Kozmetik açıdan ortaya çıkan bir diğer hata ise hat konveyörünün duruş kalkışları sırasında makine içerisinde bulunan merkezlemeyi sağlayan kayışların hareket senkronizasyonu bozulmaktadır. Bunun sebebi olarak hat konveyörünün asenkron makine üzerinde bulunan merkezleme kayışlarının ise servo kontrollü olmasıdır. Hat konveyörünü hareket ettiren asenkron motordan gelen durma sinyali servo motora gecikmeli olarak iletilmektedir. Bu sebeple pozisyonda kayma yaşanmakta ve bu hata ortaya çıkmaktadır. Bunu ortadan kaldırmak amacıyla sadece makinenin bulunduğu kısımda olan hat konveyörü servo kontrollü olarak değiştirilmiştir. İyileştirme faaliyetleri sonucu saptama değeri 2, ortaya çıkma olasılığı değeri ise 4 olarak belirlenmiştir. Yeni RÖG değeri 56 olarak hesaplanmıştır.

7) **Vida üzerinde çapak bulunması:** Vida üzerinde çapak bulunması ürünün fonksiyonelliği açısından hiçbir öneme sahip değilken manuel vidalama işleminin ortadan kaldırılması ile otomatik vidalama prosesinde ciddi önem arz etmektedir. Proses verimliliği açısından vida üzerinde bulunan çapak vakum kaçağına sebep olacağı için vidanın alınamaması sebep olur. Alınsa dahi dinamik hareketten dolayı düşme riski de bulunmaktadır. Bunu ortadan kaldırmak amacı ile tedarikçiden gelen vidalar için makineye konmadan ayıklama işlemi gerçekleştirilecektir. Bunun için her vidanın fotoğraf çekilerek üzerindeki çapağın kontrol edildiği bir ön proses oluşturulmuştur. Hatalı ve baş kısmı çapaklı olan vidalar tespit edildiğinde hareket ettiği kanaldan basınçlı hava ile ayırılarak yüzde yüz kontrollü bir vida ayıklama işlemi gerçekleştirilecektir. Resim 12'de vida ayıklama prosesi için kullanılan cihaz görülmektedir. Yapılan iyileştirmeler sonucunda, saptama değeri 4, ortaya çıkma olasılığı değeri de 4 olarak belirlenmiştir. Yeni RÖG değeri ise 32 olmuştur.

Resim 12: Vida Ayıklama Cihazı



8) **Otomatik vidalama makinesinde vida diziciden vidanın alınamaması:** Vida dizicilerin kullanımına başlanmadan önce belli seviyelerde doldurularak optimum doldurulma seviyesi belirlenmiştir. Vida dizici üzerinde yer alan kanal vidanın sıkışacağı ve titreşimini engelleyeceği ölçüde olduğundan bu kanalın revizyonu yapılarak kanal genişliği daraltılmıştır. Böylelikle vidanın diş bulunan kısmı kanala girebilirken baş kısmı kanala girerek sıkışmaya neden olmayacaktır. Ayrıca vida ayıklama cihazı ile çapaksız şekilde olan vidalar kullanılarak vakum kaçaklarının önüne geçilmiştir. Saptama değeri 4, ortaya çıkma olasılığı değeri 3 olarak belirlenmiştir. Yeni RÖG değeri 60 olarak hesaplanmıştır.

9) **Televizyonun makine girişinde merkezlenmesi sırasında fazla baskı sonucu vidalama esnasında vida bosslarının kırılması:** Asenkron motor ile hareketi sağlanan hat konveyörünün servo motor ile değiştirilmesi sonucu merkezleme amacı ile sıkıştırma işlemi yapan kayışların uygulayacağı baskı kuvveti azalacağından bossların zarar görmesi engellenecektir. Ortaya çıkma olasılığı değeri 2, saptanabilirlik ise 6 olarak belirlenmiştir. Yeni RÖG değeri 72 olarak hesaplanmıştır.

3.5.5 Alınan Önlemler ve Uygulanan Düzeltici Faaliyetler Sonucu Yeni RÖG ve Eski RÖG Değerlerinin Karşılaştırılması

Tablo 13: Eski RÖG ve Yeni RÖG Değerlerinin Karşılaştırılması

HATA	ESKİ RÖG	YENİ RÖG
White balance makinesinde televizyonun uygun açıda bulunmaması sonucu ekrana yaklaşan probun uyguladığı baskının çok olması	**486**	**54**
Vida dizicinin sensörünün önüne vida düşmesi	**270**	**60**
Elektrikli tornavidanın vidayı yeterli torkta sıkamaması	**240**	**60**
Otomatik vidalama makinesinde vakumlu elektrikli tornavidanın vidayı kart üzerine düşürmesi	**240**	**64**
Kart vidalama prosesi öncesinde back cover üzerine yerleştirilecek elektronik devre kartlarının konfigürasyonun yanlış olması	**180**	**72**
Otomatik vidalama makinelerinde yanlış noktaya vidalama işlemi yapılması	**168**	**56**
Vida üzerinde çapak bulunması	**162**	**32**
Otomatik vidalama makinesinde vida diziciden vidanın alınamaması	**150**	**60**
Televizyonun makine girişinde merkezlenmesi sırasında fazla baskı sonucu vidalama esnasında vida bosslarının kırılması	**144**	**72**

(Kaynak: Yazar tarafından düzenlenmiştir.)

Tablo 13'te görüldüğü gibi tüm önlemler alındıktan ve iyileştirmeler yapıldıktan sonra hesaplanan yeni RÖG değerleri 100'ün altına düşmektedir. Bu değerlere göre otomasyon sistemi ile oluşturulan yeni üretim sisteminde yeterli iyileştirme sağlanmıştır. Otomasyon sistemleri kullanılarak insan etkilerinin ortadan kaldırılmaya çalışıldığı sistemlerde kalite ve hatalarda önemli ölçüde azalma gerçekleşmiştir. Tablo 13'te de görüldüğü gibi RÖG değerleri karşılaştırıldığında tespit edilen ve öngörülen hatalar için hepsinde düşüş olduğu görülmektedir. Sadece bir hata için ilk RÖG değeri 50 değerinin altında olduğu için o hata türünde bir çalışma

ve düzeltici faaliyete gerek duyulmamıştır. Bu değerlerden de görüldüğü üzere otomasyon sistemlerinin kalitede yaşanacak hataların önüne geçmede önemli etkiye sahiptir. Hataların neredeyse tümünde yüzde ellinin üzerinde iyileşme sağlanmıştır.

SONUÇ

Kalite, müşteri memnuniyetinin ve tatmin edilmesinin, en üst düzeye çıkarılması ve ihtiyaçlarının karşılanması, kullanıcıya kusursuz ürün veya hizmetin sunulmasıyla sağlanabilir. Bu çalışmada uygulaması yapılan Hata Türü ve Etkileri Analizi'nin temel amacı, kullanıcıya sunulacak ürünlerde oluşabilecek hataların henüz ortaya çıkmadan ve ürün müşteriye ulaşmadan belirlenerek işletmelerde kalite standardının yükseltilerek müşteri tatmini düzeyinin artmasını sağlamaktır.

HTEA uygulamaları ile işletmeler yüksek güvenilirlikte ve kalitedeki ürünleri, maliyetleri düşürerek kullanıcıya hatalar yansımadan en erken biçimde önlenmesi sağlanır. Dokümantasyon sisteminin kullanıldığı bu teknikte sürekli olarak gelişme ve güncelleştirme sağlanacağından kalitenin sürekli geliştirilme yeteneği işletmelere kazandırılır.

Birçok televizyon üreticisinin olduğu sektörde rekabet avantajını sağlayabilmek için kısa zamanda ve müşteri tatminini sağlayan kaliteli ürünlerin üretilmesi amaçlanmıştır. "Kalite kontrol edilmez üretilir." düşüncesi ile üretimin ve kontrol mekanizmasının sağlanması için otomasyon sistemlerinden faydalanılmaktadır. Bu sebeple üretim hattı otomatik hale getirilmiştir. Üretimde otomasyon sisteminin uygulanması ile birlikte ortaya yeni hata türleri çıkmıştır. Bu sebeple uygulamanın yapıldığı üretim hattı için HTEA çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmadaki bilgiler ve veriler, televizyon üretim hattının otomasyon sistemlerine geçiş süreci ayrıntılı olarak bir ekip tarafından takip edilerek ve incelenerek elde edilmiştir. Bu incelemeler ve analizler sonucunda 10 hata türü tanımlanmıştır. Tanımlanan bu hatalardan dokuzunun RÖG değeri 100'den büyük çıkmıştır ve önlem alınması gerektiğine karar verilmiştir. Alınan bu önlemler sonucunda RÖG değeri 100'den büyük olan tüm hatalarda önemli ölçüde iyileşme yaşandığı görülmüş ve neredeyse tümünde yüzde elliden fazla iyileşme tespit edilmiştir. Otomasyon sistemlerinin kullanımının ve bu teknoloji ile hata türlerinin ve hataların tespitinin önemli ölçüde insan etkisinden arındırılması prosesin ve ürünün kalitesini yükseltmektedir.

HTEA uygulaması sonucunda hata türlerine göre yaşanan iyileşme oranları otomasyon sistemlerine geçiş yapılmış olması sebebi ile ciddi boyutlara ulaşmıştır. Özellikle white balance prosesinde açı ölçümünün otomatik hale getirilmesi oluşabilecek önemli hataların engellenmesinde büyük faydalar sağlamıştır.

Ayrıca otomatik üretim sistemlerinin kullanımı birim sürede üretilen ürün sayısında artış sağlamış ve yoğun müşteri talepleri karşısında daha kısa zamanda taleplerin kaliteli üretim ile karşılanmasını sağlamıştır.

Yapılan bu çalışmanın işletmenin kalite iyileştirme sürecine olan katkısı büyük öneme sahiptir. Unutulmamalıdır ki kalitenin geliştirilerek sürdürülmesi gerekmektedir. Bu sebeple HTEA uygulaması ile alınan kontrol önlemlerinin yer aldığı operasyonlar istatistiksel proses kontrol yöntemleri ile takip edilerek desteklenmesi faydalı olacaktır.

KAYNAKÇA

Acar, Barış. *Gıda Sanayii Kalite Yönetimi Çalışmalarında Altı Sigma Sisteminin Uygulanması,* (Doktora Tezi). Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2010. Bursa Uludağ Üniversitesi Açık Erişim Sisteminden erişilmiştir.

Açık, S. *Toplam Kalite Yönetimi ile Tam Zamanında Üretim Sisteminin Birlikte Kullanılması ve Bir Uygulama*, (Doktora Tezi). Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum, 2006. YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişilmiştir.

Akın, B., *ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde Hata Türü ve Etkileri Analizi*, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1998.

Akın, B., *ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde Hata Türü ve Etkileri Analizi,* Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 1996.

Aran, G. ve O. Çevik, "*Kalite İyileştirme Sürecinde Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) ve Piston Üretiminde Bir Uygulama"*, Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi, Cilt:8, Sayı: 16, 2009, ss:241-265.

Aran, G., *Kalite İyileştirme Sürecinde Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) ve Bir Uygulama,* (Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tokat, 2006. YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişilmiştir.

Automotive Industry Action Group (AIAG). *Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Reference Manuel.* AIAG, Michigan, 1996

Beşkese, A., S. Gözlü, G. İ. S. Bolatan, *"İmalat Firmalarının Kalite Performansını Etkileyen Faktörler"* İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt: 46, Sayı:1, 2017, ss:76-83.

Bolat, T., *Toplam Kalite Yönetimi (Konaklama İşletmelerinde Uygulanması)*, Beta Basım Yayın Dağıtım, İstanbul, 2000.

Bolatan, G. İ. S., *"Kalite 4.0"*, Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Sayı:21, 2020, ss.437-454.

Bozkurt, Rıdvan ve Aynur Odaman. *ISO 9000 Kalite Güvence Sistemleri*, Milli Prodüktivite Yayınları No:549, Ankara, 1998.

Çabuk, Y. *"Kalite Maliyetleri ve Kalite Maliyetlerini Ölçmede Kullanılan Yöntemler"*, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, Cilt:7, Sayı:7, 2005, ss.1-8.

Çeber, Y., *Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönteminin (FMEA) Üretim Sektöründe Uygulanması,* (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2006. Dokuz Eylül Üniversitesi Kurumsal Akademik Açık Arşivinden erişilmiştir.

Çelikdemir, H., *Bir Otomasyon Hattında Hata Türü ve Etkileri Analizi Uygulaması*, (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2012. YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişilmiştir.

Deveci, H.C., *Proses Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Kablo Kesim Sürecine Uygulanması*, (Yüksek Lisans Tezi). Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2013. YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişilmiştir.

Down,M., Brozowski, L., Younis, H., Benedict, D., Feghali, J., Schubert, M., Brender, R., Gruska, G., Vallance, G., Krasich, M., ve Haughey, W., *Potential Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Reference Manual (4th Ed.)*, Chryler LLc, Ford Motor Company, General Motors Corportion, 2008.

Duran C., ve O. ECE., *Kalite Ödüllerinin Firma Değeri Üzerindeki Etkisinin Analizi*, Ekin Basım Yayın Dağıtım, Bursa, 2010

Durhan, D., *Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) ve Bir Uygulama,* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006. YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişilmiştir.

Düzgüner, E., *Ürün Geliştirme Sürecinde Önleyici Kalite Güvence: FMEA Metodu ve Bu Metodun Bir Sanayi İşletmesindeki Uygulaması,* (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri, 2002. YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişilmiştir.

Efil, İ. *Toplam Kalite Yönetimi ve Toplam Kaliteye Ulaşmada Önemli Bir Araç: ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi,* Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa, 1995

Erdil, O., Halit K., Cemal Z., *"Firma İçi Kalite Bilgisi Kullanımı, İşgören Katılımı ve Tasarımda Kalite Yönetimi ile Ürün Performansı Arasındaki İlişkiler: Deneysel Bir Çalışma"*, Doğuş Üniversitesi Dergisi, Cilt:4, Sayı: 1, 2003, ss.43-54.

Eryürek E.F. ve M. Tanya, *"Hata Türü Etkileri Analizi Yönteminde Maliyet Odaklı Yeni Bir Karar Verme Yaklaşımı"*, İTÜ Mühendislik Dergisi, Cilt:2, Sayı:6, 2003, ss:31-40.

Flood, Robert L. *Beyond TQM*, John Wiley and Sons, West Sussex, England, 1993

Garvin, David A. *Competing on the Eight Dimensions of Quality*, Harward Business Review, November, 1986.

Gilchrist, W., *"Modelling Failure Modes and Effects Analysis",* International Journal of Quality and Reliability Management, Bradford, 1993.

Gül, B., *Kalite Yönetiminde Hata Türü ve Etkileri Analizi*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2001.

Horngern, C.T., G., Foster, S., M., Datar, *Cost Accounting*, Prentice Hail International, Ine. Ninth Edition, 1997.

Hoyer, Robert W. *What is Quality: Learn how each of eight well-known gurus answer this question*, Quality Progress, July 2001.

Juran J. M. (1992), *Juran On Quality by Design*, The Free Pres, New York, 1992.

Kahraman, B. ve A. Sağbaş, *"Hata Türü Etkileri Analizi ile Elektrikli Ev Aletleri Üretiminde Süreç Verimliliğinin Geliştirilmesi"*, European Journal of Engineering and Applied Sciences, Cilt:3, Sayı:2, 2020, ss:1-7.

Kahraman, Ö., *Bir Otomobil Fabrikasında İş sağlığı ve Güvenliği Alanında FMEA (HTEA) Yöntemi ile Risk Analizi,* (Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Sakarya, 2009. YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişilmiştir.

Kara Zaitri, C., ve P.V. Fleming, *Applications of Fuzzy Inference Methods to Failure Modes Effects and Criticality Analysis*, International Conference on Safety and Reliability, 1997.

Karabaş, H.T., *Problem Çözmede Altı Sigma Yaklaşımı ve Bir Uygulama*, (Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2007. YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişilmiştir.

Kasa, H.S., ve S. Boran, *"FMEA ve Toplam Kalite Yönetimi İçin Önemi"*, YA/EM93 Yöneylem Araştırması Endüstri Mühendisliği 15. Ulusal Kongresi "Küreselleşme ve Türk Endüstrisi" Bildiriler Kitabı, 1993.

Kaya, S. Ş. ve K. Alaykıran, *"Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Döküm Sektöründe Bir Uygulama"*, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt:1, Sayı:2, 2019, ss:76-89.

Kotler, P. *Marketing Management*, 8th Edition, Printece-Hall, Englewood, Cliffs, N.J., 1996.

Kouru, Ishikawa. *Toplam Kalite Kontrol*, KalDer Yayınları, İstanbul, 1995.

Küçük, O., *Standardizasyon ve Kalite*, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2004.

MIL – STD 1629A, *Procedures For Performing a Failure Mode Effects and Criticality Analysis*, ABD Savunma Bakanlığı, 1984.

Mizuno, S. ve Y. Akao, *QFD: The Customer – Driven Approach to Quality Planning and Deployment*, Asian Productivity Organization, Tokyo, 1994.

Musubeyli, E.N., *Ürünün Önemli Kalite Karakteristiklerinin Belirlenmesinde Tasarım Hata Türü ve Etkileri Analizi ile Kalite Evinin Birlikte Kullanılması,* (Doktora Tezi). Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 1999. YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişilmiştir.

Önen, S.M. ve M. Ölmez, *"Stratejik Yönetim, Toplam Kalite Yönetimi ve Motivasyon İlişkisi: Meslek Yüksek Okulu Öğrencileri Üzerinde Ampirik Bir Araştırma",* Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt:8, Sayı:1, 2019, ss:294-313.

Özçakar, Necdet. "*Bir kamu kuruluşundaki toplam kalite yönetimi uygulamalarının değerlendirilmesi"*, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt:39, Sayı:1, 2010, ss. 106-124.

Özdemir, D., *Süreç Analizi: Bir Metalurji Firmasında İnceleme,* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006. YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişilmiştir.

Özevren, M., *Toplam Kalite Yönetimi (Temel Kavramlar ve Uygulamalar),* Alfa Basım Yayın, İstanbul, 1997.

Öztürk, A. Kalite Yönetimi ve Planlaması, Ekin Yayıncılık, Bursa, 2013.

Öztürk, A., Kalite Yönetimi ve Planlaması, Ekin Yayınevi, Bursa, 2009.

Pakdil, F., *"Kalite Kültürünü Etkileyen Faktörler Üzerine Derleme"*, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:6 Sayı:3, 2004, ss.167-181.

Pale, B.G., ve P. Shaw, *Failure Mode and Effects Analysis in the U.K. Motor Industry (A state of the Artstudy),* Quality and Reliability Engineering International, Cilt:6, Sayı:1, 1990, ss:179-188.

Pekdemir, R. *"Kalite Maliyetleri ve Yönetim Muhasebesi",* Yönetim Dergisi, Cilt:4, Sayı:16, 1993, ss.25.

Pillay, A., J. Wang, *Modified Failure Mode and Effects Analysis Using Approximate Reasoning*, Reliability Engineering and System Safety, Cilt:79,2003, ss:69-85.

Raiborn, C., Kinney B.. *Managerial Accounting*, Third Edition, South-Western College Publishing Copyright, 1999.

Sankar, N.R. ve B.S. Prabhu, *"Application of Fuzzy Logic to Matrix FMECA"*, Review of Progress İn Quantitative Non-destructive Evaluation, Cilt:20, Sayı:1, 2001, ss:1987-1994.

Schiegg, H., *Early in Process FMEA Application*, Qualitat und Zyverlassigkeit, 44(7), 1999.

Srivastava, H. M., *"Journal of Advance Research in Aeronautics and Space Science*" Cilt:5, Sayı:1, 2018, ss:1-17.

Stamatis, D.H., *Failure Mode and Effects Analysis from Theory to Execution*, ASQC Quality Press, Milwaukee, 1995.

Şimşek, Muhittin. *Toplam Kalite Yönetimi*, Alfa Yayınları, İstanbul, 2004

Taş, Y. ve K. H. Koç, *"Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) Tekniğinin Mobilya Endüstrisine Yönelik Uygulaması"*, İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi, Cilt:2, Sayı:5, 2010, ss:150-178.

Taşan, K., *Bir Risk Değerlendirme ve Güvenirlik Metodu Olarak Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) Yöntemi: Bir Otomotiv Yan Sanayi İşletmesinde Uygulanması,* (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2006. YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişilmiştir.

Taşcı, Deniz ve Saye Nihan Çabuk, *Kalite Yönetim Sistemleri*, Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları, Eskişehir, 2013.

Tilburg, C. M., I. P. Leistikow ve M. A. Rademaker, *"Health Care Failure Mode and Effect Analysis: A Useful Proactive Risk Analysis in a Pediatric Oncology Ward"*, Qual Saf Health Care 15, 2006, ss:58-63

Uzun K. T. *"Toplam Kalite Yönetimi (TKY) ve İç Denetimin TKY'deki Rolü",* İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt:0, Sayı:1, 2016, ss.1-21.

Uzun, H. ve U. Durna, *"İşletmelerde Rekabet Unsuru Olarak Bilgi Yönetimi",* Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi, Cilt:1 Sayı:1, 2008, ss.33-40.

Ünlü, S., G. Rüçhan ve M. S. Ergüven, *İş ve Yaşamda Motivasyon*, Anadolu Üniversitesi Yayını, Eskişehir, 2013.

VDA, *Quality management in the Automotive Industry*, Quality Assurance Before Series Production, Cilt:4, Sayı:2, 1996.

Villacourt, M., *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): A Guide for Continuous Improvement for the Semiconductor Equipment Industry*, International SEMATECH, 1992.

Vollrath, M., *FMEA Requieres Methodical Know – How and Support By the Management*, Qualitat und Zyverlassigkeit, 46(1), 2000.

Yaylalı, C., Kalite İyileştirmede Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Bir Üretim Sürecinde Uygulama, (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2008.

Yıldıztekin, İ. *"Kalite Maliyetleri Ölçümlerinde Belirlenen Fırsat Maliyetleri"*, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt: 19, Sayı: 1, 2005, ss.401-422.

Yılmaz, A., *Hata Türü ve Etkileri Analizi,* (Yayınlanmamış Yüksek Lisan Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997.

Yükçü, S. *Kalite Maliyetlerinin Muhasebeleştirilmesi*, Anadolu Matbaacılık, İzmir, 1999.