

**KALİTE İYİLEŞTİRME SÜRECİNDE HATA TÜRÜ  
VE ETKİLERİNİN ANALİZİ VE HATALARIN VERİ  
MADENCİLİĞİ İLE ARAŞTIRILMASI: TALAŞLI  
İMALAT SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

**2019  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**BÜŞRA DAĞCI**

**KALİTE İYİLEŞTİRME SÜRECİNDE HATA TÜRÜ VE ETKİLERİNİN  
ANALİZİ VE HATALARIN VERİ MADENCİLİĞİ İLE ARAŞTIRILMASI:  
TALAŞLI İMALAT SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

**Büşra DAĞCI**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında**

**Yüksek Lisans Tezi**

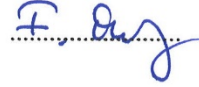
**Olarak HazırlanmıŐtır**

**KARABÜK**

**Haziran 2019**

Büşra DAĞCI tarafından hazırlanan “KALİTE İYİLEŞTİRME SÜRECİNDE HATA TÜRÜ VE ETKİLERİNİN ANALİZİ VE HATALARIN VERİ MADENCİLİĞİ İLE ARAŞTIRILMASI: TALAŞLI İMALAT SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Filiz ERSÖZ  
Tez Danışmanı, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı



Doç. Dr. Semra BORAN  
Tez Danışmanı, Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 28/06/2019

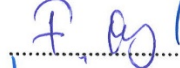
Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

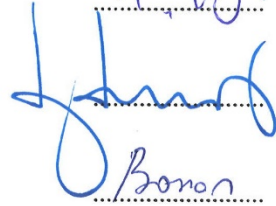
Başkan: Prof. Dr. Ergun ERASLAN (AYBÜ)



Üye : Prof. Dr. Filiz ERSÖZ (KBÜ)



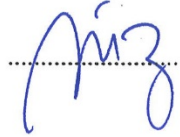
Üye : Prof. Dr. Metin DAĞDEVİREN (GÜ)



Üye : Doç. Dr. Semra BORAN (SAÜ)



Üye : Dr. Öğr. Üyesi Taner ERSÖZ (KBÜ)



/ /2019

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Filiz ERSÖZ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür V.





*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Büşra DAĞCI

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### KALİTE İYİLEŞTİRME SÜRECİNDE HATA TÜRÜ VE ETKİLERİNİN ANALİZİ VE HATALARIN VERİ MADENCİLİĞİ İLE ARAŞTIRILMASI: TALAŞLI İMALAT SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

**Büşra DAĞCI**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Prof. Dr. Filiz ERSÖZ**

**Doç. Dr. Semra BORAN**

**Haziran 2019, 189 sayfa**

İşletmeler müşteri memnuniyetini üst düzeyde tutmak için maksimum kalite ve minimum maliyet ile üretim yapmalıdırlar. Kalitenin sürekli iyileştirilmesi ve meydana gelen uygunsuzlukların kaynaklarının tespit edilmesi kaliteli üretim için önemlidir. Kalitenin sürekli iyileştirilmesi ve olası hata türlerinden risk seviyesi yüksek olan hatalara önlem alınması amacı ile “Hata Türü ve Etkileri Analizi” yaygın olarak kullanılan bir metottür. Veri madenciliği ise bağımlı bir değişkene etki eden değişkenlerin tespit edilmesinde kullanılan bir metottür. Bu çalışmada savunma ve havacılık sanayiine talaşlı imalat üzerine üretim yapan bir işletme ele alınmıştır. İşletmede kalitenin sürekli iyileştirilmesi ve olası bir hatanın ortaya çıkmaması ya da mevcut hatanın müşteriye yansımaması amacı ile HTEA uygulaması yapılmıştır.

Risk seviyesi yüksek olan hata türleri için alınabilecek önlemler sunulmuştur. 2018 yılında meydana gelen uygunsuzluklar ele alınarak personellerin hata yapmaları üzerinde etkili olan faktörler araştırılmış ve bu hataların tekrar etmemesi amacı ile alınması gereken önlemler sunulmuştur. Yapılan uygulamalar sonucunda kalınlığın tolerans dışında olması ve delik çapının büyük olması risk seviyesi en yüksek olan iki olası hata türüdür ayrıca bu hata türü kaynaklı 2018 yılında sırası ile 307 ve 349 adet parçanın hurda olduğu gözlemlenmiştir. Risk öncelik sayısı 280 olan bu iki olası hata türünün alınan önlemler sonucunda yeni risk öncelik sayısı 100'e düşmüştür ve 2019 yılının ilk dört ayı gözlemlendiğinde kalınlığın tolerans dışında olması sebebi ile 10 adet parça hurda olurken delik çapının büyük olması kaynaklı sekiz adet parçanın hurda olduğu ve 2018 yılının ilk dört ayı ile hata adedi değerleri karşılaştırıldığında işletmenin imalat süreçlerinde iyileşme olduğu gözlemlenmiştir. 2018 yılı verileri ile IBM SPSS Modeler ve WEKA programlarında C5.0 ve J48 sınıflayıcı veri madenciliği algoritmaları kullanılarak personellerin hata yapmaları üzerindeki etkili olan faktörler değerlendirilmiş ve analiz edilmiştir. IBM SPSS Modeler C5.0 ile yapılan analiz neticesinde %95,98 doğruluk oranı ile personellerin hata yapmaları üzerinde en çok etkili olan faktör, analiz edilen personellerin mesleki belgeye sahip olup olmaması iken WEKA J48 ile yapılan analiz neticesinde personellerin hata yapmalarına en çok etki eden faktörün %94,19 doğruluk oranı ile personelin eğitim durumu olduğu görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler :** HTEA, hata analizi, iyileştirme, imalat, talaşlı imalat, veri madenciliği, sınıflayıcı model, karar ağacı.

**Bilim Kodu :** 906.1.066

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

# **ANALYSIS OF ERROR TYPE AND ITS EFFECTS IN THE QUALITY IMPROVEMENT PROCESS AND INVESTIGATION OF ERRORS WITH DATA MINING: AN APPLICATION IN MECHANICAL MANUFACTURING**

**Büşra DAĞCI**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Industrial Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Prof. Dr. Filiz ERSÖZ**

**Assoc. Prof. Dr. Semra BORAN**

**June 2019, 189 pages**

Businesses should make production with maximum quality and minimum cost to keep customer satisfaction at the highest level. Continuous improvement of quality and identifying the sources of nonconformities are important for quality production. H Error Type and Effects Analysis ve is a widely used method for continuous improvement of quality and possible error types. Data mining is a method used to identify variables that affect a dependent variable. In this study, a company that manufactures defense and aerospace industry production is discussed. HTEA was implemented in order to ensure continuous improvement of the quality of the enterprise and the failure of a possible error or to reflect the current error to the customer. Measures that can be taken for the types of errors with high risk level are

presented. In 2018, the non-conformities were examined and the factors affecting the mistakes of the personnel were investigated and the measures to be taken in order not to repeat these errors were presented. As a result of the applications, the thickness is out of tolerance and the hole diameter is the biggest two types of error with the highest risk level. In addition, it was observed that 307 and 308 pieces of scrap were in 2018, respectively. As a result of the measures taken for these two possible types of errors, the number of risk priorities decreased to 100, and when the first four months of 2019 were observed, due to the fact that the thickness was out of tolerance, 10 pieces were scrapped. When the first four months and the number of errors were compared, it was observed that the production processes of the enterprise improved. In 2018 data, the factors affecting employees' mistakes were evaluated and analyzed using C5.0 and J48 classifier data mining algorithms in IBM SPSS Modeler and WEKA programs. As a result of the analysis made with IBM SPSS Modeler C5.0, 95.98% accuracy rate was the most effective factor on the error of the personnel, whether the personnel analyzed had professional certificate, while WEKA J48 had the most effect on the error of the personnel. 94,19% accuracy rate of the personnel was found to be the educational level.

**Key Word** : FMEA, error analysis, improvement, production, machining, data mining classifier model, decision tree.

**Science Code** : 906.1.066



## TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın gerekleőtirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaőan ve her trl desteği veren saygıdeğer danıőman hocam; Prof. Dr. Filiz ERSÖZ'e, çalıőmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Raife Seray YENER ile Sinem Büşra EREN'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her evresinde tüm zorlukları benimle göğüsleyen, maddi ve manevi yardımlarını benden hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

KABUL .....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	vi
TEŞEKKÜR .....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xix
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	4
TALAŞLI İMALAT SEKTÖRÜNE BAKIŞ .....	4
2.1. DÜNYA'DA TALAŞLI İMALAT SEKTÖRÜNE BAKIŞ .....	5
2.2. TÜRKİYE'DE TALAŞLI İMALAT SEKTÖRÜNE BAKIŞ .....	7
BÖLÜM 3 .....	11
KALİTE KAVRAM VE TEKNİKLERİ .....	11
3.1. KALİTE KAVRAMI .....	11
3.2. KALİTE KAVRAMININ TARİHSEL GELİŞİMİ .....	12
3.3. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ'NİN KALİTE SİSTEMİ İÇİNDEKİ YERİ VE KALİTE TEKNİKLERİ İLE İLİŞKİSİ .....	13
3.3.1. Kalitenin Yedi Aracı .....	14
3.3.1.1. Frekans Dağılımı .....	14
3.3.1.2. Histogram .....	15
3.3.1.3. Pareto Diyagramı .....	18
3.3.1.4. Balık Kılçığı (Neden-Sonuç) Diyagramı .....	20
3.3.1.5. Serpilme (Dağılma) Diyagramı .....	21

3.3.1.6. Gruplandırma (Hata Yoğunluk Çizelgesi).....	23
3.3.1.7. Kontrol Grafiği .....	23
3.3.2. Kalite İyileştirmede Kullanılan Diğer Teknikler .....	25
3.3.2.1. 5S Kuralı .....	25
3.3.2.2. Poka-Yoke .....	26
3.3.2.3. Hata Ağacı Analizi .....	26
3.3.2.4. Kontrol Planı.....	26
3.3.2.5. PUKÖ Döngüsü - KAIZEN.....	27
3.3.2.6. Deney Tasarımı.....	27
3.3.2.7. Beyin Fırtınası .....	28
3.3.2.8. Kalite Fonksiyon Yayılımı .....	29
3.3.2.9. Hata Türü ve Etkileri Analizi.....	29
3.3.2.10. Hata Türü ve Kritiklik Analizi.....	29
3.3.2.11. DMAIC – Altı Sigma.....	30
3.3.2.12. Akış Şeması .....	31
3.3.2.13. 8D Tekniği.....	32
<b>BÖLÜM 4 .....</b>	<b>34</b>
<b>HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ KAVRAM VE YÖNTEMİ.....</b>	<b>34</b>
4.1. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ KAVRAMI .....	34
4.1.1. Hata Türü ve Etkileri Analizi.....	34
4.1.2. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Tarihçesi ve Günümüz Endüstrisindeki Yeri.....	35
4.1.3. Hata Türü ve Etkileri Analizi ile İlgili Tanımlamalar.....	36
4.1.4. Hata Türü ve Etkileri Analizi'nin Amaçları.....	37
4.1.5. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Sağladığı Ortak Faydalar.....	38
4.1.6. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Dezavantajları .....	39
4.1.7. Hata Türü ve Etkileri Analizi Uygulamalarında Karşılaşılan Zorluklar.. ..	40
4.1.8. Hata Türü ve Etkileri Analizi Türleri.....	40
4.1.8.1. Sistem HTEA.....	40
4.1.8.2. Tasarım HTEA.....	41
4.1.8.3. Proses HTEA .....	41
4.1.8.4. Servis HTEA.....	42

4.1.9. Hata Türü ve Etkileri Analizinde Uygulama Öncesi Dikkat Edilecek Hususlar.....	43
4.1.10. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Başlama ve Bitiş Zamanı .....	43
4.1.10.1. HTEA'nın Başlama Zamanı .....	43
4.1.10.2. HTEA'nın Bitiş Zamanı .....	44
4.2. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ YÖNTEMİ .....	45
4.2.1. Hata Türü ve Etkileri Analizi Başlangıç Çalışmaları.....	47
4.2.1.1. HTEA Kapsamının Belirlenmesi .....	47
4.2.1.2. HTEA Takımının Kurulması .....	48
4.2.1.3. HTEA Uygulanacak Sürecin İncelenmesi .....	49
4.2.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi Yapılan Sistem, Tasarım, Süreç veya Serviste Yer Alan Hatalara Yönelik Çalışmalar .....	50
4.2.2.1. Olası Hata Türlerinin Belirlenmesi.....	51
4.2.2.2. Olası Hata Etkilerinin Belirlenmesi.....	53
4.2.2.3. Olası Hata Nedenlerinin Belirlenmesi .....	53
4.2.2.4. Mevcut Kontrollerin Belirlenmesi .....	53
4.2.3. Hata Türlerinin Değerlendirilmesi .....	54
4.2.3.1. Ortaya Çıkma Olasılık Derecesinin Belirlenmesi.....	56
4.2.3.2. Şiddet Derecesinin Belirlenmesi.....	57
4.2.3.3. Saptanabilirlik Derecesinin Belirlenmesi .....	58
4.2.3.4. Risk Öncelik Sayısının Hesaplanması .....	60
4.2.3.5. HTEA Formu .....	61
4.2.4. Risk Öncelik Sayısının Değerlendirilmesi .....	61
4.2.4.1. Önlem Alınacak Hata Türlerinin Belirlenmesi.....	62
4.2.4.2. Düzeltici Önlemlerin Belirlenmesi .....	63
4.2.5. Önleyici Faaliyetlerin Uygulanması ve Yeni RÖS Değerlerinin Hesaplanması .....	64
BÖLÜM 5 .....	65
VERİ MADENCİLİĞİ.....	65
5.1. VERİ MADENCİLİĞİ KAVRAM VE SÜRECİ.....	66
5.1.1. Problemin Belirlenmesi.....	67
5.1.2. Verilerin Anlaşılması ve Hazırlanması .....	68
5.1.2.1. Verilerin Toplanması .....	68

5.1.2.2. Verilerin Temizlenmesi .....	68
5.1.2.3. Verilerin Birleştirilmesi .....	69
5.1.2.4. Verilerin Dönüştürülmesi .....	69
5.1.2.5. Verilerin İndirgenmesi.....	69
5.1.3. Veri Madenciliği Modelinin Kurulması.....	69
5.1.4. Modelin Değerlendirilmesi ve Sonuçların Sunulması .....	70
5.1.5. Modelin İzlenmesi.....	70
5.2. VERİ MADENCİLİĞİ MODELLERİ .....	70
5.2.1. Sınıflayıcı Modeller .....	72
5.2.1.1. Karar Ağaçları .....	73
5.2.1.2. Yapay Sinir Ağları.....	74
5.2.1.3. Genetik Algoritmalar .....	75
5.2.1.4. Naive-Bayes Algoritması.....	75
5.2.1.5. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi .....	76
5.2.2. Kümeleyici Modeller .....	76
5.2.3. Birliklilik Kuralları ve Ardışık Zamanlı Örüntüler .....	76
5.3. VERİ MADENCİLİĞİ UYGULAMA ARAÇLARI .....	77
5.3.1. IBM SPSS Modeler (Clementine).....	78
5.3.2. WEKA 3.6.5.....	79
BÖLÜM 6 .....	81
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	81
BÖLÜM 7 .....	95
TALAŞLI İMALAT İŞLETMESİNDE SÜREÇ HATALARININ ANALİZ EDİLMESİ VE İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK ÖNLEMLERİN ALINMASI..	95
7.1. İŞLETME TANITIMI .....	95
7.2. UYGULAMA EKİBİ .....	96
7.3. UYGULAMA KAPSAMINA GİREN SÜRECİN TANIMLANMASI .....	97
7.4. MEVCUT SÜRECİN DEĞERLENDİRİLMESİ (RÖS DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI).....	100
7.5. DÜZELTİCİ ÖNLEYİCİ FAALİYETLERİN BELİRLENMESİ, UYGULANMASI VE YENİ RÖS DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI .....	120

7.6. HATALARIN VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMİ İLE ANALİZ EDİLMESİ VE SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	134
7.6.1. Tanımlayıcı İstatistikler .....	135
7.6.2. IBM SPSS Modeller ve WEKA Veri Madenciliği Programlarında Verilerin Analiz Edilmesi .....	143
7.6.2.1. C5.0 Karar Ağacı Algoritması Bulguları.....	144
7.6.2.2. J48 Karar Ağacı Algoritması Bulguları .....	150
BÖLÜM 8 .....	155
SONUÇ VE TARTIŞMA .....	155
KAYNAKLAR .....	160
EK AÇIKLAMALAR.....	168
ÖZGEÇMİŞ .....	190

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1.	Talaşlı imalat blok şeması.....	5
Şekil 2.2.	Metal işleme sanayi ihracatının tüm sektörlerin Dünya ihracatına oranı..	6
Şekil 2.3.	Kapasite kullanım oranı.....	10
Şekil 3.1.	HTEA'nın diğer kalite teknikleri ile ilişkisi.....	14
Şekil 3.2.	Örnek histogram grafiği.....	18
Şekil 3.3.	Örnek pareto diyagramı.....	19
Şekil 3.4.	Örnek balık kılçığı diyagramı.....	20
Şekil 3.5.	Pozitif güçlü korelasyon.....	21
Şekil 3.6.	Pozitif zayıf korelasyon.....	21
Şekil 3.7.	Negatif güçlü korelasyon.....	22
Şekil 3.8.	Negatif zayıf korelasyon.....	22
Şekil 3.9.	Korelasyon yok.....	22
Şekil 3.10.	Örnek kontrol grafiği.....	23
Şekil 3.11.	PUKÖ döngüsü.....	27
Şekil 3.12.	DMAIC döngüsü.....	30
Şekil 3.13.	8D tekniği uygulama adımları.....	32
Şekil 4.1.	Hata türü ve etkileri analizi akış diyagramı.....	46
Şekil 4.2.	Sistem yapısı örneği.....	50
Şekil 5.1.	Veri madenciliğinin diğer bilimlerle ilişkisi.....	66
Şekil 5.2.	Veri madenciliği süreci.....	67
Şekil 5.3.	Veri madenciliği modelleri ilişkileri.....	71
Şekil 5.4.	IBM SPSS Modeller çalışma ekranı görüntüsü.....	78
Şekil 5.5.	WEKA çalışma ekranı görüntüsü.....	80
Şekil 7.1.	İmalat süreci iş akış şeması.....	98
Şekil 7.2.	2018 yılı hata türü ve sayıları.....	103
Şekil 7.3.	C5.0 karar ağacı model bulgusu ekran görüntüsü.....	144
Şekil 7.4.	Personel hataları için oluşturulan karar ağacı ve 1.seviye başlangıç düğümü ekran görüntüsü.....	145
Şekil 7.5.	Karar ağacı modeline ilişkin 2. seviye ekran görüntüsü.....	146

Şekil 7.6.	Karar ağacı modeline ilişkin 3. seviye ekran görüntüsü. ....	147
Şekil 7.7.	Karar ağacı modeline ilişkin 4. seviye ekran görüntüsü. ....	148
Şekil 7.8.	Karar ağacı modeline ilişkin 5. seviye ekran görüntüsü. ....	149
Şekil 7.9.	J48 karar ağacı model bulgusu ekran görüntüsü. ....	150
Şekil 7.10.	J48 algoritması ortaokul mezunu personellere ilişkin sınıflandırma bulguları ekran görüntüsü. ....	151
Şekil 7.11.	J48 algoritması lise mezunu personellere ilişkin sınıflandırma bulguları ekran görüntüsü. ....	152
Şekil 7.12.	J48 algoritması ilkokul ve lisans mezunu personellere ilişkin sınıflandırma bulguları ekran görüntüsü. ....	153
Şekil EK.1.	İmalat süreci balık kılıçığı diyagramı. ....	169





## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1.	2015-2016 Dünya ihracat istatistiği.....	6
Çizelge 2.2.	Türkiye metal işleme sanayi sektörüne göre ithalat istatistiği.....	7
Çizelge 2.3.	Türkiye metal işleme sanayi sektörüne göre ihracat istatistiği.....	8
Çizelge 2.4.	Üretim endeksi.....	9
Çizelge 2.5.	Kapasite kullanım oranı ve değişim puanı. ....	9
Çizelge 3.1.	Örnek frekans dağılım çizelgesi. ....	15
Çizelge 3.2.	Veri sayısına göre grup sayısı.....	17
Çizelge 3.3.	Sigma seviyeleri, hata sayıları ve kalitesizlik maliyetleri. ....	31
Çizelge 3.4.	Akış şeması şekilleri ve anlamları. ....	32
Çizelge 4.1.	Olasılık, şiddet ve saptanabilirlik derecelendirme ölçeği.....	54
Çizelge 4.2.	Olasılık değeri derecelendirme skalası.....	56
Çizelge 4.3.	Şiddet değeri derecelendirme skalası. ....	58
Çizelge 4.4.	Saptanabilirlik derecelendirme skalası.....	60
Çizelge 4.5.	Şiddet-RÖS karşılaştırması. ....	62
Çizelge 6.1.	Literatür araştırması.....	82
Çizelge 7.1.	2018 yılı aylık bazda sevk edilen parça sayısı.....	102
Çizelge 7.2.	2018 yılı aylık bazda uygunsuz parça sayısı. ....	102
Çizelge 7.3.	2018 yılı hata türleri ve sayıları.....	103
Çizelge 7.4.	Satın alma süreci mevcut durum ve karşılaşılabilecek hata türü. ...	104
Çizelge 7.5.	Ham malzeme kabul süreci mevcut durum ve karşılaşılabilecek hata türü.....	106
Çizelge 7.6.	Ham malzemenin üretime verilmesi süreci mevcut durum ve karşılaşılabilecek hata türü. ....	108
Çizelge 7.7.	Makine işleme/imalat süreci mevcut durum ve karşılaşılabilecek hata türü.....	110
Çizelge 7.8.	Tesviye süreci mevcut durum ve karşılaşılabilecek hata türü. ....	112
Çizelge 7.9.	Ölçüsel kontrol süreci mevcut durum ve karşılaşılabilecek hata türü. ...	114
Çizelge 7.10.	Dış proses süreci mevcut durum ve karşılaşılabilecek hata türü. ....	115
Çizelge 7.11.	Sevkiyat süreci mevcut durum ve karşılaşılabilecek hata türü.....	116

Çizelge 7.12. HTEA uygulaması sonucu belirlenen hata türleri ve RÖS değerleri. ....	119
Çizelge 7.13. Satın alma süreci önleyici faaliyetleri. ....	121
Çizelge 7.14. Ham malzeme kabul süreci önleyici faaliyetleri. ....	122
Çizelge 7.15. Ham malzemenin üretime verilmesi süreci önleyici faaliyetleri. ....	125
Çizelge 7.16. Makine işleme/imalat süreci önleyici faaliyetleri. ....	126
Çizelge 7.17. Tesviye süreci önleyici faaliyetleri. ....	129
Çizelge 7.18. Ölçüsel kontrol süreci önleyici faaliyetleri. ....	130
Çizelge 7.19. Dış proses süreci önleyici faaliyetleri. ....	131
Çizelge 7.20. Sevkiyat süreci önleyici faaliyetleri. ....	132
Çizelge 7.21. HTEA uygulaması sonucu iyileşme oranları. ....	133
Çizelge 7.22. Hata türü tanımlayıcı istatistik bilgileri. ....	135
Çizelge 7.23. Hata kök sebebi tanımlayıcı istatistik bilgileri. ....	136
Çizelge 7.24. Üretim türü tanımlayıcı istatistik bilgileri. ....	136
Çizelge 7.25. Hata adedi tanımlayıcı istatistik bilgileri. ....	137
Çizelge 7.26. Vardiya türü tanımlayıcı istatistik bilgileri. ....	137
Çizelge 7.27. Hata günü tanımlayıcı istatistik bilgileri. ....	138
Çizelge 7.28. Hata ayı tanımlayıcı istatistik bilgileri. ....	138
Çizelge 7.29. Personel tanımlayıcı istatistik bilgileri. ....	139
Çizelge 7.30. Personel yaşı tanımlayıcı istatistik bilgileri. ....	139
Çizelge 7.31. Personel deneyimi tanımlayıcı istatistik bilgileri. ....	140
Çizelge 7.32. Personel eğitim durumu tanımlayıcı istatistik bilgileri. ....	140
Çizelge 7.33. Personel medeni durumu tanımlayıcı istatistik bilgileri. ....	141
Çizelge 7.34. Personel çocuk sayısı tanımlayıcı istatistik bilgileri. ....	141
Çizelge 7.35. Personel mesleki belge tanımlayıcı istatistik bilgileri. ....	142
Çizelge 7.36. Malzeme cinsi tanımlayıcı istatistik bilgileri. ....	142
Çizelge 7.37. Kalite puanına etki tanımlayıcı istatistik bilgileri. ....	142
Çizelge 7.38. Müşteriye ilişkin tanımlayıcı istatistik bilgileri. ....	143
Çizelge 7.39. C5.0, Neural Networks ve J48 algoritmalarına ilişkin doğruluk oranı...	143
Çizelge EK.1. Satın alma süreci şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri. ....	170
Çizelge EK.2. Ham malzeme kabul süreci şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri. ....	171

Çizelge EK.3.	Ham malzemenin üretime verilmesi süreci şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri.....	173
Çizelge EK.4.	Makine işleme/imalat süreci şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri. ....	174
Çizelge EK.5.	Tesviye süreci şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri. ....	176
Çizelge EK.6.	Ölçüsel kontrol süreci şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri.....	177
Çizelge EK.7.	Dış proses süreci şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri. ....	178
Çizelge EK.8.	Sevkiyat süreci şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri. ....	179
Çizelge EK.9.	Satın alma süreci yeni RÖS değeri.....	180
Çizelge EK.10.	Ham malzeme kabul süreci yeni RÖS değeri. ....	181
Çizelge EK.11.	Ham malzemenin üretime verilmesi süreci yeni RÖS değeri. ....	183
Çizelge EK.12.	Makine imalat/işleme süreci yeni RÖS değeri.....	184
Çizelge EK.13.	Tesviye süreci yeni RÖS değeri.....	186
Çizelge EK.14.	Ölçüsel kontrol süreci yeni RÖS değeri.....	187
Çizelge EK.15.	Dış proses süreci yeni RÖS değeri.....	188
Çizelge EK.16.	Sevkiyat süreci yeni RÖS değeri.....	189

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

$\sigma$	:	Sigma
Ş	:	Şiddet Derecesi
O	:	Olasılık Derecesi
S	:	Saptanabilirlik Derecesi

### KISALTMALAR

HTEA	:	Hata Türü ve Etkileri Analizi
FMEA	:	Failure Mode and Effect Analysis (Hata Türü ve Etkileri Analizi)
RÖS	:	Risk Öncelik Sayısı
CL	:	Center Line (Merkez Çizgisi)
LCL	:	Lower Control Limit (Alt Kontrol Sınırı)
UCL	:	Upper Control Limit (Üst Kontrol Sınırı)
FTA	:	Fault Tree Analysis (Hata ağacı Analizi)
QFD	:	Quality Function Deployment (Kalite Fonksiyon Yayılımı)
FMCA	:	Failure Mode and Critical Analysis (Hata Türü ve Kritiklik Analizi)
CAD	:	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CAM	:	Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar Destekli İmalat)

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

İnsanlık tarihinin başlangıcından bu yana insanlar yaşantılarını devam ettirebilmek ve ihtiyaçlarını karşılayabilmek amacı ile hep bir şeyler üretme çabası içerisinde girmişlerdir çünkü geçmişten günümüze insanoğlunun yaptığı faaliyetlerden sadece üretim maddi olarak katma değer sağlayan bir faaliyettir. Tüm dünya ülkelerinde üretim ile yaşam standardı doğrusal bir ilişki içerisinde yani üretimin miktarı, çeşitliliği, kalitesi ne kadar çoksa o ülkedeki hayat standardı da o kadar yüksektir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de imalat gerek teknolojik açıdan gerekse de ekonomik açıdan oldukça önem arz etmektedir. Gelişmiş ve rekabet edebilen bir ülke olmanın en önemli yolu üretmekten geçmektedir.

Günümüzün artan rekabet ortamında işletmelerin sadece ürettiği ürünün olmaları sürdürülebilirliklerini sağlamaları için yeterli değildir. Müşterilerin ihtiyaç ve beklentilerini yerine getirirken verimlilik esasına dayalı olarak mümkün olan en kısa sürede maksimum kalite ve minimum maliyet ile üretim yapmaları gerekmektedir.

Teknolojinin ilerlemesi (CNC tezgâhlar ve bilgisayarların ortaya çıkması ile) ve üretim bilincinin artması ile işletmeler daha kısa sürede, daha az maliyette ve daha kaliteli üretimler yapmaya başlamışlardır. Üretimde meydana gelen teknolojik gelişmeler, sektörler arasında ilk olarak karmaşık ve zor olan talaşlı imalat sektöründe kendini göstermiştir. Talaşlı imalat; bilgisayarda tasarımı yapılan, metal/plastik parçaların üzerinden veya içinden kesici takımlar yardımıyla istenen standartlara gelinceye dek tornalama ya da frezeleme işlemleri ile talaş kaldırılarak yapılan bir üretim yöntemidir. Diğer imalat yöntemlerine göre pahalı ve verimliliğinin düşük olmasına karşın, üretilen ürünün kalitesi daha yüksektir ve en önemlisi üretilen/üretilebilecek ürünün çeşitliliği olaraktan diğer üretim tekniklerinden daha avantajlıdır.

İmalat yapılan her sektörde olduğu gibi talaşlı imalat sektöründe de özellikle verimliliği düşük ve pahalı bir imalat yöntemi olması sebebi ile tüm işletmeler müşterinin istediği ürünü hatasız bir şekilde tek seferde ortaya koyabilmeyi istemektedir. Bu yüzden işletmeler için en kısa sürede istenilen kalitede bir ürünü tek seferde ortaya koymak önemlidir.

İşletmeler en düşük maliyet ile mümkün olan en kısa sürede yüksek kalite ve verimlilikte imalat yapabilmek ve aynı sektördeki diğer işletmelerle rekabet edebilir seviyede olmak için çeşitli kalite iyileştirme politikaları izlemekte ve üretim kontrol metotları uygulamaktadırlar. Devamlılığını sağlamak isteyen işletmeler hata analizi ile daha önceden meydana gelmiş hatalardan öğrenilmiş dersler edinerek bir daha tekrarlanmaması ve bu olumsuzlukların ortadan kalkması için sürekli olarak çalışmalar yapmaktadır.

Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA), olası hataların oluşmadan önlenmesine imkân sunduğu için hata analizlerinde önemli bir yere sahiptir. Talaşlı imalat sektöründe nihai ürünün doğru ya da hatalı olarak ortaya çıkmasına kullanılan ham malzeme hatta sevkiyat sırasında meydana gelen sürtünme bile etki etmektedir fakat hangi metot ile tespit edilirse edilsin istatistiksel bir sonuç ortaya koyulmadığı sürece hata kaynağı kesin ve güvenilir bir şekilde ifade edilememektedir. İstatistiksel analizler ve veri madenciliği ile anlamsız gibi görünen faktörlerin de işletmelerdeki kalite üzerinde olan etkileri incelenilmektedir.

Bu çalışmada talaşlı imalat sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede hata analizi yapılarak sektördeki diğer işletmelere yol gösterici nitelikte olması amaçlanmıştır.

Birinci bölümde; üretime ve üretimde kaliteye verilen öneme değinilmiştir. Kaliteli bir üretim için yapılabilecekler anlatılmış ve bu çalışmanın içeriğinden bahsedilmiştir.

İkinci bölümünde; talaşlı imalat sektörüne değinilerek, Dünya’da ve Türkiye’de talaşlı imalat sektörü değerlendirilmiştir.

Üçüncü bölümde; kalite kavram ve tekniklerine değinilmiştir. Bu doğrultuda geçmişten günümüze kalitenin gelişimine, kullanılan kalite tekniklerine ve HTEA ile kalitenin ilişkisine yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde; HTEA kavramına değinilerek HTEA'nın amacına, işletmelere sağladığı faydalara, HTEA çeşitlerine ve uygulama yöntemine yer verilmiştir.

Beşinci bölümde; veri madenciliği ele alınmıştır. Veri madenciliğinin tarihsel gelişimi, veri madenciliği aşamaları ve modelleri anlatılmıştır.

Altıncı bölümde geçmişten günümüze imalat yapan işletmelerde hataların tespit edilerek giderilmesi, önlenmesi ve süreçlerin sürekli iyileştirilmesi üzerine yapılmış olan akademik çalışmalara değinilmiştir.

Yedinci bölümde ise talaşlı imalat sektöründe üretim yapan bir işletmenin ortaya çıkan hatalı parçaları ele alınarak HTEA tekniği ile hata analizi yapılmıştır. Hata türleri önem derecelerine göre sınıflandırılarak, müşteriye olan etkileri değerlendirilmiş ve hataların ortaya çıkmadan önlenmesi için çeşitli önlemler alınmıştır. 2018 yılı uygunsuzluk kayıtları, IBM SPSS Modeler veri madenciliği programında C5.0 ve Neural Networks algoritmaları ile analiz edilmiştir. Doğruluk oranı yüksek olan C5.0 algoritması ile WEKA veri madenciliği programı ağacı algoritması olan J48 modeli ile analiz edilmiş ve işletmede personellerin hata yapmasına etki eden faktörler araştırılmıştır. Hatalı parçaların ortaya çıkmaması için alınması gereken önlemler sunulmuştur.

## BÖLÜM 2

### TALAŞLI İMALAT SEKTÖRÜNE BAKIŞ

Talaşlı imalat; imalat sektörü içerisinde yer alan ve makine imalatına dâhil olan bir sektördür. İmalat sanayisinin hemen hemen tüm sektörlerine ham mamul ve yarı mamul girdisi veriyor olması sebebi ile makine imalat sanayisi önemli bir yere sahiptir. Makine imalat sanayi içerisinde de talaşlı imalat büyük bir pazar payına sahiptir.

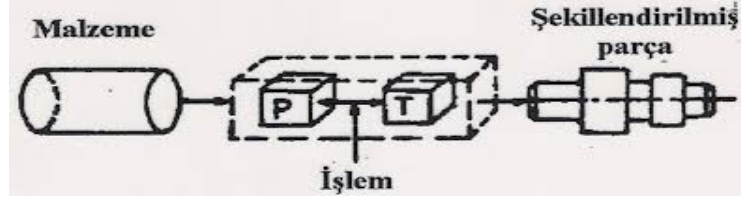
İmalat; bir ham malzeme veya yarı mamulü emek ve sermaye harcayarak çeşitli operasyonlar sonucu nihai bir mamule dönüştürme süreci olarak tanımlanmaktadır. İmalat sürecinde farklı çeşit ham malzeme veya yarı mamuller buna bağlı olarak farklı imalat yöntemleri kullanılmaktadır. Talaşlı imalat, döküm, kaynaklı birleştirmeler, talaşsız şekil verme imalat yöntemlerinin başlıcalarındandır [1].

Talaşlı imalat; tasarımcısı tarafından belirli standartlara uygun olarak dizayn edilmiş bir parçanın teknik resim doğrultusunda ham malzeme ya da yarı mamul üzerinden önceden belirlenmiş takım ve tezgâhlar aracılığı ile farklı metotlarla talaş kaldırarak şekillendirilmesi işlemidir [2].

Talaşlı imalat yöntemi ile üretim yapan metal işleme sanayiinde işletmeler günümüzde oldukça geniş sektörlere hizmet etmektedir, bu sektörlere otomobil, savunma sanayisi, havacılık, enerji, elektronik vb. gibi örnekler verilebilir.

Talaşlı imalat yönteminin blok şeması ile gösterimi aşağıda Şekil 2.1’de yer almaktadır [3].





Şekil 0.1. Talaşlı imalat blok şeması.

Talaşlı imalat işleme yöntemi ile üretim tezgâhlarında parça ve takımın birbirleriyle bağlantılı hareketleri sonucu her çeşit şekillendirilmiş parça üretilebilmektedir.

Metal işleme sanayiinde kullanılan talaşlı imalat yönteminin avantajları ve dezavantajları aşağıdaki gibidir [4];

Talaşlı imalatın avantajları;

- Farklı türde ham malzemeler talaşlı imalat yöntemi ile işlenebilmektedir,
- Diğer işleme yöntemlerine kıyasla nihai üründe doğru ölçü daha kolay yakalanabilmektedir,
- Çeşitli geometrik şekillerde parçalar imal edilebilmektedir,
- Yüzey pürüzlülüğü düzgün olmaktadır.

Talaşlı imalat dezavantajları;

- Atık malzeme (talaş) kaynaklı israf meydana gelmektedir
- Diğer işleme yöntemlerine göre daha uzun sürmektedir.

## 2.1. DÜNYA'DA TALAŞLI İMALAT SEKTÖRÜNE BAKIŞ

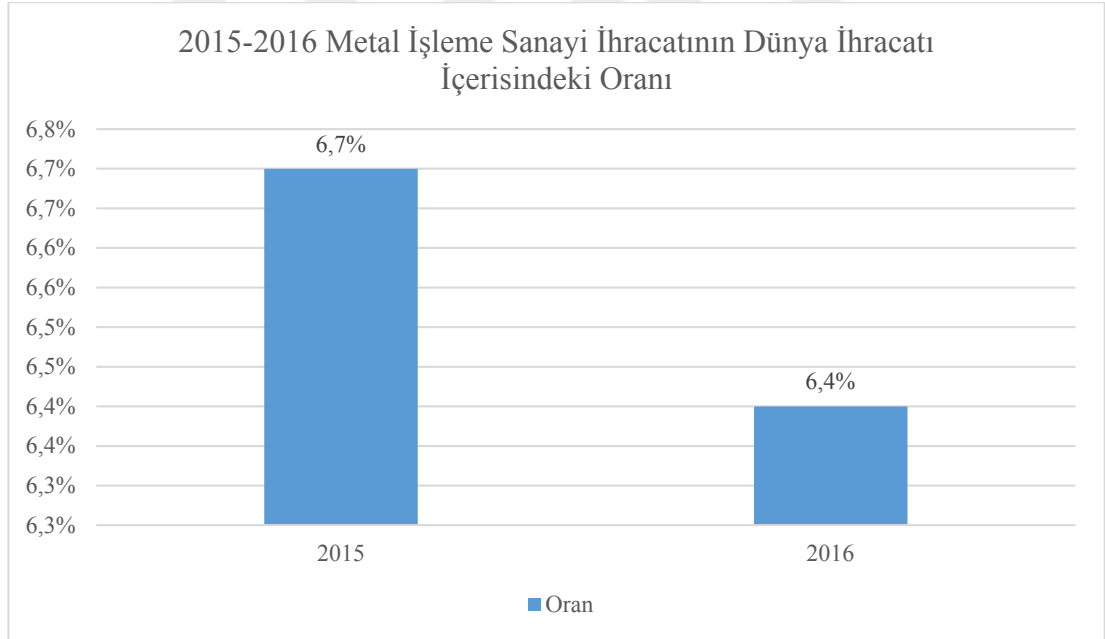
Tüm dünya ülkelerinde üretim önemli bir yere sahiptir. Günümüzde hemen hemen tüm sektörlerde olduğu gibi ham malzeme imalatı yapması, işçilik-enerji maliyetlerinin düşük olması ve üretimde vergilerin düşük olması sebebiyle talaşlı imalat ile üretim yapılan metal işleme sanayiinde de Çin önde gelen ülkeler arasındadır [5].

Dünya Bankası verilerine göre 2015 ve 2016 yılında sektöre ilişkin dünyadaki ihracat aşağıda yer alan Çizelge 2.1’de gösterilmiştir [6].

Çizelge 0.1. 2015-2016 Dünya ihracat istatistiği.

Yıl	Tüm Sektörlere İlişkin Dünya Toplam İhracatı (Trilyon Dolar)	Dünya Metal İşleme Sanayi İhracatı (Trilyon Dolar)
2015	16	1,08
2016	14	0,90

Dünya Bankası’nın ihracat verileri doğrultusunda talaşlı imalat metodu ile metal işleme sanayi ihracatının dünyadaki tüm sektörlerle ilişkin toplam ihracat içerisindeki payı 2015 yılında 1,08 trilyon dolar ile %6,7 iken 2016 yılında 0,90 trilyon dolar ile %6,4 olmuştur. Metal işleme sanayi ihracatının dünyadaki toplam ihracata oranı Şekil 2.2’de grafiksel olarak gösterilmektedir.



Şekil 0.2. Metal işleme sanayi ihracatının tüm sektörlerin Dünya ihracatına oranı.

Metal işleme sanayi ihracatının tüm sektörlerle ilişkin Dünya ihracatına oranı 2015 yılında %6,7 iken 2016 yılında %6,4 olmuş ve 2016 yılında 2015 yılına göre ihracatta düşüş gözlemlenmiştir.

## 2.2. TÜRKİYE'DE TALAŞLI İMALAT SEKTÖRÜNE BAKIŞ

TÜİK'ten elde edilen veriler doğrultusunda 2015 yılında Türkiye genelinde metal işleme sanayi sektöründe yaklaşık 60 bin işletme olduğu ve bu işletmelerde de 333 bin kişinin istihdam edildiği bu doğrultuda da sektördeki işletmelerin %16'sının ve çalışanlarında %9'unun metal işleme sektörüne hizmet verdiği öne sürülmüştür [6].

Metal işleme sanayisinin TÜİK'ten alınan veriler doğrultusunda yıllık ortalama 1,39 milyar TL'lik bir katma değer ürettiği bilinmektedir [7].

Merkez Bankası'ndan alınan verilere göre; Türkiye'de 2018 yılında gerçekleşen toplam ithalat 223,046 milyar dolar değerindedir. Bu ithalatın 175,97 milyar doları imalat sanayisi ve 3,91 milyar doları ise metal işleme sanayisi tarafından yapılmaktadır. Son beş yılın ithalat verileri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 0.2. Türkiye metal işleme sanayi sektörüne göre ithalat istatistiği.

Yıl	Tüm Sektörlere İlişkin Toplam İthalat (Bin \$)	İmalat Sanayi İthalatı (Bin \$)	Metal İşleme Sanayi (Makine ve Teçhizat Hariç) (Bin \$)	Türkiye İthalatı İçindeki Payı (%)
2014	242 177 117	187 742 215	4 172 936	1,72
2015	207 234 359	166 821 237	4 187 556	2,02
2016	198 618 235	167 243 395	4 588 662	2,31
2017	233 799 651	190 748 102	4 185 688	1,79
2018	223 046 481	175 978 359	3 915 412	1,76

3,91 milyar dolar tutar ile 2018 yılında Türkiye ithalatının %1,76'sını metal işleme sanayisi yapmıştır. 2016 yılından bu yana Türkiye'de metal işleme sanayi sektörü ithalatını değerlendirecek olursak sürekli bir düşüş görülmektedir.

Merkez Bankası'ndan alınan verilere göre; Türkiye'de 2018 yılında gerçekleşen tüm sektörlerle ilişkin toplam ihracat 167,96 milyar dolar değerindedir. Bu ihracatın 157,75 milyar doları imalat sanayisi ve 7,66 milyar doları ise metal işleme sanayisi tarafından yapılmaktadır. Son beş yılın ihracat verileri Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 0.3. Türkiye metal işleme sanayi sektörüne göre ihracat istatistiği.

Yıl	Tüm Sektörlere İlişkin Toplam İhracat (Bin \$)	İmalat Sanayi İhracatı (Bin \$)	Metal İşleme Sanayi (Makine ve Teçhizat Hariç) (Bin \$)	Türkiye İhracatı İçindeki Payı
2014	157 610 158	147 059 418	7 430 285	4,71
2015	143 838 871	134 389 890	6 490 562	4,51
2016	142 529 584	133 595 801	6 110 660	4,29
2017	156 992 940	147 138 203	6 786 883	4,32
2018	167 967 219	157 750 229	7 660 877	4,56

7,66 milyar dolar tutar ile 2018 yılında Türkiye ihracatının %4,56'sını metal işleme sanayisi yapmıştır. 2016 yılından bu yana Türkiye'de metal işleme sanayi sektörü ihracatını değerlendirecek olursak küçük miktarlarda olsa sürekli bir artış görülmektedir.

İAOB tarafından yapılan çalışmada metal işleme sanayinde gerçekleşen ihracatın büyük çoğunluğunun Almanya, İngiltere, Irak ve İtalya'ya yapıldığı ileri sürülmüştür [6].

Sektörde yapılan ithalat ve ihracat verilerine bakıldığında son 10 yılda ortalama ithalat 3,94 milyar dolar iken ihracatın 6,38 milyar dolar olduğu görülmektedir. Yani sektör yaptığı ihracat ile ithalatı karşılamakta ve dış ticaret fazlası meydana gelmektedir bu da ülke ekonomisine önemli ölçüde katkı sağlamaktadır.

Türkiye Odalar ve Borsalar Birliğinden elde edilen veriler doğrultusunda, sanayi sektöründe yer alan, imalat sanayi sektörü üretiminde 2017 yılında bir önceki yıla göre %6,4 artış olmuştur.

Aşağıda yer alan Çizelge 2.4'te 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait toplam sanayi, imalat sanayi ve metal işleme sanayi (makine ve teçhizat hariç) üretim endeksi ile değişim oranları yer almaktadır [8].

Çizelge 0.4. Üretim endeksi.

Yıl	Üretim Endeksi			Değişim (%)	
	2015	2016	2017	2016	2017
<b>Toplam Sanayi</b>	124,1	126,3	134,3	1,8	6,3
<b>İmalat Sanayi</b>	125,4	127,1	135,3	1,4	6,4
<b>Metal İşleme Sanayi (Makine ve Teçhizat Hariç)</b>	137,5	131,5	144,7	-4,4	10,1

İmalat sanayi grubuna dâhil olan metal işleme sanayi (makine ve teçhizat hariç) üretim endeksinde 2016 yılında %4,4 oranında bir düşüş gözlemlenirken 2017 yılında bir önceki yıla göre %10,1'lik artış yaşanmıştır.

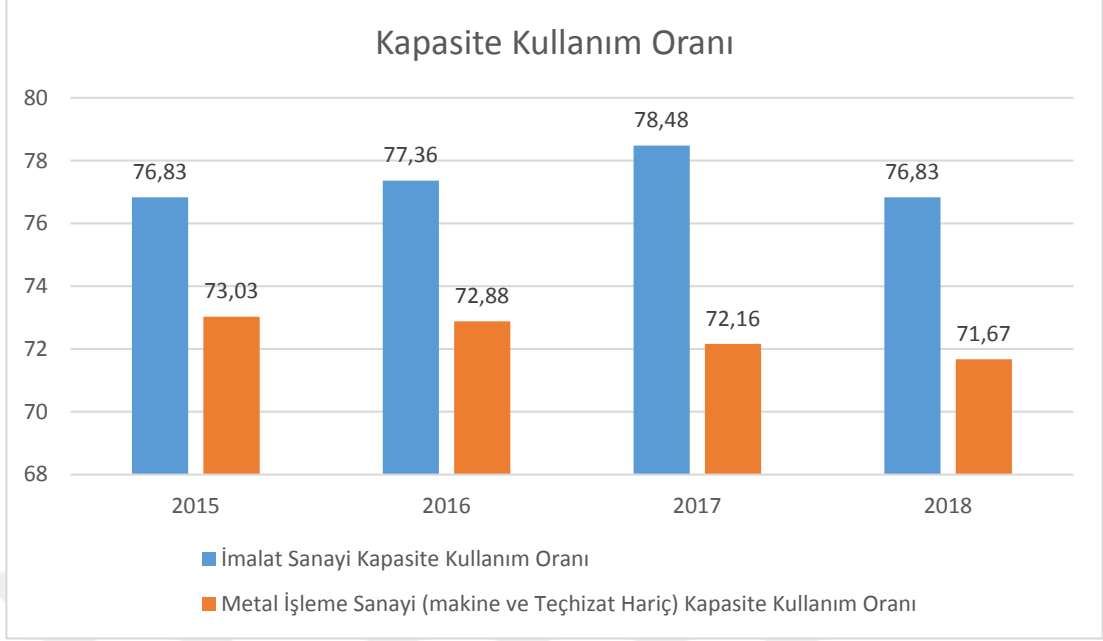
Merkez Bankası verilerine göre imalat sanayisinde son 10 yılda kapasite kullanım oranı ortalama %75,53 metal işleme sanayisinde ise %71,54'tür.

Aşağıda yer alan Çizelge 2.5'te son dört yılın kapasite kullanım oranı ve değişim puanı yer almaktadır.

Çizelge 0.5. Kapasite kullanım oranı ve değişim puanı.

	Kapasite Kullanım Oranı				Değişim Puanı		
	2015	2016	2017	2018	2016	2017	2018
<b>İmalat sanayi</b>	76,83	77,36	78,48	76,83	0,5	1,1	-1,7
<b>Fabrikasyon metal ürünleri imalatı (makine ve teçhizat hariç)</b>	73,03	72,88	72,16	71,67	-0,2	-0,7	-0,5

Metal işleme sanayi kapasite kullanım oranı 2017 yılında -0,7 puanlık bir düşüş göstererek %72,16 seviyesine gerilerken 2018 yılında da -0,5 puanlık bir düşüş ile %71,67 seviyesine düşmüştür. Merkez Bankası verileri doğrultusunda kapasite kullanım oranının grafiksel gösterimi aşağıda Şekil 2.3'te yer almaktadır.



Şekil 0.3. Kapasite kullanım oranı.

İmalat sanayi kapasite kullanım oranı yıllara göre artış ya da düşüş gösterirken özele inildiğinde metal işleme sanayi kapasite kullanım oranında her yıl düşüş gözlemlenmiştir.

Kapasite kullanım oranı, işletme ya da ülkeler esas alındığında toplan imalat kapasitelerinin kaçta kaçını kullandığını göstermektedir. Kapasite kullanım oranının yüksek olabilmesi için öncelikli olarak talep seviyesinin yüksek olması gerekmektedir. Bir ülkede yaşayan vatandaşların refah seviyeleri ne kadar yüksek olursa (gelirleri yeterli ve tatmin edici düzeyde) mal ve hizmetlere olan taleplerde o oranda artacaktır bu doğrultuda da işletmeler üretim kapasitelerini artırma yolunda gideceklerdir. Ülke ekonomisinde sorunlar varsa genellikle işletmeler düşük kapasite ile çalışmaktadırlar.

2015 yılında %76,83 olan kapasite kullanım oranı 2016 yılında %77,36 ve 2017 yılında ise %78,48 seviyesine ulaşmış ve küçük ölçeklide olsa artış gözlemlenmiştir. Bu artış, döviz kurundaki düşüştən, imalat sanayideki üretim artışından ve referandum sonrası siyasi belirsizliği ortadan kalmasından şeklinde yorumlanmıştır. 2018 yılında ise döviz kurundaki ve buna bağlı olarak ham malzeme fiyatlarındaki artış kapasite kullanım oranını etkileyerek düşüş gözlemlenmiştir [9].

## BÖLÜM 3

### KALİTE KAVRAM VE TEKNİKLERİ

#### 3.1. KALİTE KAVRAMI

Kalite; ürün ya da hizmetin, müşteri beklentilerini karşılama yeteneğidir, firmalar tarafından başarı ölçütü olarak algılanmaktadır. Işığıcok kaliteye ilişkin aşağıdaki açıklamayı yapmıştır [10].

*“Kalite, müşterilerin ürün ve hizmetlere ilişkin görüş ve düşüncelerini ortaya koyan piyasa araştırmasından, ürünün tasarlanması, üretilmesi, satılması ve satış sonrası hizmetler vb. tüm faaliyetlerin proaktif, sistematik, yenilikçi ve sürekli iyileştirme yaklaşımıyla müşteri memnuniyetine göre yapılmasıdır. Kalite, sonu olmayan ve daha iyisini yapma anlayışıyla mükemmelliğe ulaşma çabası ve bir yaşam biçimi iken, kalitesizlik; başarısızlıktır, becerisizliktir, ayıptır, yazıktır, yok olmaktır ve “ya kalitesizsiniz, ya da kalite sizsiniz” söyleminin ilk kısmını aşmamaktır”.*

Genel bir ifade ile kalite müşteri memnuniyetidir. Müşteri memnuniyeti iki temel karakteristikle sağlanmaktadır; ürün özellikleri ve kusursuzluk. Bu iki temel karakteristik aşağıda kısaca özetlenmiştir [11].

- **Ürün özellikleri;** performans, güvenilirlik, dayanıklılık, kullanım kolaylığı, satış sonrası servis edilebilirlik, estetik, itibari çeşitlilik ve geliştirilebilirliği kapsamaktadır.
- **Kusursuzluk;** ürünün hatasız olarak üretilmesi, teslimat, kullanım ve servis hizmetleri süreçlerinde kusursuzluk ile satış, faturalama ve diğer iş süreçlerinin kusursuzluğunu kapsamaktadır.

### 3.2. KALİTE KAVRAMININ TARİHSEL GELİŞİMİ

Kalite, M.Ö. 2150'lere dayanmaktadır ve insanlık için yeni bir kavram değildir. Sanayinin gelişmediği dönemlerde yaşayan insanlar yediği yiyecek ve giydiği kıyafette kaliteyi aramaktaydılar. Kalite kavramına ilk olarak Hammurabi Yasalarında aşağıdaki ifade ile değinilmiştir;

*“Bir inşaat ustasının inşa ettiği bir ev, ustanın yetersizliği ve işini gerektiği gibi yapamaması nedeniyle yıkılarak ev sahibinin ölümüne yol açarsa o usta öldürülecektir.”*

Bir sitem olarak kalite kavramı ilk olarak ABD’de ortaya çıkmıştır ve sırasıyla Japonya ve Avrupa’da da hızla önem kazanarak üretim ve yönetim anlayışındaki yerini almıştır. Kalite kavramı ilk olarak Amerika’da ortaya çıkmış olmasına rağmen kalite ile ilgili yapılan ilk uygulama Japonya’da olmuştur.

Kalite kavramının gelişim süreci klasik kalite kontrol (muayene), istatistiksel kalite kontrol, kalite güvence (toplam kalite kontrol) ve toplam kalite yönetimi dönemleri altında incelenmektedir.

Klasik kalite kontrol (muayene) dönemi; kalitenin birinci dönemi olarak adlandırılmaktadır. 1930lu yıllara kadar etkisini gösteren ve Frederick Taylor zamanına dayanan bu dönemde firmalar üretilen nihai ürünü yetkili kalite kontrol personeli aracılığı ile kontrol ederek, müşteriye hatalı ürün sevkinin önlemeyi amaçlamışlardır.

İstatistiksel kalite kontrol dönemi; kalitenin ikinci dönemi olarak adlandırılmaktadır. 1930’lu yıllarda Shewart tarafından kontrol grafiklerinin geliştirilmesi ile kalite kontrolde istatistiksel kontrol metotları kullanılmaya başlanmıştır.

Kalite güvence (toplam kalite kontrol) dönemi; Feigenbaum, Deming ve Juran gibi bilim insanları tarafından 1960’lı yıllarda temeli atılan, geliştirilen ve sonrasında Japon bilim insanları tarafından da gelişimine katkı sağlanan kalitenin üçüncü



dönemidir. Bu dönemin diğer dönemlerden farkı sadece tek bir süreçte değil tüm süreç içerisinde kalite kontrol yapılması gerektiğine odaklanmaktaydı.

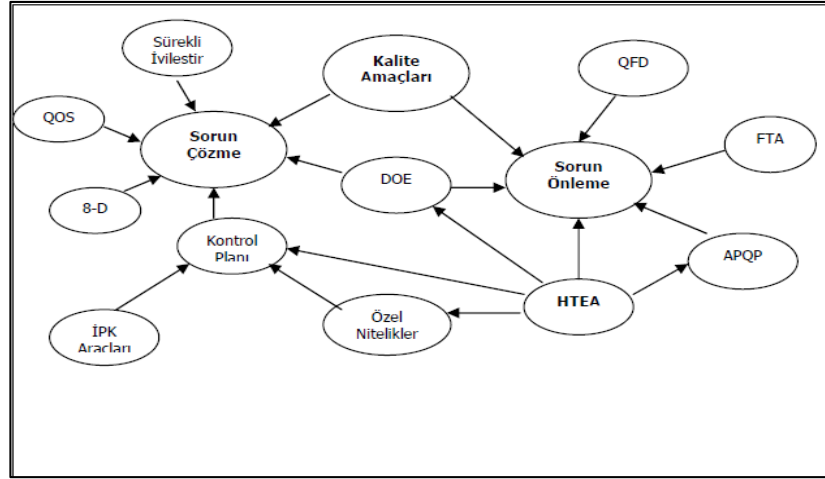
Toplam kalite yönetimi dönemi ise kalitenin dördüncü dönemi olarak adlandırılmaktadır. Toplam kalite yönetiminde sadece müşteriye hatasız ürün ya da hizmet sunumu değil, müşterinin istek ve ihtiyaçları kaliteli ürün ve hizmet ile karşılanırken verimliliğin de sağlanması ön planda tutulmaktadır [9, 11].

### **3.3. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ'NİN KALİTE SİSTEMİ İÇİNDEKİ YERİ VE KALİTE TEKNİKLERİ İLE İLİŞKİSİ**

Güvenilirlik, ürün ve hizmet kalitesinin yanında müşteri memnuniyetinin sağlanması içinde önemli bir kriterdir. Hizmet sürecinin sorunsuz olması veya ürün ömrünün uzun ve sorunsuz olması müşteriler için önem arz etmektedir. Ürün veya hizmet kompleks bir yapıya büründükçe, geleneksel tasarım, üretim ve yönetim yöntemleri ile müşteriye hatasız ürün veya hizmet sunmakta zorlaşmaktadır [12].

1980'li yıllardan beri kalite ile ilgili çalışmalarda; ürün veya hizmet üretim sürecinde meydana gelebilecek hataların belirlenmesi ve önlem alınması üzerine odaklandığı görülmektedir. Ayrıca kalite üzerine yapılan çalışmaların güvenilirliğin sağlanması ve sürekli iyileştirme tekniklerinin geliştirilmesi üzerine de odaklandığı görülmektedir. Sürekli iyileşme, firmada öğrenilmiş dersler aracılığı ile ilerleyen zamanlarda geçmiş sorunların tekrarının önlenmesi ile sağlanmaktadır. HTEA metodu sürekli iyileştirmeye uygun metottur ve bu yüzden Toplam Kalite Yönetimi için önem arz etmektedir [13, 14].

Herhangi bir ürün ya da sürecin tasarlanmasından sevkiyatına kadar olan zaman diliminde sürekli iyileştirmenin sağlanabilmesi amacı ile çoklu kalite iyileştirme tekniklerinden yararlanılmaktadır. Muhteşem yedili olarak da adlandırılan temel kalite tekniklerine ek olarak HTEA gibi sonradan geliştirilen farklı tekniklerden de yararlanılmaktadır. Şekil 3.1'de HTEA'nın diğer kalite teknikleri ile ilişkisi gösterilmektedir;



Şekil 0.1. HTEA'nın diğer kalite teknikleri ile ilişkisi.

HTEA, kalite sistemi içinde önemli bir yere sahiptir. HTEA doğrudan veya dolaylı olarak; istatistiksel proses kontrol teknikleri, deney tasarımı, hata ağacı analizi vb. teknikler ile ilişki içerisinde. Yukarıdaki şekilde yer alan kalite tekniklerine aşağıda kısaca değinilmiştir;

### 3.3.1. Kalitenin Yedi Aracı

Ishikawa'ya göre herhangi bir işletmede karşılaşılan problemlerin %95'i temel kalite teknikleri olarak adlandırılan; Frekans Dağılımı, Histogram, Pareto Diyagramı, Ishikawa/Balık Kılıcı/Neden-Sonuç Diyagramı, Dağılım Diyagramı, Akış Şeması ve Kontrol Grafiği ile çözülebilmektedir [10].

#### 3.3.1.1. Frekans Dağılımı

Kontrol altında tutulan sisteme dair kayıt ve verileri toplayarak analiz etmeye yarayan bir tablodur [15].

Üretim sürecinde kalite değişikliklerinin tespit edilmesi amacıyla değişkenlik gösteren niceliksel verileri toplamak için frekans tablosu/çetele tablosu kullanılmaktadır. Tabloda kaydı tutulacak özellikler önceden yazılmakta daha sonra çetele işaretlemesi yapılmaktadır. Veriler kaydedildiğinde frekans dağılımı elde

edilebilmektedir. Çizelge 3.1’de örnek çetele kaydı tutularak oluşturulmuş frekans dağılım çizelgesi vardır [16].

Çizelge 0.1. Örnek frekans dağılım çizelgesi.

Hata Türü	Çetele	Frekans	Birikimli (Kümülatif) Frekans
Kesme hatası	<del>II</del> III I	6	6
Tornalama hatası	<del>II</del> III IIII	9	15
Frezeleme hatası	<del>IIII</del> <del>II</del> III IIII	15	30
Delme hatası	<del>II</del> III III	8	38
Taşlama hatası	<del>II</del> III III	7	45
Isıl işlem hatası	<del>II</del> III	5	50

Günümüzde istatistiksel paket programlarının varlığı ve yaygın kullanımı, çetele kullanımını gereksiz kılmaktadır.

### 3.3.1.2. Histogram

Frekans dağılımının gruplandırılarak çubuk grafik şeklinde gösterilmesi histogram olarak adlandırılmaktadır [17].

Histogramlar, genellikle bir olayın oluş sıklığını göstermek ve belli bir zaman aralığında tespit edilen problemin daha sık meydana gelip gelmediğini hesaplamak ve ortaya çıkan dağılımın şeklini bilinen bir dağılım ile karşılaştırmak amacıyla kullanılmaktadır [16].

İstatistiksel proses kontrol tekniği olan histogramların çiziminde dikkat edilecek noktalar aşağıda yer almaktadır [18];

- Gözlem değerleri sürekli değişkenlerden oluşmalıdır,
- Gözlem değerleri yatay eksen, frekanslar düşey eksen olmalıdır,

- Her histogram yalnızca bir tek kalite özelliğini dikkate almaktadır ve söz konusu özelliğe ait gözlem değerleri yatay eksendedir,



- Grup aralıkları eşit olmalıdır,
- Grup sayısı 5 ile 20 arasında olması ayrıca gerçek dağılımı iyi bir şekilde yansıtabilmesi amacıyla en az 50 veri olmalıdır.

Histogramdaki grup sayıları gözlem sayısı doğrultusunda oluşturulmaktadır. Aşağıda Çizelge 3.2’de veri sayısına göre grup sayısı bilgisi yer almaktadır.

Çizelge 0.2. Veri sayısına göre grup sayısı.

Gözlem Sayısı	Sütun Sayısı	Gözlem Sayısı	Sütun Sayısı
0-9	4	190-399	9
10-24	5	400-799	10
25-49	6	800-1599	11
50-89	7	1600-3200	12
90-189	8	3201 ve üzeri	15

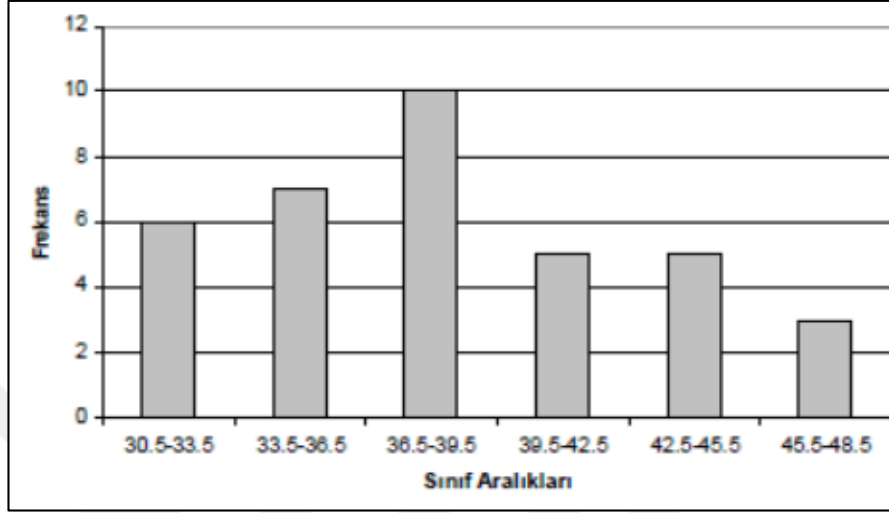
Örneğin; 5 parti ve her partiden 10 numune seçilirse, 50 gözlem değeri için grup sayısı 7 olarak belirlenmektedir.

Histogram oluşturulurken izlenen süreç aşağıdaki gibidir [10];

- Örneklem hacmi (n) belirlenir,
- Ölçülen (gözlenen) kalite özellikleri veri tablosuna aktarılır,
- Kolaylık sağlaması açısından küçükten büyüğe sıralanabilir,
- Sınıflanmış frekans dağılımı (her bir gözlem değerinin kaç kez tekrarlandığı belirlenir) oluşturulur,
- En büyük gözlem değeri ile en küçük gözlem değeri arasındaki fark alınarak değişim aralığı (R) belirlenir,
- Veri sayısına bağlı olarak uygun grup sayısı (k) belirlenir,
- Ortak grup aralığı/genişliği (s) belirlenir,
- Grup sınırları belirlenir,
- Gruplanmış frekans dağılımı oluşturulur, grup orta noktaları belirlenir,

- Ortak grup aralıkları yatay ekseninde, frekanslar dikey ekseninde olacak şekilde histogram çizilir.

Aşağıda, Şekil 3.2’de histograma ilişkin örnek grafik yer almaktadır.



Şekil 0.2. Örnek histogram grafiği.

Örneğin, yukarıda yer alan grafiği yorumlarsak; delik delme prosesine ilişkin delik çaplarının (mm) kontrol edilmesi ve kayıt altına alınması üzere 62 adet örneklem çekilmiştir. Çekilen örneklemelerden çapı 30,5 mm ile 33,5 mm arası 6 adet parça bulunmaktadır.

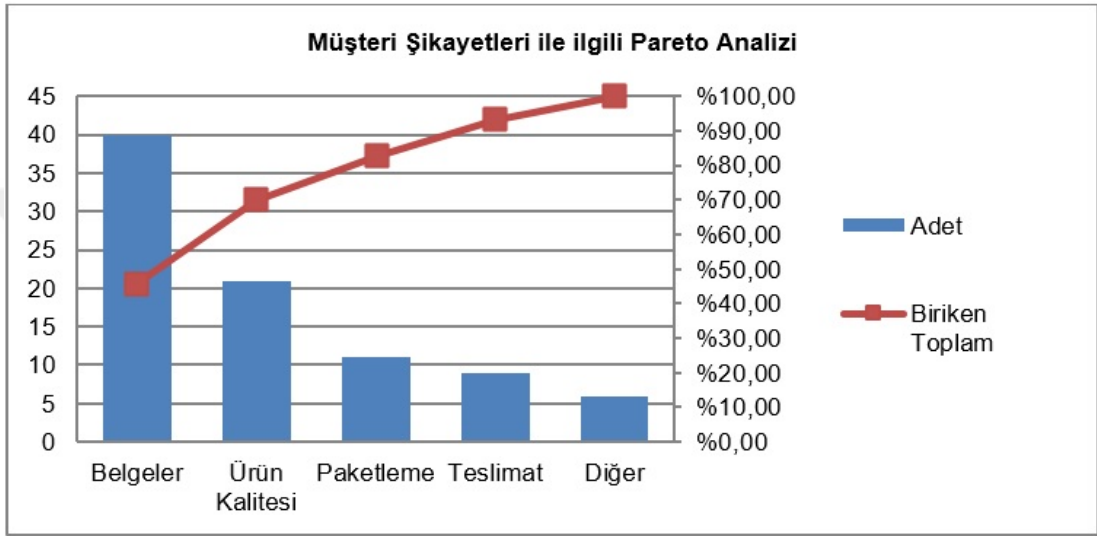
Özetle histogramlar prosese ilişkin; proses değişikliğinin normal olup olmadığı, ürünün spesifikasyona göre doğru merkezlenip merkezlenmediği ve prosesin istatistiksel olarak spesifikasyonu karşılamada yeterli olup olmadığı bilgileri vermektedir [10].

### 3.3.1.3. Pareto Diyagramı

Kalite iyileştirmede önemli bir teknik olan Pareto diyagramı hata ve maliyet analizleri için sıkça tercih edilen kolay bir yöntemdir. Pareto prensibine literatürde “80-20”, veya “ABC analizi” de denilmektedir [19]. Pareto diyagramı, sorunların %80’lik kısmına %20’lik faaliyetlerin sebep olduğunu ve bu %20’lik faaliyete odaklanılması gerektiği anlamına gelmektedir [20].

Normal dağılımda sebeplerin en önemli %20'si sonuçların %80'ini, sonra gelen %30'u sonuçların %15'ini ve %50'si ise sonuçların sadece %5'ini oluşturmaktadır [19].

Pareto diyagramları; hata sayıları, hata yüzdeleri ve hata türlerini içermektedir. Hata sayıları sol ekseninde, hata yüzdeleri sağ ekseninde ve hata türleri de yatay ekseninde yer almaktadır [16]. Aşağıda Şekil 3.3'te örnek pareto diyagramı yer almaktadır.



Şekil 0.3. Örnek pareto diyagramı.

Yukarıda yer alan grafiği yorumlarsak; 40 adet belge kaynaklı müşteri şikâyet kaydı oluşturulmuştur bu da şikayetlerin toplam %90'ına denk gelmektedir.

Pareto diyagramı, en siktan en seyreğe kadar unsurların sıralanması amacına yönelik grafiksel bir yöntemdir. En önemli unsurların, daha az önemli unsurlardan ayırt edilerek önemli unsurlar üzerine iyileştirme sağlanmaktadır [16].

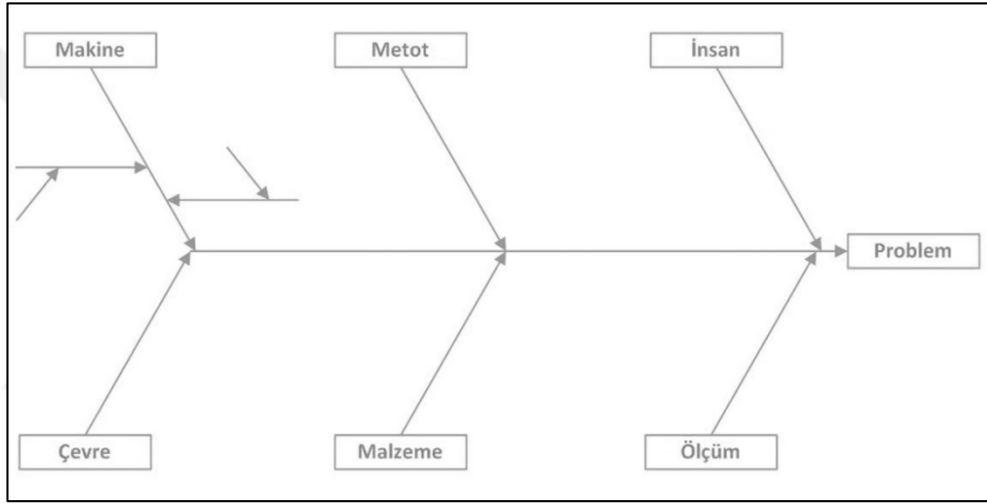
Pareto diyagramının sağladığı faydalara aşağıda kısaca değinilmiştir [21];

- En önemli problemi belirler,
- Bir bakışta önem sırası görülebilir,
- Bütün faktörler içinde ilgilenilen faktörün önem oranı görülebilir,
- Görsel etki yoluyla ikna gücü artar,
- Karmaşık hesaplara ihtiyaç duymadan kolaylıkla hazırlanabilir,

- Geliştirme çabalarının sonuçları açıklıkla görülebilir.

#### 3.3.1.4. Balık Kılıcı (Neden-Sonuç) Diyagramı

Neden-sonuç diyagramı şeklinde de isimlendirilmektedir. İşletmelerdeki problemlerin kaynaklarının tespit edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. İstenmeyen durum ile bu duruma sebep olan tüm etkenlerin balık kılıcı şekli ile bir arada gösterilmesidir. İstenmeyen duruma sebep olan etkenler işletmede oluşturulan ekip üyelerinin de görüşleri alınarak belirlenmektedir [22].



Şekil 0.4. Örnek balık kılıcı diyagramı.

Balık kılıcı diyagramının oluşturulması ve yorumlanmasında en önemli grup tekniği beyin fırtınasıdır.

Balık kılıcı diyagramında probleme sebep olan bileşenler; makine, çevre, metot, malzeme, insan ve ölçüm olarak değerlendirilmektedir ve her bileşenin alt nedenleri yazılmaktadır. Örneğin; insan bileşeni için alt nedenler dikkatsizlik, davranış, yorgunluk, düşük ücretler, eğitim, vasıf iken malzeme bileşeni için sertlik, yoğunluk, uzunluk, ağırlık, kalınlık, genişlik vb. alt nedenler verilebilmektedir.



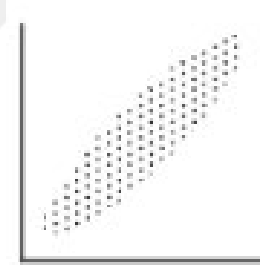
### 3.3.1.5. Serpilme (Dağılma) Diyagramı

Ele alınan ürün ya da sürecin kalitesini etkileyen herhangi iki değişkenin birbirleri ile ilişkilerinin olup olmadığını incelemeye yaramaktadır [21].

Serpilme diyagramları, aralarında bir ilişki ya da korelasyon olup olmadığını görmek için iki nicel değişkeni incelemektedir. Eğer bir faktörün diğerine bağımlılığı mevcut ise bağımsız faktörü kontrol altına almak için bağımlı faktörü kontrol etmek gerekmektedir [16].

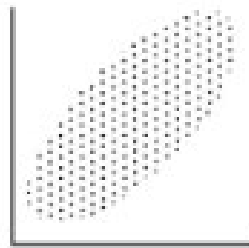
Neden konumundaki bağımlı değişkene ilişkin değerler yatay eksen, sonuç konumundaki bağımsız değişkene ilişkin değerler ise dikey eksen üzerinde gösterilmektedir.

Aşağıda yer alan Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.7, Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da serpilme diyagramı örnekleri yer almaktadır.



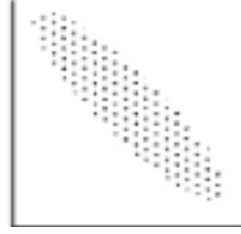
Şekil 0.5. Pozitif güçlü korelasyon.

Pozitif güçlü korelasyonda, iki değişken arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır ve x değişkeni (bağımlı değişken, sebep değişkeni) artarken y değişkeni de artmaktadır.



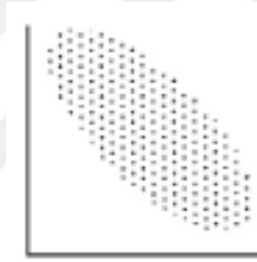
Şekil 0.6. Pozitif zayıf korelasyon.

Pozitif zayıf korelasyonda, iki değişken arasında bir ilişki bulunmaktadır fakat aralarındaki ilişki gcl değildir. X değişkeni (bağımlı değişken, sebep değişkeni) artarken y değişkeni de artmaktadır.



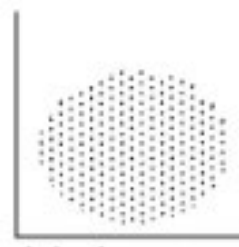
şekil 0.7. Negatif gcl korelasyon.

Negatif gcl korelasyonda, iki değişken arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır ve x değişkeni (bağımlı değişken, sebep değişkeni) artarken y değişkeni azalmaktadır.



şekil 0.8. Negatif zayıf korelasyon.

Negatif zayıf korelasyonda, iki değişken arasında bir ilişki bulunmaktadır fakat aralarındaki ilişki gcl değildir. X değişkeni (bağımlı değişken, sebep değişkeni) artarken y değişkeni azalmaktadır.



şekil 0.9. Korelasyon yok.

İki değişken arasında net bir ilişki bulunmamaktadır.

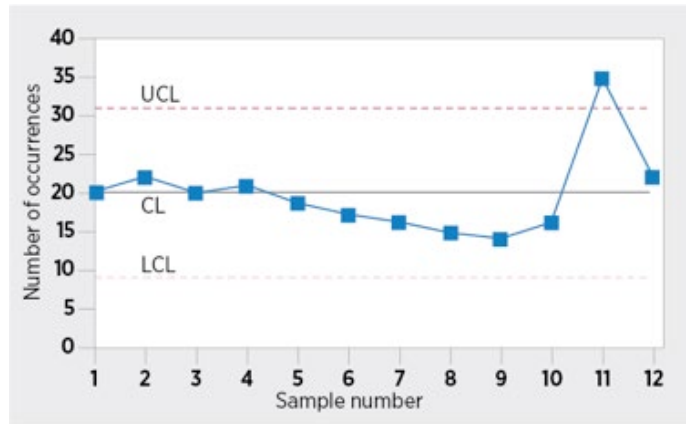
### 3.3.1.6. Gruplandırma (Hata Yoğunluk Çizelgesi)

Gruplandırma, verilerin ayrılarak daha kolay anlaşılır duruma getirilmesini sağlamaktadır. Gruplandırma tekniği bir çözüm tekniği değil sorun çözümünde yardımcı bir tekniktir yani sorunun kaynağının tespit edilmesi amacıyla verilerin belirli özelliklere göre gruplandırılmasıdır. Örneğin birden fazla vardiyaya çalışan işletmelerde üretilen ürünler vardiyalara göre gruplandırılarak sorunun hangi vardiyada olduğu konusunda fikir verebilmektedir [10].

### 3.3.1.7. Kontrol Grafiği

Herhangi bir süreçte meydana gelen değişkenlikleri tespit etmeye yarayan grafiklerdir. Kontrol grafikleri kontrol sınırları ve merkez çizgisinden oluşmaktadır [23].

Kontrol grafikleri, üretilen ürünlerin gözlem sonucuna ilişkin değişimi ortaya koymaktadır. Prosesleri kontrol altına almak, meydana gelebilecek olası hataları zamanında ve oluşmadan önlemek, prosesleri iyileştirmek ve geliştirmek amacı ile kullanılmaktadır. Kontrol altında tutulmak istenen süreçte meydana gelen değişiklikler hakkında yorum yapmak ve sürecin kontrol dışına çıktığı durumlarda uyarı sinyali almak için kullanılan grafiklere “kontrol grafikleri” ve uygulanan bu yöntemle de “istatistiksel proses (süreç) kontrol” adı verilmektedir [10]. Aşağıda Şekil 3.10’da örnek kontrol grafiği yer almaktadır.



Şekil 0.10. Örnek kontrol grafiği.

Kontrol grafikleri UCL ve LCL olarak adlandırılan iki adet kontrol sınır çizgisi ve bir adet CL olarak adlandırılan merkez çizgisine sahiptir. UCL (upper control limit), üst kontrol sınırı ve LCL (lower control limit) alt kontrol sınırıdır. CL (center line) yani orta çizgi prosesin gözlem değerlerinin ortalamasını göstermektedir. UCL ve LCL ise orta çizgiye eşit uzaklıktadır ve bu uzaklık  $\pm 3\sigma$ 'dır [24].

Prosesler kontrol edilirken, kontrol grafiklerine müşterinin proses için istediği tolerans sınırları da ilave edilmelidir. USL, üst spesifikasyon limiti ve LSL ise alt spesifikasyon limitidir. Kontrol sınırları, spesifikasyon sınırlarından daha dar tolerans aralığına sahiptir bu sebeple spesifikasyon sınırları her zaman kontrol sınırlarını kapsamaktadır [10].

Kontrol grafikleri nicel ve nitel kontrol grafikleri olmak üzere iki çeşittir ve aşağıda kısaca özetlenmiştir [21].

- **Nicel kontrol grafikleri;** istatistiksel olarak kontrol edilen değişkenin özelliklerinin ölçülebildiği durumlarda kullanılmaktadır.
- **Nitel kontrol grafikleri;** istatistiksel olarak kontrol altında tutulacak procese ilişkin ürünlerin kontrol edilmesi istenen değişkenlerinin herhangi bir ölçü birimine sahip olmadığı ve kabul-red, geçer-geçmez, kusurlu-kusursuz gibi kategorik durumlarda kullanılmaktadır.

Nicel ve nitel kontrol grafiği türleri aşağıda başlıklar halinde verilmiştir [10].

Nicel kontrol grafikleri üç gruba ayrılmaktadırlar;

- Ortalama ( $\bar{x}$ ) ve Aralık (R) Kontrol Grafikleri
- Ortalama ( $\bar{x}$ ) ve Standart Sapma (s) Kontrol Grafikleri
- Bireysel Gözlem Değerleri (I) ve Hareketli Aralık (MR) Kontrol Grafikleri

Nitel kontrol grafikleri dört gruba ayrılmaktadırlar;

- Kusurlu oranı (p) Kontrol Grafiği (Fraction Defective)
- Kusurlu Sayısı (np) Kontrol Grafiği (The Number of Defectives)

- Kusur Sayısı (c) Kontrol Grafiği (The Number of Defects)
- Birim Başına Kusur Sayısı (u) Kontrol Grafiği (The Number of Defects per Unit)

### 3.3.2. Kalite İyileştirmede Kullanılan Diğer Teknikler

İşletmelerde kalite kavramı tek seferde iyileştirilip bırakılacak bir iş olarak değil s¼rekli geliştirilmesi gereken bir kavram olarak g¼r¼lmektedir. İşletmeler sıfır hata ile devam ederek olası hataları ¼nceden tahmin etmek ve m¼řteri memnuniyetini sağlamak istemektedirler bu doğrultuda da ele alınan ¼r¼n ya da s¼reci sadece kontrol altında tutacak kalite tekniklerinin yanında ek olarak aşağıda yer alan diğer tekniklerden de yararlanmaktadırlar.

#### 3.3.2.1. 5S Kuralı

İşletmelerde, kontrol edilemeyen s¼reçlerden kaynaklı israfların yok edilmesi, makine, ekipman, malzeme ve stokların yerleşim yeri ve pozisyonunun kontrol altına alınması ve kritik proses değişkenlerinin d¼zenli olarak kontrol altında tutulabilmesi amacıyla 5S gereklidir. 5S, daha temiz ve d¼zenli bir çalışma alanı i¼in beş adımdan meydana gelen işletme organizasyonu y¼ntemidir. 5S sayesinde işletmelerde; maliyetler azalmakta, verimlilik ve kalite artmaktadır. 5S uygulama adımları aşağıda kısaca ¼zetlenmiřtir [25];

- **¼n Hazırlık**, uygulama ¼ncesi ve uygulama sonrası durumu karşılaştırmak i¼in mevcut durumun tespiti yapılmaktadır. Mevcut durumun tespiti genelde fotoğraf veya video çekimi ile yapılmaktadır.
- **Seiri (Sınıflandırma ve Ayıklama)**, gerekli ve gereksiz malzemeler sınıflandırılarak gereksiz malzemeler ayıklanır.
- **Seiton (D¼zenleme ve Yerleştirme)**, ihtiyaç duyulduğunda 30sn i¼erisinde bulunabilmesi amacı ile gerekli olan malzemelerin uygun yerlere yerleştirilir.
- **Seiso (Temizlik ve Arındırma)**, çalışma alanı temiz tutulmalıdır, kirliliğe sebep olacak kaynaklar yok edilir.
- **Seiketsu (Standardizasyon)**, temiz ve d¼zenli olmak alışkanlık haline getirilir.

- **Shitsuke (Disiplin ve Kuralların Takibi)**, ilk 4S'in uygunluğu kontrol edilir ve sonuçlar değerlendirilir.

### 3.3.2.2. Poka-Yoke

Poka kelimesi; hata, dikkatsizlik, Yoke kelimesi ise sakınma, elimine etme anlamı taşımaktadır. Poka-Yoke, insan kaynaklı hataların önüne geçilmesi amacı ile uygulanan bir tekniktir [26].

Poka-Yoke uygulamaları kullanım alanlarına göre iki çeşittir ve aşağıda kısaca özetlenmiştir [21];

- **Önemeye yönelik Poka-Yoke;** hata olmadan önce, çeşitli yöntemlerle hata olacağını fark etmek ve hata olmadan önlemek.
- **Bulmaya yönelik Poka-Yoke;** hata olduktan sonra farkına varılarak devamının önlenmesi ve minimum hasar ile problemin önün geçilmesidir.

### 3.3.2.3. Hata Ağacı Analizi

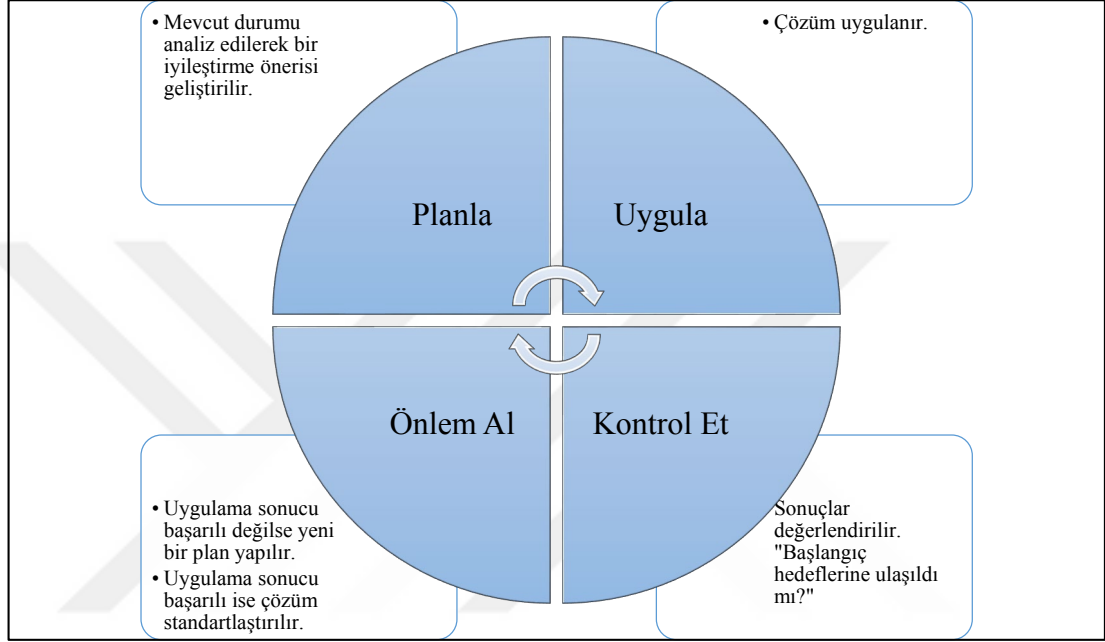
İngilizcesi Fault Tree Analysis (FTA) olarak geçen tündengelimli bir analitik güvenilirlik ve emniyet analizi tekniğidir. FTA, istenmeyen olaylara yol açan bir sistemde meydana gelen, hatalı ve normal, olası olayların çeşitli kombinasyonlarının mantıksal ve grafiksel olarak gösteren bir modeldir [27].

### 3.3.2.4. Kontrol Planı

Üretici tarafından belirli bir süreç, ürün ya da hizmet için yapılmış olan kalite planlama eylemlerinin yazılı özetidir. HTEA, kritik ve önemli özellikleri belirlemektedir ve bu sayede de kontrol planı için başlangıç noktasını oluşturmaktadır [28].

### 3.3.2.5. PUKÖ Döngüsü - KAIZEN

PUKÖ, sürekli iyileşmeyi hedefleyen tekrar tekrar uygulanan planla, uygula, kontrol et ve önlem al adımlarından oluşan bir çevrimdir ve bu çevrim aşağıda Şekil 3.11’de gösterilmektedir [29].



Şekil 0.11. PUKÖ döngüsü.

PUKÖ döngüsü geçici ve kalıcı olmak üzere iki farklı iyileşme sağlamaktadır. Geçici çözümler problemleri sonuç odaklı çözmeye yöneliktir. Kalıcı çözümler, kök nedenlerin tespit edilmesi ve ortadan kaldırılmasına yöneliktir bu sayede de iyileştirilmiş sürecin standardizasyonu sağlanabilmektedir [30].

### 3.3.2.6. Deney Tasarımı

Temel düşünce yapısı, kalite ürün ile birlikte tasarlanır şeklindedir ve ürünün herhangi bir sürecindeki (ürünün üretim sürecinden müşteri tarafından kullanım sürecine kadar olan tüm evreleri kapsamaktadır) kritik sorunların ortadan kalkmasını sağlayacak tasarımın yapılmasıdır. Bazı bağımsız değişkenler önceden tanımlanmış bir plan dâhilinde değiştirilir ve bağımlı değişkenler üzerindeki etkileri belirlenir [31].

### 3.3.2.7.Beyin Fırtınası

Ekipte yer alan herkesin düşüncelerini açıkça ortaya çıkarıp ekibin diğer bireyelerine uygun bir ifade ile sunması için kullanılan bir tekniktir. Oluşturulan ekipteki birey sayısı maksimum 15 olabilmektedir fakat 10 kişilik bir ekip idealdir. Ekipte yer alan birey sayısı arttıkça verim azalmaktadır. Beyin fırtınası sürecini etkin kılan üç faktör bulunmaktadır bunlar aşağıda yer almaktadır [20];

- Yargılama yoktur,
- Hedef çok fikir üretmektir,
- Fikirlerin kışkırtma etkisi kullanılmaktadır.

Beyin fırtınasının avantajları aşağıdaki gibidir [20];

- Düşüncelerin açıkça ve çekinmeden söylenebileceği rahat bir ortam yaratır,
- Ekip bireyelerinin birbirlerinin fikirlerinden hareketle yeni fikirler üretmeleri sağlanır,
- Farklı bakış açıları bir araya getirilerek sonuç zenginleştirilir,
- Ekip bireyelerinin nihai fikirlerin uygulamalarına sahip çıkmaları, benimsemeleri sağlanır,
- Takım çalışmasını güçlendirir.

Beyin fırtınasının dezavantajları aşağıdaki gibidir [21];

- Serbest konuşma ortamı yaratmanın zorluğu,
- Ekip üyelerinin birbirlerini baskı altında tutması,
- Problemi bilen kişi gerekliliği,
- Kolay problemler için uygun olması.



### **3.3.2.8. Kalite Fonksiyon Yayılımı**

İngilizcesi Quality Function Deployment (QFD) olarak geçen, müşteri isteklerinin sürece yansıtılarak ölçülebilir performans anahtarları haline getiren, uygun bir süreç meydana getirilmesine katkı sağlayan, takım çalışması gerektiren müşteri odaklı bir tekniktir.

QFD ve HTEA'nın ortak bir yönleri bulunmaktadır. İki kalite tekniği de sürekli iyileştirmeyi ve başarısızlıkların giderilmesini amaç edinmiştir. Hem HTEA hem de QFD müşteri memnuniyetini sağlamaya odaklanmıştır. QFD ve HTEA birbirlerinin yerine kullanılabilirliği gibi birlikte de kullanılabilir, birlikte kullanıldığında ilk olarak QFD daha sonra HTEA uygulanmaktadır [32].

### **3.3.2.9. Hata Türü ve Etkileri Analizi**

İngilizcede Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) olarak adlandırılan HTEA, prosesdeki meydana gelmesi muhtemel hataların proses üzerindeki etkilerinin değerlendirilerek önceliklerine göre processte meydana gelen veya gelebilecek hata türlerinin gruplandırılması için analiz edildiği prosedürdür [11]. HTEA detaylı olarak Bölüm 4'te anlatılmaktadır.

### **3.3.2.10. Hata Türü ve Kritiklik Analizi**

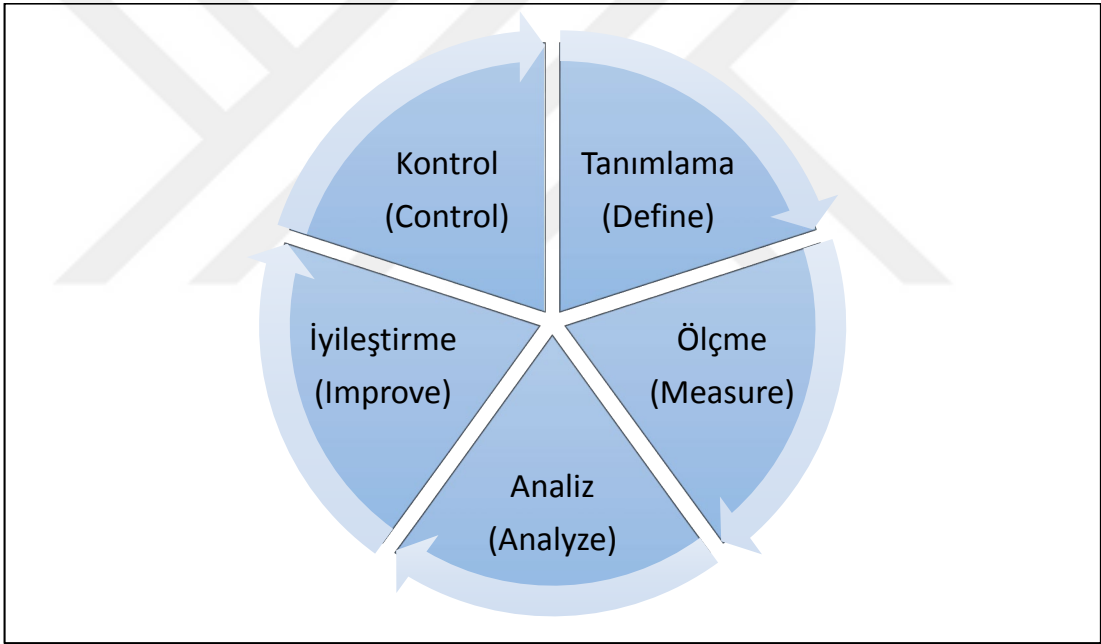
İngilizcede Failure Mode and Critical Analysis (FMCA) olarak adlandırılmaktadır. Hata türlerini, hata oranlarını ve hataların kök sebeplerini kritik bir bakış açısı ile ölçen sistematik bir yaklaşımdır. Diğer tüm yönlerden FMEA'ya benzer. FMCA analizi, öncelikli olarak kritik, majör ve minör özelliklerin tanımlanmasının önemli olduğu MIL-STD-1629A'ya dayanan hükümet sözleşmelerinde kullanılmaktadır [28].

### 3.3.2.11. DMAIC – Altı Sigma

Sıfır hatayı hedefleyerek, süreçlerin tanımlanması, ölçülmesi, analiz edilmesi, iyileştirilmesi ve kontrolü için kullanılan bir kalite iyileştirme yaklaşımıdır [31].

Altı sigma, müşteri beklentilerini karşılama konusunda mükemmelle yakın bir hedeftir. Altı sigma seviyesinde bir işletmede ürün ya da hizmetlerin %99,99966'sının müşteri istekleri ile eşdeğer iken geri kalan %0,0000034'ü (milyonda 3,4'ü) müşteri isteklerini karşılamamaktadır [10].

Altı sigma birbirini sırası ile izleyen döngüsel bir yaklaşımdır ve bu döngü aşağıda Şekil 3.12'de verilmektedir [30].



Şekil 0.12. DMAIC döngüsü.

- **Tanımlama;** ele alınan altı sigma projesinin amaç ve kapsamının belirlenmesini içermektedir.
- **Ölçme;** mevcut durumu ortaya koymak için veri toplama ve ölçüm faaliyetlerini içermektedir.
- **Analiz;** problemin kök sebebinin belirlenmesi ve bu sebebin doğrulanmasını içermektedir.

- **İyileştirme;** problemin ortadan kaldırılması ve etkilerinin azaltılmasına yönelik çalışmaları içermektedir.
- **Kontrol;** proje sonucunda elde edilen sonuçların hedefler ile beraber değerlendirilmesi ve başarılı olunan sonuçların sürekliliğinin sağlanmasına yönelik çalışmaları içermektedir.

Sigma seviyelerindeki kalitesizlik maliyetlerinin satışlar ile ilişkisi aşağıda Çizelge 3.3'te verilmektedir [10].

Çizelge 0.3. Sigma seviyeleri, hata sayıları ve kalitesizlik maliyetleri.





	<b>Kalitesizlik Maliyeti</b>	<b>Milyonda Olası Hata Sayısı</b>	<b>Sigma Seviyesi</b>
Satışların	%30 - %40	308 537	2
	%20 - %30	66 807	3
	%15 - %20	6 210	4
	%10 - %15	233	5
	%0 - %10	3,4	6
Her sigma seviyesi %5 net kar artışına sebep imkân sunmaktadır.			

2 sigma seviyesinde çalışan bir işletme, toplam satışlarının %30-40'ını kalitesizlik maliyeti olarak boşa harcamaktadır, bu oran 6 sigma seviyesinde bir işletme için %10'un altındadır.

### 3.3.2.12. Akış Şeması

Belirli bir süreçteki faaliyetleri grafik sembollerle gösteren şemalardır. Akış şeması, süreçlerin analizi konusunda bir başlangıç noktasıdır. Akış şemasında kullanılan şekiller aşağıda Çizelge 3.4'te yer almaktadır.

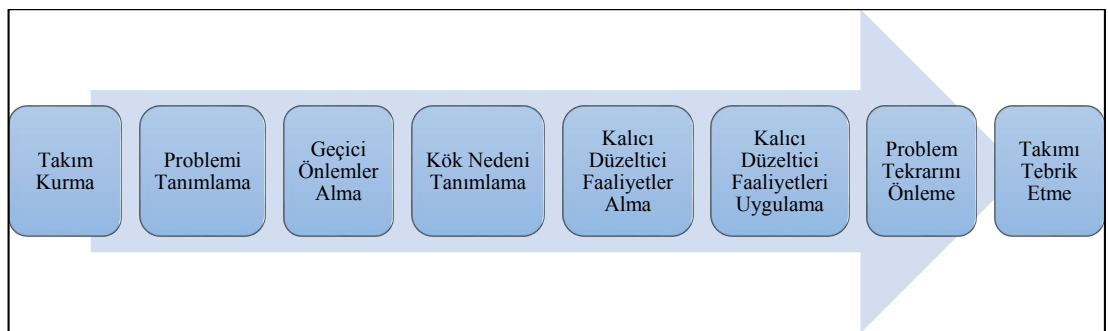
Çizelge 0.4. Akış şeması şekilleri ve anlamları.

Akış Şeması Şekilleri	Anlamları
	Aktivite
	Karar
	Başlama, sonlandırma
	Aktivite akış yönü

Akış şemalarının oluşturulmasında en önemli adımlardan biri, incelenecek olan sürecin tespit edilmesidir. Süreç tespit edildikten sonra, parçalara ayrılmalı ve akış sırası belirlenmelidir. Akış sırası belirlenen sürece ait adımların karar mı yoksa aktivite mi olduğu belirlenerek akış şemaları oluşturulmaktadır [20].

### 3.3.2.13. 8D Tekniği

8D tekniğinin asıl amacı problemin bir ekip tarafından ele alınarak, problemin kök sebebinin doğru bir şekilde belirlenmesi ve düzeltici/önleyici faaliyetlerin ele alınmasını sağlamaktadır [33]. 8D problemleri 8 adımda çözmeye yarayan bir tekniktir. 8D tekniğini oluşturan adımlar aşağıda Şekil 3.13'te verilmektedir.



Şekil 0.13. 8D tekniği uygulama adımları.

8D tekniği uygulama adımlarında izlenen yol aşağıda kısaca özetlenmiştir [34];

- **D1 – Takım Kurma;** problemin zmne yönelik farklı bakış açıları ile katkı sağlaması amacı ile farklı birimlerden 2-10 kişi arasında kişiden meydana gelen bir ekip oluşturulmaktadır.
- **D2 – Problemi Tanımlama;** problemin ne olduğu net bir şekilde tanımlanmalıdır.
- **D3 – Geçici nlemler Alma;** süreçlerde problemliler ürünün oluşmasını veya meydana gelen problemliler ürünlerinin müşteriye ulaşmasını önlemek amacıyla acil önlemler alınmalıdır.
- **D4 – Kök Nedeni Tanımlama;** balık kılçığı diyagramı, akış diyagramları, beyin fırtınası gibi yöntemlerle detaylı bir kök neden analizi gerçekleştirilmelidir.
- **D5 – Kalıcı düzeltici Faaliyetler Alma;** problemin meydana gelmesine sebep olan kök nedeni yok edecek düzeltici faaliyetler belirlenmelidir.
- **D6 – Kalıcı Düzeltici Faaliyetleri Uygulama;** uygulamaya alınan düzeltici faaliyetlerin problemi tam olarak yok ettiğinden emin olunmalıdır.
- **D7 – Problem Tekrarını nleme;** ele alınan problemliler süreç ile benzer durumların olup olmadığı incelenerek öğrenilmiş dersler diğer süreç ve alanlarda da yaygınlaştırılmalıdır.
- **D8 – Takımı Tebrik Etme;** gerçekleştirilen çalışmalar st yönetime raporlanır ve çalışanların başarıları kutlanır.

## BÖLÜM 4

### HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ KAVRAM VE YÖNTEMİ

HTEA kavram ve yöntemi bölümünde HTEA ile ilgili kavramsal bilgiye ve HTEA'nın uygulama adımlarına değinilmiştir.

#### 4.1. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ KAVRAMI

HTEA kavramı altında HTEA'nın tanımı, tarihçesi, HTEA ile ilgili kavramlar, HTEA'nın amaçları, sağladığı faydalar, dezavantajları, HTEA türleri, HTEA uygulamalarında karşılaşılan zorluklar ve dikkat edilecek hususlar ile birlikte HTEA uygulamasının işletmelerde başlanması ve sonlandırılması gereken zamana değinilmiştir.

##### 4.1.1. Hata Türü ve Etkileri Analizi

Literatürde kısaltması genelde HTEA olarak geçen, Hata Türü ve Etkileri Analizi çok sık rastlanmasa da kısaltması HMEA olan Hata Modu ve Etkileri Analizi ifadesi şeklinde de geçmektedir. İngilizce kısaltması ise literatürde FMEA olarak geçerken tam karşılığı Failure Mode and Effect Analysis'dir. HTEA ile ilgili literatürde birçok tanım vardır ve bu tanımlardan bazıları aşağıda yer almaktadır.

1980 yılında yayınlanan MIL-STD-1629A askeri standardında HTEA; bir prostedeki meydana gelmesi muhtemel hataların proses üzerindeki etkilerinin değerlendirilerek önceliklerine göre prostedeki meydana gelen veya gelebilecek hata türlerinin gruplandırılması için analiz edildiği prosedür şeklinde tanımlanmıştır [11, 35, 36]

Askeri standartta yapılan tanımlamayı 1995 yılında Stamatis daha da geliştirmiş ve "süreç içerisinde mevcut veya potansiyel hataları müşteriye ulaşmadan tespit edip,

meydana gelmeden önlemeyi hedefleyen bir mühendislik tekniği” şeklinde ileri sürmüştür [11, 36, 37].

HTEA, bir sistemde tecrübeler göz önünde bulundurularak, mevcut hataları ya da meydana gelebilecek hataları tanımlayan, sisteme olan etkisini değerlendiren ve bu hataların oluşmasını azaltan veya önleyen aksiyonları tanımlayan, aksiyonların uygulanması ile hataların oluşma ihtimallerini yeniden değerlendiren ve sistemi dokümante eden bir analizdir [38].

HEA'nın tanımını kısaca yapmak gerekirse; bir ürünün tasarımından müşteriye sunulmasına kadar geçen süreçte tüm olası hataların sistematik analizidir [39].

#### **4.1.2. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Tarihi ve Günümüz Endüstrisindeki Yeri**

İkinci Dünya Savaşı dönemlerine kadar uzanan ve ABD ordusu tarafından geliştirilen HTEA disiplini ilk defa 1949 yılında “MIL-STD-1629A” (Procedures for Performing a Failure Mode, Effect and Criticality Analysis – Hata Türü Etkileri ve Riskinin Analizi Üzerine Prosedürler) şeklinde isimlendirilmiş prosedür ile güvenilir bir analiz olduğu düşünülerek süreç hatalarının olası etkilerinin belirlenmesi amacı ile kullanılmaya başlanmıştır ve sonrasında da yine uçuş denetimlerinde uygulaması yapılmıştır [40].

NASA'nın çalışmalarına dâhil ettiği HTEA'nın, 1960-1965 yılları arasında APOLLO olarak bilinen aya ilk ayak basılacak olan insanlı uzay projesinde yüksek maliyet sebebi ile herhangi bir hatanın meydana gelmesi istenmeyen bir durum olduğundan dolayı metodun uygulanması yönünde karar alınmıştır [41].

İlerleyen yıllarda ABD Silahlı Kuvvetlerinde sorunların tespit edilerek ortadan kaldırılmasına yönelik HTEA kullanılmıştır. HTEA 1975 yılında ilk olarak endüstriyel alanda Japon NEC firması tarafından uygulanmış ve ardından tüm dünyada hızla yaygınlaşmıştır [42].

Otomotiv sektöründe HTEA kavramı 1980 yılında FORD tarafından uygulanmıştır ve mevcut olan askeri standart daha basit hale indirgenmiştir. FIAT firması da HTEA uygulamasını 1985 yılında kullanmaya başlamıştır. Fransız Renault ve Citroen firmaları da AMDEC olarak nitelendirilmiştir ve bu şekilde kullanmaktadırlar. Otomotiv Endüstrisi Faaliyet Grubu (AIAG) ve Amerikan Kalite Kontrol Topluluğu (ASQC) tarafından 1993 yılında HTEA kabul görmüş ve standardı oluşturulmuştur. Oluşturulan standart ile HTEA'yı da kapsayan "İleri Ürün Kalite Planlaması" da (APQP) yürürlüğe koyulmuş ve kontrol planı oluşturulmuştur. Oluşturulan standartta ki HTEA yapısı QS standardının da geliştirilmesinde önemli rol oynayan Amerika'nın üç büyük şirketi olan Chrysler, Ford ve General Motor şirketleri tarafından da kabul görmüştür [37].

2001 yılında, Belçika'da Ristord tarafından nükleer araştırmalarda uygulanması amaçlanarak HTEA prosedürü geliştirilmiştir. HTEA Türkiye'de 1985 yılında beri kullanılmaktadır. Arçelik ve Bosch HTEA uygulamasını kullanan önde gelen beyaz eşya sektörü firmalarındandır. Günümüzde sadece otomotiv, enerji, havacılık sektörlerinde değil hemen hemen üretim ve hizmet sektörlerinin çoğunda yaygın olarak uygulanmaktadır. Günümüzde HTEA uygulaması ISO 9001, AS 9100, ISO 9000 vb. kalite yönetim sistemleri için bir zorunluluk haline gelmiştir [36].

#### **4.1.3. Hata Türü ve Etkileri Analizi ile İlgili Tanımlamalar**

Her metodolojide olduğu gibi HTEA'da da özel kavramlar yer almaktadır. HTEA ile ilgili kavramların bilinmesi çalışmanın ilerleyişi için önem arz etmektedir ve bu tanımlamalar yapılan literatür araştırmalarından elde edilmiştir. HTEA uygulamalarında kullanılan anahtar kelimeler aşağıda kısaca verilmiştir [27, 43].

- **Fonksiyon;** ürün veya sürecin amacının ne olduğun üzerinde durulur yani fonksiyon kısaca ürün veya sürecin karşılması beklenen hedeflerdir.
- **Müşteri;** ürün (nihai ürün/ara ürün) ya da hizmetten etkilenecek olan son kullanıcıdır. Müşteri herhangi bir kişi, departman veya işletme olabilmektedir.
- **Hata;** bir fonksiyonun planlanan şekilde tamamlanmamış olmasındaki başarısızlıktır.



- **Hata Türü;** bir sistemin karmaşıklığına bağlı olarak fonksiyonun istenilen şekilde yüzde yüz başarı ile yerine getirememesi ya da gerektiği gibi veya hiçbir şekilde yerine getirememesidir.
  - **Hata Etkisi;** sistemde fonksiyonun karşılaması beklenen hedefleri karşılayamadığı takdirde müşterinin yaşadığı maddi ya da manevi negatif geri dönüştür.
  - **Hata Nedeni;** sistem içerisindeki bir fonksiyonun beklentileri karşılamasına engel olan her türlü faktördür.
  - **Mevcut Kontroller;** sistemin var olan işleyişini devam ettirebilmek, olası başarısızlık nedeni ile ilişkili riski azaltmak veya ortadan kaldırmak için uygulanan eylemlerdir. Mevcut kontroller sayesinde hatanın müşteriye ulaşması önlenmektedir.
  - **HTEA Elemanı;** HTEA kapsamında ele alınan sistemi ifade etmektedir. Hata türü, hata etkisi, hataların ortaya çıkma olasılıkları vb. örnek olarak verilmektedir.
  - **Şiddet (Ş);** sistemde meydana gelen hatanın müşteri üzerindeki etkisinin derecesidir.
  - **Ortaya Çıkma (O);** hatanın meydana gelme olasılığına ilişkin derece değeridir yani diğer bir ifade ile hata nedeninin hata türüne yol açması ihtimaline karşılık gelen derece değeridir.
  - **Saptanabilirlik (S);** sistemde gerçekleştirilen mevcut kontroller aracılığı ile olası bir hatanın müşteriye ulaşmadan önlenmesi derecesidir.
  - **Risk Öncelik Sayısı (RÖS);** Şiddet (Ş), Ortaya Çıkma (O) ve Saptanabilirlik (S) derece değerlerinin çarpımı ile elde edilmektedir. RÖS ile sistemde ki hatalar risk önceliklerine göre sıralandırılmakta ve bu öncelik doğrultusunda düzeltici önleyici faaliyetler uygulanmaktadır.
- Risk Öncelik Sayısı (RÖS) = Şiddet (Ş) x Ortaya Çıkma (O) x Saptanabilirlik(S)

#### 4.1.4. Hata Türü ve Etkileri Analizi'nin Amaçları

HTEA metodu, bir sürecin güvenilirliğini ölçmede ve risk değerlendirmesinde kullanılabilecek en etkili yöntemlerden biridir. HTEA yönteminin firmalarda uygulanmasındaki asıl amaç, süreç içerisindeki potansiyel hataların ve bu sayede de

hataların etkilerinin azaltılması ve hatta hataların oluşması önlenerek oluşabilecek kötü etkilerinde ortadan kaldırılmasıdır [43].

HTEA metodunun uygulanmasındaki başlıca amaçlar aşağıdaki gibidir [12];

- Süreç içerisinde meydana gelebilecek potansiyel hataları ortaya çıkmadan tespit etmek ve önlemek,
- Sürecin çıktısının kendisinden beklenen fonksiyonları yerine getirdiğinden emin olmak için süreç içerisindeki faaliyetlerini de göz önünde bulundurarak tasarım özelliklerini incelemek ve geliştirmek,
- Süreç içerisindeki olası hatalar tespit edildiğinde, hataların meydana gelmesini önlemek için aksiyon almak ve hataların meydana gelme olasılığını azaltmak,
- Süreç içerisindeki mevcut ya da potansiyel hataları ve bu hataların etkilerini tanımlamak,
- Süreç içerisinde tanımlanan hataların etki düzeylerine göre hangilerinin daha kritik olduğunu belirlemek ve belirlenen kritik hatanın sebep olabileceği zararı da öngörmek,
- Ele alınan süreçte hataların nelerden kaynaklanabileceğini ve oluşma olasılığını belirlemek,
- Risk derecesi büyük olan faaliyetlerin güvenli hale getirilmesini sağlamak.

#### **4.1.5. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Sağladığı Ortak Faydalar**

Günümüzde HTEA uygulaması yapan işletmeler genelde gelişme kaydetmek isteyen işletmelerdir. Uygulanan HTEA eğer başarılı olursa beraberinde birçok olumlu yönde değişikliği de getirmektedir. HTEA'nın uygulandığı sürece/sisteme başlıca sağladığı fayda sistem içerisinde risk yaratan tüm faktörlerin önceden belirlenmiş olması ve gerekli önlemlerin alındığından emin olunmasıdır.

Başarılı bir HTEA'nın uygulandığı sürece/sisteme (ürün, proses ya da hizmet) sağladığı faydalar aşağıdaki gibidir;

- Müşteriye sunulan ürün ya da hizmetin kalite ve güvenilirliğine katkı sağlamaktadır ayrıca ilgili süreçlerdeki eksik ve zayıf yönleri de belirlemektedir,
- Firmanın izlenimini olumlu yönde desteklemektedir,
- Rekabet edilebilir bir firma oluşturmaktadır,
- Müşteri memnuniyetini sağlamaktadır,
- Ürün ya da hizmet ortaya koyarken harcanan zaman ve maliyet azalmaktadır,
- Firmaları sürekli gelişime yönünde desteklemektedir,
- Ele alınan sistemde ki tüm risk faktörleri ve alınacak önlemler dokümanite edilmektedir.

HTEA'nın herhangi bir sistem ya da sürece sağladığı faydalar değerlendirildiğinde; düşük maliyet ile yüksek kalitede ürünleri dizayn eden ve üretimini gerçekleştiren ya da kaliteli bir hizmeti uygun fiyat ile müşteriye sunan, olumsuz durum gözlemlenen faaliyetleri kontrol altına alarak olumsuzlukların müşteriye yansımaya engel olan pazarda yüksek güvenilirliğe sahip firmaların oluşmasına büyük katkı sağladığı görülmektedir [12], [44].

#### **4.1.6. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Dezavantajları**

HTEA'nın dezavantajları yok denecek kadar az sayıdadır fakat önem arz etmektedir. Bu olumsuz özellikler aşağıdaki gibidir;

- HTEA tüm hata türlerinin birbirinden bağımsız olarak ele almaktadır,
- HTEA tüm sisteme değil de sistemin bir kısmına uygulandığı takdirde tüm sistemin hata olasılığının ölçülmesi mümkün değildir,
- HTEA'da hataların oluşma olasılığı 1'den 10'a kadar tam sayılarla ifade edilmektedir, kesirli ifade kullanılmamaktadır bu sebeple hata türü risklerinin öngörülmesi için yeterli değildir,
- RÖS değerleri hesaplanırken ortaya çıkma, şiddet ve saptanabilirlik değerlerinin aynı öneme sahip olduğu varsayılmaktadır oysaki aralarında göreceli bir önem bulunmaktadır,

- RÖS değerlerinin hesaplanmasında her kuruluş ortaya çıkma, şiddet ve saptanabilirliğe kendine göre bir değer veriyor olması nedeni ile metot objektif değil subjektiftir,
- RÖS değerlerinin hesaplanması ve hata türlerine alınacak olan önlemlerin belirlenmesi farklı birimler tarafından yapılıyor olması nedeni ile uygulamada bütünlük sağlanamamaktadır [13], [45].

#### **4.1.7. Hata Türü ve Etkileri Analizi Uygulamalarında Karşılaşılan Zorluklar**

Bir sistemde HTEA metodu uygulamaya karar verildiğinde bazı zorluklar ile karşılaşabilmektedir. Bu zorluklar aşağıdaki gibidir;

- Veri elde edilebilecek kaynağın olmaması veya yetersiz veri olması. Veri eksikliği HTEA'nın uygulanmasında karşılaşılan en büyük zorluktur. HTEA uygulaması için verilerin etkin bir şekilde girildiği ve kontrol edildiği bir altyapının olmaması uygulamada sağlıklı sonuçlar meydana getirmektedir,
- HTEA uygulamasına dair ortak bir standardın olmaması ve bu sebeple uyumsuzlukların yaşanması,
- Sisteme dahil olan kişilerin HTEA uygulamasında gönülsüz olmaları [13].

#### **4.1.8. Hata Türü ve Etkileri Analizi Türleri**

Hata Türü ve Etkileri Analizi; Sistem HTEA, Tasarım HTEA, Süreç HTEA ve Servis HTEA olmak üzere dört temel başlık altında ele alınmaktadır. HTEA çeşitlerine aşağıda yer alan başlıklarda kısaca değinilmiştir.

##### **4.1.8.1. Sistem HTEA**

Tasarımın ilk aşamalarında, sistemleri alt sistemlerle beraber analiz ederek sistemde var olan eksiklikler nedeni ile meydana gelen hata türlerini belirlemeye odaklanmaktadır ve sistemin etkinliğinin artırılmasını sağlamaktadır [46].

Sistem HTEA'nın faydalarına aşağıda maddeler halinde değinilmiştir [47];

- Olası hataların bulunabileceği alanlar küçülmektedir,
- Sistem uygulanacak prosedürler için bir temel oluşturulmasına yardımcı olmaktadır,
- Fazlalıkların belirlenmesine imkan sunmaktadır,
- En uygun sistem tasarım alternatifinin seçilmesinde yol göstermektedir.

#### **4.1.8.2. Tasarım HTEA**

Ürünlerin üretimine başlamadan önce, tasarım kaynaklı meydana gelebilecek hataların önceden tespit edilmesi amaçlı uygulanmaktadır. Tasarım HTEA ürünün istenilen kalitede, güvenilir, düşük maliyetli ve yüksek verimliliğe sahip bir şekilde üretilmesine imkân sunmaktadır [48].

Tasarım HTEA'nın faydalarına aşağıda maddeler halinde değinilmiştir [42];

- Tasarım geliştirme faaliyetleri ile ilgili öncelikler tespit edilmektedir,
- Olası hata türlerinin üretime geçmeden tasarım aşamasında iken fark edilmesini sağlamaktadır,
- Olası hata türlerinin tespit edilerek ortadan kaldırılmasına yardım etmekte değişiklik için açıklamaların kaydedilmesi sağlanmaktadır,
- Önemli ve kritik noktaların tespit edilmesine imkan tanımaktadır,
- Ürünler ilişkin tasarım ve doğrulama testlerinde faydalanılabilecek bilgiler temin edilebilmektedir.

Tasarım HTEA'nın tamamlanmış olması için HTEA yapılan ürüne ilişkin üretim onayı ya da üretime başlama tarihi verilmesi gerekmektedir [39].

#### **4.1.8.3. Proses HTEA**

Tasarım aşaması bitmiş bir ürünün üretimi ile ilgili proses problemlerinden kaynaklı olası hata türlerinin tespit edilmesi ve bunların ortadan kalkması veya oluşmadan

önlenmesine yönelik, sürecin analiz edilmesi amaçlı uygulanmaktadır. Proses HTEA'da prodesteki mevcut ya da potansiyel hataların; ürün, proses kalitesi ve güvenilirliğine olan etkileri değerlendirilirken insan gücü, metot, makina, malzeme, ölçüm ve çevre unsurları göz önünde bulundurulmalıdır [27].

Proses HTEA'nın faydalarına aşağıda maddeler halinde değinilmiştir [43].

- Proses yetersizlikleri belirlenir ve mevcut durumu düzeltici ve önleyici faaliyetlerin geliştirilmesinde yardımcı olmaktadır,
- Kritik ve/veya önemli karakteristikleri belirlemekte ve kontrol planları geliştirmektedir,
- Düzeltici ve önleyici faaliyetler için öncelik sırası verilmektedir.
- İmalat, montaj vb. süreçlerin analizinde yardımcı olmaktadır,
- Değişikliklerin ne amaçla yapıldığı dokümanite edilmektedir.

Proses HTEA genellikle insan, makine, metot, malzeme, ölçme ve çevreyi kapsayan bir çerçevede ele alınarak belirli bir sistematik içerisinde yürütülmektedir [49].

Uygulamada ele alınmış olan proses HTEA için uygulama yöntemi 4.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi Yöntemi'nde daha detaylı anlatılmaktadır.

#### **4.1.8.4. Servis HTEA**

Hizmet sunumu sırasında oluşabilecek her türlü mevcut ya da potansiyel hizmet sorunlarına odaklanmaktadır. Servis HTEA ile tespit edilen sorunların müşteriler üzerindeki etkileri belirlenmekte ve bu doğrultuda risk öncelikleri sıralanmaktadır. Hesaplanan RÖS değerleri sonucunda aynı problemlerin ve ilerleyen zamanda bu problemlerden kaynaklı müşteri memnuniyetsizliğinin tekrarlanmaması amacı ile önlemler alınmakta ve uygulanmaktadır [50].

Servis HTEA'nın faydalarına aşağıda maddeler halinde değinilmiştir [35].

- İş akışının analiz edilmesinde yardımcı olmaktadır,

- Sistem ya da süreçlerin analiz edilmesinde ve faaliyet yetersizliklerinin tespit edilmesinde yardımcı olmaktadır,
- İyileştirme çalışmaları için öncelikleri belirlemektedir,
- Kritik ya da önemli faaliyetlerin belirlenmesinde ve kontrol planlarının geliştirilmesinde yardımcı olmaktadır.

#### **4.1.9. Hata Türü ve Etkileri Analizinde Uygulama Öncesi Dikkat Edilecek Hususlar**

HTEA uygulamasına başlanmadan önce uygulamayı gerçekleştirecek olan ekip üyelerine uygulama metoduna ait temel bilgilendirme yapılması gerekmektedir. Uygulama metoduna hâkim bir kişi tarafından bilgilendirme yapılmalı ve uygulamanın düzgün bir şekilde eksiksiz olarak yürütülmesi sağlanmalıdır [13].

#### **4.1.10. Hata Türü ve Etkileri Analizinin Başlama ve Bitiş Zamanı**

İşletmelerde HTEA uygulamalarının başarılı olması için en uygun başlama ve bitiş zamanlarına aşağı değinilmiştir.

##### **4.1.10.1. HTEA'nın Başlama Zamanı**

HTEA; mevcut ya da potansiyel hataları ortadan kaldırarak veya azaltarak müşteri memnuniyetini sağlamak için kullanılan bir metottur. HTEA ile ilgili tüm bilgiler mevcut olmasa bile olabildiğince erken başlatılmalıdır [51].

Stamatis'in dediği üzere HTEA;

*“Sahip olduklarınızla elinden gelenin en iyisini yap”*

sloganı üzerine kuruludur.

“HTEA metodunun uygulamasına başlamak için iyi bir zaman var mı?” sorusuna cevap olarak HTEA ile ilgili önemsiz görülse de bazı bilgiler elde edilir edilmez

başlanmalıdır. Metod uygulayıcıları HTEA ile ilgili tüm bilgilerin tam olmasını beklememelidirler aksi takdirde hiçbir zaman tüm verilere ya da bilgilere ulaşamazlar.

HTEA metodu aşağıdaki durumlarda uygulanmaya başlanılmalıdır;

- Yeni sistemler, tasarımlar, ürünler, işlemler veya hizmetler tasarlandığında,
- Mevcut sistemler, tasarımlar, ürünler, süreçler veya hizmetlerde değişiklikler yapılacağı zaman,
- Sistemlerin, tasarımların, ürünlerin, işlemlerin veya hizmetlerin mevcut koşulları için yeni alanlarda uygulamalar bulunduğu zaman,
- Mevcut sistemler, tasarımlar, ürünler, süreçler veya hizmetler için iyileştirmeler yapıldığında.

HTEA sürekli iyileştirme konusunda yol gösterici bir haritadır bu sebeple HTEA sistem olarak düşünülen üretim veya hizmette herhangi bir aşamada başlatılabilmektedir. HTEA metodu uygulamaya koyulduktan sonra yaşayan bir doküman olmaktadır ve sürekli gelişimin etkin bir aracıdır. HTEA sistemi, tasarımı, ürünü, süreci veya hizmeti geliştirmek için bilgiyi kullanmaktadır ve gerektiğinde devamlı olarak güncellenmektedir [27].

#### **4.1.10.2. HTEA'nın Bitiş Zamanı**

HTEA uygulaması; sistem, tasarım, ürün, işlem veya hizmetin eksiksiz olması veya üretilmiyor olması durumunda sonlanmış olarak kabul edilebilmektedir. Tüm operasyonlar tanımlanıp değerlendirildiğinde ve kontrol planında tüm kritik ve önemli özellikler ele alındığında HTEA uygulama süreci tamamlanmış sayılabilir. Örneğin Tasarım HTEA; ele alınan ürünün üretimi için bir tarih belirtildiğinde bitmiş sayılabilmektedir. Unutulmamalıdır ki; bir HTEA uygulaması tamamlanmış olsa dahi sistem, tasarım, ürün, süreç veya hizmet mevcut olduğu sürece; gözden geçirilmesi, değerlendirilmesi ya da iyileştirilmesi için tekrar aktif hale gelebilmektedir [52].

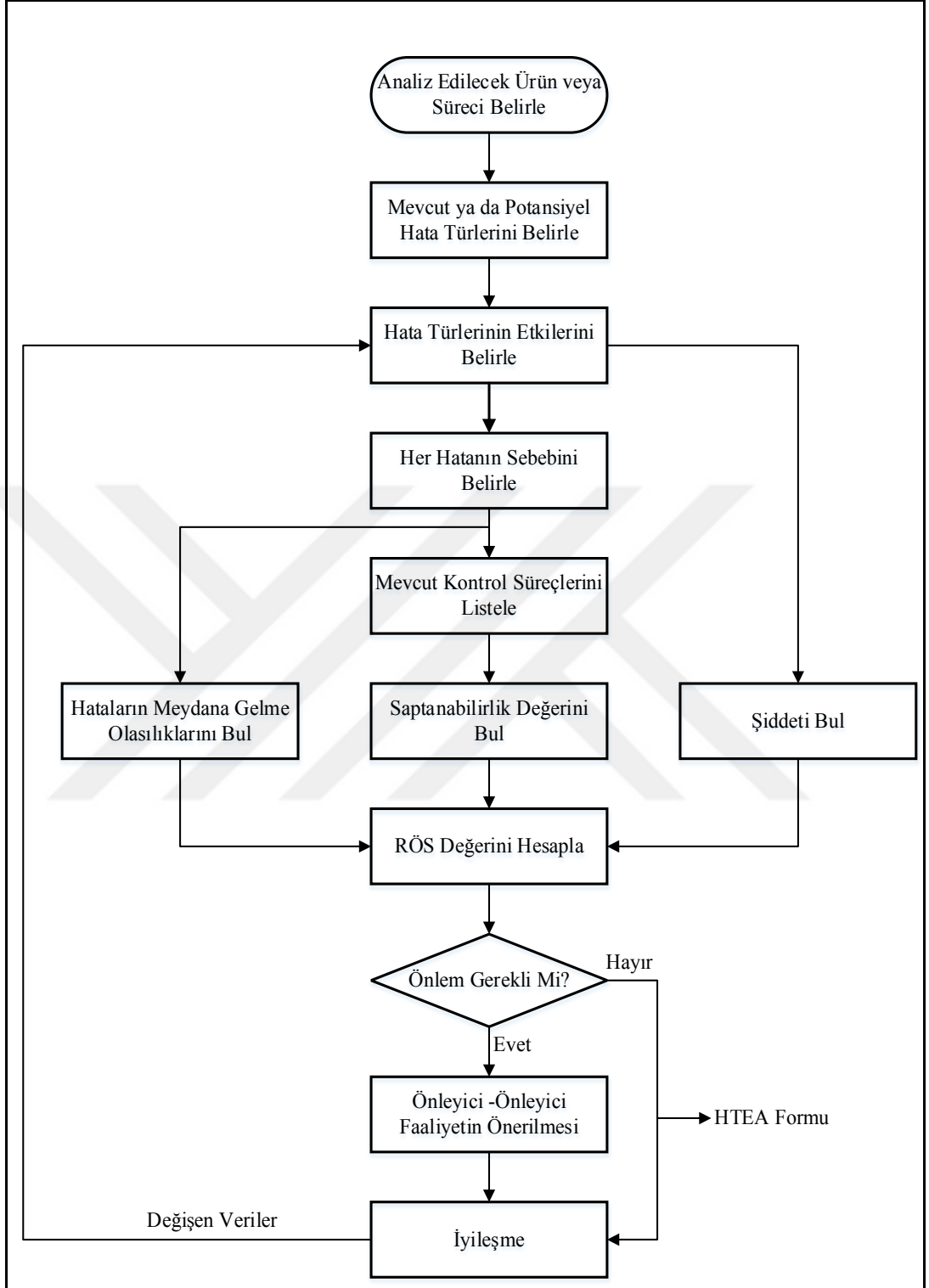


## 4.2. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ YÖNTEMİ

Mühendislik disiplini olarak kabul edilen HTEA; mevcut ya da potansiyel hataları önlemek ya da azaltmak için kullanılan sistematik metottur [53].

HTEA uygulaması ile ele alınan sistemde meydana gelen veya gelebilecek hataların müşteriye ulaşmadan önlenmesi amaçlanmaktadır. Uygulamada mevcut ya da potansiyel tüm hatalar için müşteriye etkisi, meydana gelme ihtimali ve saptanabilirliği değerlendirilmektedir. Yapılan değerlendirme doğrultusunda da RÖS değeri belirlenmekte ve bu RÖS değerine göre hata türleri sıralanmaktadır. RÖS değerlerine göre önceliklendirilen hata türlerinden en yüksek RÖS değerine sahip olan hata türünden başlanarak önlem alınmakta ve bu sayede müşteriye olan etkisi ortadan kaldırılarak ya da azaltılarak kabul edilebilir seviyeye çekilmektedir. Bu süreç tüm hata türleri için sürekli olarak devam etmektedir.

HTEA uygulaması için standart bir süreç yoktur, firmalar kendilerine göre bir yol izlemektedirler fakat HTEA tekniği genel olarak aşağıdaki Şekil 4.1'de yer alan akış diyagramı uygulama adımlarını içermektedir[54];



Şekil 0.1. Hata türü ve etkileri analizi akış diyagramı.

HTEA uygulaması analiz edilecek ürün ya da sürecin belirlenmesi ile başlayıp sürekli bir iyileştirme döngüsü halinde devam etmektedir.

Pillay ve Wang'ın HTEA uygulama önerileri göz önünde bulundurulduğunda metot beş adımda gerçekleştirilebilmektedir[55];

- **HTEA başlangıç çalışmaları:** Kurulan HTEA ekibi ile analiz edilecek ürün veya süreç belirlenmektedir ve uygulamaya ilişkin kapsam ve uygulamanın yapılacağı süreç incelenmektedir,
- **HTEA yapılan sistem, tasarım, süreç veya serviste yer alan hatalara yönelik çalışmalar:** Olası hata türleri, olası hata etkileri ve olası hata nedenleri belirlenmektedir, ayrıca mevcut kontroller de tanımlanmaktadır,
- **Hata türlerinin değerlendirilmesi:** Ortaya çıkma olasılık derecesi, şiddet derecesi ve saptanabilirlik derecesi tespit edilmekte bu doğrultuda da RÖS değerleri hesaplanmaktadır,
- **Risk öncelik sayısı değerlendirilmesi:** Önlem alınması gerekli mi eğer gerekli ise hangi önlemlerin alınacağı belirlenmektedir,
- **Önleyici Faaliyetlerin Uygulanması ve Yeni RÖS Değerinin Hesaplanması:** Önleyici faaliyetlerin uygulanması ile sağlanan iyileşme değerlendirilir ve HTEA sürekli olarak devam eder.

#### 4.2.1. Hata Türü ve Etkileri Analizi Başlangıç Çalışmaları

HTEA'nın bir firmada uygulanmasına karar verildiğinde önce hazırlık çalışmaları yapılmalıdır aksi halde HTEA uygulaması ile istenilen sonucun alınamaması durumu söz konusudur. Hazırlık aşaması; kapsamın belirlenmesi, takımın kurulması ve uygulama yapılacak sürecin incelenmesini kapsamaktadır.

##### 4.2.1.1. HTEA Kapsamının Belirlenmesi

Uygulama öncesi HTEA'nın sınırları ve uygulamanın amacı net bir şekilde tespit edilmelidir aksi halde gerekli olmayan alanlarda zaman kaybı yaşanmakta ve asıl problemden uzaklaşmaktadır. HTEA kapsamı; analizin amacını ifade eden ve analiz edilecek sistem hakkında bilgi veren, uygulama ekibi üyelerinin görev ve sorumluluklarını belirten yazılı bir doküman olmalıdır, herkes tarafından anlaşılabilir

bir ifade kullanılmalı ve bu doküman uygulama ekibi üyeleri tarafından da onaylanmalıdır [43].

HTEA kapsamı uygulama ekibi oluşturulduktan sonra da değiştirilebilmektedir. HTEA uygulama kapsamı belirlenirken aşağıda belirtilen iki farklı yol izlenebilmektedir;

- Ele alınan sistemin tüm aşamaları belirtilir ve uygulama zaman içerisinde ilerlemeye bağlı olarak gerçekleşir.
- Ele alınan sistemin riskli olarak görülen bazı aşamaları ele alınır.

HTEA kapsamı belirlenirken ele alınan sistem kompleks bir yapıya sahipse alt sistemlere/bileşenlere ayrılmalıdır aksi halde uygulama süresi artmaktadır [11].

#### **4.2.1.2. HTEA Takımının Kurulması**

HTEA takım çalışması ile yapılan bir analizdir, tek başına gerçekleştirilememektedir. HTEA ekip ile değil de tek başına uygulandığı takdirde değerlendirmelerde objektiflik sağlanamaz ve sağlıklı bir değerlendirme yapılamamaktadır. HTEA ekip üyeleri ele alınan her sistem için özel olarak ve ekip üyeleri farklı birimlerden olacak şekilde seçilmektedir. Ekip üyelerine daha başarılı bir analiz için tecrübeli ve konuya hakim bir ekip lideri tarafından bilgilendirme eğitimi verilmesi gerekmektedir [56].

HTEA uygulaması için takım oluşturulurken aşağıda yer alan noktalara dikkat edilmelidir [57];

- Uygulamayı yönetecek, bilgili, sorumluluk sahibi bir takım lideri seçilmelidir (Takım liderine takım üyeleri karar vermelidir),
- HTEA uygulaması hakkında yeterli fikir üretilebilecek ve konudan uzaklaşılmayacak büyüklükte bir takım kurulmalıdır örneğin 5-8 kişi aralığında bir takım oluşturulmalıdır,
- Sürece hakim, sorumluluk bilinci olan farklı disiplinlerden üyeler seçilmelidir (konu ile ilgisi olmayan kişiler ekibe dahil edilmemelidir),

- Uygulamadan olumlu sonuçlar elde edebilmek için üst yönetimde HTEA takımına dâhil edilmelidir,
- Takımda; mühendislik, kalite güvence ve üretim birimleri standart bulunmaktadır diğer birimler geçici ya da sürekli olarak ihtiyaç halinde seçilmelidir.

HTEA uygulama takımının amacına aşağıda değinilmektedir[58];

- Mümkün olduğunca kısa sürede birimlerin birbirleri ile uyumlu bir şekilde eşzamanlı olarak çalışmaları,
- Kapsamlı bilgi birikimi ve deneyimden yararlanılması,
- Farklı fikirlerin üretilmesi,
- Karşılaşılan durumlar ile ilgili gecikmeye sebebiyet verilmeden karara bağlanması,
- Verilen kararlara ekip içerisinde kesinlik kazandırılması,
- Birimlerin birbirleri ile yardımlaşarak çalışmalarının ilerletilmesi ve desteklenmesi.

HTEA dahilinde incelenecek olan her bir süreç için en az bir kişi mevcuttur ve bu kişiler; ilgili durum hakkında geçmişe dayalı raporlama yapabilen, incelenen sürece teknik konuda hakim, olası problemleri bilen ve tahminde bulunabilen ekip üyeleridir [11].

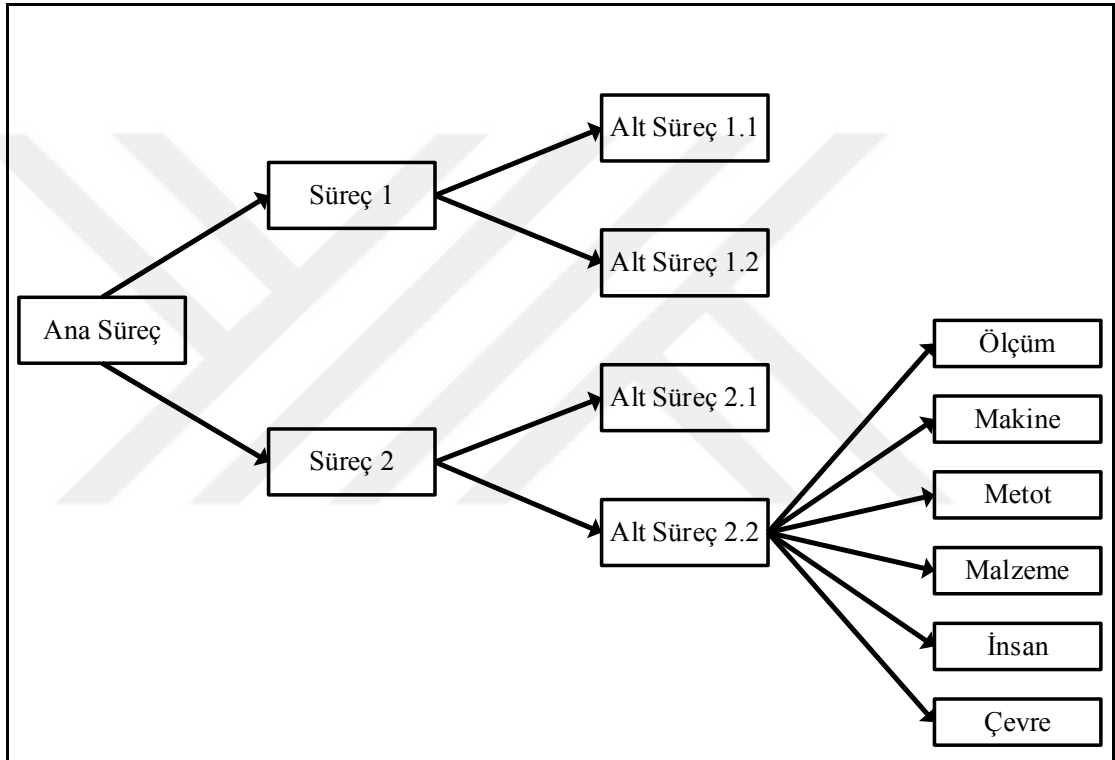
Oluşturulan uygulama ekibi, uygulama son bulana kadar, uygulama kapsamı ve amacı doğrultusunda maksimum üç saat sürece toplantılar düzenlemelidir ve yapılan uygulama iki aydan daha uzun sürmemelidir [47].

#### **4.2.1.3. HTEA Uygulanacak Sürecin İncelenmesi**

HTEA uygulamasında başarıyı yakalayabilmek için ele alınan sistem ile ilgili detaylı bilgi edinilmelidir. Bilgiler geçmişte yapılmış çalışmalardan, raporlardan, standartlar vb. dokümanlardan elde edilebilir. Elde edilen bilgiler çizelge ve diyagramlar ile

dokümanite edilirse üyelerin ele alınan sistemi kavrayıp analiz etmesi daha kolay bir hal almaktadır [59].

Analizi yapılacak olan sistemin bileşenleri ve bu bileşenlerin de amaçları belirlenmelidir. Sistemin işlevi ve karakteristikleri ne kadar iyi ifade edilirse, mevcut ya da potansiyel hatalarda o kadar iyi tespit edilmektedir. Aşağıda Şekil 4.2’de sistem yapısı örneği yer almaktadır;



Şekil 0.2. Sistem yapısı örneği.

Bir sistemin alt süreçleri; ölçüm, makine, metot, malzeme, insan ve çevreden oluşmaktadır. Sistem, ürün ya da süreçte meydana gelebilecek uygunsuzluklar bu bileşenlerden kaynaklanmaktadır.

#### 4.2.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi Yapılan Sistem, Tasarım, Süreç veya Serviste Yer Alan Hatalara Yönelik Çalışmalar

HTEA'nın başlangıç çalışmaları bittiğinde; kapsamı belirlenmiş, uygulama takımı kurulmuş ve ele alınacak olan sistem ayrıntılı incelenmiş olmaktadır. Başlangıç çalışmaları sonrası sistemdeki hatalar ele alınmaktadır. Hataların incelenmesi daha çok HTEA uygulaması yapılacak sürecin incelenmesi ile birlikte yürütülmektedir. HTEA uygulaması hata türleri üzerine yapılan bir çalışma olması sebebi ile hatalara yönelik çalışmalar uygulama için oldukça önemlidir. HTEA uygulamasında hatalara yönelik çalışmalar; olası hataların türlerinin, etkilerinin ve nedenlerinin belirlenmesi ile mevcut kontrollerin belirlenmesi olarak ele alınmaktadır.

#### **4.2.2.1. Olası Hata Türlerinin Belirlenmesi**

Potansiyel hatalar; ele alınan sistemin (ürün, hizmet ya da süreç) müşteri beklentilerini karşılamaması ve kendinden beklenen işlevi yerine getirememesi ya da eksik yerine getirmesidir. Potansiyel hatalar mevcut durumdaki hatalar değildir. Potansiyel hatalar değerlendirilirken; geçmiş deneyimler, aktif durumda olan ve ileride oluşabilecek hatalar da göz önünde bulundurulmaktadır [53].

Sistemdeki potansiyel hatalar; önceden belirlenmiş olan kapsam ve sistem bilgisi dahilinde, sistemin hedefi de göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmesi gereken işlevi yerine getirmemesi ya da eksik getirmesi durumunda meydana gelmektedir. Potansiyel hata türleri belirlenirken; riskli görülen tüm durumların potansiyel hatalara sebebiyet verebileceği fakat bu riskli durumun kesin olarak hatalı bir durum meydana getirmeyeceği de kabul edilmektedir. Potansiyel hata çoğu zaman hatanın meydana gelme şeklini ve sistem üzerindeki etkisini içermektedir [60].

Hatalar çoğunlukla sonuçlarına göre, gözükme sıklığına göre, zamana göre, nedenlerine göre şeklinde sınıflandırılmaktadır. Fakat genel olarak HTEA'da ele alınacak olan dört hata türü mevcuttur; birinci ve ikinci tip hatalar ile uygulamada sık sık karşılaşılmaktadır, üçüncü ve dördüncü tip hatalar çoğu HTEA uygulamasında cevapsız bırakılmaktadır. Genel olarak sınıflandırması yapılan hata türlerine aşağıda değinilmiştir;

- **1. Tip Hata – Fonksiyon Yok:** Sistem kendisinden beklenen faaliyeti hiçbir şekilde gerçekleştirmemektedir,
- **2. Tip Hata – Düzensiz Fonksiyon:** Sistem performansı kendisinden bekleneni tam olarak karşılamamaktadır yani beklentilerin bir kısmını karşılarken bir kısmını yerine getirmemektedir,
- **3. Tip Hata – Belirli Bir Süre Devre Dışı Kalan Fonksiyon:** Sistem kendisinden beklenen fonksiyonları yerine getirmektedir fakat bazı dış etkenler sebebi ile işlevinin bir kısmını ya da hepsini kaybetme ihtimali bulunmaktadır,
- **4. Tip Hata – Ön Görülmeyen Fonksiyon:** Sistem bileşenleri tek tek bakıldığında doğru çalışıyor olabilir fakat bileşenlerin birbiri ile etkileşimi durumunda istenmeyen sonuçlar meydana gelebilmektedir [61].

Hata türleri belirlenirken aşağıda yer alan sorular sorulmalıdır;

- Sistemdeki sorun nedir?
- Sistemin belirlenen hedefini hangi durumlarda karşılayamamaktadır?
- Sistemde müşteri tarafından sorun edilebilecek herhangi bir durum var mıdır?
- Müşteri tarafından kabul edilebilir olmayan, kötü olarak değerlendirilebilecek durumlar nelerdir?

Kısaca özetlemek gerekirse potansiyel hata türleri genellikle “yanlış olan ne” sorusu ile tespit edilmektedir [62].

Beyin fırtınası, ele alınan sistemdeki olası hataların tespit edilmesindeki en kolay metottur. Sistem incelendikten sonra kurulan HTEA uygulama takımı ile yapılan toplantılarda her üyenin hata olarak düşündüğü fikri sunması ve bu hataların sınıflandırılması ile hata türleri belirlenmiş olmaktadır [43].

Beyin fırtınasının haricinde olası hata türleri belirlenirken kullanılacak diğer bir yol da sistemde mevcut olması gereken karakteristiklerin önceden belirlenip daha sonra bunların yerine getirilip getirilemediğinin kontrol edilmesidir. Sistemin sahip olması gereken fakat olmayan her özellik bir hata teşkil etmektedir. Ayrıca sistemdeki hata türlerinin belirlenmesinde; müşteri geri bildirimleri, test sonuçları, benzer



yapıdaki sistem sonuçları, daha önce gerçekleştirilmiş olan HTEA uygulamaları, simülasyon verileri vb. yerlerden elde edilen bilgilerden yararlanılmaktadır [62].

#### **4.2.2.2. Olası Hata Etkilerinin Belirlenmesi**

Hataların sonuçları etki olarak tanımlanmaktadır. Olası hata etkisi; potansiyel hata türlerinden herhangi birinin meydana gelmesi durumunda müşterinin bu durumu nasıl karşılayacağı ve karşılaştığı hata doğrultusunda nasıl bir tepki göstereceğidir. Olası hatanın meydana gelmesi durumunda oluşturacağı etkiler için de “Beyin Fırtınası” tekniği kullanılabileceği gibi müşteri şikâyetleri, önceden yapılmış olan HTEA uygulamalarının sonuçları, deneme çalışmalarının sonuçlarından da yararlanılabilmektedir. Olası hata türü meydana gelirse sadece müşteri üzerinde değil mevcut sisteme ve ürüne de etkileri olabilmektedir [27].

#### **4.2.2.3. Olası Hata Nedenlerinin Belirlenmesi**

Hataların ortaya çıkmasının altında yatan asıl sebeplerdir. Hataların meydana gelmesindeki kök neden bulunurken balık kılıcı diyagramı, beyin fırtınası, 8D raporları en yaygın kullanılan tekniklerdendir. Hatanın kök nedenine inmek hatanın tekrarlanmasının önüne geçmek için alınacak olan faaliyetlerin belirlenmesinde büyük önem arz etmektedir [61].

Hata türüne ait kök sebep tespit edilirken “Mevcut ya da potansiyel hatanın kaynağı nedir veya nelerdir?” sorusuna yanıt aranmaktadır, bu süreçte de aşağıda yer alan maddelere dikkat edilmelidir [27];

- Mevcut ya da potansiyel hata türüne ait en az bir kök sebep olmakla beraber birden fazla kök sebepte gözlemlenebilmektedir,
- Bir kök neden bir ya da daha fazla hatanın meydana gelmesine sebep olabilir,
- Hata kaynağı, bir ya da daha fazla etkenin bir araya gelmesi ile oluşabilmektedir.

#### **4.2.2.4. Mevcut Kontrollerin Belirlenmesi**

Mevcut kontroller, olası hata türlerinin meydana gelmemesi ya da meydana geldiğinde müşteriye olan etkisinin önüne geçmek amacı ile yapılan aktif faaliyetlerdir. İşletmede uygulanan mevcut kontroller “Mevcut ya da potansiyel hata nasıl fark edildi/edilir?” sorusu ile belirlenmektedir. Mevcut kontrollerde çoğu zaman prosesler kontrol edilirken hatalar tespit edilmektedir [55].

#### 4.2.3. Hata Türlerinin Değerlendirilmesi

HTEA ile mevcut ya da olası tüm hatalara aynı anda müdahale etmek yerine eldeki imkânları etkin bir şekilde kullanmasını gözeterek hata türleri risk seviyelerine göre önceliklendirilmekte ve değerlendirilmektedir. Bu sayede HTEA uygulaması ile ele alınan süreç zamanla hatalardan arınacaktır. HTEA ile hata türlerinin değerlendirilmesinde RÖS (Risk Öncelik Sayısı) değerleri göz önüne alınmaktadır. RÖS değerleri büyükten küçüğe sıralanarak RÖS değeri en büyük olan hatanın değerlendirilmesinden başlanır ve önlemler alınarak RÖS değerleri kabul edilebilir düzeye indirilmektedir [58].

RÖS değeri; Olasılık (O), Şiddet (Ş) ve Saptanabilirlik/Fark Edilebilirlik (S) parametrelerinin metinsel ifadelerine karşılık gelen sayısal değerlerinin matematiksel işlemi sonucu elde edilmektedir. Aşağıda yer alan Çizelge 4.1’de parametrelere ilişkin derecelendirme ölçeği yer almaktadır [63];

Çizelge 0.1. Olasılık, şiddet ve saptanabilirlik derecelendirme ölçeği.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Olasılık</b>	Hatanın Oluşması Olası Değil.....Hata Oluşacak									
<b>Şiddet</b>	Hata Ciddi Değil.....Hata son Derece Ciddi									
<b>Saptanabilirlik</b>	Hata Bulunacak.....Hata Bulunmayacak									

Olasılık, şiddet ve saptanabilirlik dereceleri çizelgede gösterildiği gibi 1 ile 10 arasında değişen değerler almaktadır. Hatanın oluşma olasılığı ve hatanın müşteriye etkisinin şiddet derecesi 1’den 10’a doğru artmaktadır. Saptanabilirlik derecesi değeri 1’den 10’a doğru azalmaktadır.

Hata türlerinin değerlendirilmesi başlığı altında; ortaya çıkma olasılık derecesi, şiddet derecesi, saptanabilirlik/keşfedilebilirlik derecesi ve RÖS hesaplanması aşağıdaki gibi başlıklar halinde ele alınmıştır.



#### 4.2.3.1. Ortaya Çıkma Olasılık Derecesinin Belirlenmesi

HTEA uygulamalarında mevcut veya potansiyel hataların meydana gelme olasılığı derecesidir. Olasılık derecesi aşağıda belirtilen iki alternatifle belirlenmektedir [27];

- Olası hata türünün meydana gelme olasılığı tespit edilerek ortaya çıkma olasılık derecesi belirlenmektedir,
- Ortaya çıkma olasılık derecesi; hata türü ve hatanın kök sebebinin meydana gelmesinin beraber değerlendirilerek iki olasılık değerinin çarpımı sonucu tespit edilmektedir. Hata kaynağı meydana gelirse hatanın da gerçekleşeceği kabul edilmektedir.

Olası hataların gerçekleşme frekansı göz önünde bulundurularak 1 ile 10 arasında derecelendirilmektedir. Ortaya çıkma olasılık derecesi mevcut hataların meydana gelme frekanslarına göre ve HTEA ekibi üyelerinin deneyimlerine göre derecelendirilmektedir. Aşağıda yer alan Çizelge 4.2’de ortaya çıkma olasılık değeri derecelendirme skalası yer almaktadır [64].

Çizelge 0.2. Olasılık değeri derecelendirme skalası.

<b>Ortaya Çıkma İhtimali</b>	<b>Hata İhtimali</b>	<b>Derece</b>
Çok Yüksek (Israrcı Hatalar)	Her 1000 parçada $\geq 100$ parça	10
Yüksek (Sık Hatalar)	Her 1000 parçada = 50 parça	9
	Her 1000 parçada = 20 parça	8
	Her 1000 parçada = 10 parça	7
Orta (Ara Sıra Hatalar)	Her 1000 parçada = 2 parça	6
	Her 1000 parçada = 0,5 parça	5
	Her 1000 parçada = 0,1 parça	4
Düşük (Az Hatalar)	Her 1000 parçada = 0,01 parça	3
	Her 1000 parçada = 0,001 parça	2
Çok Düşük (Hata Olasılığı Yok)	0	1

Eğer olası hata oranları çizelgede belirtilen iki derecenin arasına denk gelirse büyük olan derece dikkate alınmaktadır [47].

#### 4.2.3.2. Şiddet Derecesinin Belirlenmesi

Şiddet, mevcut ya da potansiyel hata türünün sistem, ürün ya da müşteri üzerinde yarattığı etkisinin değerlendirilmesidir. Şiddet ile hata etkisi birbiri ile doğrudan ilişkilidir. Hatanın sistem, ürün veya müşteri üzerindeki etkisi arttıkça şiddette artmaktadır [36].

Şiddet derecesi 1 ile 10 arasında derecelendirilmektedir. Şiddet derecesi belirlenirken, müşteri geri dönüşlerinden, sistem/süreç içerisinde tutulan kayıtlardan ve HTEA uygulama ekibinin bilgi birikiminden faydalanılmaktadır. Şiddet derecesi alınan önlemler ve kontrollerden etkilenmemektedir. Olası bir hata türünün birden fazla etkisi olabilmektedir, her bir etki ayrı ayrı değerlendirilmekte ancak şiddet belirlenirken, en ciddi etki göz önünde bulundurulmaktadır. Aşağıda yer alan Çizelge 4.3'te şiddet değerinin derecelendirme skalası yer almaktadır [64].

Çizelge 0.3. Şiddet değeri derecelendirme skalası.

Etki	Müşteriye Etkisi	Firmaya Etkisi	Derece
Uyarısız Tehlikeli Etki	Hata herhangi bir ikaz olmadan meydana gelmektedir. Güvenlik ile ilgili bir hatadır. Yasal şartlara uyumsuzluk göstermektedir.	Uyarısız olarak operatörü (Tezgâh parkuru ya da imalat sürecini) tehlikeye atabilir.	10
Uyarılı Tehlikeli Etki	Hata bir ikazla meydana gelmektedir. Güvenlik ile ilgili bir hatadır. Yasal şartlara uyumsuzluk göstermektedir.	Uyarı vererek operatörü (Tezgâh parkuru ya da imalat sürecini) tehlikeye atabilir.	9
Çok Yüksek	Ürün temel fonksiyonunu yerine getirmemektedir.	Ürünün %100'ü hurdaya ayrılmaktadır ya da ürün bir saati aşkın bir sürede onarılabilmektedir.	8
Yüksek	Ürün düşük performans ile çalışmaktadır, müşteri memnuniyetsizliği çok yüksektir.	Ürünlerin bir bölümünün (%100'den az) hurdaya ayrılması gerekmektedir ya da onarılması yarım saat ile 1 saat arası sürmektedir.	7
Orta	Ürün temel fonksiyonunu yerine getirmekte fakat istenilen kaliteye ulaşamamıştır. Müşteri memnuniyetsizdir.	Ürünlerin bir bölümünün (%100'den az) hurdaya ayrılması gerekmektedir ya da onarılması yarım saatten az sürmektedir.	6
Düşük	Ürün temel fonksiyonunu yerine getirmekte fakat istenilen kaliteye ulaşamamıştır. Müşteri biraz memnuniyetsizdir.	Ürünlerin tamamının (%100'ü) yeniden işlenmesi gerekebilir fakat tamir bölümüne gitmeden düzeltilebilir.	5
Çok Düşük	Ürün temel fonksiyonunu yerine getirirken konforlu bir şekilde çalışmamaktadır. Hata müşterilerin büyük çoğunluğu tarafından (%75'ten fazla) algılanabilir.	Ürün hurdaya ayrılmadan sınıflandırılır/ayıklanır ve yeniden işlenir (%100'den az).	4
Önemsiz	Ürün temel fonksiyonunu yerine getirirken konforlu bir şekilde çalışmamaktadır. Hata müşterilerin %50'si tarafından algılanabilir.	Ürün bir kısmı (%100'den az) hurdaya ayrılmadan yeniden işlenebilmektedir.	3
Çok Önemsiz	Ürün temel fonksiyonunu yerine getirirken konforlu bir şekilde çalışmamaktadır. Hata çok dikkatli müşteriler tarafından (%25'i) algılanabilir.	Ürün bir kısmı (%100'den az) hurdaya ayrılmadan yeniden işlenebilmektedir.	2
Yok	Fark edilebilir bir etkisi yok.	Operasyonda veya operatörde hafif rahatsızlık oluşturmakta ya da hiç etkisi olmamaktadır.	1

Yukarıda çizelgede gösterilen şiddet dereceleri belirlenirken HTEA uygulama ekibi ile beyin fırtınası yapılmakta ve kişilerin deneyimlerinden yararlanılmaktadır.

#### 4.2.3.3. Saptanabilirlik Derecesinin Belirlenmesi

Saptanabilirlik, mevcut kontroller ile olası hata türlerinin müşteriye ulaşmadan tespit edilerek olası hata etkisinin önlenmesi derecesidir. Saptanabilirlik derecesi HTEA

ekibi ile beraber, önceki dönemlere ait kayıtlardan, süreç içi kontrollerden ve ekip üyelerinin bilgi birikiminden faydalanılarak belirlenmektedir. Saptanabilirlik derecesi mevcut kontrol/muayene türlerine göre 1 ile 10 arasında derecelendirilmektedir. Mevcut kontrol faaliyetleri ile hiçbir şekilde keşfedilemeyen hatanın derecesi 10 olmaktadır [60].

A, B ve C olmak üzere üç adet muayene türü mevcuttur;

- A: Hatadan Arındırılmış
- B: Ekipman Ölçümü
- C: Elle Muayene

Aşağıda yer alan Çizelge 4.4'te saptanabilirlik skalası yer almaktadır [64].

Çizelge 0.4. Saptanabilirlik derecelendirme skalası.

Saptanabilirlik	Kriter	Muayene Türü			Keşif Yöntemlerinin Önerilen Aralığı	Derece
		A	B	C		
Nerdeyse İmkânsız	Kontroller ile tespit edilme imkânı yoktur.				Tespit edilemez ya da kontrol edilemez.	10
Çok Zor	Kontrollerde keşfedilmesi çok zordur.				Rastgele ya da dolaylı bit kontrol mevcuttur.	9
Zor	Kontrollerde keşfedilmesi zordur.				Yalnızca göz ile kontrol yapılmaktadır.	8
Çok Az	Kontrollerde keşfedilmesi çok azdır.				İki defa göz ile kontrol yapılmaktadır.	7
Az	Kontrollerde keşfedilmesi azdır.				İPK gibi metotlarla kontrol yapılmaktadır.	6
Orta	Kontrollerde keşfedilmesi ortadır.				Üretim sonrası ölçüm ekipmanları ile kontrol yapılmaktadır.	5
Ortanın Üstü	Kontrollerde keşfedilmesi ortanın üstüdür.				Hata bir sonraki adımda fark edilebilir veya ayar parçasında fark edilmektedir.	4
Yüksek	Kontrollerde keşfedilmesi yüksektir.				Hata mevcut operasyonda ya da bir sonraki adımda tespit edilmektedir. Uygunsuz parçalar reddedilmektedir.	3
Çok Yüksek	Kontrollerde keşfedilmesi çok yüksektir.				Hata mevcut operasyonda tespit edilmektedir. Hatalı parça bir sonraki adıma geçemez (Otomatik ölçüm ve durma).	2
Neredeyse Kesin	Kontrollerde keşfedilmesi neredeyse kesindir.				Süreç sıfır hata ile ilerlemektedir.	1

Saptanabilirlik derecelendirmesi yapılırken HTEA uygulama ekibi ile beyin fırtınası yapılmakta ve kişilerin denetimlerinden yararlanılmaktadır.

#### 4.2.3.4. Risk Öncelik Sayısının Hesaplanması

Risk Öncelik Sayısı (RÖS), her bir olası hata türü için olasılık, şiddet ve saptanabilirlik derecelerinin çarpımı sonucu elde edilmektedir. RÖS hata türlerinin önemini göstermektedir. RÖS, çarpma ve toplama olmak üzere iki şekilde hesaplanmaktadır;



- Risk Öncelik Sayısı = Olasılık \* Şiddet \* Saptanabilirlik (RÖS = O \* Ş \* S)
- Risk Öncelik Sayısı = Olasılık + Şiddet + Saptanabilirlik (RÖS = O + Ş + S)

RÖS değerinin hesaplanmasından yaygın olarak çarpma işlemi kullanılmaktadır [37].

#### 4.2.3.5. HTEA Formu

HTEA uygulamaları, form üzerinde kayıt altına alınarak yapılmaktadır. Tutulan bu kayıt uygulama ile ilgili önemli bilgileri kapsamaktadır. Ayrıca HTEA formu tüm personele bilgi aktarımı yapılabilecek ortak bir iletişim aracı durumundadır. Bir HTEA formunda yer alması gereken temel başlıklar şu şekildedir;

- |                                    |                               |
|------------------------------------|-------------------------------|
| • HTEA Türü                        | • Şiddet                      |
| • HTEA Numarası                    | • Olasılık                    |
| • HTEA Sorumlusu                   | • Saptanabilirlik             |
| • HTEA Uygulanacak Süreç/Ürün İsmi | • Mevcut Kontrol              |
| • HTEA Tarihi                      | • RÖS                         |
| • Hazırlayan İsmi                  | • Önleyici Faaliyet           |
| • Revizyon Numarası                | • Önleyici Faaliyet Sorumlusu |
| • Proses Adımı                     | • Hedef Olasılık              |
| • Proses Alt Adımı                 | • Hedef Saptanabilirlik       |
| • Potansiyel Hata Türü             | • Yeni Olasılık               |
| • Potansiyel Hata Etkisi           | • Yeni Saptanabilirlik        |
| • Potansiyel Hata Nedeni           | • Yeni RÖS                    |

#### 4.2.4. Risk Öncelik Sayısının Değerlendirilmesi

RÖS değerlerinin tespit edilmesinin ardından kritiklik değerlerine göre sıralanmakta ve daha sonra bu sıralama doğrultusunda önlem alınması gereken hata türleri belirlenerek mevcut ya da olası hata türlerinin meydana gelmemesi için alınması gereken önlemler sunulmaktadır.

#### 4.2.4.1. Önlem Alınacak Hata Türlerinin Belirlenmesi

Tespit edilen RÖS değerleri doğrultusunda önceliklendirilen hata türlerinden hangileri için önlem alınacağına karar verilmektedir. Önlem alınacak olan hata türlerinin belirlenmesinde farklı metotlar uygulanabilmektedir, bunlar aşağıdaki gibidir [47];

- İlk iki RÖS değerine sahip hata türü incelenir,
- İlk üç RÖS değerine sahip hata türü incelenir,
- Hata türleri içerisinde en yüksek RÖS değerine sahip %25 incelenir,
- Bir seviye belirlenir ve bu sınırın üzerinde olan RÖS değerine sahip hata türleri incelenir. Bu sınır en yüksek RÖS değerine bağlı olmakla beraber 100-150 olabilmektedir,
- Şiddet ve RÖS değerlerinin karşılaştırılmasına göre aşağıdaki çizelge yardımı ile incelenecek hata türü belirlenebilir.

Aşağıda yer alan Çizelge 4.5'te önlem alınacak hata türlerine ilişkin şiddet dereceleri ve RÖS değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 0.5. Şiddet-RÖS karşılaştırması.

Şiddet	RÖS $\geq$
10	40
8 – 9	90
5 – 6 – 7	120
1 – 2 – 3 – 4	150

Çizelgede belirtildiği gibi eğer hata türünün şiddet derecesi 10 ise RÖS değeri 40'a eşit ve 40 üzeri olması ilgili hata türü için durumunda önlem alınmalıdır.

RÖS değerleri karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmaktadır [55].

- RÖS  $\leq$  40 Risk Yok
- $40 \leq$  RÖS  $\leq$  100 Risk Belirsiz
- RÖS  $\geq$  100, O  $\geq$  9, Ş  $\geq$  9, S  $\geq$  9 Risk Var

RÖS değeri aynı olan birden fazla hata türünün olması durumunda, ilk olarak şiddet derecesi daha sonra saptanabilirlik derecesi yüksek olan hata türü değerlendirilmelidir [37].

#### 4.2.4.2. Düzeltici Önlemlerin Belirlenmesi

Düzeltici önlemler/önleyici faaliyetler; mevcut ya da olası hata türlerine sebep olan hata nedenlerinin ortadan kaldırılması veya etkilerinin en aza indirgenmesi amacı ile yapılacak olan faaliyetlerdir. Önleyici faaliyetler ile hata türlerine ait risk değerlerinin indirgenmesi hedeflenmiştir, bu doğrultuda hem olasılık hem de saptanabilirlik değerinin düşürülmesi için önlemler alınmaktadır.

Olasılık derecesinin düşürülmesi için alınacak önlemler aşağıda yer almaktadır [27];

- Plan yapılmalıdır,
- Eğitim verilmelidir,
- İlgili yerlere talimatlar yerleştirilmelidir,
- Çevre koşulları sağlanmalıdır.

Saptanabilirlik derecesinin düşürülmesi için alınacak önlemler aşağıda yer almaktadır [62];

- Kontrol periyotları artırılmalıdır,
- Kontrol metodu daha güvenilir bir hale getirilmelidir,
- Hatalı ürünün bir sonraki adıma geçmesini önleyecek sistem kurulmalıdır.

Şiddet derecesinin düşürülmesi için sistem ya da ürünün yeniden tasarımı yapılmalıdır fakat her yeniden tasarım şiddet derecesini düşüremeyebilir.

Uygulanacak olan önleyici faaliyetlere HTEA ekibi ile karar verilmektedir ve bu karar verilirken faaliyetin kim tarafından uygulanacağına ne zaman başlanılacağına ve etkinlik takibinin ne zaman yapılacağına da karar verilmektedir.

#### **4.2.5. Önleyici Faaliyetlerin Uygulanması ve Yeni RÖS Değerlerinin Hesaplanması**

Alınan karar doğrultusunda belirtilen zamanda ilgili personel tarafından önleyici faaliyetler uygulamaya konulmaktadır. Bu aşamada HTEA uygulaması aktif olarak devam etmekte ve RÖS değerleri hesaplanmaktadır. Kontrol altında tutulan kritik RÖS değerleri istenilen seviyeye gelinceye kadar sonuçlar incelenmektedir. RÖS değerlerinin istenilen seviyeye getirilmesi ile birlikte yeni hata türleri ele alınmaktadır ve HTEA uygulaması dinamik olarak devam etmektedir [43].



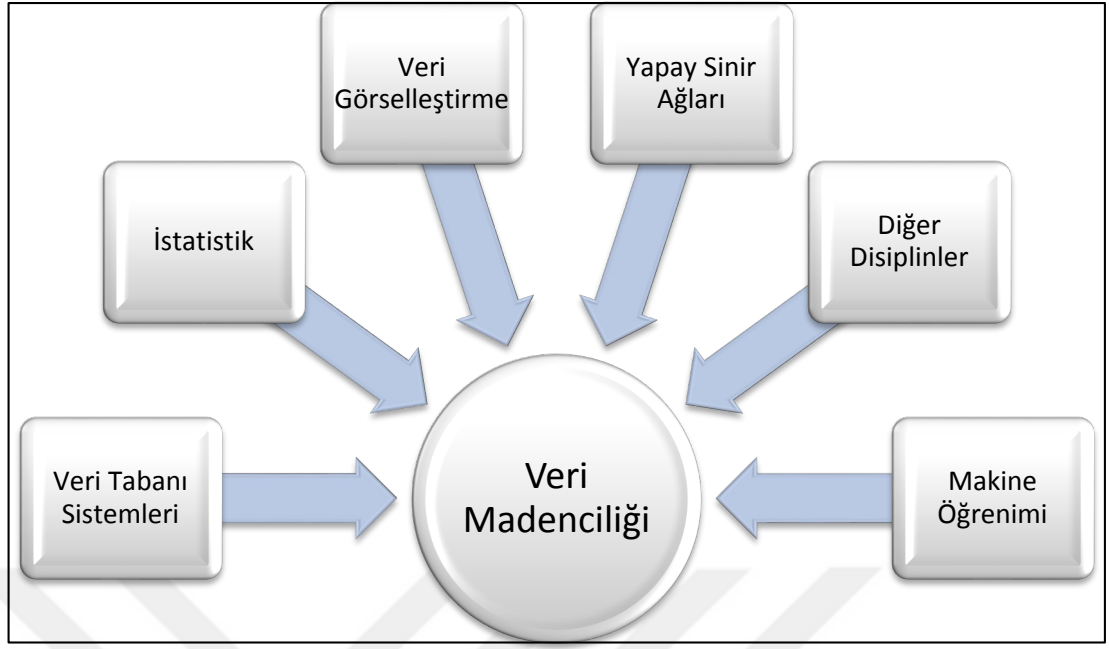
## BÖLÜM 5

### VERİ MADENCİLİĞİ

Teknolojinin hayatımıza daha çok dâhil olması ile birlikte bankalar, hastaneler, belediyeler, özel hayatımızda ticari olarak yapılan her işlem sayısal olarak veri tabanlarında kayıt altına alınmaya başlanmıştır. Günlük hayatımızda yolda yürürken, alışveriş merkezlerinde gezerken kamera ile kayıt altına alınan görüntüler bile veri tabanı oluşturmaktadır [65]. Veri tabanlarında toplanan veriler terabaytlarla ifade edilmektedir [66]. IDC büyük veri ve iş analitiği forumunun verilerine göre 2020 yılında dünya genelinde oluşacak veri 35 ZetaByte'dır. Veriler, büyük veri yığınları halinde sürekli olarak depolanırken içlerinde barındırdığı anlamlı bilgiler bilinmemektedir [65]. Veri sayıları sürekli olarak artarken bu artışla eş doğrultuda depolanan tüm bu verilerin bilgiye dönüştürülmesi ihtiyacı artmaktadır [66]. Veri madenciliğinin meydana gelmesi, büyük veri yığınlarından anlamlı bilgiler elde etme isteğine dayanmaktadır [67].

Veri madenciliği başlı başına büyük bir disiplindir fakat buna rağmen veri tabanlarında bilgi keşfi olarak adlandırılan sürecin bir parçasıdır. Veri tabanından bilgi keşfi, veriden yararlı bilgi çıkarma sürecidir. Farklı türlerde depolanan veriler bu süreçte veri madenciliği tekniği ile anlamlı hale getirilmeye çalışılmaktadır. Veri madenciliği istatistik, yapay zekâ ve makine öğrenme bilimi üzerine kurulmuş bir disiplindir. Veri madenciliği araç ve metotları istatistiksel teknikler üzerine kurulmuştur. Yapay zekâ ise istatistikten farklı metotlarla insan gibi düşünme prensibini esas alarak problemlerin çözümüne katkı sağlamaktadır. Üçüncü bilim olan makine öğrenimi, bilgisayar sistemlerinde istatistiksel ve yapay zekâ algoritmalarını kullanarak mevcut verilerin analizine ve bu analiz sonucu kararlar alınmasına imkân tanımaktadır [65].

Veri madenciliğinin diğer bilimlerle ilişkisi aşağıda Şekil 5.1'de yer almaktadır.



Şekil 0.1. Veri madenciliğinin diğer bilimlerle ilişkisi

Veri madenciliği, istatistik, yapay zekâ ve makine öğrenimi üzerine kurulmuş olsa da veri görselleştirme, veri tabanı sistemleri, algoritmalar ve daha birçok disiplinle ilişki içerisindedir.

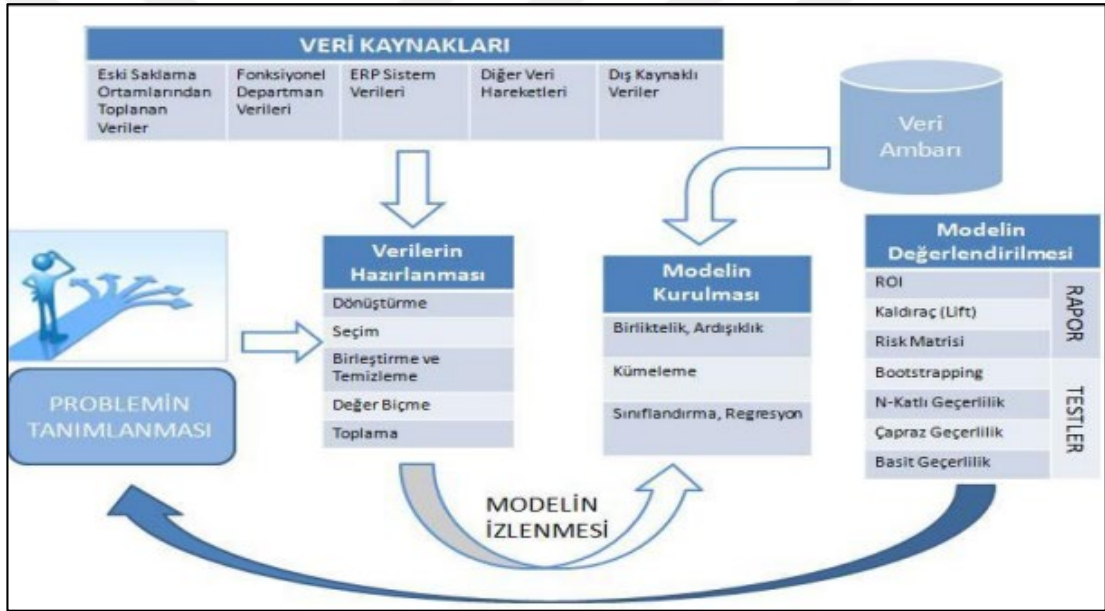
## 5.1. VERİ MADENCİLİĞİ KAVRAM VE SÜRECİ

Veri madenciliği kavramının anlaşılabilmesi için veri ve madencilik kelimelerinin yalın halleri anlaşılmalıdır. Madencilik; yeryüzünün gizli ve değerli kaynaklarının ortaya çıkarılması iken veri sözcüğü ile birlikte değerlendirildiğinde veri yığınları içerisinde dikkat çekmeyen değerli bilgilerin tespit edilmesi ve ortaya koyulması düşüncesini akla getirmektedir [68].

Veri madenciliği genel tanımı ile verilerden bilgi elde etme amaçlı kullanılan bir tekniktir. Literatürde de veri madenciliği üzerine birçok tanımlamalar yapılmıştır bu tanımlardan bazıları şu şekildedir; Veri madenciliği, daha önce bilinmeyen, anlaşılır ve işlem yapılabilir bilgileri büyük veri tabanlarından çıkarmak ve önemli iş kararları almak için kullanma sürecidir [69].

Veri madenciliği, büyük veri yığınları içerisinde yer alan, bilinmeyen, standart tekniklerle görülmeyen ve alışlagelmemiş ilişkileri, örüntüleri, belirli yapıları ve eğilimleri ortaya çıkarmak amacıyla istatistik, matematik, makine öğrenimi ve bilgisayar uygulamaları alanlarının birleşim tekniklerini kullanarak analiz edilmesi ve sonuçların anlamlı bir şekilde özetlenmesi ve görselleştirilmesi işlevidir [68].

Veri madenciliği uygulamalarında her işletme/kurum kendi süreçleri doğrultusunda hareket etmelidir fakat başarılı bir veri madenciliği için uygulamanın amacı kesin bir şekilde belirtilmelidir. Veri madenciliği hangi amaç için yapılırsa yapılsın aşağıda Şekil 5.2’de yer alan süreçlerden geçmek zorundadır.



Şekil 0.2. Veri madenciliği süreci.

Veri madenciliği süreci; problemin belirlenmesi, verilerin anlaşılması ve hazırlanması, modelleme, modelin değerlendirilmesi ve model sonucunda elde edilen bulgunun sunulması ve modelin izlenmesi aşamalarını içermektedir. Veri madenciliği aşamalarına aşağıda başlıklar halinde kısaca değinilmiştir.

### 5.1.1. Problemin Belirlenmesi

Problemin belirlenmesi süreci, veri madenciliğinin amacını, mevcut sürecin değerlendirilmesini ve uygulama sonucunun hangi durumlarda kullanılacağına karar

verilmesini kapsamaktadır. Özetle problemin belirlenmesi; ele alınan probleme dair yapılacak olan işin hedeflerinin ve gereksinimlerinin araştırılarak, veri madenciliğinin bunları karşılamak için uygulanıp uygulanmayacağına karar vermek ve değerlendirmelerin sonucunda kullanılabilir faydalı bir model oluşturmak için ne tür verilerin toplanabileceğinin belirlenmesidir [70].

Veri madenciliği uygulamalarında karşılaşılan başarısızlıklar çoğu zaman problemin amacının net bir şekilde ifade edilmemesinden kaynaklanmaktadır [71].

### **5.1.2. Verilerin Anlaşılması ve Hazırlanması**

Verilerin anlaşılması ve hazırlanması, modelin kurulması üzerinde çok büyük etkiye sahiptir bu sebeple oldukça önemlidir ve gerektiği takdirde tekrar tekrar yapılabilmektedir. Bu aşamada verilerin toplanması, temizlenmesi, birleştirilmesi, dönüştürülmesi ve indirgenmesi işlemleri yapılmaktadır. Verilerin anlaşılması ve hazırlanması sürecinde gerçekleştirilen işlemler aşağıda başlıklar halinde kısaca özetlenmiştir [65, 67].

#### **5.1.2.1. Verilerin Toplanması**

Belirlenen probleme ilişkin ihtiyaç duyulan verilerin güvenilir olan veri kaynaklarından çekilmesidir. Bu aşamada elde edilen veriler işlenmemiş ham verilerdir.

#### **5.1.2.2. Verilerin Temizlenmesi**

Toplanan ham veriler içerisinden eksik ya da hatalı olan, problem ile ilişkisi bulunmayan ve aşırı uç değerlere sahip veriler veri setinden çıkarılmaktadır veya eksik değerler doldurulmakta, değişkenin ortalama değeri verilmekte, regresyon ya da karar ağacı teknikleri ile eksik veriler tahmin edilerek düzeltilebilmektedir. Veriler bilginin kalitesini ve modelin güvenilirliğini belirlemektedir.



### **5.1.2.3. Verilerin Birleştirilmesi**

Birkaç farklı veri kaynağından elde edilen verilerin tek bir yerde bütünleştirilerek modele uygun örneklem kümesinin elde edilmesi işlemidir. Verilerin birleştirilmesi işlemi aynı standartta olmayan ya da aynı veri tabanından çekilse bile zaman içerisinde değişikliğe uğramış olan veriler sorun çıkaracaktır bu tür durumların önüne geçebilmek adına “meta veri” kullanılmalıdır. Meta veri, mevcut veriler hakkında tüm detaylara sahiptir.

### **5.1.2.4. Verilerin Dönüştürülmesi**

Verilerin, veri madenciliği modeli için içeriğinin korunarak şeklinin uygun forma getirilmesi işlemidir. Dönüştürme esnasında verilerde düzeltme, birleştirme, genelleştirme ve normalleştirme yapılmaktadır.

### **5.1.2.5. Verilerin İndirgenmesi**

Veri madenciliği sonucunun olumsuz yönde değişmeyeceği şekilde fazla değişkenlerin önem sıralamasına göre faktör analizi, temel bileşenler analizi gibi yöntemlerle azaltılmaya çalışılmasıdır. Bu sayede oluşturulan model daha sağlıklı ve daha güvenilir sonuçlar vermektedir. Veri küpü, veri sıkıştırma, nitelik birleştirme, boyut indirgeme vb. teknikler verilerin indirgenmesine yönelik tekniklerden bazılarıdır.

### **5.1.3. Veri Madenciliği Modelinin Kurulması**

Belirlenen probleme ilişkin doğruluk oranı en yüksek sonucu veren veri madenciliği modelinin bulunabilmesi, birden çok modelin kurularak denemesi ile mümkündür. Bu sebeple modelin kurulması süreci de verilerin hazırlanması süreci gibi optimum sonucu verdiğini düşündüğümüz zamana kadar tekrar edilen süreçlerdir. Model kurulduktan sonra kullanılacak olan veri madenciliği algoritmasının gereksinimleri doğrultusunda verilerin hazırlanması sürecine tekrar dönerek birtakım değişikliklerin yapılması gerekebilmektedir [72].

Veri madenciliğinde kurulabilecek olan modellere ilişkin bilgiler 5.2. Veri Madenciliği Modelleri'nde anlatılmıştır.

#### **5.1.4. Modelin Değerlendirilmesi ve Sonuçların Sunulması**

Kurulan veri madenciliği modelleri karşılaştırılarak optimum sonucu veren model seçilmektedir. Kurulan modele ilişkin doğruluk oranı ne kadar yüksek olursa olsun, model okururken kabul edilen varsayımlar ve bazen modelde kullanılan verilerin doğru olmaması sebebi ile gerçeği tam olarak yansıttığına dair garanti verilememektedir.

Problemin belirlenmesi sürecinde hangi amaç için model kurulmasına karar verildi ise bu doğrultuda model sonuçları değerlendirilmekte ve elde edilmiş olan bilgi çeşitli görselleştirme ve sunum araçları ile kullanıcılarına (ilgili kişi ve birimlere) sunulmaktadır[65].

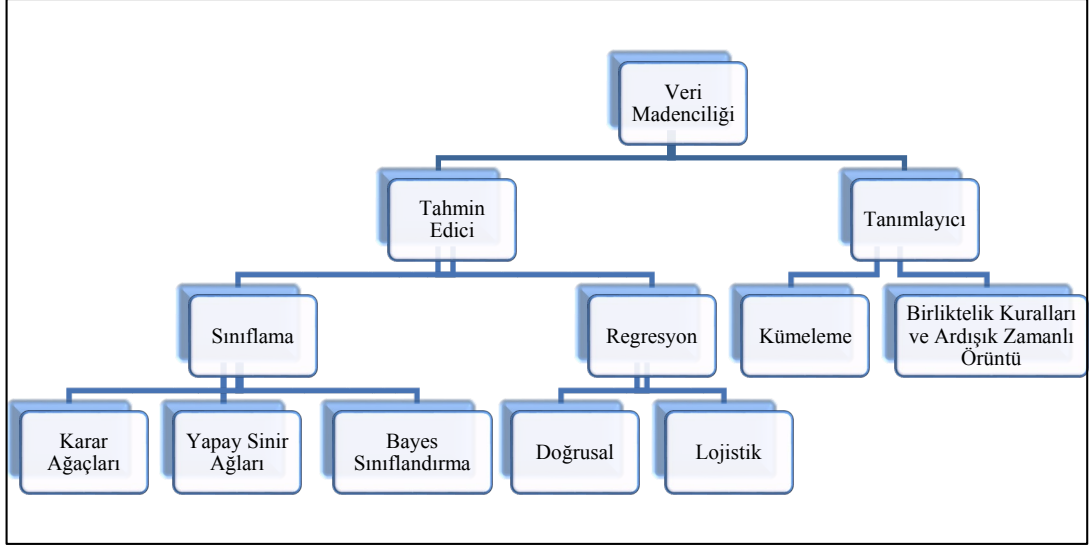
#### **5.1.5. Modelin İzlenmesi**

Zaman içerisinde bütün sistemlerde değişiklikler meydana gelmektedir bu durum veri madenciliğinde oluşturulan modelin ürettiği bilgilerde de görülebilmektedir bu sebeple kurulan model sürekli olarak izlenmeli ve gerektiği takdirde yeniden yapılandırılmalıdır [65].

## **5.2. VERİ MADENCİLİĞİ MODELLERİ**

Veri madenciliği konusunda çoğu istatistiksel tabanlı olmak üzere çok sayıda yöntem ve algoritma geliştirilmiştir. Veri madenciliği modelleri, tahmin edici ve tanımlayıcı amaçlı olmak üzere iki başlık altında ele alınmaktadır. Sınıflayıcı ve regresyon modelleri tahmin edici iken kümeleme, birliktelik kuralları ve ardışık zamanlı örüntü modelleri ise tanımlayıcı veri madenciliği modelleridir.

Veri madenciliği modelleri ilişkileri aşağıda Şekil 5.3'te görsel olarak gösterilmektedir.



Şekil 0.3. Veri madenciliği modelleri ilişkileri.

Tahmin edici modeller ile sonuçları bilinen verilerden yola çıkılarak bir model geliştirilmekte ve geliştirilen bu modelden yararlanılarak sonuçları bilinmeyen veri kümeleri için sonuç değerleri tahmin edilmektedir. Tanımlayıcı modeller ise karar vermeye rehberlik etmede kullanılacak mevcut verilerdeki örüntülerin tanımlanmasını sağlamaktadır [73].

Veri madenciliği modelleri işlevlerine göre üç başlık altında ele alınmaktadır;

- Sınıflama
- Kümeleme
- Birliktelik Kuralları ve Ardışık Zamanlı Örüntüler

### 5.2.1. Sınıflayıcı Modeller

Sınıflama, mevcut verilerden hareket ederek önemli veri sınıflarını ortaya koyan veya gelecek veri eğilimlerini tahmin eden modelleri kurabilen analiz metodudur [74].

Sınıflama modellerinde karar ağaçları, yapay sinir ağları, genetik algoritmalar bayes sınıflandırma algoritmaları, çoklu doğrusal regresyon analizleri kullanılmaktadır.



### 5.2.1.1. Karar Ağaçları

Model kurulmasının ve yapılan analiz sonucunda modelin yorumlanmasının kolay olması, veri tabanı sistemleri ile kolay entegre edilebilmeleri ve güvenilirliklerinin tahmin edici düzeyde olması nedeni ile sınıflama modelleri içerisinde en yaygın kullanıma sahip ağaç görünümünde tahmin edici bir tekniktir. Karar ağacı, bağımlı değişken üzerindeki farklılıkların maksimize edilmesi amacı ile verilerin sıralı bir şekilde bölünmesini ifade etmektedir [75].

Karar ağacı, karar düğümleri, dallar ve yapraklardan meydana gelmektedir. Karar düğümleri; gerçekleştirilecek testi göstermektedir ve gerçekleştirilen test sonucunda ağaç veri kaybetmeden dallara ayrılmaktadır. Her düğümden test ve dallara ayrılma işlemleri gerçekleşmekte ve bu dallara ayrılma işlemi bir önceki seviyede gerçekleşen ayrımlara bağlıdır. Ağacın her bir dalı sınıflama işlemi tamamlamaya adaydır. Eğer bir dalın ucunda sınıflama işlemi gerçekleşmiyorsa karar düğümü oluşmaktadır fakat sınıflama işlemi gerçekleşiyorsa dalın sonunda yaprakta bulunmaktadır. Yaprak, veri üzerinde belirlenmek istenen sınıflardan biridir. Karar ağacı işlemi kök düğümünden başlayarak yukarıdan aşağıya doğru yaprağa ulaşana dek ardışık düğümleri takip ederek gerçekleşmektedir [76].

CRT (Classification and Regression Tree), C5.0, CHAID (Chi-Squared Automatic Interaction Detector), QUEST (Quick, Unbiased, Efficient, Statistical Tree), SLIQ algoritmaları IBM SPSS Modeler programına ilişkin karar ağacı algoritmalarından bazılarıdır. Bu algoritmalar aşağıda kısaca anlatılmıştır.

- **CRT Algoritması:** Bağımlı değişken kategorik ise sınıflandırma, bağımlı değişken sürekli ise tahminleme modeli kurmaktadır. Modelin doğruluğu; kategorik bağımlı değişkenler olduğu zaman doğru tahmin edilen kayıtların oranı ile kategorik değişkenler sürekli olduğunda ise ortalama hata kareler yöntemi ile belirlenmektedir. CRT algoritması iki düğüm oluşturarak bütün açıklayıcı değişkenleri kullanıp veriyi alt gruplara ayırmak üzerine kurulmuştur. Budama işlemi ise ağacın karmaşıklık ölçüsüne dayanmaktadır [77].

- **C5.0 Algoritması:** Hem kategorik hem de sürekli veri türleri üzerinde sınıflama uygulaması imkânı sunmaktadır. Düğümlerden çıkan çoklu dallar ile karar ağacı oluşturulmaktadır. Dalların sayısı tahmin edicinin kategori sayısı ile aynıdır. Tek bir sınıflayıcıda birden çok karar ağacını birleştirmekte ve ayırma işlemi için bilgi kazancı kullanılmaktadır. Budama işlemi ise her yapraktaki hata oranına dayanmaktadır [65].
- **CHAID Algoritması:** CHAID algoritması, sürekli ve kategorik tüm veri türleri üzerinde uygulama yapabilmesi sebebi ile yaygın olarak kullanılmaktadır. Optimal bölünmelerin teşhisi için ki-kare istatistiğini kullanan bir algoritmadır. Dalların sayısı iki ile tahmin edicinin kategori sayısı arasında değişkenlik göstermektedir [77].
- **QUEST Algoritması:** İkili karar ağacı yapısı kullanan bir sınıflandırma algoritmasıdır. QUEST algoritması, ağacın dallanması sırasındaki önyargılı seçimin daha genel hale getirilmesi ve hesaplama maliyetinin düşürülmesi amacı ile geliştirilmiştir. Genel olarak bu algoritma; hızlı, tarafsız, etkili istatistiksel ağaç olarak bilinmektedir [73].
- **SLIQ Algoritması:** Hem sürekli hem de kategorik verilerin sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. Hızlı ölçeklenebilir bir sınıflayıcıdır. Hızlı ağaç budama algoritması mevcuttur [78]

J48 algoritması ise WEKA programına ilişkin karar ağacı algoritmasıdır ve aşağıda kısaca anlatılmıştır [79].

- **J48 Algoritması:** C4.5 karar ağacı algoritmasının WEKA veri madenciliği programı için uyarlanmış sınıflandırma amaçlı kullanılan bir karar ağacı algoritmasıdır. WEKA paket programında bilinen sınıflandırma algoritmalarına göre doğruluğu en yüksek sınıflandırma algoritmasıdır

### 5.2.1.2. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, sınıflandırma, tahminleme ve kümeleme için kullanılabilen genel amaçlı ve güçlü algoritmalarıdır. İnsanlar tarafından gerçekleştirilmiş örnekleri

kullanarak olayları öğrenebilen, dışarıdan gelen olaylara karşı nasıl tepkiler ortaya koyabileceğini tespit edebilen bilgisayar sistemleridir.

Yapay sinir ağları kavramı, beynin çalışma prensiplerinin bilgisayarlar üzerinde kurgulaması mantığı üzerine oluşmuş ve ilk çalışmalar beyindeki nöronların matematiksel olarak modellenmesi üzerine yoğunlaşmıştır.

Klasik problem çözme tekniklerinden farklı olarak yapay sinir ağlarında çok sayıda problem çok hızlı bir şekilde çözülebilmektedir. Aynı anda çalışabilme özelliğinin yanı sıra birbirinden bağımsız olaraktan çalışabilen yapay sinir hücrelerinden herhangi birindeki problem ağın geri kalanını etkilememektedir. Bir yapay sinir ağının başlıca görevi, kendisine tanıtılan bir veri setine karşılık gelebilecek bir çıktı seti ortaya koymaktır.

Yapay sinir ağları, çok boyutlu, gürültülü, karmaşık, kesin olmayan, eksik verilerin olması ve problem çözümü için tanımlanmış bir matematiksel modelin bulunmaması durumunda yaygın olarak kullanılmaktadır [65].

### **5.2.1.3. Genetik Algoritmalar**

Genetik algoritmalar, biyolojik işlemlerden esinlenerek sınıflama işlemlerini gerçekleştiren çok değişkenli fonksiyonların optimizasyonu amaçlı bir makine öğrenimi metodudur. Yapay sinir ağları ile birlikte kullanılan uygulamalarda başarılı sonuçlar vermektedirler. Fakat olumsuz yönlerine değinilirse kompleks yapıdaki problemlerin genetik kodlaması zordur ve bunun yanında ortaya çıkan sonucunda optimal olduğuna dair bir kesinlik yoktur [80].

### **5.2.1.4. Naive-Bayes Algoritması**

Kategorik verilerin sınıflandırılmasında kolay ve hızlı bir metottur. Naive-Bayes algoritmasında, bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkenler üzerindeki etkileri bir araya getirilerek yeni bir durum sınıflandırması yapılmaktadır. Naive-Bayes algoritması ile sınıflandırma iki adımda gerçekleşmektedir. İlk olarak tahmin için

kullanılacak bir model oluşturulmakta ve daha sonra oluşturulan model sınıfı belli olmayan veriler üzerinde uygulanarak sınıflar tahmin edilmektedir [81].

#### **5.2.1.5. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi**

Bir veya birden fazla değişkenin, başka değişkenler cinsinden tahmin edilmesi için ilişkilerin bulunması ve tanımlanması regresyon analizidir. Regresyon analizinde veriler arasındaki ilişki bir bağımlı değişken ve bir ya da daha fazla bağımsız değişkenden oluşan matematiksel bir fonksiyon şeklindedir. Değişkenler sayılabilir ya da ölçülebilir özellikte olabilir. Tek değişkenli modeller basit doğrusal regresyon olarak isimlendirilirken birden fazla bağımsız değişkenli modeller ise çoklu regresyon modelleri olarak adlandırılmaktadır [65].

#### **5.2.2. Kümeleyici Modeller**

Kümeleme yöntemi, büyük veri kümelerinin anlamlı şekilde bölünerek alt kümelerine ayrıldığı ve benzer grupların bir arada ele alındığı bir süreçtir. Kümeleme yönteminde bir çıktı değişkeni bulunmamaktadır bu sebeple denetimsiz öğrenme metodu olarak geçmektedir.

Kümeleme yöntemlerinde sınıflandırma modellerinden farklı olarak veri sınıfları bulunmamaktadır. Kümeleme analizinde sınıfları bulunmayan veriler gruplar halinde kümelere ayrılmaktadırlar.

Kümeleme analizinin kullanılmasındaki amaç birimleri değişkenler arası benzerlik ya da farklılıklara dayalı olarak hesaplanan bazı ölçülerden yararlanılarak homojen gruplara bölmek ve belirli prototipler tanımlamaktır [82].

#### **5.2.3. Birliktelik Kuralları ve Ardışık Zamanlı Örüntüler**

Veri tabanı içerisinde bulunan verilerin birbirleri ile olan ilişkilerini analiz ederek birlikte gerçekleşme ihtimali olan olayları tespit etmeye çalışan veri madenciliği



metotlarıdır. Birliktelik kuralı, veri tabanı içerisinde belirli nesnelere birlikte görülme olasılığının ifadesidir.

Birliktelik kuralları uygulamalarında büyük veri setlerinden örüntülerin çıkarılması yüksek maliyet ve fazla zaman gerektirmektedir ayrıca bulunan bazı örüntüler de güvenilir olmayabilir bu sebeple tespit edilen örüntülerin tekrar değerlendirmeye alınması gerekmektedir. [68]

### **5.3. VERİ MADENCİLİĞİ UYGULAMA ARAÇLARI**

Veri madenciliğinde amaç, önceden bilinmeyen ilişkileri aramak ve analiz için uygun yöntemleri karşılaştırmaktır. En uygun veri madenciliği aracı, en iyi veri madenciliği algoritmalarına sahip araç veya tahminde en iyi doğruluğu veren en gelişmiş araç olmayabilir.

Veri madenciliği aracını seçerken dikkat edilmesi gereken kriterler aşağıdaki gibidir[66];

- Kullanımının kolay olması,
- Uygun doğruluğu sağlaması,
- Bir veri madenciliği projesinde tüm yaygın görevleri uygulayabilmesidir.

Dünya’da en çok kullanılan veri madenciliği programlarından bazıları; IBM SPSS Modeler (Clementine), WEKA 3.6.5, SAS Enterprise Miner, Statsoft Statistica Data Mining & Predictive Analytics, Mozenda’s Data Mining Software, RapidMiner, Tanagra, Oracle vb. şeklinde devam etmektedir.

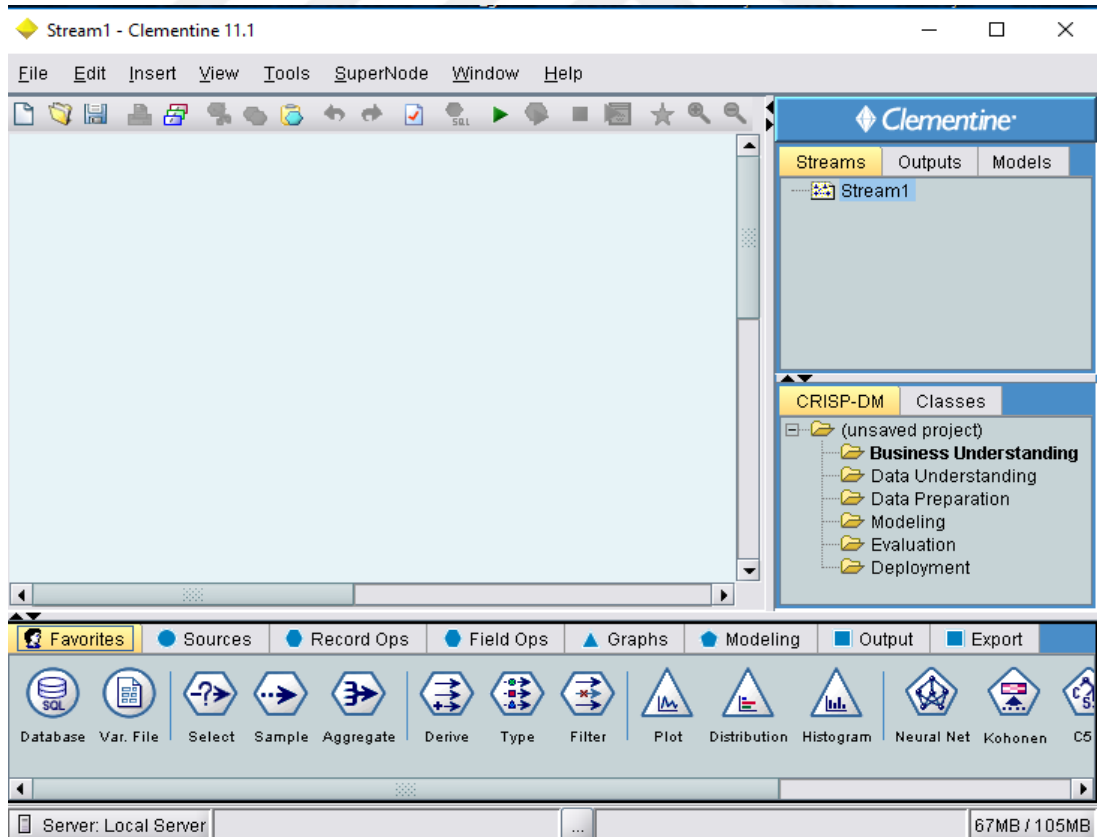
2012, 2013 yılı verilerine göre kullanım oranlarına bakıldığında açık kaynak kodlu yani ücretsiz veri madenciliği programlarının ilk sıralarda olduğu ticari programların ise daha gerilerde olduğu görülmektedir. WEKA programının 2013 yılında kullanım oranı %14,3 iken IBM SPSS Modeler programının 2013 yılında kullanım oranı %6,1’dir [65].

Veri madenciliği paket programlarından IBM SPSS Modeler (Clementine) ve WEKA 3.6.5 hakkında aşağıda kısaca bilgi verilmiştir.

### 5.3.1. IBM SPSS Modeler (Clementine)

1980’li yıllardaki çeşitli bilimsel programlama araçları tarafından kullanılan grafik programlama yaklaşımını kullanan ilk veri madenciliği aracıdır [83]. İngiltere’de geliştirilen IBM SPSS Modeler, uzun süredir kullanılmakta ve içerisindeki algoritmaları günden güne geliştirilmektedir. IBM SPSS Modeler; karar ağaçları, faktör, regresyon analizi gibi analizleri gerçekleştiren, yapay sinir ağlarını kullanabilen ve veri tabanına kolayca erişim sağlayabilen bir araçtır [66].

IBM SPSS Modeler programına ilişkin ekran görüntüsü aşağıda Şekil 5.4’te yer almaktadır.



Şekil 0.4. IBM SPSS Modeler çalışma ekranı görüntüsü.

IBM SPSS Modeler programı diğer veri madenciliği araçlarına göre görsel açıdan daha iyi düzeydedir. Çalışma ekranında nesnelere sürükleyip bırak özelliği ile yerleştirme işlemi ve nesnelere birbirine bağlama işlemi kolaylıkla yapılabilmektedir [65]

IBM SPSS Modeler veri madenciliği aracının avantajlarına aşağıda kısaca değinilmiştir [83];

- Çok çeşitli veri madenciliği algoritmaları bulunmaktadır,
- Kayıp gözlem tahminini ve veri kalitesinin kontrolünü sağlamaktadır,
- Veri madenciliği algoritmaları içerisine yerleştirilmiş güçlü, optimum parametreyi inceleyen programlar bulunmaktadır,
- Bir modelleme algoritmasına ilişkin sonuçların farklı bir modelleme algoritmasında girdi olarak kullanılabilmesi için kuvvetli meta-öğrenme modelleri kurulabilmektedir,
- Kompleks değişken süreçleri için güçlü bir yazı dili mevcuttur,
- Kullanımı kolaydır.

IBM SPSS Modeler veri madenciliği aracının dezavantajlarına aşağıda kısaca değinilmiştir [72];

- Diğer veri madenciliği programlarına oranla daha az sayıda betimsel istatistik ve parametrik çözümler içermektedir,
- Diğer programlara göre daha zayıf betimsel istatistik ve grafikler içermektedir.

### **5.3.2. WEKA 3.6.5**

İçeriğinde birçok veri madenciliği uygulama algoritması bulunduran WEKA 1999 yılında (Waikato Environment for Knowledge Analysis), Yeni Zelanda'daki Waikato Üniversitesi tarafından Java programlama dili kullanılarak oluşturulmuştur. WEKA, sınıflama, dönüştürme, kümeleme, ilişki kuralı oluşturma ve görüntüleme özelliklerine sahiptir [72].

WEKA'nın gelişmesi ve yaygın olarak kullanılan bir veri madenciliği aracı olmasındaki en önemli faktör, açık kod yani ücretsiz olmasıdır [66].

WEKA, ham verilerin işlenmesi, öğrenme yöntemlerinin istatistiksel bir şekilde yorumlanması, ham veriden oluşturulan modelin görsel olarak izlenmesi gibi veri madenciliğine ilişkin tüm faaliyetleri yerine getirmektedir [83].

WEKA programına ilişkin ekran görüntüsü aşağıda Şekil 5.5'te yer almaktadır.



Şekil 0.5. WEKA çalışma ekranı görüntüsü.

WEKA'da algoritmalar veri setlerine direkt olarak uygulanabildiği gibi kullanıcıların kendi Java kodları içerisinde de çağırılabilir. Herhangi bir text dosyasında yer alan veriler WEKA ile işlenememektedir. Verilerin .arff, ya da .csv formatlarında olması gerekmektedir. [84]

## BÖLÜM 6

### LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Geçmişten günümüze üretim yapan işletmeler ürün ve süreç kalitelerini iyileştirmek ve meydana gelen hataların tekrarlanmaması amacı ile çeşitli yöntemlerden yararlanmışlardır. İmalat işletmelerinde hataların önlenmesi ve yok edilmesi ya da azaltılması ile ilgili yapılan çalışmalardan bazıları geçmişten günümüze sıralı bir şekilde aşağıda Çizelge 6.1’de verilmektedir ve çizelgede yer alan çalışmaların bir kısmı kısaca anlatılmıştır.

Hataların analizi ve yok edilmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda genellikle istatistiksel proses kontrol teknikleri, HTEA, yalın üretim yaklaşımı, altı sigma tekniği, deney tasarımı tekniği kullanılmıştır. Ele alınan çalışmalarda teknikler tek başlarına değil birbirleri ile entegre bir şekilde de kullanılmaktadır.

Çizelge 0.1. Literatür araştırması.

Kişi/Kişiler	Tarih	Çalışmanın İsmi	Amaç	Teknik	Sonuç
Renn, L. M.	1985	Implementation of Statistical Process Controls in the Manufacture of Magnet Wire	İşletmenin kalite ve verimliliğinin sürekli iyileştirilmesi ve rekabet edebilir düzeyde bir işletme olması amaçlanmıştır.	İstatistiksel Proses Kontrol	Hatalı ürünlerin önceki yıla oranla %60 azaldığı görülmüştür. Ayrıca müşteri şikâyetlerinin ve müşteri iadelerinin de azaldığı, müşterilerin daha yüksek oranlarda işler verdiği görülmüştür
Pantazopoulos, G. Tsinopoulos, G.	2005	Process Failure Modes and Effects Analysis (PFMEA): A Structured Approach for Quality Improvement in the Metal Forming Industry	Süreç hatalarını tespit etmek ve hata oluşma riskini en aza indirmek.	Süreç HTEA	İşletmede üç adet yüksek risk öncelik sayısına sahip hata türü mevcuttu bu hata türlerine önlemler alınmış ve kabul edilebilir seviyeye düşürülmüştür.
Aksoy, A. L.	2006	Orta Ölçekli Bir İşletmede Üretim Hatalarının Azaltılmasında Kalite Yönetim Sisteminin Uygulanması	ISO 9001:2000 kalite yönetim sistemi ile üretim hattında doğabilecek hataları tespit etmek ve iyileşme sağlamak.	ISO 9001:2000 Kalite Yönetim Sistemi	Makine, ürün tasarımı veya personel hatalarından doğan kayıplar tespit edilmiştir. Ham madde ve üretim kalitesinden ödün vermeden, maliyetler düşürülmüş, üretim hatalardan arındırılmış ve işlemler hızlandırılmış, tüketicinin isteklerine tüketicinin istediği zaman aralığında cevap verebilmeye başlanmıştır.
Vijayaram, T.R. Sulaiman, S. Hamouda, A. M. S. Ahmad, M. H. M.	2006	Foundry Quality Control Aspects and Prospects to Reduce ScrapRework and Rejection in Metal Casting Manufacturing Industries	Hurda ürünlerin ve ürünlerin yeniden işlenmesinin azaltılması amaçlanmıştır.	Gözlem ve inceleme	İşletme personelinin kaliteli ürün için dikkat etmeleri ve kendilerinin de kontrol ederek üretim yapmaları gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.
Zhen, H. Ershi, Q. Zixian, L.	2000	Quality Improvement Through SPC/DOE in Smt Manufacturing	Süreç kalitesinin analizi ve iyileştirilmesi.	İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri Deney Tasarımı	Süreç kalitesi iyileşerek Cp ile Cpk değerleri sırasıyla 1,77 ve 1,73'e yükselmiştir.

Çizelge 0.1. (devam ediyor).

Kişi/Kişiler	Tarih	Çalışmanın İsmi	Amaç	Teknik	Sonuç
Zeyveli, M. Selalmaz, E.	2008	İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin Zincir İmalatı Yapan Bir İşletmede Uygulanması	Hata sebeplerinin araştırılması amacı ile gerçekleştirilmiştir.	İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri	Hata kök sebepleri; kullanım ömrü sona ermiş imalat tezgahı, üretimde kullanılan diğer araç gereçlerin istenilen özellikleri sağlamıyor olması, ham malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki farklılıklar, üretim personeli hatası ve uygun olmayan ortam koşulları olarak tespit edilmiştir ve hataların önceden belirlenebilmesi amacı ile HTA uygulanması gerektiği önerisi sunulmuştur.
Murugaiah, U. Benjamin, J. S. Marathamuthu, S. M. Muthaiyah, S.	2009	Scrap Loss Reduction Using The 5-Whys Analysis	Kök neden analizi tekniğinin kullanılarak hurda ürünlerin azaltılması.	5 Neden Analizi	İmalat işletmesinde yapılan analiz ile hatanın meydana gelmesindeki kök sebep bulunarak yok edilmiş ve önlem alınmıştır bu sayede hatalar tamamen ortadan kalkmıştır. Ayrıca bu iyileşme sıfır maliyet ile gerçekleştirilmiştir.
Çevik, O. Aran, G.	2009	Kalite İyileştirme Sürecinde Hata Türü Etkileri Analizi (FMEA) ve Piston Üretiminde Bir Uygulama	Meydana gelebilecek hataların oluşmadan önlenmesi amaçlanmıştır	HTEA	Müşteri şikayetlerinde %47,4 oranında azalma görülmüştür ve RÖS değeri kabul edilebilir seviyede olmayan üç hata türünde sırası ile %62, %52,4 ve %52,4 oranlarında azalma görülmüştür.
Mittal, K. Kaushik, P. Khanduja, D.	2011	Evidence of APQP in Quality Improvement: An SME Case Study	Kalitenin iyileştirilmesi.	APQP (Gelişmiş Ürün Kalite Planlaması)	Takım değiştirme 140 saatten 96 saate düşürüldü ve EMB'nin tutulması için fikstürler önerildi. DPMO seviyesi 1,53 iken 2,98'e yükseldi Altı Sigma seviyesi ise 4.53 oldu.
Aytaç, E.	2011	Kalite İyileştirme Sürecinde Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Uygulama Örneği	İşletmelerin kendilerini farklılaştırarak rekabet ortamında ayakta kalabilmeleri; kalitenin yaratılması, korunması, geliştirilmesi ve iyileştirilmesi amaçlanmıştır.	Hata Türü ve Etkileri Analizi Bulanık Mantık Kalite Fonksiyon Yayılımı	Bulanık mantık yoluyla ürün geliştirme esnasında karşılaşılan kesin bilginin eksikliği ve her bir hata türüne ilişkin risk faktörlerine ait kesin değerlerin atanamaması sorunları giderilmiştir.

Çizelge 0.1. (devam ediyor).

Kişi/Kişiler	Tarih	Çalışmanın İsmi	Amaç	Teknik	Sonuç
Fore, S.	2011	Identifying Quality Improvement Opportunities in a Manufacturing Enterprise	Üretimi olumsuz etkileyen kalite sorunlarının tespiti.	Pareto Analizi	Kalite sorunları tespit edilmiştir ve bu sorunların meydana gelmemesi için eğitim verilmesi, tedarikçilerin değerlendirilmesi ve istatistiksel süreç kontrolünün benimsenmesi yönünde öneriler sunulmuştur.
Orbak, A. Y.	2012	Shell Scrap Reduction of Foam Production and Lamination Process in Automotive Industry	Hurda oranının azaltılması.	Altı Sigma	Hurda oranının %3,5 düştüğü ve uygulamanın finansal karının da yılda yaklaşık 45 bin dolar olduğu hesaplanmıştır.
Ghosh, S. Maiti, J.	2012	Data Mining Driven DMAIC Framework for Improving Foundry Quality – A Case Study	İşletmede üretim kalitesinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.	Altı Sigma Veri Madenciliği	Toplam hata oranı %10'un altına düşmüştür.
Çakmak, Z. Baş, M. Yıldırım, E.	2012	Gri İlişkisel Analiz ve Uyum Analizi ile Bir İşletmede Karşılaşılan Üretim Hatalarının İncelenmesi	Üretim sürecinde hatasız tek seferde doğru üretimin gerçekleşmesi ve bu doğrultuda kalitenin yükseltilmesidir.	Gri İlişkisel Analiz Uyum Analizi	Çalışma sonucunda uyum analizinin anlaşılır, kolay yorumlanabilir, görselliğe dayanan grafiksel sonuçlarının, başta üretim sürecinde çalışanlar olmak üzere yöneticiler ve tüm çalışanlara değerlendirme ve karar verme aşamasında yardımcı ve etkili olabileceği görülmüştür. Bu doğrultuda kalite ve kaliteyi sürekli iyileştirme gibi işbirliğine dayanan ve tüm işletme çalışanlarını yakından ilgilendiren konular için etkin bir yöntem olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.
Zerenler, M. Karaboğa, K.	2014	Müşteri Memnuniyetinin Sağlanmasında Hataların Önlenmesine Yönelik Üretim Odaklı Bir Bakış Açısı: Poka-Yoke Sistemleri	Üretim sürecinin ürünleri hatasız olarak üretmesi amaçlanmıştır.	Poka-Yoke	Poka-Yoke sistemleri, işletmelerde üretim sürecinde meydana gelme olasılığı olan hataların ortadan kaldırılmasını ve standartların uygunluğunu sağlayarak, müşteri memnuniyetinin artmasını ve maliyetlerin düşmesini sağlamaktadır.



Çizelge 0.1. (devam ediyor).

Kişi/Kişiler	Tarih	Çalışmanın İsmi	Amaç	Teknik	Sonuç
Gijo, E. V. Scaria, J.	2014	Process Improvement Through Six Sigma with Beta Correction: A Case Study of Manufacturing Company	Süreç iyileştirilmesi.	Beta Düzeltmeli Altı Sigma	Otomotiv parça imalat işletmesinde Altı sigma yaklaşımının uygulanması ile işlem kabiliyetine bağlı sorunlar azaltıldı ve verimlilik %94,68'dan %99,48'e yükseltildi. Beta düzeltme tekniğinin uygulanması ile şirketin karlılığı da yaklaşık 87 bin dolar karlılık sağlamıştır.
Jirasukprasert, P. Garza-Rayes, J. A. Kumar, V. Lim, M. K.	2014	A Six Sigma and DMAIC Application for the Reduction of Defects in a Rubber Gloves Manufacturing Process	İmalat sürecindeki ürün hatalarının azaltılması amaçlanmıştır.	Altı Sigma	Altı Sigma-DMAIC kullanılarak yapılan analiz sonucunda, fırın sıcaklığının ve konveyör hızının üretilen hatalı eldiven miktarını etkilediğini tespit etmişlerdir. Süreçlerde yapılan iyileştirme sonucunda sigma seviyesi 2,4'ten 2,9'a yükselmiştir.
Yee, T. M. Ahmed, S. Quader, M. A.	2014	Process Behaviour and Capability Analysis for Improvement of Product Quality in Car-Door Glass Manufacturing	Süreçlerin performanslarının araştırılması ve ürün kalitesinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.	İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri	Süreçlerde ürün kalitesine etki eden faktörler belirlenerek iyileştirme önerileri sunulmuştur.
Çağlar Akyüz, M. Kurt, M.	2016	Altı Sigma Yaklaşımı ve Savunma Sanayi Sektöründe Bir Uygulama	Kalitesizlik sorunlarının ortadan kaldırılması hedeflenmiştir.	Altı Sigma	Uygulama öncesi 1 sigma seviyesinde olan ve kalitesizlik maliyetlerinin yer aldığı işletmede uygulama sonrası 6 sigma seviyesine gelinmiştir.
Pavlickova, M. Bogdanovska, G.	2016	Evaluation of Inking Quality in Plastics Molding by Six Sigma Method	Kalitesinin değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi.	Altı Sigma İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri	Süreçlerde yapılan iyileştirme ile üretim maliyetlerinde azalma görülmüştür.
Khawar, N. Misbah, U. Adnan, T. Shahid, M. Rehman, A. Rashid, N. İftikhar, H.	2016	Optimization of Steel Bar Manufacturing Process Using Six Sigma	Süreçlerin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.	Altı Sigma	Süreç verimi %98,12'den %99,39'a ve sigma seviyesi de %3,57'den %4,00'e çıkmıştır.

Çizelge 0.1. (devam ediyor).

Kişi/Kişiler	Tarih	Çalışmanın İsmi	Amaç	Teknik	Sonuç
Furtado, J. Mastey, T. Menke, S.	2016	A Simulation Approach for Medical Manufacturing Process Improvement	Süreçlerin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.	Simülasyon	Bir ay içerisinde meydana gelen hata sayısını ve işletmenin hataları yok etmek için kaybettiği para belirlenmiştir. Üst yönetime uygulamaya devam edilirse iyileşme sağlanacağı önerisi sunulmuştur.
Kumar, D. Singh, R. Yadav, A.	2016	Process Improvement Through Six Sigma – A Case study of Agra Foundry	Dökümlerin kalitesinin iyileştirilmesi ve döküm işleminde meydana gelen hataların azaltılması amaçlanmıştır.	Altı Sigma Deney Tasarımı	Döküm kusurları ortalamasının %5,825'ten %3,27'ye indiği görülmüştür.
Banduka, N. Macuzic, I. Stojkic, Z. Bosnjak, I. Peronja, I.	2016	Using 80/20 Principle to Improve Decision Making at PFMEA	Hataların önlenmesi ve yok edilmesi amaçlanmıştır.	Proses HTEA Pareto Prensipli	Proses HTEA'da karar vermek için 80/20 kuralını kullanmanın, zaman ve maliyet açısından gözlemlendiğinde oldukça avantajlı olduğu öne sürülmüştür.
Tekin, M. Arslandere M.	2017	Üretimde Hata Önleme Aracı Olarak Poka-Yoke Sistemi ve Bir Uygulama Örneği	Üretim hatalarının önlenmesi hedeflenmiştir.	Poka-Yoke	Sisteme eklenen sensör ile hata oranı sıfıra düşürülerek sıfır hatalı üretim ve sıfır malzeme israfı hedefleri gerçekleştirilmiştir.
Yılmaz, S. Özdemir, Ö. Orhan, C. Firat, M.	2017	AHP Yöntemi ile Konut Sayaçlarında Hataya Sebep Olan Faktörlerin Önem Sıralarının Belirlenmesi	İçme suyu dağıtım sistemlerinde abone sayaçlarından kaynaklanan su kayıp hacminin azaltılması için sayaçların analiz edilmesi ve arızaya sebep olan faktörlerin belirlenmesi.	AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi)	Sayaç hataları üzerinde işçilik kalitesinin oldukça önemli olduğu söylenebilmektedir.
Sönmez, Y. Üngan, M. C.	2017	Hata Türü Etkileri Analizi ve Otomotiv Parçaları Üretiminde Bir Uygulama	Hataların önlenmesi konusunda yol gösterici olması amaçlanmıştır.	HTEA	HTEA'nın sürekli iyileştirme süreci olması gerektiği sonucuna ulaşılmış ve süreçlerde iyileşme sağlanmıştır.

Çizelge 0.1. (devam ediyor).

Kişi/Kişiler	Tarih	Çalışmanın İsmi	Amaç	Teknik	Sonuç
Lorenzi, C. I. Ferreira, J. C. E.	2018	Failure Mapping Using FMEA and A3 in Engineering to Order Product Development: A Case Study in The Industrial Automation Sector	Hatalı parça miktarını azaltmak için arıza analizini ve sorun giderme sürecini iyileştirmek.	HTEA A3 Hata Haritalama	HTEA ve A3'ün hem hata analizi hem de bilgi üretimi için uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan iyileştirmeler ile hatalı parçaların sayısının %10'a kadar azaltıldığı görülmüştür.
Rocha, H. T. Ferreira, L. P. Silva, F. J. G.	2018	Analysis and Improvement of Processes in the Jewelry Industry	Yönetim ve üretim sürecini analiz etmek ve iyileştirmek.	5S MES Yazılımı	Uygulama sonucunda işletmenin rekabet gücü artmıştır. Zaman kaybını azaltmak ve sürekli iyileşme hedefleyen işletmelerin Yalın Üretim tekniklerini uygulaması ve kayıt tutma alışkanlığı edinmesi gerektiği konusunda öneri verilmiştir.
Neves, P. Silva, F. J. G. Ferreira L. P. Gouveia, A. Pimentel, C.	2018	Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products	Rekabet edebilir ve müşteri memnuniyetini sağlayan bir işletme amaçlanmıştır.	PUKÖ Döngüsü 5S 5W2H	İşletmede Neden-Sonuç diyagramı ile problem tespit edilmiştir. Probleme yönelik çözüm önerisi sunulmuş ve çözüm önerilerinin faaliyete geçmesi ile haftada dört saat tasarruf sağlanmıştır bu da haftada %10'luk bir kazanım oluşturmuştur.
Ersöz, F. Ersöz, T. Peker, H.	2018	Process Improvement in Furniture Manufacturing: A Case Study	Ürünün üretim süresinin azaltılması amaçlanmıştır.	Altı Sigma İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri Arena	Süreçler analiz edilmiş, iyileşme önerileri sunulmuş ve öneriler sonucunda yıllık 17,25 iş günü kazancı sağlanmıştır.
Tanyeri, N. M.	2019	An Application of Process Failure Modes and Effects Analysis in the Aviation Industry	İmalat hatalarının yok edilmesi ve önlenmesi	Hata Türü ve Etkileri Analizi	İşletmede 72 adet hata türü tespit edilmiştir. Tespit edilen 72 adet hata türünden 8 adedinin RÖS değerinin riskli olduğu sonucuna ulaşılmıştır ve bunlardan RÖS değeri 147 olan üç hata türüne öncelikli olarak önlem alınmıştır. Alınan önlemler neticesinde RÖS değerleri kabul edilebilir seviyeye (42, 12, 30) düşürülmüştür.

Renn tarafından 1985 yılında mıknaş tel endüstrisinde yapılan çalışmada işletmenin kalite ve verimliliğinin sürekli iyileştirilmesi ve rekabet edebilir düzeyde olabilmesi amacı ile istatistiksel proses kontrol tekniklerinden yararlanılmıştır. İstatistiksel proses kontrol teknikleri ile uygun olmayan mıknaş tellerinin kontrolü üretim bittikten sonra değil üretim esnasında yapılmıştır ve bu sayede reddedilen mıknaşlı tel sayılarının önceki yıla oranla %60 azaldığı görülmüştür. Ayrıca bunun yanında müşteri şikâyetlerinin ve müşteri iadelerinin de azaldığı, müşterilerin daha yüksek oranlarda işler verdiği görülmüştür [85].

Vijayaram ve diğerleri tarafından 2006 yılında metal döküm imalat endüstrisinde nitel bir çalışma ele alınmıştır. Çalışmada hurda ürünlerin ve ürünlerin yeniden işlenmesinin azaltılması amaçlanmış bu amaç doğrultusunda da işletme süreçleri gözlemlenmiştir ve kalite kontrolün önemine değinilmiştir. Çalışanların kaliteli ürün elde etmek için dikkatli davranmalarının önemli olduğu sonucuna varılmıştır. İşletme içerisindeki tüm personelin kaliteye katkı sağladıkları bilincinin verilmesi gerektiği, kalitenin sadece kalite kontrol personelinin işi olmadığı ve kalite kontrol birimine ek olarak üretim sahası içerisinde de hurda önleme ekibine ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır [86].

Zhen ve diğerleri tarafından 2000 yılında ele alınan çalışmada istatistiksel proses kontrol ve deney tasarımı tekniklerinin ortak kullanımı ile bir imalat işletmesinde elektronik ürünlerin üretilmesinde genellikle ilk işlem olan yüzey montaj teknolojisi süreç kalitesinin analizine ve iyileştirilmesine değinilmiştir. Sürecin en önemli işleminin lehim pasta baskısı olduğu belirlenmiştir. Sürecin optimizasyonu için ilk olarak neden-sonuç analizi yapılmıştır ve işlemin X-R kontrol grafikleri ile gözlem altında tutulması gerektiğine karar verilmiştir. Cp ile Cpk değerleri sırasıyla 1.77 ve 1.73'e yükselmiştir. Süreç kalitesinin iyileştirildiği yönünde değerlendirme yapılmıştır [87].

Zeyveli ve Selalmaz tarafından 2008 yılında zincir imalat işletmesinde ele alınan çalışmada, üretimde meydana gelen ölçüsel farklılıkların sebeplerini analiz etmek için istatistiksel proses kontrol tekniklerinden yararlanılmıştır. Çetele tablosu ile üretim değerleri kayıt altına alınmıştır ve bu kayıtların yığılma aralığını tespit etmek için de

histogramdan yararlanılmıştır. X-R ve X-S kontrol grafikleri ile imalat sürecinin kontrol altında olup olmadığı değerlendirilerek sürecin kontrol altında ve yeterli olduğu görülmüştür. Yapılan analizler sonucunda işletmede imalat tolerans genişliğinin fazla olduğu görülmüştür bu sebeple tolerans genişliği daraltılmalı ya da periyodik kontrol sıklığı artırılmalıdır. Beyin fırtınası yapılarak kontrol dışı durumların meydana gelmesindeki kök sebepler; kullanım ömrü sona ermiş imalat tezgâhı, üretimde kullanılan diğer araç gereçlerin istenilen özellikleri sağlamıyor olması, ham malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki farklılıklar, üretim personeli hatası ve uygun olmayan ortam koşulları olarak belirlenmiştir. Bu hataların ortadan kaldırılması amacı ile işletme ISO 9001 çalışmalarına başlamış ve belirli bir kalite seviyesine ulaşmıştır. Yapılan uygulama sonrasında işletmede meydana gelebilecek hataların önceden tespiti için HTEA uygulanması yönünde öneri sunulmuştur [88].

2009 yılında Çevik ve Aran tarafından piston imalat işletmesinde ele alınan çalışmada, müşteriye sunulacak olan üründe meydana gelebilecek hataların oluşmadan önlenmesi amaçlanmıştır ve bu amaç doğrultusunda işletmede HTEA uygulaması yapılmıştır. İşletmede 10 adet hata türü tespit edilmiş ve bu hata türlerinden 3 tanesinin RÖS değerinin 100 üzerinde olduğu görülmüştür. İlk olarak RÖS değeri 100 üzerinde olan bu 3 hata türüne öncelik verilmiştir. Alınan önlemler sonucunda müşteri şikayetlerinde %47,4 oranında azalma görülmüştür ve bu 3 hata türü sırası ile %62, %52,4 ve %52,4 oranlarında azalmıştır [13].

Mittal tarafından 2011 yılında ele alınan çalışmada otomotiv sektöründe kalite iyileştirme amacı ile APQP (Gelişmiş Ürün Kalite Planlaması) uygulaması yapılmıştır. Hataların yüksek olmasının sebebi olarak; operatör becerisi, takım değiştirme ve EMB (üretilen bir ürün ismi) tutma mekanizması olduğu tespit edildi. Yapılan çalışmalar ile takım değiştirme 140 saatten 96 saate düşürüldü ve EMB'nin tutulması için fikstürler önerildi. Başlangıçta 62792.85 hata ile 1,53 olan DPMO seviyesi APQP uygulaması sonrasında 2,98'e ve altı sigma seviyesi ise 4.53'e yükselmiştir [89].

Fore tarafından 2011 yılında ele alınan çalışmada nitel bir yaklaşım ile üretimi olumsuz etkileyen kalite sorunları araştırılmıştır. Otomotiv sektöründe imalat yapan

işletmede 2006 yılına ait kayıtların incelenmesi sonucu yeniden işleme, hurda, atık artışı vb. olumsuzluklar üretim saatinin %16sını oluşturmaktadır. İşletmede pareto analizi ile yapılan değerlendirme sonucunda sac levhaların uygunsuzluk maliyetinin toplam uygunsuzluk maliyetinin %79'unu karşıladığı görülmüştür. Sac levhalarda meydana gelen uygunsuzlukların sebepleri; çizilme, bükülme, kaynak kusurları, kenarlarının deforme olması ve paslanmadır. İlk üç hata türü %38, %24 ve %20 ile sac levhalardaki uygunsuzluk sebeplerinden en sık görülen hata türleridir bu yüzden bu üç hata türüne özellikle dikkat edilmelidir. İşletmede hataların meydana gelmemesi için eğitim verilmesi, tedarikçilerin değerlendirilmesi ve istatistiksel süreç kontrolünün benimsenmesi yönünde öneriler sunulmuştur [90].

Orbak tarafından ele alınan çalışmada 2012 yılında otomotiv sektöründe köpük üretiminin ve laminasyon işleminin hurda oranını azaltmak için altı sigma metodolojisinden yararlanılmıştır. Yapılan analizler neticesinde köpük blok uzunluğunun, lamine köpük kalınlığının ve müşterilerin ilgili süreçte hatanın meydana gelmesi ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Köpük blok uzunluğunun 160-165 cm dışında, lamine köpük kalınlığının 4-11 mm dışında ve müşterinin A ya da D olmasının hatanın meydana gelmesine sebep olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda ve alınan önlemler neticesinde süreç yeteneklerinin ve sigma seviyelerinin arttığı, hurda oranının ise %3,5 düştüğü görülmüştür. Ayrıca uygulamanın finansal karı da yılda yaklaşık 45 bin dolar olarak hesaplanmıştır. Bunlara ek olarak, operasyonel kârlılıkta artış, üretim kapasitesinde artış, hurda stok alanının azaltılması ve çevrim süresinin azaltılması da elde edilmiştir [91].

Ghosh ve Maiti, 2012 yılında Hindistan'da otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin, hatalı ürünlerin meydana geldiği döküm sürecinde kalitenin iyileştirilmesi amaçlı altı sigma-DMAIC döngüsü ve veri madenciliği tekniklerinden olan CART ve CHAID algoritmalarından yararlanmışlardır. İlk olarak süreç haritası ile döküm sürecinde hatanın meydana gelebileceği yerler belirlenmiştir. Dökümlerin hata sebepleri pareto analizi ile değerlendirilmiş ve toplam hata yüzdesinin %20'den fazla oluşu ve hatalı dökümlerin %80'inin gaz kusurundan kaynaklı olduğu tespit edilmiş ve bu soruna odaklanılmıştır. Gaz kusurunun meydana gelmesine sebep olabilecek nedenler beyin fırtınası ve neden-sonuç diyagramı değerlendirilmiştir. Gaz kusurunun

meydana gelmesine etki eden faktörleri belirlemek için CART ve CHAID algoritmaları kullanılmıştır ve doğruluk oranının yüksek olması sebebi ile CART algoritması bulgularına göre yatay delme delikleri, dökme sıcaklığı, zirkon yıkama kaynağı ve çekirdek kumu tipinin gaz kusurunun meydana gelmesinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Alınan önlemler sırası ile şu şekildedir; işlemin yatay delme delikleri olmadan yapılmasına, dökme işleminin 1445 ile 1450 derece arasında yapılması gerektiğine, yıkama işleminin bazılarının durdurulması gerektiğine ve GFN numaralı 60-65 arasında kaba kum kullanılması gerektiğine karar verilmiştir. Önleyici faaliyetlerin uygulanması ile süreç 15 gün izlenmiştir ve toplam hata oranının %10'un altına düştüğü, süreçte meydana gelen hatalarda önemli bir azalma olduğu görülmüştür [92].

Jirasukprasert ve diğerleri tarafından 2014 yılında plastik eldiven imalat işletmesinde imalat hatalarının azaltılması ve kalitenin iyileştirilmesi amacı ile bir uygulama yapılmıştır. Yapılan uygulamada altı sigma tekniğinden yararlanılmıştır. İşletmede üretim sürecinde iyileştirme yapılması ile eldivenlerde meydana gelen sızdırma sorununda %50'lik bir azalma sağlandığı bu da süreçlerde milyon fırsat başına kusurların 195 095'ten 83 750'ye düştüğü görülmüştür. Sigma seviyesi ise 2,4'ten 2,9'a çıkmıştır [93].

Yee ve diğerleri tarafından 2014 yılında araba camı imalat işletmesinde ele alınan çalışmada süreçlerin performanslarının araştırılması ve ürün kalitesinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda işletmede sorunlu olan bazı süreçlerin analizi için yeterlilik analizi, histogram, kontrol çizelgeleri, pareto çizelgeleri, neden-sonuç diyagramları gibi çeşitli istatistiksel tekniklerden yararlanılmıştır. Yapılan analizler sonucu en problemleri sürecin tavlama süreci olduğu tespit edilmiştir. Tavlama sürecinde ürün kalitesine etki eden faktörler belirlenerek iyileştirme önerileri sunulmuştur. İşletmede meydana gelen yanlış eğilme hızı, düşük kalitede yapılan iş hazırlıkları, tecrübe eksikliği yaşayan personel, düzensiz ısıtma gibi sorunlara yönelik mesleki eğitim, bakım, proses öncesi kontrol, ayar gibi her soruna yönelik ayrı çözüm önerileri sunulmuştur [94].

Pavlickova ve Bogdanovska tarafından 2016 yılında plastik kalıplama işletmesinde kalıplarda mükemmel kalitesinin değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi amacı ile altı sigma yaklaşımı baz alınmıştır. İşletmede süreçleri tanımlamak, ölçmek, analiz etmek, iyileştirme ve kontrol etmek için istatistiksel proses kontrol tekniklerinden yararlanılmıştır. Hataların sıralanabilmesi, süreçlerin sürekli iyileştirilmesi ve hataların önlenmesi amacı ile HTEA uygulanmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde iyileştirme önlemlerinin müşteri gereksinimlerini karşılmasına ve üretim maliyetlerinin düşürülmesine yardımcı olduğu ortaya konulmuştur [95].

Khawar ve diğerlerinin 2016 yılında Pakistan'da yerel çelik çubuk imalat endüstrisinde ele aldıkları çalışmada üretim süreçleri altı sigma kullanılarak optimize edilmiştir. Üretim verileri toplanarak analiz edilmiş, analiz sonucunda deneysel tasarım metodundan yararlanılarak malzeme bileşimi, sıcaklık ve kesme bıçaklarının süreç performansını etkilediği görülmüştür. İmalat süreci optimum düzeyde çalıştırılarak gözlemlenmiştir. Çalışmanın sonucunda toplam üretimin süreç veriminin %98,12'den %99,39'a ve sigma seviyesinin de %3,57'den %4,00'e çıktığı görülmüştür [96].

2016 yılında Furtado ve diğerleri tarafından medikal sektöründe imalat yapan bir işletmede süreçlerin iyileştirilmesi amacı ile uygulama yapılmıştır. Uygulamada üretimi ve sevkiyatı geciktirebilecek, zaman ve para kaybına sebep olabilecek hataların bulunması önlem alınması amacı ile oluşturulan proje ekibi tarafından süreçler analiz edilmiş ve süreçler ile ilgili veriler kayıt altına alınmıştır. Proje ekibi tarafından imalat sürecinin simülasyonu oluşturularak boşa harcanan saatleri, en çok hata meydana getiren işleri, bir ay içerisinde meydana gelen hata sayısını ve işletmenin hataları yok etmek için kaybettiği para belirlendi. Üretime toplam kalite yönetimi yaklaşımı doğrultusunda devam edilmesi durumunda hata sayısında %71,3 oranında azalma gözlemleneceği ve bu doğrultuda harcanan ortalama saat ve maaşın da düşeceği önerisi sunulmuştur. Proje ekibi aracılığı ile yönetimin vereceği karar doğrultusunda toplam kalite yönetimi teknikleri ile hata sayısına ya da boşa harcanan zaman ve maaşa odaklanılarak iyileştirmeye devam edilecektir [97].



Kumar ve diğeri tarafından 2016 yılında döküm işletmesinde ele alınan çalışmada, dökümlerin kalitesinin iyileştirilmesi ve döküm işleminde meydana gelen hataların azaltılması hatta önlenmesi için altı sigma yaklaşımı benimsenmiştir. Taguchi deney tasarımı metodu ile her bir süreç faaliyetindeki optimum parametre değerleri analiz edilmiştir. Dökümü etkileyen parametrelerin yüzdelik etkileri de ANOVA ile analiz edilmiştir. Nem oranı, yeşil kum, kalıp sertliği, sıkıştırılabilirlik, dökme sıcaklığının önemli parametreler olduğu belirlenmiştir. Bu parametreler optimum düzeyde tutularak 18 adet doğrulama deneyi yapılmıştır ve yapılan deneyler sonucunda döküm kusurları ortalamasının %5,825'ten %3,27'ye indiği görülmüş ve hatalarda azalma olduğu sonucuna varılmıştır [98] .

Banduka ve diğeri tarafından 2016 yılında yapılan çalışmada üretim sürecinde hataların önlenmesi ve yok edilmesi amacıyla kullanılan proses HTEA'da olası hata türlerine aynı önem derecesi ile yaklaşım ele alınmıştır. İşletmelerde olası hata türlerinin sadece RÖS değerlerine göre sıralanırken hata türlerinin sebep olduğu etkilerin derecelerinin ve ürünlerin öneminin de değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. 80/20 prensibi ile işletmelere en çok katkı sağlayan öncelikli ürünlerin göz önünde bulundurularak proses HTEA ile hataların yok edilmesi ve önlenmesi gerektiğini savunmuşlardır. Proses HTEA'da karar vermek için 80/20 kuralını kullanmak, zaman ve maliyet açısından gözlemlendiğinde oldukça avantajlıdır fakat sorunların tümünü çözmek isteyen, hepsine zaman ayıran işletmeler için karmaşık olabilmektedir. Banduka ve diğeri ilerleyen dönemlerde maliyet odaklı başarısızlıklar üzerine çalışılması gerektiğine çünkü maliyetin proses HTEA'yı etkileyen bir faktör olduğuna değinmişlerdir [99].

Sönmez ve Ünğan tarafından 2017 yılında otomotiv yan sanayi işletmesinde ele alınan çalışmada HTEA uygulaması yapılmıştır. Metal parça üretimi yapan işletmede ham malzeme ve yardımcı malzeme kabul, giriş kalite kontrol, stoklama, ara sevkiyat ve ambalajlama süreçleri HTEA ile analiz edilmiş ve yüksek olan RÖS değerlerine iyileştirme önerileri sunulmuştur. Ham malzeme ve yardımcı malzeme kabul, giriş kalite kontrol, stoklama ve ara sevkiyat süreçlerinde alınan önlemler ile %52,6'lık bir iyileşme sağlanmıştır. Ambalajlama sürecinde ise %54,3'lük bir iyileşme sağlanmıştır. Çalışma sonucunda HTEA'nın sürekli iyileştirme için uygulanması gerektiği ve AHP,

bulanık mantık, gri teori gibi karar destek sistemlerinin sonuçları daha objektif hale getireceği tespit edilmiştir [41].

Neves ve diğerleri tarafından 2018 yılında ele alınan çalışmada tekstil endüstrisinde bir işletme ele alınmıştır. Yalın üretim teknikleri (5S, PUKÖ Döngüsü, 5W2H) kullanılarak rekabet edebilir ve müşteri memnuniyetini sağlayan bir işletme amaçlanmıştır. Neden-Sonuç diyagramı kullanılarak problem tespit edilmiştir. Tespit edilen probleme yönelik çözüm önerileri sunulmuştur. Çözüm önerilerinin faaliyete geçmesi ile haftada dört saat tasarruf sağlanmıştır bu da haftada %10'luk bir kazanım oluşturmuştur [100].

Ersöz ve diğerleri tarafından 2018 yılında mobilya sektöründe yapılan deney tasarım metodu ile süreçler analiz edilmiştir. Çalışmada ele alınan bir ürünün üretim süresinin azaltılması amacı ile altı sigma felsefesinden yararlanılmıştır. İlk olarak, üretim hattı SIPOC analiz metodu ile detaylı bir şekilde incelenmiş ve proseslerin çevrim süreleri gözlem yapılarak kronometre yardımı ile toplanmıştır. Daha sonra pareto diyagramı, balık kılıçığı diyagramı gibi istatistiksel yöntemler kullanılarak üretim süresini etkileyen faktörler tespit edilmiş ve iyileşme önerisi olarak üretim sürelerinin azaltılması üzerine öneriler sunulmuştur. Üretim süresinin azalması üzerine ARENA 9.0 simülasyon programı ile iyileşmenin kontrolü sağlanmıştır ve yapılan iyileştirme sonrasında yıllık 17.25 iş günü kazanç sağlanmıştır [101].

Tanyeri tarafının 2019 yılında savunma ve havacılık sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede hata türü ve etkileri analizi tekniği kullanılarak hataların yok edilmesi ve önlenmesi amaçlanmıştır. İşletmede yapılan faaliyetlerde ürüne direkt etki eden süreçlerde 72 adet hata türü tespit edilmiştir. Hata türlerine ilişkin RÖS değerleri tespit edilmiştir. Yanlış perçin kullanımı, Parça üzerine yanlış monta ve toleransın altındaki parça kalınlığı hata türlerinin RÖS değeri 147 olarak hesaplanmıştır alınan önlemler sonucunda yeni RÖS değerleri sırası ile 42, 12 ve 30'a düşürülmüştür [102].

## BÖLÜM 7

### TALAŞLI İMALAT İŞLETMESİNDE SÜREÇ HATALARININ ANALİZ EDİLMESİ VE İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK ÖNLEMLERİN ALINMASI

#### 7.1. İŞLETME TANITIMI

2007 yılında Ankara’da kurulmuş olan firma, savunma ve havacılık sanayiinde önde gelen kuruluşlara kritik yapısal parçaların talaşlı imalatını gerçekleştirerek hizmet sunmaktadır.

TÜBİTAK-SAGE ile kuruluşundan bu yana çalışan firma 2011 yılında ROKETSAN ve ASELSAN’ın onaylı tedarikçisi olarak savunma sanayisi sektörüne daha da hakim olmuştur. 2013 yılında ise TAI’nin onaylı tedarikçisi olarak havacılık sektöründe de hizmet vermeye başlamıştır. Firma Tübitak-Sage, Aselsan, Roketsan ve TAI haricinde FNSS, Otokar ve Mikes firmalarının da onaylı tedarikçisi durumundadır.

Havacılık standardı (AS/EN9100:2016) doğrultusunda imalat faaliyetlerini yürüten, aylık ortalama 10.000 adet parça üretme kapasitesine sahip olan firma 1400 m<sup>2</sup>’lik bir alanda 6 adet beyaz yakalı personel olmak üzere toplamda 38 personeli, 13 CNC tezgâhı ve 3 adet CMM tezgâhı ile önde gelen firmalara hizmet sunmaktadır.

Mevcut makina parkurunu yenilenen teknoloji ile sürekli geliştirmeyi hedefleyen firmanın dâhil olduğu projelerden bazıları şu şekildedir;

- |              |   |                              |
|--------------|---|------------------------------|
| Roketsan     | - | SOM-J, MAM-L, UMTAS, vb.     |
| TAI          | - | ATAK, ANKA, GMH, HÜRKUŞ, vb. |
| Tübitak-Sage | - | HGK, vb.                     |

Talaşlı imalat yaparak müşterilerine hizmet sunan bu işletme üreteceği ürüne ait ham malzeme temininden bitmiş ürünün müşteri isteklerine uygun bir şekilde ambalajlanarak sevkiyatına kadar olan tüm aşamaları da gerçekleştirmektedir.

Bu çalışmada; üretilecek ürünlere ait ham malzeme temin edilmesinden sevkiyatına kadar her evresinde mevcut ya da potansiyel hata türlerini belirlemek, işletmeye olan etkilerini tespit etmek ve değerlendirmek, bu sayede de hata türlerinin meydana gelme olasılığını azaltacak ya da ortadan kaldıracak aksiyonların alınması ve sürecin dokümanite edilerek iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, iş akış diyagramları ile mevcut süreç gösterilerek beyin fırtınası yöntemi ile hata türlerinin belirlenmesi, süreçlerin analizi, oluşabilecek hata türleri ve bu hata türlerinden risk seviyesi yüksek olanların tespiti için HTEA uygulamasının yapılması planlanmıştır. Ayrıca objektif bir sonuç için de veri madenciliği uygulaması ile personellerin hata yapmalarına etki eden faktörler araştırılarak hataların tekrar etmemesi için önlemlerin alınması planlanmıştır.

## **7.2. UYGULAMA EKİBİ**

Bu çalışmada, ekip çalışması olarak yürütülen HTEA için işletmede bir ekip oluşturulmuştur. Oluşturulan ekibin üyeleri üretime doğrudan etki edebilecek olan birimlerdeki kişilerden seçilmiştir ve aşağıdaki gibidir;

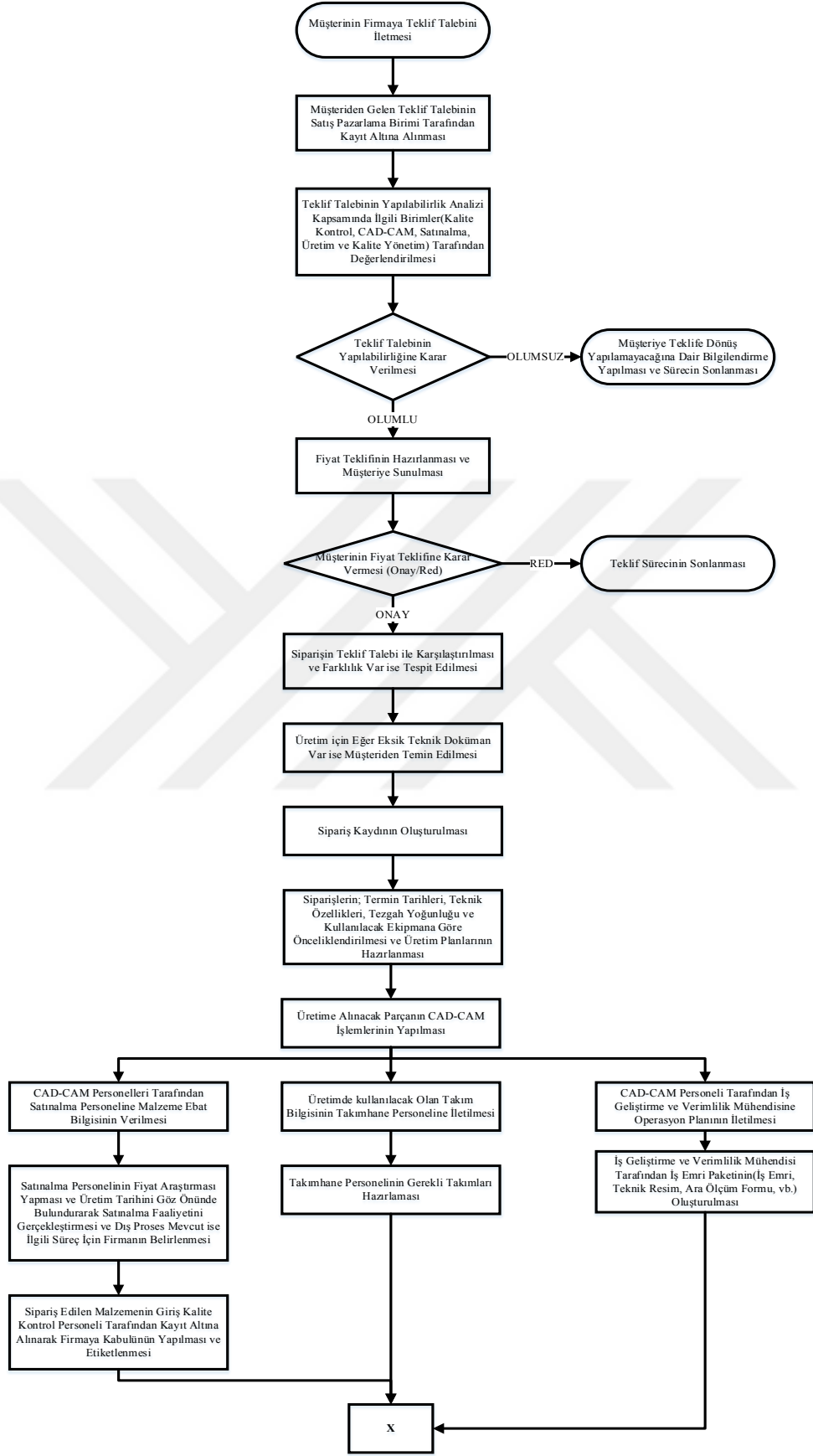
- Teknik Müdür
- İş Geliştirme ve Verimlilik Mühendisi
- Kalite Yönetim Mühendisi
- Satın Alma Sorumlusu
- Kalite Kontrol Şefi
- CAD-CAM Personeli
- İmalat Şefi
- Üretim Operatörü
- Takımhane Personeli

Oluşturulan HTEA ekibi ile imalat sürecinde meydana gelmiş ya da gelebilecek hatalar beyin fırtınası ile belirlenecektir. HTEA ekibi ile alınan önlemler tüm firma personelini kapsamaktadır.

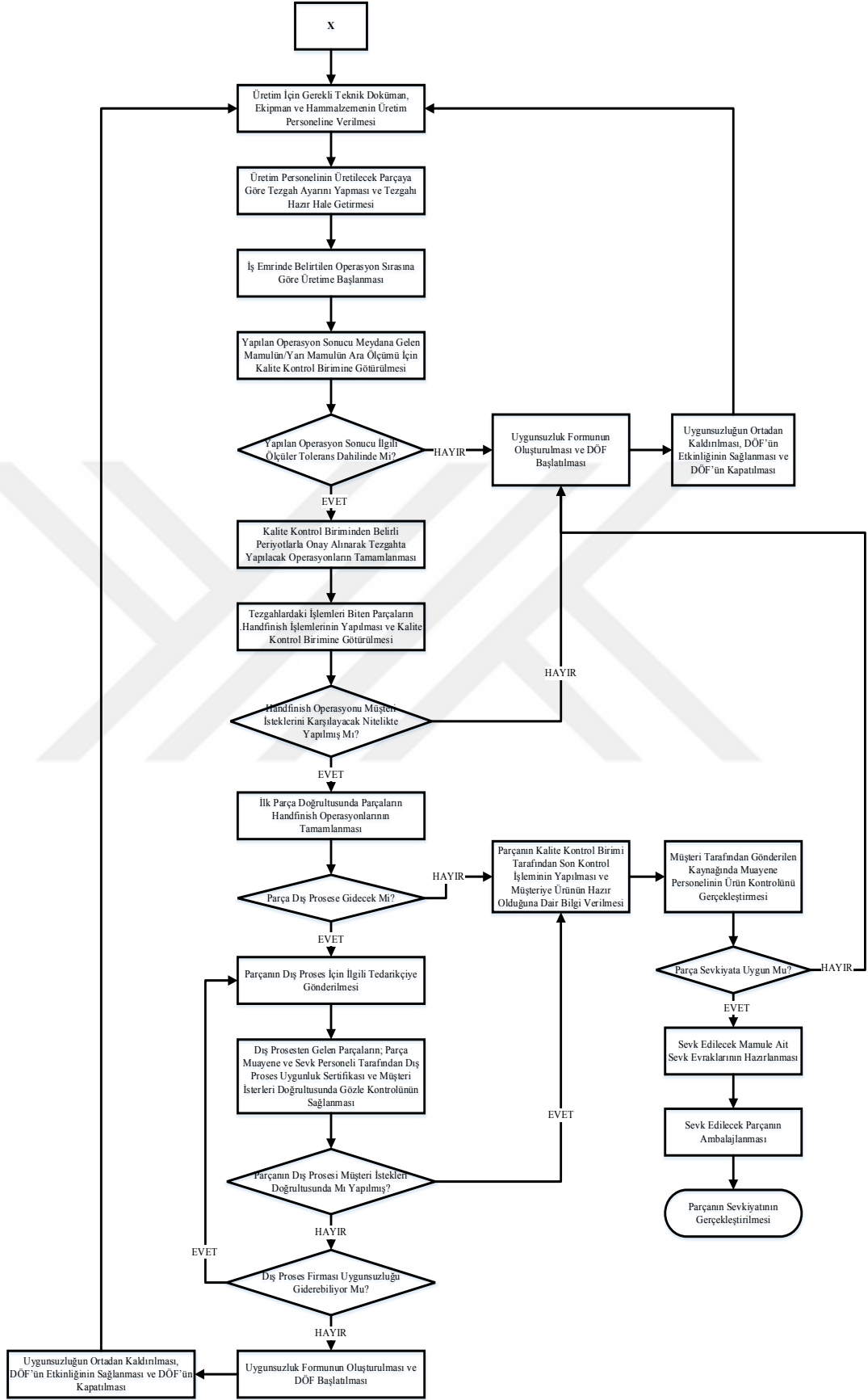
### **7.3. UYGULAMA KAPSAMINA GİREN SÜRECİN TANIMLANMASI**

Bu çalışmada ele alınan işletmede talaşlı imalat metodu ile parça üretimi gerçekleştirilmektedir. Üretilecek olan parçaların CAD-CAM (Bilgisayar Destekli Tasarım-Bilgisayar Destekli İmalat) programları firmada yapılmakta ve bu program doğrultusunda satın alma birimi tarafından temin edilen ham malzeme frezeleme (tornalama ve dikişleme), raybalama, tesviye işlemlerinden geçerek yarı mamul/mamul haline gelmektedir. Yarı mamul/mamul üretimi belirli periyotlarla kalite kontrol onayı alınarak devam etmektedir. Müşteri istekleri doğrultusunda kaplama, boyama, markalama vb. işlemler için dış proses hizmeti alınmaktadır.

İmalat sürecine ilişkin iş akış şeması aşağıda şekil 7.1’de yer almaktadır.



Şekil 0.1. İmalat süreci iş akış şeması.



Şekil 0.1. (devam ediyor).

Akış şeması, üretilecek parçanın tekliflendirme çalışmasından müşteriye sevkine kadar olan süreci kapsamaktadır.

Müşterinin üretilecek parçaya ilişkin teklif talebini işletmeye iletmesi ile birlikte işleyiş başlamaktadır. İşletmeye gelen teklif talepleri, ilgili personellerce değerlendirilerek müşteriye fiyat teklifi sunulmaktadır. Müşterinin fiyat teklifine olumlu dönüş yapması ile işletmede üretim süreci başlamaktadır. Üretim sürecinde tüm birim personelleri birbiri ile entegre bir şekilde çalışmaktadır. İşletmede uygunsuzluk ortaya çıktığında yine ilgili birim personelleri birlikte hareket etmektedirler. Süreçte üretilen parçaya dair tüm işlemler (makine işleme, kalite kontrol, tesviye, varsa dış proses) bittiğinde sevkiyat için müşteriden araç talep edilerek parça sevk edilmektedir ve işletme üretmiş olduğu parçaya işletme kaynaklı müşteri istekleri ile uyuşmayan bir durum olmadığı sürece sevkiyat sonrası hizmet vermemektedir.

Talaşlı imalat sürecinde işletmede insan, makine, metot, çevre, malzeme ve ölçüm kaynaklı uygunsuzluklar meydana gelebilmektedir bu uygunsuzlukların altında yatan hata sebepleri her bileşen için farklıdır. İmalat sürecine ilişkin talaşlı imalat işletmelerinde hataların meydana gelmesinde etkili olan bileşenlere Şekil EK 1’de balık kılçığı diyagramı ile değinilmiştir.

Bu çalışmada işletmede mevcut ya da olası hata türlerine ilişkin hata nedenleri değerlendirilirken balık kılçığı diyagramı göz önünde bulundurularak beyin fırtınası yapılmıştır.

#### **7.4. MEVCUT SÜRECİN DEĞERLENDİRİLMESİ (RÖS DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI)**

Bu çalışmada, ele alınan işletmede imalata doğrudan etki eden süreçler, süreçlerde yapılan faaliyetler ve bu faaliyetlerin işleyişinde karşılaşılan ya da karşılaşılabilecek uygunsuzluklar çizelgeler ile dokümanite edilmiştir. Süreçlerde karşılaşılabilecek hata türlerine ek olarak öngörülemeyen “diğer” hata türü de göz önünde bulundurulmalıdır. Mevcut süreç değerlendirilirken HTEA ekibi ile beyin fırtınası tekniği



kullanılmaktadır ve 2018 yılında gerçekleşmiş uygunsuzluk kayıtları da göz önünde bulundurulmaktadır.

İşletme, uygulama kapsamında, yardımcı süreçler (tekliflendirme süreci, insan kaynakları süreci, yönetimin sorumluluğu süreci) göz ardı edilerek üretime doğrudan etki eden 8 süreç altında değerlendirilmektedir ve bu süreçler aşağıdaki gibidir;

- Satın Alma Süreci,
- Ham Malzeme Kabulü Süreci,
- Ham Malzemenin Üretime Verilmesi Süreci,
- Makine İşleme/İmalat Süreci,
- Tesviye Süreci,
- Ölçüsel Kontrol Süreci,
- Dış Proses Süreci,
- Sevkiyat Süreci.

2018 yılında işletmenin yukarıda yer alan sekiz süreci gerçekleştirerek müşterilere göre sınıflandırılmış aylık bazda sevk ettiği parça sayıları aşağıda Çizelge 7.1’de yer almaktadır;

Çizelge 0.1. 2018 yılı aylık bazda sevk edilen parça sayısı.

Aylar	A İşletmesi	B İşletmesi	C İşletmesi	D İşletmesi	E İşletmesi	TOPLAM
Ocak	1753	3488	1436	73	0	6745
Şubat	1377	4519	1348	146	57	7447
Mart	1096	7549	1292	0	16	9953
Nisan	2707	4926	2895	30	472	11030
Mayıs	1221	10305	521	0	1247	13294
Haziran	699	5252	120	7	2243	8321
Temmuz	558	4684	2707	52	2030	10031
Ağustos	597	3211	2182	0	1600	7590
Eylül	230	7039	1323	0	180	8772
Ekim	7845	9000	1155	0	0	18000
Kasım	4587	11223	341	0	0	16151
Aralık	889	4465	299	0	0	5653
<b>TOPLAM</b>	<b>23559</b>	<b>75656</b>	<b>15619</b>	<b>308</b>	<b>7845</b>	<b>122987</b>

2018 yılında toplam sevk edilen parça sayısı 122 987 adet iken aylık ortalama 10 248 adettir. 2018 yılında firmada meydana gelmiş uygunsuz parçaların sayıları müşterilere göre sınıflandırılmış bazda aylık olarak aşağıda Çizelge 7.2’de yer almaktadır;

Çizelge 0.2. 2018 yılı aylık bazda uygunsuz parça sayısı.

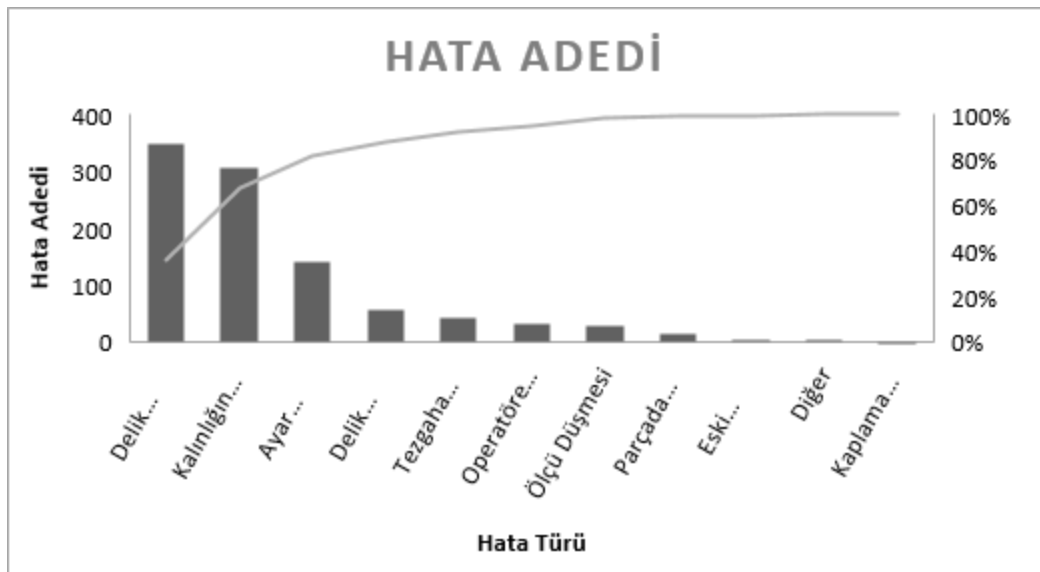
Aylar	A İşletmesi	B İşletmesi	C İşletmesi	D İşletmesi	E İşletmesi	TOPLAM
Ocak	7	2	6	4	3	22
Şubat	75	0	16	4	9	104
Mart	17	0	9	0	0	26
Nisan	53	1	7	0	0	61
Mayıs	0	8	14	0	1	23
Haziran	37	0	2	0	0	39
Temmuz	0	6	23	0	0	29
Ağustos	0	1	9	0	0	10
Eylül	6	0	9	0	0	15
Ekim	12	279	3	0	0	294
Kasım	76	196	4	0	0	276
Aralık	63	4	2	0	0	69
<b>TOPLAM</b>	<b>346</b>	<b>497</b>	<b>104</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>968</b>

2018 yılında toplam hurda olan parça sayısı 968 adet, aylık ortalama 80 adettir. 2018 yılı boyunca karşılaşılan mevcut hatalar analiz edilerek hata türlerinin yıl içerisinde kaç defa meydana geldiği tespit edilmiş ve aşağıda Çizelge 7.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 0.3. 2018 yılı hata türleri ve sayıları.

Hata Türü	Hata Sayısı
Tezgaha Yanlış NC Program Verilmesi	41
Operatöre Yanlış Bilgi Verilmesi	30
Ayar Parçasının Hatalı Olması	139
Kalınlığın Tolerans Dışında Olması (İnce)	307
Delik Çapının Büyük Olması	349
Delik Konumunun Hatalı Olması	56
Parçada Çapak Kalması	13
Ölçü Düşmesi	28
Eski Revizyonlu CMM Programının Çalıştırılması	2
Kaplama İşleminin Teknik Dokümana Uygun Yapılmaması / Parçada Hasar Olması	1
Diğer	2

2018 yılı içerisinde meydana gelen uygunsuzlukların sebebi 11 adet hata türünden kaynaklanmıştır. Hata türleri arasında en çok karşılaşılan 349 adetle delik çapının büyük olmasıdır. Aşağıda Şekil 7.2'de meydana gelen hata türü ve adetlerinin grafiksel gösterimi yer almaktadır.



Şekil 0.2. 2018 yılı hata türü ve sayıları.

Karşılaşılan hatalar gözlemlendiğinde %95'inin sürecin imalat/makine işleme faaliyeti kısmında ortaya çıktığı görülmüştür.

Bu çalışmada 2018 yılında meydana gelmiş hatalar ek olarak beyin fırtınası tekniği ile süreçlerde gerçekleşebilecek hatalarda tespit edilerek HTEA uygulamaları yapılmıştır.

İşletmede satın alma sürecinde gerçekleştirilen işlem, karşılaşılabilecek hata türleri ve hatanın oluşmaması amacı ile yapılan mevcut faaliyet aşağıda Çizelge 7.4'te yer almaktadır.

Çizelge 0.4. Satın alma süreci mevcut durum ve karşılaşılabilecek hata türü.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Potansiyel Hatanın Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti
Satın Alma Süreci	Üretim için gerekli satın alma faaliyetlerinin yapılması	Yanlış malzeme temin edilmesi	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	Satın alma personelinin hatası	Giriş kalite kontrol işleminin yapılması
		Yanlış malzeme temin edilmesi	Ana üründe (Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	Tedarikçi hatası	
		Malzemenin zamanında temin edilmemesi	Sevkiyat zamanında gecikme	CAD-CAM personelinin hatası	Üretim planlaması yapılırken satın alma ile irtibata geçilmesi

Satın alma sürecinde işletmede üretim için gerekli satın alma faaliyetleri yapılmaktadır ve süreçte yanlış malzeme temini ile malzemenin zamanında temin edilmemesi şeklinde iki hata türünün görülme olasılığı vardır ayrıca bu iki hata türüne ek olarak her zaman öngörülemeyen “diğer” hata türü de mevcuttur. Üretim için gerekli satın alma faaliyetleri yapılırken potansiyel hata türlerinin meydana gelmemesi amacı ile mevcut durumda giriş kalite kontrol faaliyeti yapılmaktadır. Ayrıca malzemenin zamanında temin edilmemesinin sevkiyat zamanında gecikmeye yol açabileceği bilinmektedir bu durumun önüne geçmek için mevcut durumda üretim planlaması yapılırken satın alma ile irtibata geçilmektedir.

Satın alma sürecinde potansiyel hata türlerinin olasılık dereceleri 1, fark edilebilirlik dereceleri 3 olarak HTEA ekibi tarafından değerlendirilmiştir. Potansiyel hatanın

etkisinin yarattığı şiddet dereceleri; sevkiyat zamanındaki gecikme için 3, ürünün hurda olması için 5 ve ana üründe güvenlik problem için 10 olarak değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda RÖS değerleri hesaplanmıştır. Yanlış malzeme temin edilmesine ilişkin RÖS değeri 30 iken malzemenin zamanında tedarik edilmemesine ilişkin RÖS değeri dokuz olarak hesaplanmıştır. Satın alma sürecine ilişkin şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri Çizelge EK 1’de yer almaktadır.

Ham malzeme kabul sürecinde gerçekleştirilen işlem, karşılaşılabilecek hata türleri ve hatanın oluşmaması amacı ile yapılan mevcut faaliyet aşağıda Çizelge 7.5’te yer almaktadır.



Çizelge 0.5. Ham malzeme kabul süreci mevcut durum ve karşılaşılabilecek hata türü.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Potansiyel Hatanın Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti
Ham Malzeme Kabul Süreci	Malzeme sipariş listesi ile gelen malzemenin karşılaştırılması	Yanlış miktar kabulü	Ham malzeme yetersizliği	Hatalı sayım yapma	Sayısal kontrol
		Yanlış miktar kabulü	Sevkiyat zamanında gecikme	Tedarikçinin yanlış miktarda ürün göndermesi	
		Hasarlı ham malzeme kabulü (Yüzey kalitesi kötü ham malzeme)	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	Tedarikçiden hasarlı malzeme gelmesi Gelen malzemenin işletmede hasar görmesi	Görsel kontrol
		Hasarlı ham malzeme kabulü (Yüzey kalitesi kötü ham malzeme)	Ek işgücü ihtiyacı (Fark edilir ve yüzey kalitesi düzeltilir)	Paketleme hatasından kaynaklı hasarlanma	
		Yanlış ebatta ham malzeme kabulü	Sevkiyat zamanında gecikme	Tedarikçiden yanlış ebatta ham malzeme gelmesi Satın alma personelinin yanlış ebatta malzeme sipariş etmesi	Ölçüsel kontrol
		Yanlış ebatta ham malzeme kabulü	Ek İşgücü İhtiyacı	CAD-CAM personelinin yanlış ebatta malzeme talep etmesi Giriş kalite kontrol personelinin dikkatsizliği	Ölçüsel kontrol
		Yanlış kalitede ham malzeme kabulü	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	Satın alma personelinin hatalı malzeme siparişi CAD-CAM personelinin satın alma birimine hatalı malzeme talebi	İletkenlik kontrolü LOT kontrolü
		Yanlış kalitede ham malzeme kabulü	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	Tedarikçi tarafından yanlış malzeme sevk	
		Yanlış kalitede ham malzeme kabulü	Montaj sırasında uyumsuzluk	Giriş kalite kontrol personelinin dikkatsizliği	

Çizelge 0.5. (devam ediyor).

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Potansiyel Hatanın Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti
Ham Malzeme Kabul Süreci	Ham malzemenin depoya yerleştirilmesi	Yanlış yerleşim	Hammadde yetersizliği	Giriş kalite kontrol personelinin hatası	Görsel kontrol
		Yanlış yerleşim	Sevkiyat zamanında gecikme	Tedarikçinin ham malzemeyi yanlış etiket ile göndermesi	
		Ham malzemenin hasar görmesi	Ek işgücü ihtiyacı	Ham malzemenin depolama birimine uygun taşınmaması	İşlem gerçekleştirilirken en personelin dikkatli davranması ve ilgili personelin kontrol edilme
		Ham malzemenin hasar görmesi	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi		
		Ham malzemelerin karışması	Ana üründe (Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	Ham malzemelerin giriş kalite kontrol personeli tarafından yanlış etiketlenmesi	Hammaddelerin etiketlenmesi Giriş kalite kontrol personelinin dikkatli davranması ve personelin denetlenmesi
		Ham malzemelerin karışması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	Ham malzemelerin tedarikçiden yanlış ya da eksik etiket ile gelmesi	
		Ham malzemelerin karışması	Montaj sırasında uyumsuzluk		

Ham malzeme kabulü sürecinde işletmede üretim için satın alma işlemi yapılan ham malzemenin işletmeye kabul faaliyetleri yapılmaktadır. Bu faaliyetler, malzeme sipariş listesi ile gelen malzemenin karşılaştırılarak depoya yerleştirilmesi adımlarını kapsamaktadır. Malzeme sipariş listesi ile gelen ham malzemenin karşılaştırılması adımında; yanlış miktar kabulü, hasarlı ham malzeme kabulü (yüzey kalitesi kötü ham malzeme), yanlış ebatta ham malzeme kabulü ve yanlış kalitede ham malzeme kabulü şeklinde dört hata türünün görülme olasılığı vardır. Ayrıca bu hata türlerine ek olarak her zaman öngörülemeyen “diğer” hata türü de mevcuttur. Malzeme sipariş listesi ile gelen ham malzemenin karşılaştırılırken herhangi bir hataya sebebiyet vermemek amacı ile sayısal, görsel, ölçüsel, iletkenlik ve LOT kontrolü yapılmaktadır. Ham malzemelerin depoya yerleştirilmesi esnasında da herhangi bir hata türünün meydana gelmemesi amacı ile mevcut durumda görsel kontrol, işlem gerçekleştirilirken personelin dikkatli davranması ve ilgili personelin kontrol edilmesi ve hammaddelerin etiketlenmesi önlemleri alınmaktadır.

Ham malzemenin kabulü sürecinde şiddet, olasılık, farkedilebilirlik ve RÖS değerleri değerlendirilmiştir. Süreçte RÖS değeri 60 olan en yüksek olası hata türü ham malzemelerin karışmasıdır. Ham malzemelerin karışması durumunda ana üründe güvenlik problem çıkabilir ve bu hata türünün şiddeti 10 olarak hesaplanmıştır. Ham malzeme kabul sürecine ilişkin şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri Çizelge EK 2’de yer almaktadır.

Ham malzemenin üretime verilmesi sürecinde gerçekleştirilen işlem, karşılaşılabilecek hata türleri ve hatanın oluşmaması amacı ile yapılan mevcut faaliyet aşağıda Çizelge 7.6’da yer almaktadır.

Çizelge 0.6. Ham malzemenin üretime verilmesi süreci mevcut durum ve karşılaşılabilecek hata türü.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Potansiyel Hatanın Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti
Ham Malzemenin Üretime Verilmesi Süreci	Teknik resim ve iş emri ile ham malzeme doğrulaması	Üretim yanlış ham malzeme verilmesi	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	Giriş kalite kontrol personelinin hatası	Üretime verilen hammaddenin türü ve adedi ile iş emrinde yazan bilgilerin eşleştirilmesi
		Üretim yanlış ham malzeme verilmesi	Montaj sırasında uyumsuzluk	Satın alma personelinin hatası	
		Üretim yanlış ham malzeme verilmesi	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	İş geliştirme ve verimlilik mühendisinin hatası	
		Üretime eksik miktarda ham malzeme verilmesi	Sevkiyat zamanında gecikme	Tedarikçiden yanlış kalitede veya miktarda ham malzeme sevkiyatının gerçekleşmesi	
		Üretime fazla miktarda ham malzeme verilmesi	Hurda ürün		

Ham malzemenin üretime verilmesi sürecinde işletmede teknik resim ve iş emri ile ham malzeme doğrulaması yapılmaktadır ve süreçte üretime yanlış kalitede, eksik miktarda ya da fazla miktarda ham malzeme verilmesi şeklinde üç farklı hata türünün görülme olasılığı vardır. Ayrıca bu hata türlerine ek olarak her zaman öngörülemeyen “diğer” hata türü de mevcuttur. Mevcut durumda bu hata türlerinin ortaya çıkmaması



için üretime verilen ham malzemenin türü ve adedi ile iş emrinde yazan bilgilerin eşleştirilmesi yapılmaktadır.

Ham malzemenin üretime verilmesi sürecinde olası hata türlerinden RÖS değeri 60 ile en yüksek olan hata türü üretime yanlış ham malzeme verilmesidir. Üretime yanlış ham malzeme verilmesinin müşteriye etkisine karşılık gelen şiddet derecesi ise 10 olarak hesaplanmıştır. Ham malzemenin üretime verilmesi sürecine ilişkin şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri Çizelge EK 3'te yer almaktadır.

Makine işleme/imalat sürecinde gerçekleştirilen işlem, karşılaşılabilecek hata türleri ve hatanın oluşmaması amacı ile yapılan mevcut faaliyet aşağıda Çizelge 7.7'de yer almaktadır.

Çizelge 0.7. Makine işleme/imalat süreci mevcut durum ve karşılaşılabilecek hata türü.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Potansiyel Hatanın Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti	
Makine İşleme / İmalat Süreci	CAD-CAM modelinin tezgâha aktarılması	Tezgâha yanlış NC program verilmesi	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	CAD-CAM personelinin dikkatsizliği ya da yetersizliği	İmalat şefinin işlemi kontrol etmesi	
		Tezgâha yanlış NC program verilmesi	Ek işgücü ihtiyacı			
		Operatöre yanlış bilgi verilmesi	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi			
		Operatöre yanlış bilgi verilmesi	Ek işgücü ihtiyacı			
	Tezgâh ayarı yapma ve deneme parçası üretme	Deneme / ayar parçasının hatalı olması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	CAD-CAM personelinin hatalı NC program vermesi	Operatörün aparatı yanlış bağlaması Operatörün yanlış aparat seçmesi Operatörün kesici takımı yanlış bağlaması	İmalat şefinin işlemi kontrol etmesi CAD-CAM personelinin takımhane personeline bilgi vermesi
		Deneme / ayar parçasının hatalı olması	Ek işgücü ihtiyacı	Takımhane personelinin yanlış kesici takım vermesi Operatörün tezgahattan farklı(eski revizyon vb.) NC program çekmesi		
	Frezeleme	Kalınlığın tolerans dışında olması (Daha ince)	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	CAD-CAM personeli hatası(NC programı yanlış yapması)	Operatör hatası(sıfır kontrol etmemesi ya da yanlış sıfır alması)	Kalite kontrol biriminden ilk parça onayının alınması Operatörlerin her parçayı kumpasları ile kontrol etmesi
		Kalınlığın tolerans dışında olması (Daha ince)	Montaj sırasında uyumsuzluk			
		Kalınlığın tolerans dışında olması (Daha ince)	Ana Üründe(Uçak, Roket, vb.) Güvenlik Problemi	Yanlış kesici takım(çap / boy)	Kesici takım kırılması	İş emrinde belirtilen aralıklarla parçanın kalite kontrol biriminde onaylanması
		Kalınlığın tolerans dışında olması (Daha kalın)	Sevkiyat zamanında gecikme			
		Kalınlığın tolerans dışında olması (Daha kalın)	Ek işgücü ihtiyacı	Kalite kontrol personeli hatası		

Çizelge 0.7. (devam ediyor).

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Potansiyel Hatanın Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti
	Delik delme / Raybalama	Delik çapının büyük olması	Montaj sırasında uyumsuzluk	Yanlış takım seçimi	Kalite kontrol biriminden ilk parça onayının alınması  Operatörlerin her parçayı kumpas ile kontrol etmesi  İş emrinde belirtilen aralıklarla parçanın kalite kontrol biriminde onaylanması
		Delik çapının büyük olması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	Operatörün takım boyunu tezgâha yanlış girmesi	
		Delik çapının büyük olması	Ana üründe (uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	Takımın kırılması	
		Delik çapının küçük olması	Ek işgücü ihtiyacı	Yanlış NC program	
		Delik çapının küçük olması	Sevkiyat zamanında gecikme	Yanlış takım seçimi	
		Delik konumunun hatalı olması	Ana üründe(uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	Yanlış NC program	
		Delik konumunun hatalı olması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	Operatörün yanlış ayar yapması	
		Delik konumunun hatalı olması	Montaj sırasında uyumsuzluk	Kalite kontrol personeli hatası	

Makine işleme/imalat sürecinde işletmede CAD-CAM modelinin tezgâha aktarılması, tezgâh ayarı yapma ve deneme parçası üretme, frezeleme ve delik delme/raybalama işlemleri yapılmaktadır.

CAD-CAM modelinin tezgâha aktarılması faaliyetinde, tezgâha yanlış NC program verilmesi ve operatöre yanlış bilgi verilmesi şeklinde iki farklı olası hata türü bulunmaktadır. Mevcut durumda bu hataların oluşmaması için imalat şefi işlemi kontrol etmektedir.

Tezgâh ayarı yapma faaliyetinde ayar ya da deneme parçasının hatalı olma ihtimali bulunmaktadır. Mevcut durumda bu hatalara önlem olarak; imalat şefi yapılan ayar işlemini kontrol eder, CAD-CAM personeli takımhane personeline kullanılacak takımlar hakkında bilgi verir, ayar parçası kalite kontrol biriminde ölçüsel olarak teyit edilir.

Frezeleme faaliyetinde işlenen parçanın kalınlığının tolerans dışında (ince ya da kalın) olması ihtimali vardır. Delik delme/raybalama faaliyetinde ise işlenen parçanın delik çapının küçük/büyük olması ya da delik konumunun hatalı olması şeklinde öngörülen hata türleri mevcuttur. Mevcut durumda frezeleme ve delik delme/raybalama faaliyetlerinde öngörülen hataların gerçekleşmemesi için kalite kontrol biriminden ilk parça onayının alınması, operatörlerin her parçayı kumpas ile kontrol etmesi, iş emrinde belirtilen aralıklarla parçanın kalite kontrol biriminde onaylanması şeklinde önlemler alınmaktadır.

Makine işleme/imalat sürecinde frezeleme alt sürecinde kalınlığın tolerans dışında olması (daha ince olması) ile raybalama/delik delme alt sürecinde delik çapının büyük olması hata türlerine ait 280 olan RÖS değerleri işletmede risk seviyesi en yüksek olan iki hata türüdür. İkinci olarak RÖS değeri 200 olan delik konumunun hatalı olması hata türü de önlem alınması gereken hata türlerindedir. Bu olası hata türlerini sırası ile CAD-CAM modelinin tezgâha aktarılması sürecinde gerçekleşen RÖS değerleri 175 olan tezgâha yanlış NC program verilmesi ve operatöre yanlış bilgi verilmesi faaliyetleri izlemektedir. Makine işleme/imalat sürecine ilişkin şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri Çizelge EK 4’te yer almaktadır.

Tesviye sürecinde gerçekleştirilen işlem, karşılaşılabilecek hata türleri ve hatanın oluşmaması amacı ile yapılan mevcut faaliyet aşağıda Çizelge 7.8’de yer almaktadır.

Çizelge 0.8. Tesviye süreci mevcut durum ve karşılaşılabilecek hata türü.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Potansiyel Hata Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti
Tesviye Süreci	Parçadaki fazla malzemenin alınması (Çapak, keskin köşeler, vb.)	Parçada çapak kalması	Montaj sırasında uyumsuzluk	Tesviye personeli hatası	Kalite kontrol biriminden ilk parça onayının alınması
		Parçada çapak kalması	Ek işgücü ihtiyacı		
		Ölçü düşmesi	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	Yanlış ekipman kullanımı	
		Ölçü düşmesi	Montaj sırasında uyumsuzluk	Tesviye personeli hatası	
		Ölçü düşmesi	Ana türünde(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	Kalite kontrol personeli hatası	

Tesviye sürecinde parçadaki fazla malzemenin alınması işlemi yapılmaktadır bu işlem esnasında parçada çapak kalması ve ölçü düşmesi hatalarının görülme olasılığı vardır. Ayrıca bu hata türlerine ek olarak her zaman öngörülemeyen “diğer” hata türü de mevcuttur. Mevcut durumda bu hata türlerinin ortaya çıkmaması için kalite kontrol biriminden ilk parça onayı alınmaktadır.

Tesviye sürecinde parçadaki fazla malzemenin alınması alt sürecinde olası hata türlerinden RÖS değeri 200 ile en yüksek olan hata türü ölçü düşmesidir. Ölçü düşmesinin müşteriye etkisine karşılık gelen şiddet derecesi ise ana üründe güvenlik problem etkisi ile 10 olarak hesaplanmıştır ve bu doğrultuda tesviye sürecine ilişkin şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri Çizelge EK 5’te yer almaktadır.

Ölçüsel kontrol sürecinde gerçekleştirilen işlem, karşılaşılabilecek hata türleri ve hatanın oluşmaması amacı ile yapılan mevcut faaliyet Çizelge 7.9’da yer almaktadır.

Çizelge 0.9. Ölçüsel kontrol süreci mevcut durum ve karşılaşılabilecek hata türü.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Potansiyel Hata Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti
Ölçüsel Kontrol Süreci	CMM ile parça kontrolü	Eski revizyonlu program çalıştırılması	Ek işgücü ihtiyacı	Kalite kontrol personeli hatası	İş emrinde parça revizyonunun yazılması
		Eski revizyonlu program çalıştırılması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi		
		Eski revizyonlu program çalıştırılması	Montaj sırasında uyumsuzluk		
		Eski revizyonlu program çalıştırılması	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi		
	CMM ile parça kontrolü	Datum yüzeyleri için yetersiz kontrol	Ek işgücü ihtiyacı	Kalite kontrol personeli hatası	Kalite kontrol birimi personellerinin ölçümde numaralı teknik resim kullanması
		Datum yüzeyleri için yetersiz kontrol	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi		
		Datum yüzeyleri için yetersiz kontrol	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi		
		Datum yüzeyleri için yetersiz kontrol	Montaj sırasında uyumsuzluk		
	CMM ile parça kontrolü	Kalibrasyonu bitmiş ya da hassasiyeti parçanın hassasiyetinden yüksek cihaz ile ölçüm	Ek işgücü ihtiyacı	Kalite kontrol personeli hatası	Kalibrasyon takip listesi ile cihazların takibi yapılır ve cihazların üzerine kalibrasyon bitiş tarihi etiketi yapıştırılır
		Kalibrasyonu bitmiş ya da hassasiyeti parçanın hassasiyetinden yüksek cihaz ile ölçüm	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi		
		Kalibrasyonu bitmiş ya da hassasiyeti parçanın hassasiyetinden yüksek cihaz ile ölçüm	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi		
		Kalibrasyonu bitmiş ya da hassasiyeti parçanın hassasiyetinden yüksek cihaz ile ölçüm	Montaj sırasında uyumsuzluk		

Ölçüsel kontrol sürecinde işletmede üretilen parçaların CMM ile kontrolü yapılmaktadır. Yapılan faaliyet sonucunda; eski revizyonlu program çalıştırılması, datum yüzeyleri için yetersiz kontrol ve kalibrasyonu bitmiş ya da hassasiyeti parçanın hassasiyetinden yüksek cihaz ile ölçüm hatalarının oluşma ihtimali görülmektedir. Mevcut durumda ölçüsel kontrol sürecinde hata ile karşılaşılması için iş emrine parça revizyonu yazılır, kalite kontrol birimi personelleri ölçümde numaralı teknik resim kullanır, kalibrasyon takip listesi ile cihazların takibi yapılır ve cihazların üzerine kalibrasyon bitiş tarihi etiketi yapıştırılır, ölçüm ekipmanlarının periyodik olarak kalibre edilir ve firma içerisinde kontrolü sağlanır.

Ölçüsel kontrol sürecinde CMM ile parça kontrolü alt sürecinde olası hata türlerinden RÖS değeri 160 ile en yüksek olan hata türü eski revizyonlu program çalıştırılmasıdır. Bu hata türünün müşteriye etkisine karşılık gelen şiddet derecesi ise ana üründe güvenlik problem etkisi ile 10 olarak hesaplanmıştır ve bu doğrultuda ölçüsel kontrol sürecine ilişkin şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri Çizelge EK 6’da yer almaktadır.

Dış proses sürecinde gerçekleştirilen işlem, karşılaşılabilecek hata türleri ve hatanın oluşmaması amacı ile yapılan mevcut faaliyet aşağıda Çizelge 7.10’da yer almaktadır.

Çizelge 0.10. Dış proses süreci mevcut durum ve karşılaşılabilecek hata türü.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Potansiyel Hata Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti
Dış Proses Süreci	Kaplama-Boyama	Kaplama-boyama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması/parçada hasar olması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	Parça muayene ve sevk personelinin hatası	Dış prosese gönderilen parçaların teknik doküman ile gönderilmesi  Dış proses uygunluk belgesi ile karşılaştırmalı kontrol edilmesi
		Kaplama-boyama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması/parçada hasar olması	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi		
		Kaplama-boyama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması/parçada hasar olması	Montaj sırasında uyumsuzluk	Tedarikçi firma personelinin hatası	
		Kaplama-boyama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması/parçada hasar olması	Ek işgücü ihtiyacı		
	Markalama	Markalama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması/parçada hasar olması	Nihai ürünün Hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	Parça muayene ve sevk personelinin hatası	
		Markalama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması/parçada hasar olması	Ek işgücü ihtiyacı	Tedarikçi firma personelinin hatası	

Dış proses sürecinde işletmede üretilen parçalar kaplama-boyama ya da markalama için farklı işletmeye gönderilmektedir. Bu süreçte yapılması gereken özel proses kaplama-boyama ya da markalama işlemi teknik dokümana uygun yapılmayabilir ve

parça hasar görebilir. Mevcut durumda ölçüsel kontrol sürecinde hata ile karşılaşılması için dış prosese gönderilen parçaların teknik doküman ile gönderilmekte ve gelen parçalar dış proses uygunluk belgesi ile karşılaştırılarak kontrol edilmektedir.

Dış proses sürecinde kaplama-boyama ve markalama alt proseslerinde olası hata türlerinden RÖS değeri 150 ile en yüksek olan hata türü kaplama-boyama işleminin teknik dokümana uygun yapılmamasıdır. Bu hata türünün müşteriye etkisine karşılık gelen şiddet derecesi ise ana üründe güvenlik problem etkisi ile 10 olarak hesaplanmıştır ve bu doğrultuda dış proses sürecine ilişkin şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri Çizelge EK 7’de yer almaktadır.

Sevkiyat sürecinde gerçekleştirilen işlem, karşılaşılabilecek hata türleri ve hatanın oluşmaması amacı ile yapılan mevcut faaliyet aşağıda Çizelge 7.11’de yer almaktadır.

Çizelge 0.11. Sevkiyat süreci mevcut durum ve karşılaşılabilecek hata türü.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Potansiyel Hata Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti
Sevkiyat Süreci	Paketleme	Uygunsuz paketleme	Parçanın Hasar Görmesi	Parça muayene ve sevk personelinin hatası	Parça sevk edilmeden önce görsel kontrol yapılması
	Etiketleme	Yanlış veya eksik etiketleme	Ek İşgücü İhtiyacı		
		Yanlış veya eksik etiketleme	Sevkiyat Zamanında Gecikme		
	Sevk evrak kontrol	Yanlış veya eksik doküman ile sevk	Ek İşgücü İhtiyacı		
		Yanlış veya eksik doküman ile sevk	Sevkiyat Zamanında Gecikme		
	Sevkiyat	Eksik miktarda sevk yapılması ya da sevkiyatın unutulması	Ek İşgücü İhtiyacı		
Eksik miktarda sevk yapılması ya da sevkiyatın unutulması		Sevkiyat Zamanında Gecikme			

Sevkiyat sürecinde paketleme, etiketleme, sevk evraklarının kontrolü ve sevkiyat işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu süreçte uygunsuz paketleme, yanlış ya da eksik etiketleme, yanlış ya da eksik doküman ile sevk veya eksik miktarda sevk yapılması



ya da sevkiyatın unutulması gibi hatalar meydana gelebilir. Mevcut durumda sevkiyat sürecinde hata meydana gelmemesi için parçalar sevk edilmeden önce görsel kontrolleri sağlanmaktadır.

Sevkiyat sürecinde paketleme, etiketleme, sevk evrak kontrol ve sevkiyat alt proseslerinin olası hata türlerine ait RÖS değerleri sırası ile 40, 24, 24 ve 24'tür. Sevkiyat sürecinde işletme için risk gösteren bir durum görülmemektedir ve sevkiyat sürecine ilişkin şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri Çizelge EK 8'de yer almaktadır.

Yukarıda sekiz çizelgede yer alan hata türleri maddeler halinde aşağıdaki gibidir;

- Yanlış Malzeme Temin Edilmesi
- Malzemenin Zamanında Temin Edilmemesi
- Yanlış Miktar Kabulü
- Hasarlı Hammadde Kabulü
- Yanlış Hammadde Kabulü
- Yanlış Depo Yerleşimi
- Hammaddenin Taşıma Sırasında veya Depoda Hasar Görmesi
- Hammaddelerin Depoda Karışması
- Üretime Yanlış Hammadde Verilmesi
- Üretime Eksik Miktarda Hammadde Verilmesi
- Üretime Fazla Miktarda Hammadde Verilmesi
- Tezgaha Yanlış NC Program Verilmesi
- Operatöre Yanlış Bilgi Verilmesi
- Ayar Parçasının Hatalı Olması
- Kalınlığın Tolerans Dışında Olması (Daha İnce)
- Kalınlığın Tolerans Dışında Olması (Daha Kalın)
- Delik Çapının Büyük Olması
- Delik Çapının Küçük Olması
- Delik Konumunun Hatalı Olması
- Parçada Çapak Kalması

- Ölçü Düşmesi
- Eski Revizyonlu Program Çalıştırılması
- Datum Yüzeylerinin Yeterli Seviyede Kontrol Edilmemesi
- Kalibrasyonu Bitmiş Cihaz ile Ölçüm
- Hassasiyeti Parçanın Hassasiyetinden Yüksek Cihaz ile Ölçüm Yapma
- Kaplama İşleminin Teknik Dokümana Uygun Yapılmaması / Parçada Hasar Olması
- Boyama İşleminin Teknik Dokümana Uygun Yapılmaması / Parçada Hasar Olması
- Markalama İşleminin Teknik Dokümana Uygun Yapılmaması / Parçada Hasar Olması
- Uygunsuz Paketleme
- Yanlış veya Eksik Etiketleme
- Yanlış veya Eksik Doküman ile Sevk
- Eksik Miktarda Sevk Yapılması ya da Sevkiyatın Unutulması

HTEA uygulaması sonucu belirlenen hata türleri ve risk öncelik sayısı değerleri en büyükten en küçüğe doğru aşağıda Çizelge 7.12'deki gibidir;

Çizelge 0.12. HTEA uygulaması sonucu belirlenen hata türleri ve RÖS değerleri.

Hata Türleri	RÖS
Kalınlığın Tolerans Dışında Olması (Daha İnce)	280
Delik Çapının Büyük Olması	280
Delik Konumunun Hatalı Olması	200
Ölçü Düşmesi	200
Tezgaha Yanlış NC Program Verilmesi	175
Operatöre Yanlış Bilgi Verilmesi	175
Eski Revizyonlu Program Çalıştırılması	160
Kaplama-Boyama İşleminin Teknik Dokümana Uygun Yapılmaması / Parçada Hasar Olması	150
Parçada Çapak Kalması	120
Hammaddelerin Karışması	60
Üretime Yanlış Hammadde Verilmesi	60
Markalama İşleminin Teknik Dokümana Uygun Yapılmaması / Parçada Hasar Olması	56
Datum Yüzeyleri İçin Yetersiz Kontrol	40
Uygunsuz Paketleme	40
Hasarlı Hammadde Kabulü (Yüzey Kalitesi Kötü Hammadde)	35
Hammaddenin Hasar Görmesi	35
Yanlış Malzeme Temin Edilmesi	30
Yanlış Kalitede Hammadde Kabulü	30
Kalibrasyonu Bitmiş ya da Hassasiyeti Parçanın Hassasiyetinden Yüksek Cihaz ile Ölçüm	30
Yanlış Yerleşim	24
Yanlış veya Eksik Etiketleme	24
Yanlış veya Eksik Doküman ile Sevk	24
Eksik Miktarda Sevk Yapılması ya da Sevkiyatın Unutulması	24
Deneme / Ayar Parçasının Hatalı Olması	20
Yanlış Miktar Kabulü	18
Üretime Eksik Miktarda Hammadde Verilmesi	18
Kalınlığın Tolerans Dışında Olması (Daha Kalın)	12
Delik Çapının Küçük Olması	12
Malzemenin Zamanında Temin Edilmemesi	9
Yanlış Ebatta Hammadde Kabulü	9
Üretime Fazla Miktarda Hammadde Verilmesi	6

Bu çalışmada mevcut durum değerlendirmesi sonucunda RÖS değerlerine baktığımızda en önemli olası hata türlerinin ( $RÖS \geq 100$ ) aşağıda yer alan hata türleri olduğu görülmektedir.

- Üretilen parçada ki kalınlık toleransının olması gerekenden daha ince gelmesi
- Parçada yer alan delik çapının tolerans değerlerinden büyük olması
- Delik konumunun hatalı olması
- Tesviye sonucu parçada ölçü düşmesi (Ölçülerin tolerans dışı gelmesi)
- Tesviye sonucunda parçada çapak kalması
- Tezgâha yanlış NC program verilmesi
- Operatöre yanlış bilgi verilmesi
- Kalite kontrol biriminde ölçüm yaparken eski revizyonlu program çalıştırılması
- Kaplama-Boyama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması ve parçada hasar oluşması

Hesaplanan RÖS değerleri doğrultusunda yukarıda yer alan dokuz hata türü ile birlikte diğer hata türlerinin az da olsa bir risk teşkil ettiği görülmektedir. Bu sebeple tüm hata türlerinin meydana gelmesine engel olmak ya da meydana gelme olasılığını azaltmak için önlem alınması gerektiğine karar verilmiştir.

## **7.5. DÜZELTİCİ ÖNLEYİCİ FAALİYETLERİN BELİRLENMESİ, UYGULANMASI VE YENİ RÖS DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI**

İşletmede gerçekleştirilen HTEA uygulaması ile süreçler analiz edilmiştir. Her bir sürece ilişkin süreç alt adımları ve bu süreçte meydana gelebilecek olası hata türlerine ait RÖS değerleri HTEA uygulama ekibi ile tespit edilmiştir. Tespit edilen RÖS değerlerine önleyici faaliyetler bu bölümde belirtilecektir.

Potansiyel hata türünden kaynaklı potansiyel hata etkilerine ait şiddet derecelerinin farklı olması sebebi ile bir potansiyel hata türüne ilişkin birden çok RÖS değeri olabilmektedir. RÖS değerleri içerisinde ilgili potansiyel hata türüne ait en yüksek RÖS değeri baz alınmaktadır.

Satın alma sürecine ilişkin önleyici faaliyet ve sorumlusu Aşağıda Çizelge 7.13'te yer almaktadır.

Çizelge 0.13. Satın alma süreci önleyici faaliyetleri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hata Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti	RÖS	Önleyici Faaliyet
Satın Alma Süreci	Üretim için gerekli satın alma faaliyetlerinin yapılması	Yanlış malzeme temin edilmesi	Satın alma personelinin hatası	Giriş kalite kontrol faaliyeti	30	Satın alma işleminden önce ilgili teknik dokümanın kontrol edilmesi
		Malzemenin zamanında temin edilmemesi	Tedarikçi hatası CAD-CAM personelinin hatası	Üretim planlaması yapılırken satın alma ile irtibata geçilmesi	9	Farkındalık eğitiminin verilmesi

Satın alma sürecinde üretim için gerekli satın alma faaliyetlerinin yapılması işleminde yanlış malzeme temin edilmesine yönelik giriş kalite kontrol faaliyetine ek olarak satın alma sorumlusunun satın alma işleminden önce ilgili teknik dokümanın kontrol edilmesi önlemi alınmıştır. Malzemenin zamanında temin edilmemesi hata türüne karşılık kalite yönetim mühendisinin satın alma ve malzeme talebi ile ilgili kişilere farkındalık eğitimi verilmesi kararlaştırılmıştır.

Satın alma süreci RÖS değeri alınan önlemler neticesinde yanlış malzeme temini için 30'dan 20'ye inmiştir. Malzemenin zamanında temin edilmemesi hata türü için 9'dan 6'ya düşürülmüştür.

Satın alma sürecine ilişkin alınan önlemler neticesinde potansiyel hata türlerinin her bir etkisi için yeniden değerlendirilen şiddet, olasılık, saptanabilirlik dereceleri ve yeni RÖS değerleri Çizelge EK 9'da yer almaktadır.

Ham malzeme kabulü sürecine ilişkin önleyici faaliyet ve sorumlusu aşağıda Çizelge 7.14'te yer almaktadır.

Çizelge 0.14. Ham malzeme kabul süreci önleyici faaliyetleri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hata Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti	RÖS	Önleyici Faaliyet
Ham Malzeme Kabul Süreci	Malzeme sipariş listesi ile gelen malzemenin karşılaştırılması	Yanlış miktar kabulü	Hatalı sayım yapma Tedarikçinin yanlış miktarda ürün göndermesi	Sayısal kontrol	18	Satın alma sorumlusunun tedarikçi firmaları değerlendirmesi ve kalite puanı yüksek tedarikçilerden ham malzeme tedarik etmesi Giriş kalite kontrol personelinin ham malzeme yüzeylerini tek tek kontrol etmesi İmalat Şefi tarafından üretime alınacak ham malzemelerin kontrol edilmesi
		Hasarlı ham malzeme kabulü (Yüzey kalitesi kötü ham malzeme)	Tedarikçiden hasarlı malzeme gelmesi Gelen malzemenin işletmede hasar görmesi Paketleme hatasından kaynaklı hasarlanma	Görsel kontrol	35	Satın alma sorumlusunun tedarikçi firmaları değerlendirmesi ve kalite puanı yüksek tedarikçilerden ham malzeme tedarik etmesi Giriş kalite kontrol personelinin ham malzeme yüzeylerini tek tek kontrol etmesi İmalat Şefi tarafından üretime alınacak ham malzemelerin kontrol edilmesi
		Yanlış ebatta ham malzeme kabulü	Tedarikçiden yanlış ebatta ham malzeme gelmesi Satın alma personelinin yanlış ebatta malzeme sipariş etmesi CAD-CAM personelinin yanlış ebatta malzeme talep etmesi Giriş kalite kontrol personelinin dikkatsizliği	Ölçüsel kontrol Ölçüsel kontrol	9	Satın alma sorumlusunun tedarikçi firmaları değerlendirmesi ve kalite puanı yüksek tedarikçilerden ham malzeme tedarik etmesi Giriş kalite kontrol personelinin ham malzeme ebatlarını tek tek kontrol etmesi İmalat Şefi tarafından üretime alınacak ham malzemelerin kontrol edilmesi

Çizelge 0.14. (devam ediyor).

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hata Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti	RÖS	Önleyici Faaliyet
Ham Malzeme Kabul Süreci	Malzeme sipariş listesi ile gelen malzemenin karşılaştırılması	Yanlış kalitede ham malzeme kabulü	Satın alma personelinin hatalı malzeme siparişi CAD-CAM personelinin satın alma birimine hatalı malzeme talebi Tedarikçi tarafından yanlış malzeme sevk Giriş kalite kontrol personelinin dikkatsizliği	İletkenlik kontrolü LOT kontrolü	30	Satın alma sorumlusunun tedarikçi firmaları değerlendirmesi ve kalite puanı yüksek tedarikçilerden ham malzeme tedarik etmesi Giriş kalite kontrol personelinin uygunluk sertifikası ile ham malzeme eşleştirmesi yapmadan ham malzeme girişi yapmaması
	Ham malzemenin depoya yerleştirilmesi	Yanlış yerleşim	Giriş kalite kontrol personelinin hatası Tedarikçinin ham malzemeyi yanlış etiket ile göndermesi	Görsel kontrol	24	Ham malzeme depolarının firmalara ve ham malzeme cinslerine göre adreslenmesi ve bu konuda da ilgili personele eğitim verilmesi
		Ham malzemenin hasar görmesi	Ham malzemenin depolama birimine uygun taşınmaması	İşlem gerçekleştirilirken personelin dikkatli davranması ve ilgili personelin kontrol edilmesi	35	Ham malzemenin uygun ekipman ile taşındığına ve uygun şartlar altında depo edildiğine dikkat edilmesi Konu ile ilgili eğitim verilmesi
		Ham malzemelerin karışması	Ham malzemelerin giriş kalite kontrol personeli tarafından yanlış etiketlenmesi Ham malzemelerin tedarikçiden yanlış ya da eksik etiket ile gelmesi	Hammaddelerin etiketlenmesi Giriş kalite kontrol personelinin dikkatli davranması ve personelin denetlenmesi	60	Etiketsiz ham malzemenin şüpheli sayılması ve üretime verilmemesi

Ham malzeme kabulü süreci başlıca malzeme sipariş listesi ile gelen malzemenin karşılaştırılması ve hammaddenin depoya yerleştirilmesi olmak üzere iki alt süreç adımından oluşmaktadır. Malzeme sipariş listesi ile gelen malzemenin karşılaştırılması süreç alt adımında meydana gelebilecek hatalara karşılık alınan temel önlem satın alma sorumlusunun tedarikçi firmaları değerlendirmesi ve kalite puanı yüksek tedarikçilerden ham malzeme tedarik etmesidir. Hammaddenin depoya yerleştirilmesine ilişkin alınan temel önlemlerde işletmedeki personele eğitim verilmesidir. Bu önlemlere ek olarak hata türleri için ayrı önlemlerde çizelgede mevcuttur.

Ham malzeme kabulü sürecinde malzeme sipariş listesi ile gelen malzemenin karşılaştırılması ve ham malzemenin depoya yerleştirilmesi işlemleri için ayrı ayrı RÖS değerleri hesaplanmıştır. Malzeme sipariş listesi ile gelen malzemenin karşılaştırılması işleminde; yanlış miktar kabulü, hasarlı ham malzeme kabulü, yanlış ebatta ham malzeme kabulü ve yanlış kalitede ham malzeme kabulü hata türleri için alınan önlemler neticesinde 18, 35, 9 ve 30 olan risk öncelik değerleri sırası ile 9, 15, 6 ve 20 olmuştur. Ham malzemenin depoya yerleştirilmesi işleminde; yanlış yerleşim, ham malzemenin hasar görmesi ve ham malzemelerin karışması hata türleri için yapılan önleyici faaliyetler neticesinde 24, 35 ve 60 olan risk öncelik değerleri sırası ile 18, 30 ve 20 olmuştur.

Ham malzemenin kabulü sürecine ilişkin alınan önlemler neticesinde potansiyel hata türlerinin her bir etkisi için yeniden değerlendirilen şiddet, olasılık, saptanabilirlik dereceleri ve yeni RÖS değerleri Çizelge EK 10'da yer almaktadır.

Ham malzemenin üretime verilmesi sürecine ilişkin önleyici faaliyet ve sorumlusu aşağıda Çizelge 7.15'te yer almaktadır.



Çizelge 0.15. Ham malzemenin üretime verilmesi süreci önleyici faaliyetleri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hata Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti	RÖS	Önleyici Faaliyet
Ham Malzemenin Üretime Verilmesi Süreci	Teknik resim ve iş emri ile ham malzeme doğrulanması	Üretime yanlış ham malzeme verilmesi	Giriş kalite kontrol personelinin hatası	Üretime verilen ham malzemenin türü ve adedi ile iş emrinde yazan bilgilerin eşleştirilmesi	60	Personele farkındalık eğitimi verilerek dikkatli olmalarının sağlanması  Her üretim operasyonu sonrası imalat şefi kontrolü
		Üretime eksik miktarda ham malzeme verilmesi	Satın alma personelinin hatası İş geliştirme ve verimlilik mühendisinin hatası		18	
		Üretime fazla miktarda ham malzeme verilmesi	Tedarikçiden yanlış kalitede veya miktarda ham malzeme sevkiyatının gerçekleşmesi		6	

Ham malzemenin üretime verilmesi sürecinde teknik resim ve iş emri ile ham malzeme doğrulanır ve üretime iş emri verilir. Bu süreçte olası hatalara yer vermemek için alınacak olan önlem, kalite yönetim mühendisi tarafından personele farkındalık eğitimi verilerek dikkatli olmalarının sağlanması ve her üretim operasyonu sonrası imalat şefi kontrolüdür.

Ham malzemenin üretime verilmesi sürecinde, teknik resim ve iş emri ile ham malzeme doğrulanırken oluşabilecek; üretime yanlış, eksik ya da fazla miktarda ham malzeme verilmesi potansiyel hata türlerine ilişkin 60, 18 ve 6 olan risk öncelik sayıları önleyici faaliyetler neticesinde sırası ile 40, 12 ve 4 olmuştur.

Ham malzemenin üretime verilmesi sürecine ilişkin alınan önlemler neticesinde potansiyel hata türlerinin her bir etkisi için yeniden değerlendirilen şiddet, olasılık, saptanabilirlik dereceleri ve yeni RÖS değerleri Çizelge EK 11’de yer almaktadır.

Makine işleme/imalat sürecine ilişkin önleyici faaliyet ve sorumlusu aşağıda Çizelge 7.16’da yer almaktadır.

Çizelge 0.16. Makine işleme/imalat süreci önleyici faaliyetleri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hata Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti	RÖS	Önleyici Faaliyet
Makine İşleme / İmalat Süreci	CAD-CAM modelinin tezgaha aktarılması	Tezgaha yanlış NC program verilmesi	CAD-CAM personelinin dikkatsizliği ya da yetersizliği	İmalat şefinin işlemi kontrol etmesi	175	Operatörün kullanacağı NC programın İmalat Şefi tarafından onaylanması
		Operatöre yanlış bilgi verilmesi				CAD-CAM personellerine mesleki eğitim verilmesi
	Tezgâh ayarı yapma ve deneme parçası üretme	Deneme / ayar parçasının hatalı olması	<p>CAD-CAM personelinin hatalı NC program vermesi</p> <p>Operatörün aparatı yanlış bağlaması</p> <p>Operatörün yanlış aparat seçmesi</p> <p>Operatörün kesici takımı yanlış bağlaması</p> <p>Takımhane personelinin yanlış kesici takım vermesi</p> <p>Operatörün tezgahtan farklı(eski revizyon vb.) NC program çekmesi</p>	İmalat şefinin işlemi kontrol etmesi	20	İşletmede hurda parçalara ait öğrenilmiş dersler ile ilgili eğitim verilmesi
				175		Operatöre bilginin operasyon planı ile aktarılması

Çizelge 0.16. (devam ediyor).

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hata Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti	RÖS	Önleyici Faaliyet
Makine İşleme / İmalat Süreci	Frezeleme	Kalınlığın tolerans dışında olması (Daha ince)	CAD-CAM personeli hatası(NC programı yanlış yapması) Operatör hatası(sıfırı kontrol etmemesi ya da yanlış sıfır alması)	Kalite kontrol biriminden ilk parça onayının alınması Operatörlerin her parçayı kumpasları ile kontrol etmesi İş emrinde belirtilen aralıklarla parçanın kalite kontrol biriminde onaylanması	280	Operatörün operasyon planı doğrultusunda üretim yapması Operatörün parçada ölçmesi gereken değerlerin operasyon planında gösterilmesi ve bulunan değerlerin kayıt altına alınması Personele farkındalık eğitimi verilmesi ve ödüllendirme sisteminin uygulanması Kalite kontrol ölçüm aralıklarının riskli görülen parçalarda kısa tutulması Personele mesleki eğitim verilmesi
		Kalınlığın tolerans dışında olması (Daha kalın)	Yanlış kesici takım(çap / boy) Kesici takım kırılması Kalite kontrol personeli hatası		12	
	Delik delme / raybalama	Delik çapının büyük olması	Yanlış takım seçimi Operatörün takım boyunu tezgâha yanlış girmesi Takımın kırılması Yanlış NC program Kalite kontrol personeli hatası		280	
			Delik çapının küçük olması		Yanlış takım seçimi Yanlış NC program Kalite kontrol personeli hatası	
		Delik Konumunun Hatalı Olması	Yanlış NC program Operatörün yanlış ayar yapması Kalite kontrol personeli hatası		200	

Makine işleme / imalat süreci dört alt adımından oluşmaktadır. CAD-CAM modelinin tezgâha aktarılması sürecinde oluşabilecek olası hataları önlemek için alınan önlem operatörün kullanacağı NC programın imalat şefi tarafından onaylanması, CAD-CAM personellerine mesleki eğitim verilmesi, NC program listesinin oluşturularak takip edilmesi ve operatöre bilginin operasyon planı ile aktarılmasıdır. Tezgah ayarı yapma ve deneme parçası üretme süreç alt adımında karşılaşılabilecek hatalara önlem olarak işletmede hurda parçalara ait öğrenilmiş dersler ile ilgili eğitim verilmesi kararlaştırılmıştır. Frezeleme ve delik delme/raybalama işlemindeki olası hata türlerine önlem olarak operatörün operasyon planı doğrultusunda üretim yapması, operatörün parçada ölçmesi gereken değerlerin operasyon planında gösterilmesi ve bulunan değerın kayıt altına alınması, personele farkındalık eğitimi verilmesi ve ödüllendirme sisteminin uygulanması, kalite kontrol ölçüm aralıklarının riskli görülen parçalarda kısa tutulması ve personele mesleki eğitim verilmesidir.

Makine işleme/imalat sürecinde gerçekleştirilen CAD-CAM modelinin tezgaha aktarılması işleminde tezgaha yanlış NC program verilebilir ya da operatöre yanlış bilgi verilebilir. Bu iki hata türüne ilişkin 175 olarak hesaplanan risk öncelik sayısı değerleri uygulanan önleyici faaliyetler neticesinde 75'e düşmüştür. Tezgah ayarı yapma ve deneme parçası üretme işleminde gerçekleşme ihtimali olan deneme/ayar parçasının hatalı olması ihtimaline ilişkin 20 olarak hesaplanan risk öncelik sayısı değeri alınan önlemler neticesinde de değişmeyerek 20 olarak kalmıştır. Frezeleme işleminde kalınlığın daha ince ya da kalınlığın daha kalın olması gibi olası hata türlerinin meydana gelme ihtimali bulunmaktadır. Bu hata türlerine ilişkin alınan önlemler neticesinde sırası ile 280 ve 12 olan risk öncelik sayısı değerleri 100 ve 6 olmuştur. Delik delme/raybalama işleminde delik çapının büyük olması, küçük olması veya delik konumunun yanlış olması hata türlerinin meydana gelme ihtimalleri bulunmaktadır. Bu hata türlerine ilişkin alınan önlemler neticesinde sırası ile 280, 12 ve 200 olan risk öncelik sayısı değerleri sırası ile 100, 6 ve 100 olmuştur.

Makine işleme/imalat sürecine ilişkin alınan önlemler neticesinde potansiyel hata türlerinin her bir etkisi için yeniden değerlendirilen şiddet, olasılık, saptanabilirlik dereceleri ve yeni RÖS değerleri Çizelge EK 12'de yer almaktadır.

Tesviye sürecine ilişkin önleyici faaliyet ve sorumlusu aşağıda Çizelge 7.17’de yer almaktadır.

Çizelge 0.17. Tesviye süreci önleyici faaliyetleri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hata Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti	RÖS	Önleyici Faaliyet
Tesviye Süreç	Parçadaki fazla malzemenin alınması (Çapak, keskin köşeler, vb.)	Parçada çapak kalması	Tesviye personeli hatası	Kalite kontrol biriminden ilk parça onayının alınması	120	Tesviye sonrasında parçaların deneyimli tesviye personeli tarafından kontrol edilerek iş emri dosyası üzerinden de onaylanması
		Ölçü düşmesi	Yanlış ekipman kullanımı Tesviye personeli hatası Kalite kontrol personeli hatası		200	Tesviye personeline mesleki eğitim verilmesi

Tesviye sürecinde gerçekleştirilen parçadaki fazla malzemenin alınması faaliyetinde meydana gelebilecek hata türlerine ilişkin alınan önlem; tesviye sonrasında parçaların deneyimli tesviye personeli tarafından kontrol edilerek iş emri dosyası üzerinden de onaylanması tesviye personeline mesleki eğitim verilmesidir.

Tesviye sürecinde, parçadaki fazla malzemenin alınması işleminde oluşabilecek; parçada çapak kalması ya da ölçü düşmesi potansiyel hata türlerine ilişkin 120 ve 200 olan risk öncelik sayıları önleyici faaliyetler neticesinde sırası ile 48 ve 80 olmuştur.

Tesviye sürecine ilişkin alınan önlemler neticesinde potansiyel hata türlerinin her bir etkisi için yeniden değerlendirilen şiddet, olasılık, saptanabilirlik dereceleri ve yeni RÖS değerleri Çizelge EK 13’te yer almaktadır.

Ölçüsel kontrol sürecine ilişkin önleyici faaliyet ve sorumlusu aşağıda Çizelge 7.18’de yer almaktadır.

Çizelge 0.18. Ölçüsel kontrol süreci önleyici faaliyetleri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hata Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti	RÖS	Önleyici Faaliyet
Ölçüsel Kontrol Süreci	CMM ile parça kontrolü	Eski revizyonlu program çalıştırılması	Kalite kontrol personeli hatası	İş emrinde parça revizyonunun yazılması	160	CMM program listesinin oluşturulması ve revizyon takibinin yapılması  Personele farkındalık eğitiminin verilmesi
		Datum yüzeyleri için yetersiz kontrol	Kalite kontrol personeli hatası	Kalite kontrol birimi personellerinin ölçümde numaralı teknik resim kullanması	40	Numaralı teknik resimde manuel olarak ya da CMM ile ölçülen değerlerin kalite kontrol ara ölçüm formu ile kayıt altına alınması
		Kalibrasyonu bitmiş ya da hassasiyeti parçanın hassasiyetinden yüksek cihaz ile ölçüm	Kalite kontrol personeli hatası	Kalibrasyon takip listesi ile cihazların takibi yapılır ve cihazların üzerine kalibrasyon bitiş tarihi etiketi yapıştırılır Ölçüm ekipmanlarının periyodik olarak kalibre edilir ve firma içerisinde kontrolü sağlanır	30	Kalibrasyon sertifikalarının kalite kontrol şefi tarafından kontrol edilerek onaylanması  Ölçüm ekipmanlarının firma içerisinde de haftalık ya da aylık kontrol edilmesi

Ölçüsel kontrol sürecinde gerçekleştirilen CMM ile parça kontrolü işleminde meydana gelme ihtimali olan hata türlerinin önlenmesine yönelik alınan önleyici faaliyetler; CMM program listesinin oluşturulması ve revizyon takibinin yapılması, personele farkındalık eğitiminin verilmesi, numaralı teknik resimde manuel olarak ya da CMM ile ölçülen değerlerin kalite kontrol ara ölçüm formu ile kayıt altına alınması, kalibrasyon sertifikalarının kalite kontrol şefi tarafından kontrol edilerek onaylanması ve ölçüm ekipmanlarının firma içerisinde de haftalık ya da aylık kontrol edilmesidir.

Ölçüsel kontrol sürecinde gerçekleştirilen CMM ile parça kontrolü işleminde eski revizyonlu program çalıştırılması, datum yüzeyleri için yetersiz kontrol ve kalibrasyonu bitmiş ya da hassasiyeti parçanın hassasiyetinden yüksek cihaz ile ölçüm olmak üzere üç hata türünün meydana gelme ihtimali bulunmaktadır. Bu hata türlerine ilişkin sırası ile 160, 40 ve 30 olan risk öncelik sayısı değerleri alınan önlemler sonucunda 20'ye düşürülmüştür.

Ölçüsel kontrol sürecine ilişkin alınan önlemler neticesinde potansiyel hata türlerinin her bir etkisi için yeniden değerlendirilen şiddet, olasılık, saptanabilirlik dereceleri ve yeni RÖS değerleri Çizelge EK 14’te yer almaktadır.

Dış proses sürecine ilişkin önleyici faaliyet ve sorumlusu aşağıda Çizelge 7.19’da yer almaktadır.

Çizelge 0.19. Dış proses süreci önleyici faaliyetleri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hata Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti	RÖS	Önleyici Faaliyet
Dış Proses Süreci	Kaplama-Boyama	Kaplama-boyama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması / parçada hasar olması	Parça muayene ve sevk personelinin hatası Tedarikçi firma personelinin hatası	Dış proses gönderilen parçaların teknik doküman ile gönderilmesi	150	Dış proses hizmetinin müşteri onaylı ya da kalite değerlendirme puanı yüksek olan firmalardan alınması
	Markalama	Markalama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması / parçada hasar olması	Parça muayene ve sevk personelinin hatası Tedarikçi firma personelinin hatası	Dış proses uygunluk belgesi ile karşılaştırmalı kontrol edilmesi	56	Kalite kontrol şefinin dış prosesden gelen parçaları ikinci kez kontrol etmesi ve iş emri üzerinden de kaşe ile onay vermesi

Dış proses sürecinde gerçekleştirilen kaplama-boyama ve markalama işlemlerine ilişkin hataların oluşmaması, ilgili süreçte hataya sebebiyet vermemek amacı ile dış proses hizmetinin müşteri onaylı ya da kalite değerlendirme puanı yüksek olan firmalardan alınması ve kalite kontrol şefinin dış prosesden gelen parçaları ikinci kez kontrol etmesi ve iş emri üzerinden de kaşe ile onay vermesi önlemleri alınmıştır.

Dış proseste farklı bir işletmede yaptırılan kaplama-boyama ve markalama işlemlerinde teknik dokümana uygun yapılmama ve parçada hasar oluşma hatası meydana gelebilmektedir. Hem kaplama-boyama hem de markalama işlemine ilişkin alınan önlem sonucu sırası ile 150 ve 56 olan risk öncelik sayısı değerleri 30 ve 24 olmuştur.

Dış proses sürecine ilişkin alınan önlemler neticesinde potansiyel hata türlerinin her bir etkisi için yeniden değerlendirilen şiddet, olasılık, saptanabilirlik dereceleri ve yeni RÖS değerleri Çizelge EK 15’te yer almaktadır.

Sevkiyat sürecine ilişkin önleyici faaliyet ve sorumlusu aşağıda Çizelge 7.20’de yer almaktadır.

Çizelge 0.20. Sevkiyat süreci önleyici faaliyetleri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hata Nedeni	Mevcut Kontrol Faaliyeti	RÖS	Önleyici Faaliyet
Sevkiyat Süreci	Paketleme	Uygunsuz paketleme	Parça muayene ve sevk personelinin hatası	Parça sevk edilmeden önce görsel kontrol yapılması	40	İlgili personele mesleki eğitim verilmesi Sevk kontrol listesinin oluşturulması ve personelin liste doğrultusunda kontrollerini gerçekleştirmesi
	Etiketleme	Yanlış veya eksik etiketleme	Parça muayene ve sevk personelinin hatası		24	
	Sevk evrak kontrol	Yanlış veya eksik doküman ile sevk	Parça muayene ve sevk personelinin hatası		24	
	Sevkiyat	Eksik miktarda sevk yapılması ya da sevkiyatın unutulması	Parça muayene ve sevk personelinin hatası		24	

Sevkiyat sürecinde gerçekleştirilen paketleme, etiketleme, sevk evraklarının kontrolü ve sevkiyat faaliyetlerinde herhangi bir hataya sebebiyet vermemek adına işletmede ilgili personele mesleki eğitim verilmesi, sevk kontrol listesinin oluşturulması ve personelin liste doğrultusunda kontrollerini gerçekleştirmesi önlemleri alınmıştır. Alınan önleyici faaliyet kararları hata türünün şiddet derecesi, meydana gelme olasılık derecesi ve keşfedilebilirlik derecesi ile doğru orantılıdır. RÖS değeri yüksek olan hata türleri için, meydana gelmesini önlemek/azaltmak ya da bir sonraki süreç adımında fark edilebilecek önlemler alınmıştır.

Sevkiyat sürecinde işletmede paketleme, etiketleme, sevk evrak kontrol ve sevkiyat işlemleri yapılırken meydana gelme ihtimali olan hata türleri; uygunsuz paketleme, yanlış veya eksik etiketleme, yanlış veya eksik doküman ile sevk ve eksik miktarda sevkiyat yapılmaması ya da sevkiyatın unutulmasıdır. Bu işlemlere de meydana gelebilecek hata türlerine ilişkin hesaplanan risk öncelik sayısı değerleri sırası ile 40, 24, 24 ve 24’tür. Uygulanan önleyici faaliyetler sonucunda yeni risk öncelik sayısı değerleri 20, 12, 12 ve 12 olarak değişmiştir.



Sevkiyat sürecine ilişkin alınan önlemler neticesinde potansiyel hata türlerinin her bir etkisi için yeniden değerlendirilen şiddet, olasılık, saptanabilirlik dereceleri ve yeni RÖS değerleri Çizelge EK 16’da yer almaktadır.

HTEA uygulaması ile hata türlerinin meydana gelmesini önleme amacı ile uygulanan önleyici faaliyetler sonucunda 2019 yılının ilk dört ayı ile 2018 yılının ilk dört ayı karşılaştırıldığında gözlemlenen iyileşme aşağıda Çizelge 7.21’deki gibidir;

Çizelge 0.21. HTEA uygulaması sonucu iyileşme oranları.

Hata Türü	2018	2019	İyileşme Oranı
Kalınlığın Tolerans Dışında olması (Daha İnce)	77	10	%87,01
Delik Çapının Büyük Olması	62	8	%87,09
Delik Konumunun Hatalı Olması	7	4	42,85
Ölçü Düşmesi	8	3	%62,5
Tezgaha Yanlış NC Program Verilmesi	17	9	%47,05
Operatöre Yanlış Bilgi Verilmesi	8	6	%25
Eski Revizyonlu Program Çalıştırılması	2	0	%100
Parçada Çapak Kalması	7	2	%71,42

HTEA uygulaması ile alınan ve 2019 yılı itibari ile uygulamaya koyulan önleyici faaliyetler sonucunda 2018 ile 2019 yılının ilk dört aylarına ilişkin gerçekleşmiş hata türü sayıları karşılaştırıldığında en fazla önemli derecede iyileşme sağlanmıştır. Eski revizyonlu program çalıştırılması hata türü 2019 yılının ilk dört ayında hiç gözlemlenmemiştir bu sebeple %100’lük bir iyileşme görülmüştür. Kalınlığın tolerans dışında olması ve delik çapının büyük olması hata türlerine ilişkin iyileşme sırası ile %87,01 ve %87,09’dur. En az iyileşme görülen hata türü ise operatöre yanlış bilgi verilmesidir.

## 7.6. HATALARIN VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMİ İLE ANALİZ EDİLMESİ VE SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Veri madenciliği ile işletmede personellerin hata yapmasında etkili olan faktörlerin analizi, IBM SPSS Modeller ve WEKA kullanılarak gerçekleştirilmiş ve bulgular değerlendirilmiştir.

Uygulama için analiz edilecek olan veriler 2018 yılına ait hatalı parça kayıtlarıdır. Uygulamada 448 adet uygunsuzluk kaydından yararlanılmıştır. Uygunsuzluk kayıtlarının incelenmesi sonucu elde edilen 17 adet değişken şu şekildedir;

- Hata Türü
- Hata Kök Sebebi
- Üretim Türü
- Hata Adedi
- Vardiya
- Hatanın Meydana Geldiği Ay
- Hatanın Meydana Geldiği Gün
- Personel
- Personel Yaşı
- Personel Deneyimi
- Personelin Eğitim Durumu
- Personelin Medeni Durumu
- Personelin Çocuk Sayısı
- Personelin Mesleki Belgesi
- Hatalı Parçanın Ait Olduğu Müşteri
- Hatanın Kalite Puanına Etkisi
- Hatalı Parçaya İlişkin Malzeme Cinsi

### 7.6.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Bu çalışmada ele alınan işletmede 2018 yılı içerisinde meydana gelen uygunsuzluklara ilişkin her değişken türüne ilişkin ayrı ayrı tanımlayıcı istatistikler aşağıda çizelgelerde yer almaktadır.

Hata türüne ilişkin uygunsuzluk bilgileri aşağıda Çizelge 7.22’de yer almaktadır.

Çizelge 0.22. Hata türü tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Değişken	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde	
Hata Türü	Ayar Parçasının Hatalı Olması	76	17,0	
	Delik Çapının Büyük Olması	121	27,0	
	Delik Konumunun Hatalı Olması	34	7,6	
	Eski Revizyonlu CMM Programının Çalıştırılması	1	0,2	
	Kalınlığın Tolerans Dışında Olması (Daha İnce)	132	29,5	
	Kaplama İşleminin Teknik Dokümana Uygun Yapılmaması	1	0,2	
	Ölçü Düşmesi	21	4,7	
	Operatöre Yanlış Bilgi Verilmesi	23	5,1	
	Parçada Çapak Kalması	10	2,2	
	Tezgaha Yanlış NC Program Verilmesi	27	6,0	
	Diğer	2	0,5	
	Toplam		448	100,0

Bu çalışmada, işletmede 2018 yılı içerisinde 11 adet hata türünün meydana geldiği ve %29,5 ile en çok görülen hata türünün olması gerekenden daha ince gelerek tolerans dışı kalınlık olduğu görülmektedir.

Hata kök sebebine ilişkin uygunsuzluk bilgileri aşağıda Çizelge 7.23’te yer almaktadır.

Çizelge 0.23. Hata kök sebebi tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Değişken	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde
<b>Hata Kök Sebebi</b>	Elektrik Kesintisi	5	1,1
	Personel Dikkatsizliği	296	66,1
	Personel Yetersizliği	129	28,8
	Takım Kırılması	9	2,0
	Tezgah Arızası	7	1,6
	Diğer	2	0,5
	Toplam	448	100

Bu çalışmada, işletmede 2018 yılı içerisinde meydana gelen uygunsuzlukların 6 adet kök sebepten kaynaklı ortaya çıktığı görülmüştür. %66,1 ile en çok personel dikkatsizliği kaynaklı uygunsuzluk meydana gelmiştir.

Üretim türüne ilişkin uygunsuzluk bilgileri aşağıda Çizelge 7.24'te yer almaktadır.

Çizelge 0.24. Üretim türü tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Değişken	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde
<b>Üretim Türü</b>	FAI	37	8,3
	Seri	411	91,7
	Toplam	448	100

Bu çalışmada, işletmede FAI ve Seri olmak üzere iki farklı üretim türü mevcuttur. FAI, ilk defa üretilen parçalardır. Seri ise daha önce üretimi yapılmış bir parçanın tekrarlanan üretimidir. 2018 yılı içerisinde meydana gelen uygunsuzluklardan %91,7'si seri üretim parçalarıdır.

Hata adedine ilişkin uygunsuzluk bilgileri aşağıda Çizelge 7.25'te yer almaktadır.

Çizelge 0.25. Hata adedi tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Değişken	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde
Hata Adedi	1	260	58,0
	2	76	17,0
	3	38	8,5
	4	30	6,6
	5	11	2,5
	6	11	2,5
	7	22	4,9
	Toplam	448	100

Bu çalışmada, 2018 yılı içerisinde işletmede meydana gelen uygunsuzluklar en az 1 adet olurken en fazla 7 adetlik uygunsuzluk meydana gelmiştir. Meydana gelen uygunsuzlukların %58'inin 1er adetlik uygunsuzluk olduğu tespit edilmiştir.

Hata adetlerinin ortalaması 2,06 iken standart sapması  $\pm 1,667$ 'dir.

Vardiyaya ilişkin uygunsuzluk bilgileri aşağıda Çizelge 7.26'da yer almaktadır.

Çizelge 0.26. Vardiya türü tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Değişken	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde
Vardiya Türü	Gece	285	63,6
	Gündüz	163	36,4
	Toplam	448	100,0

Bu çalışmada, işletmede gece ve gündüz olmak üzere iki farklı vardiyada üretim yapılmaktadır. Meydana gelen uygunsuzluklardan %63,6'sının gece vardiyasında ortaya çıktığı ve %36,4'ünün gündüz vardiyasında ortaya çıktığı görülmüştür.

Hata gününe ilişkin uygunsuzluk bilgileri aşağıda Çizelge 7.27'de yer almaktadır.

Çizelge 0.27. Hata günü tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Değişken	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde
Hata Günü	Pazartesi	88	19,6
	Salı	74	16,5
	Çarşamba	67	15,0
	Perşembe	72	16,1
	Cuma	66	14,7
	Cumartesi	81	18,1
	Toplam	448	100,0

Bu çalışmada, işletmede Pazar günü hariç geri kalan altı gün boyunca üretim yapılmaktadır ve tüm günlerde uygunsuzluk meydana gelmiştir. Uygunsuzlukların özellikle olduğu bir gün olmamakla beraber 2018 yılı içerisinde meydana gelen uygunsuzlukların %19,6'sının Pazartesi günü olduğu tespit edilmiştir.

Hata ayına ilişkin uygunsuzluk bilgileri aşağıda Çizelge 7.28'de yer almaktadır.

Çizelge 0.28. Hata ayı tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Değişken	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde
Hata Ayı	Ocak	15	3,3	Temmuz	14	3,1
	Şubat	52	11,6	Ağustos	3	0,7
	Mart	12	2,7	Eylül	8	1,8
	Nisan	31	7,0	Ekim	135	30,1
	Mayıs	6	1,3	Kasım	119	26,6
	Haziran	23	5,1	Aralık	30	6,7
	Toplam				448	100,0

Bu çalışmada, işletmede yılın her ayı çalışılmaktadır. 2018 yılında uygunsuzlukların %30,1'inin ekim ayında olduğu görülmektedir.

Personele ilişkin uygunsuzluk bilgileri aşağıda Çizelge 7.29'da yer almaktadır.

Çizelge 0.29. Personel tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Değişken	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde
Personel	CAD 01	20	4,5	OPR 20	10	2,2
	CAD 02	28	6,3	OPR 21	8	1,8
	DP 03	1	0,2	OPR 24	11	2,5
	HF 03	8	1,8	OPR 25	104	23,2
	HF 04	7	1,6	OPR 26	12	2,7
	HF 07	17	3,8	OPR 27	15	3,4
	IDR 02	2	0,5	OPR 28	19	4,2
	OPR 05	20	4,5	OPR 29	11	2,5
	OPR 11	23	5,1	OPR 31	6	1,3
	OPR 15	12	2,7	OPR 2	12	2,7
	OPR 17	35	7,8	OPR 33	44	9,8
	OPR 19	21	4,7	QC 02	1	0,2
	Toplam					448

Bu çalışmada, işletmedeki hataların %23,2'sinin meydana gelmesine sebep olarak 2018 yılında en çok hata yapan personelin OPR 25 numaralı personel olduğu tespit edilmiştir.

Personel yaşına ilişkin uygunsuzluk bilgileri aşağıda Çizelge 7.30'da yer almaktadır.

Çizelge 0.30. Personel yaşı tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Değişken	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde
Personel Yaşı	20	15	3,4	29	27	6,0
	22	20	4,5	30	22	4,9
	23	1	0,2	32	33	7,4
	24	52	11,6	33	28	6,3
	25	115	25,7	34	2	0,5
	26	98	21,8	37	12	2,6
	28	23	5,1			
	Toplam					448

Bu çalışmada, işletmedeki hataların %25,7'sinin 25 yaşındaki personeller tarafından meydana geldiği tespit edilmiştir.

Personellerin yaş ortalaması 28,81 iken standart sapması  $\pm 3,578$ 'dir.

Personele deneyimine ilişkin uygunsuzluk bilgileri aşağıda Çizelge 7.31'de yer almaktadır.

Çizelge 0.31. Personel deneyimi tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Değişken	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde
Personel Deneyimi	1	52	11,6	8	17	3,8
	2	8	1,7	9	50	11,2
	3	165	36,8	10	20	4,5
	4	57	12,7	13	13	3
	6	46	10,2	15	20	4,5
	Toplam					448

Bu çalışmada, işletmedeki hataların %36,8'inin 3yıllık deneyimi olan personeller tarafından meydana geldiği görülmüştür.

Personellerin deneyim ortalaması 5,18 iken standart sapması  $\pm 3,644$ 'tür.

Personel eğitim durumuna ilişkin uygunsuzluk bilgileri aşağıda Çizelge 7.32'de yer almaktadır.

Çizelge 0.32. Personel eğitim durumu tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Değişken	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde
Personel Eğitim Durumu	İlkokul	31	6,9
	Ortaokul	190	42,4
	Lise	205	45,8
	Üniversite	22	4,9
	Toplam	448	100,0

Bu çalışmada, işletmedeki hataların %45,8'inin lise mezunu personeller tarafından meydana geldiği tespit edilmiştir.



Personel medeni durumuna ilişkin uygunsuzluk bilgileri aşağıda Çizelge 7.33'te yer almaktadır.

Çizelge 0.33. Personel medeni durumu tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Değişken	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde
Personel Medeni Durumu	Evli	141	31,5
	Bekar	307	68,5
	Toplam	448	100,0

Bu çalışmada, işletmedeki hataların %68,5'inin bekar personeller tarafından meydana geldiği yani bekar personellerin evli olan personellere göre daha fazla hata yaptığı görülmüştür.

Personel çocuk sayısına ilişkin uygunsuzluk bilgileri aşağıda Çizelge 7.34'te yer almaktadır.

Çizelge 0.34. Personel çocuk sayısı tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Değişken	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde
Personel Çocuk Sayısı	0	322	71,9
	1	31	6,9
	2	67	15,0
	3	28	6,2
	Toplam	448	100,0

Bu çalışma ile işletmedeki hataların %71,9'unun çocuğu olmayan personeller tarafından meydana geldiği belirlenmiştir.

Personellerin çocuk sayısı ortalaması 0,56 iken standart sapması  $\pm 0,961$ 'dir.

Personel mesleki belge durumuna ilişkin uygunsuzluk bilgileri aşağıda Çizelge 7.35'te yer almaktadır.

Çizelge 0.35. Personel mesleki belge tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Değişken	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde
Personel Mesleki Belge	Var	151	33,7
	Yok	297	66,3
	Toplam	448	100,0

Bu çalışmada, işletmedeki hataların %66,3'ünün mesleki belgesi olmayan personeller tarafından meydana geldiği yani belgesi olmayan personellerin belgesi olan personellere göre daha fazla hata yaptığı görülmüştür.

Malzeme cinsine ilişkin uygunsuzluk bilgileri aşağıda Çizelge 7.36'da yer almaktadır.

Çizelge 0.36. Malzeme cinsi tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Değişken	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde
Malzeme Cinsi	Alüminyum	286	63,8
	Bakır	5	1,1
	Çelik	134	29,9
	Pirinç	5	1,1
	Polyamid	18	4,1
	Toplam	448	100,0

Bu çalışmada, 2018 yılı içerisinde işletmedeki hataların %63,8'i ham malzemesi alüminyum olan parçalardan meydana gelmiştir.

Kalite puanına ilişkin uygunsuzluk bilgileri aşağıda Çizelge 7.37'de yer almaktadır.

Çizelge 0.37. Kalite puanına etki tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Değişken	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde
Kalite Puanına Etki	Var	69	15,4
	Yok	379	84,8
	Toplam	448	100,0

Bu çalışmada, 2018 yılı içerisinde işletmedeki hataların %84,8'i kalite puanına etkisi olmayan parçalardan meydana gelmiştir.

Müşteriye ilişkin uygunsuzluk bilgileri aşağıda Çizelge 7.38’de yer almaktadır.

Çizelge 0.38. Müşteriye ilişkin tanımlayıcı istatistik bilgileri.

Değişken	Alt Grup Değişkeni	Uygunsuzluk Sayısı	Yüzde
Müşteri	A Müşterisi	163	36,4
	B Müşterisi	217	48,4
	C Müşterisi	57	12,7
	D Müşterisi	3	0,7
	E Müşterisi	8	1,8
	Toplam		448

Bu çalışmada, işletmedeki hataların %48,4’ü B müşterisine ait parçaların üretiminde meydana gelmiştir.

#### 7.6.2. IBM SPSS Modeller ve WEKA Veri Madenciliği Programlarında Verilerin Analiz Edilmesi

Bu çalışmada IBM SPSS Modeller veri madenciliği programı ile personellerin hata yapmasına etki eden faktör karar ağacı modeli olan C5.0 ve yapay sinir ağı modeli olan Neural Networks ile analiz edilmiştir. Personellerin hata yapmasına etki eden faktör WEKA programında J48 karar ağacı algoritması ile analiz edilmiştir.

Aşağıda Çizelge 7.39’da IBM SPSS Modeller ve WEKA programlarında yapılan analize ilişkin doğruluk oranları yer almaktadır.

Çizelge 0.39. C5.0, Neural Networks ve J48 algoritmalarına ilişkin doğruluk oranı.

Algoritma	IBM SPSS Modeller		WEKA
	C5.0 Karar Ağacı Algoritması	Neural Networks Yapay Sinir Ağı Algoritması	J48 Karar Ağacı Algoritması
Doğru	430	385	422
Yanlış	18	63	26
Toplam	448	448	448
Doğruluk Oranı	%95.98	%85.94	%94,1964

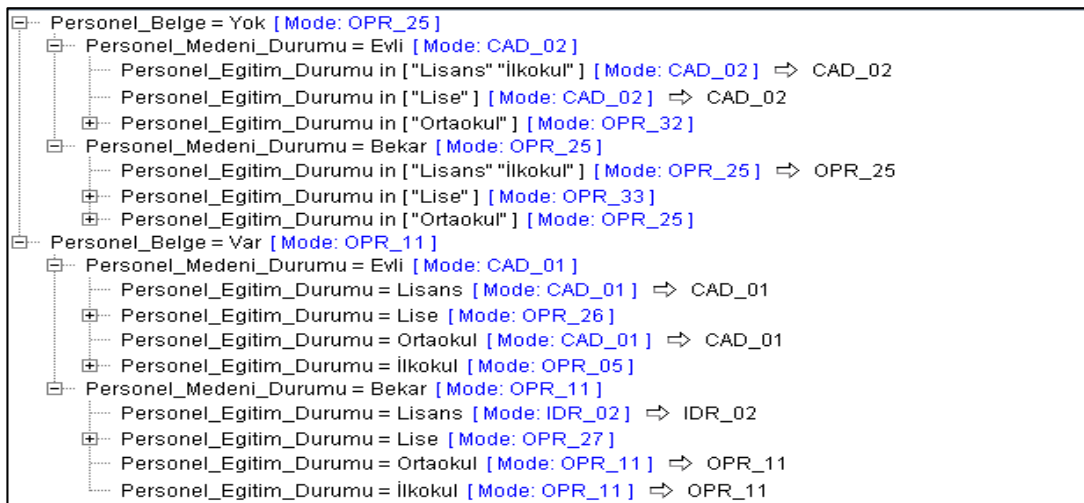
Bu çalışmada; IBM SPSS Modeller programı ile yapılan analiz sonucunda C5.0 algoritması doğruluk oranı %95,98'dir yani 448 adet veriden 430 adedi doğru sınıflandırılmıştır, Neural Networks algoritması 448 adet veriden 385 adedi doğru sınıflandırılarak %85,94 doğruluk oranına ulaşmıştır. WEKA programı ile yapılan analiz sonucunda J48 algoritması 448 adet veriden 422 adet veriyi doğru sınıflandırarak %94,1964 doğruluk oranına ulaşmıştır.

Bu çalışmada elde edilen doğruluk oranları göz önüne alındığında IBM SPSS Modeller programında C5.0 karar ağacı algoritması ve WEKA programında da J48 algoritması kullanılarak personellerin hata yapmalarına etki eden faktörler analiz edilmiştir.

### 7.6.2.1. C5.0 Karar Ağacı Algoritması Bulguları

Bu çalışmada, personellerin hata yapmalarına yönelik sınıflandırılmasında; bağımlı değişken personel olurken, bağımsız değişkenler ise hata türü, hata kök sebebi, üretimin türü (FAI/Seri), hata adedi, vardiya, hatanın yapıldığı gün ve ay, personelin yaşı, deneyimi, eğitim durumu, medeni durumu, çocuk sayısı, personelin mesleki belgesinin olup olmaması, malzeme cinsi, hatanın kalite puanına etkisi ve müşteridir.

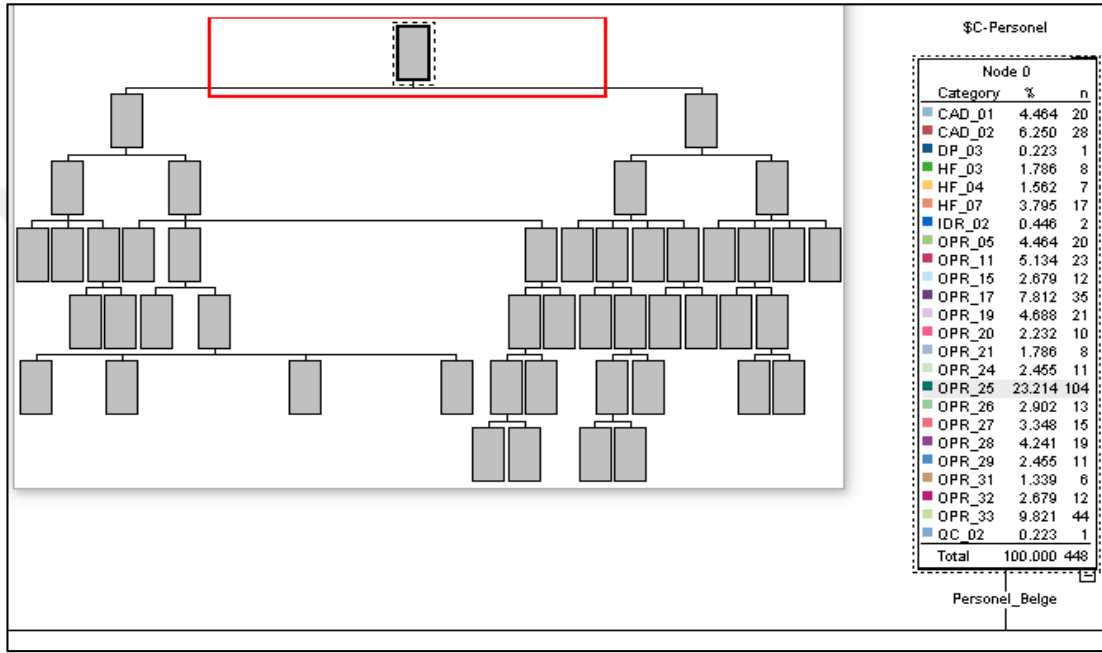
Analizde kullanılan C5.0 karar ağacı algoritmasına ilişkin elde edilen bulgu aşağıda Şekil 7.3'te verilmiştir.



Şekil 0.3. C5.0 karar ağacı model bulgusu ekran görüntüsü.

C5.0 algoritma model sonucunun görsel olarak karar ağacı görüntüleri Şekil 7.4, Şekil 7.5, Şekil 7.6, Şekil 7.7 ve Şekil.7.8’de verilerek yorumlanmıştır.

Aşağıda Şekil 7.4’te işletmede 2018 yılı uygunsuzluk kayıtları doğrultusunda personellerin hata yapmaları üzerinde etkili olan faktörlere göre oluşturulan karar ağacı genel görüntüsü yer almaktadır.



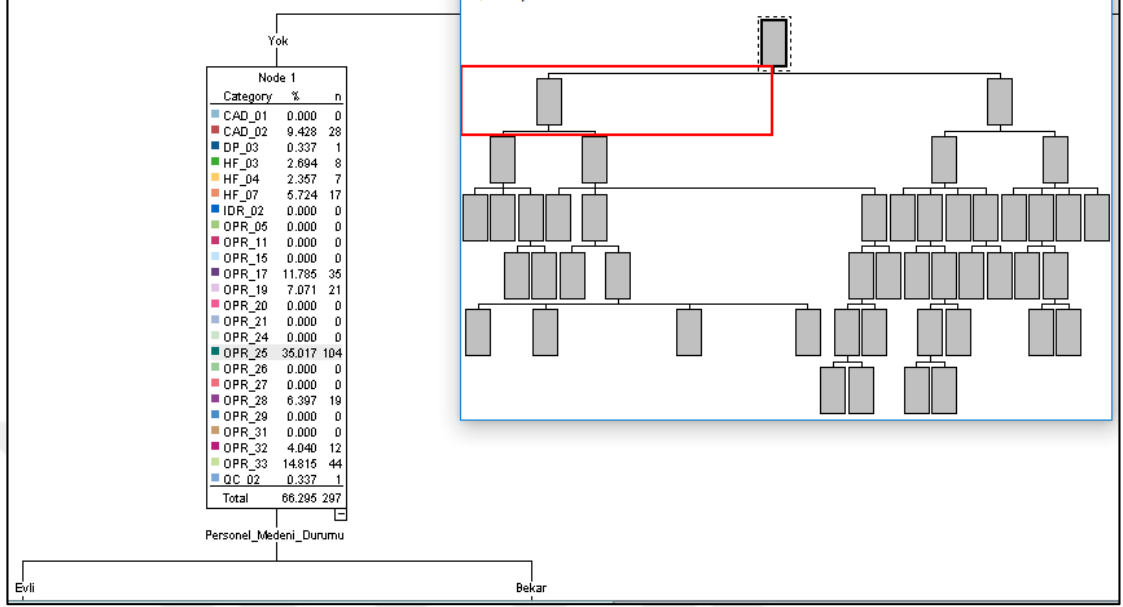
Şekil 0.4. Personel hataları için oluşturulan karar ağacı ve 1.seviye başlangıç düğümü ekran görüntüsü.

Bu çalışmada, personellerin hata yapmasını en çok etkileyen değişkenin “Personel Belgesi” olduğu ve bunu sırası ile personelin medeni durumu, eğitim durumu, deneyimi, yaşı, çocuk sayısı ve yapılan hata türünün izlediği görülmüştür.

Hata kök sebebi, üretimin türü (FAI/Seri), hata adedi, vardiya, hatanın yapıldığı gün ve ay, malzeme cinsi, hatanın kalite puanına etkisi ve müşterinin personel hatası üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı görülmüştür.

2018 yılı içerisinde toplamda 448 adet uygunsuzluğun meydana geldiği görülmektedir.

Aşağıda Şekil 7.5'te mesleki belgesi olmayan personellere ilişkin karar düğümü yer almaktadır.

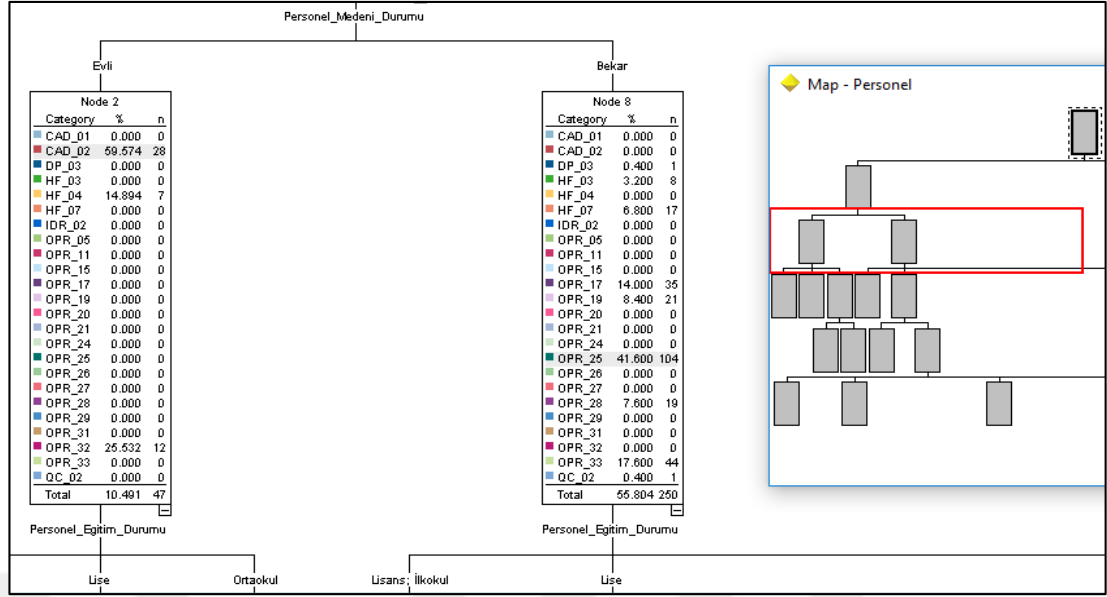


Şekil 0.5. Karar ağacı modeline ilişkin 2. seviye ekran görüntüsü

Bu çalışmada, mesleki belgesi olmayan personellerin mesleki belgeye sahip olan personellere göre daha fazla hata yaptıkları görülmüştür.

Uygunsuzluklara sebep olan 24 personelden 12 tanesinin mesleki belgesi bulunmamaktadır. Mesleki belgeye sahip olmayan personeller 297 adet uygunsuzluk ile meydana gelen uygunsuzlukların %66.29'unu oluşturmuşlardır.

Aşağıda Şekil 7.6'da mesleki belgesi olmayan personellerin medeni durumlarına göre incelendiği karar ağacı düğümleri yer almaktadır.

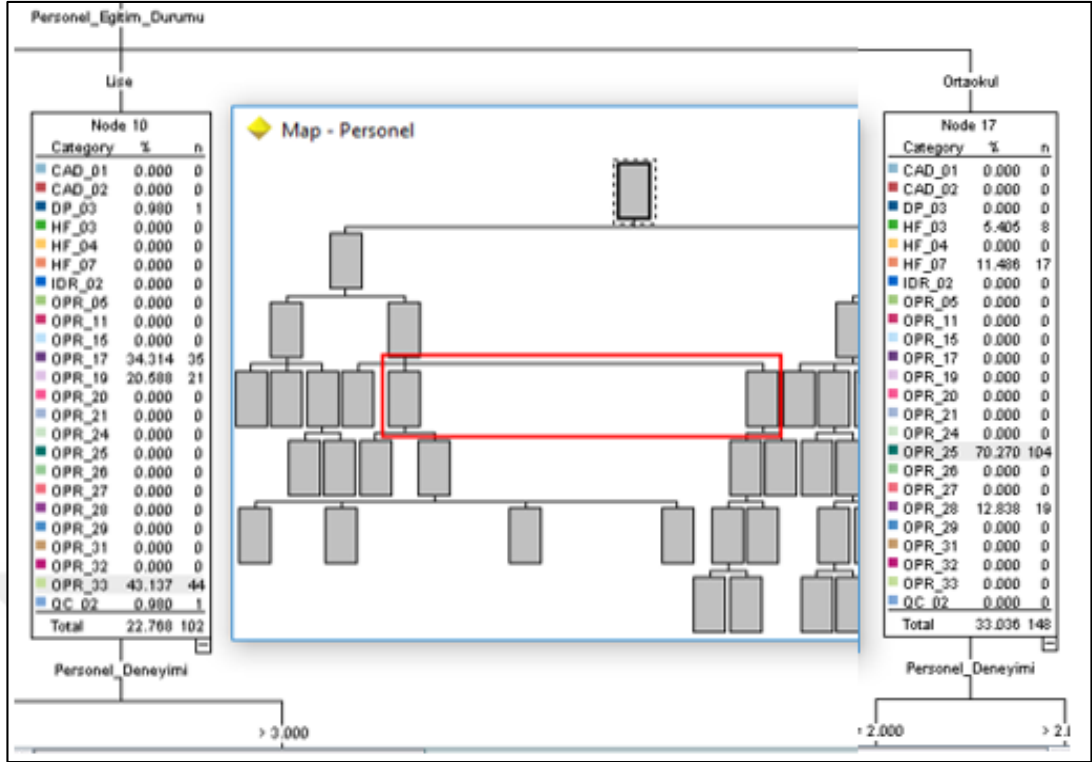


Şekil 0.6. Karar ağacı modeline ilişkin 3. seviye ekran görüntüsü.

Bu çalışmada, mesleki belgeye sahip olmayan personellerde medeni durumun ön plana çıktığı ve bekar personellerin evli olan personellere göre daha çok hata yaptığı görülmüştür.

Uygunsuzluklara sebep olan 12 personelden 3 tanesinin evli 9 tanesinin bekar olduğu görülmektedir. Bekar personeller 250 adet uygunsuzluk ile meydana gelen uygunsuzlukların %55.80'ini oluşturmuşlardır.

Aşağıda Şekil 7.7'de bekar personellerin eğitim durumlarına göre incelendiği karar ağacı düğümleri yer almaktadır.



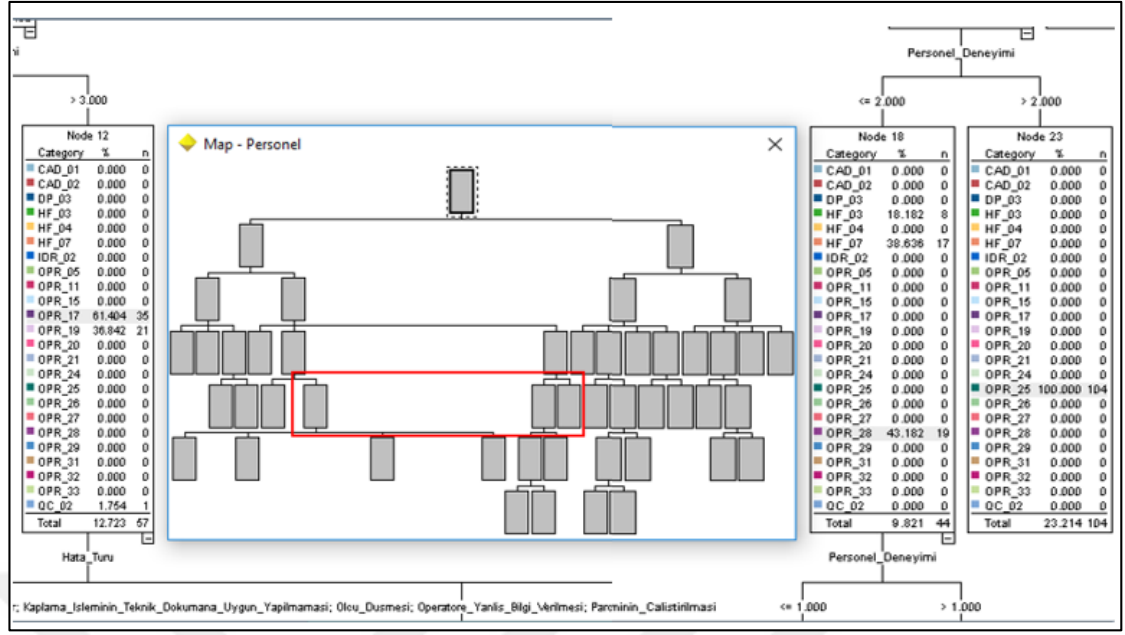
Şekil 0.7. Karar ağacı modeline ilişkin 4. seviye ekran görüntüsü.

Bu çalışmada, personellerin medeni durumundan sonra önem kazanan değişkenin personellerin eğitim durumu olduğu görülmüştür. Mesleki belgesi olmayan ve bekar ilkokul ya da üniversite mezunu personel bulunmamaktadır, ortaokul mezunu bekar personellerin de lise mezunu personellerden daha çok hata yaptığı görülmüştür.

Uygunsuzluklara sebep olan 9 personelden 5 tanesinin lise mezunu 4 tanesinin ortaokul mezunu olduğu görülmektedir. Ortaokul mezunu personeller 148 adet uygunsuzluk ile meydana gelen uygunsuzlukların %33.03'ünü oluşturmuşlardır. Lise mezunu personeller ise 102 adet uygunsuzluk ile meydana gelen uygunsuzlukların %22.76'sını oluşturmuşlardır.

Aşağıda Şekil 7.8'de ortaokul ve lise mezunu personellerin deneyimlerine göre incelendiği karar ağacı düğümleri yer almaktadır.





Şekil 0.8. Karar ağacı modeline ilişkin 5. seviye ekran görüntüsü.

Bu çalışmada, eğitim durumu takip eden etkileyici faktörün deneyim olduğu ve mesleki belgeye sahip olmayan, bekar, ortaokul mezunu personellerde deneyimi iki yıldan çok olan personellerin iki yıl ve yıldan az olan personellere kıyasla daha fazla hata yaptıkları görülmüştür.

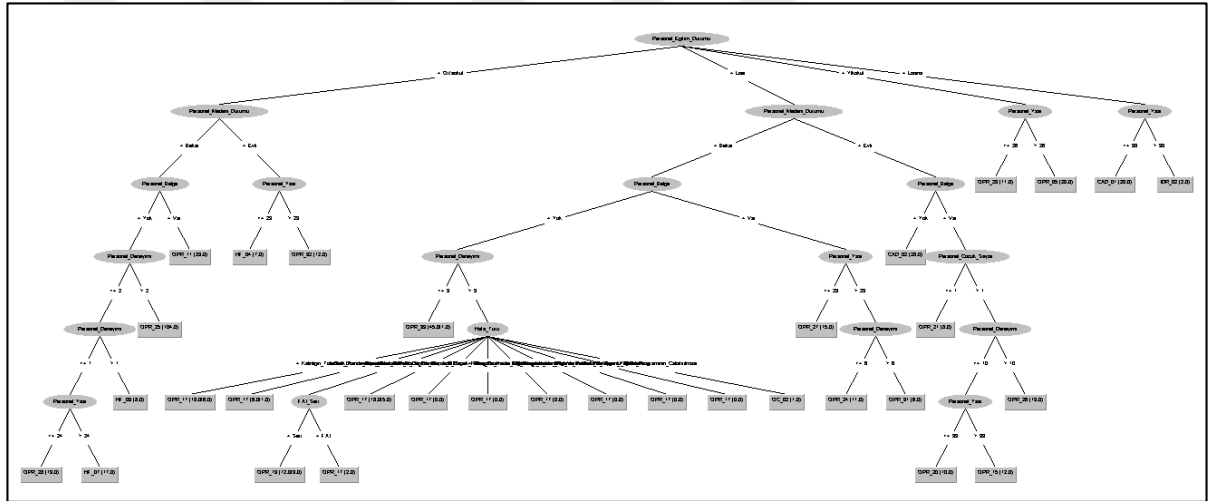
Uygunsuzluklara sebep olan mesleki belgeye sahip olmayan, bekar, ortaokul mezunu 4 personelden 3 tanesinin deneyim süresinin iki yıl ya da daha az olduğu 1 tanesinin deneyiminin iki yıldan fazla olduğu görülmektedir. Deneyimi iki yıl ya da daha az olan personeller 44 adet uygunsuzluk ile meydana gelen uygunsuzlukların %9.82'sini oluşturmuşlardır. Deneyimi iki yıldan fazla olan personel ise 104 adet uygunsuzluk ile meydana gelen uygunsuzlukların %23.21'ini oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, IBM SPSS Modeler C5.0 algoritması ile yapılan analiz sonucunda meydana gelen uygunsuzlukların %23.21'ine sebep olmasından dolayı OPR 25 personelinin diğer personellerden daha fazla hata yaptığı ve bu konuda önlem alınması gerektiği görülmektedir. OPR 25 numaralı personeli %9.82 uygunsuzluk oranı ile OPR 33, %7.81 uygunsuzluk oranı ile OPR 17, %6.25 uygunsuzluk oranı ile CAD 02 numaralı personeller takip etmektedir.

### 7.6.2.2. J48 Karar Ağacı Algoritması Bulguları

J48 karar ağacı algoritmasında da C5.0 algoritmasında olduğu gibi personellerin hata yapmalarına yönelik sınıflandırılmasında; bağımlı değişken personel olurken, bağımsız değişkenler ise hata türü, hata kök sebebi, üretimin türü (FAI/Seri), hata adedi, vardiya, hatanın yapıldığı gün ve ay, personelin yaşı, deneyimi, eğitim durumu, medeni durumu, çocuk sayısı, personelin mesleki belgesinin olup olmaması, malzeme cinsi, hatanın kalite puanına etkisi ve müşteridir.

Aşağıda Şekil 7.9’da J48 algoritması analizi sonucunda oluşan karar ağacı modeli yer almaktadır.



Şekil 0.9. J48 karar ağacı model bulgusu ekran görüntüsü.

Bu çalışmada, J48 algoritması uygulandığında yaprak sayısı 32 ve boyutu 52 olan bir karar ağacı elde edilmiştir. Personellerin hata yapmasını en çok etkileyen değişkenin “Personel Eğitim Durumu” olduğu ve bunu sırası ile personelin medeni durumu, personelin sahip olduğu mesleki belge, deneyimi, yaşı, yapılan hata türü ve üretim türünün izlediği görülmüştür.

Aşağıda Şekil 7.10’da J48 karar ağacı algoritması ile ilgili sınıflandırma bulguları yer almaktadır.

```
J48 pruned tree
-----
Personel_Egitim_Durumu = Ortaokul
|   Personel_Medeni_Durumu = Bekar
|   |   Personel_Belge = Yok
|   |   |   Personel_Deneyimi <= 2
|   |   |   |   Personel_Deneyimi <= 1
|   |   |   |   |   Personel_Yasi <= 24: OPR_28 (19.0)
|   |   |   |   |   Personel_Yasi > 24: HF_07 (17.0)
|   |   |   |   |   Personel_Deneyimi > 1: HF_03 (8.0)
|   |   |   |   |   Personel_Deneyimi > 2: OPR_25 (104.0)
|   |   |   |   |   Personel_Belge = Var: OPR_11 (23.0)
|   |   |   |   |   Personel_Medeni_Durumu = Evli
|   |   |   |   |   |   Personel_Yasi <= 29: HF_04 (7.0)
|   |   |   |   |   |   Personel_Yasi > 29: OPR_32 (12.0)
```

Şekil 0.10. J48 algoritması ortaokul mezunu personellere ilişkin sınıflandırma bulguları ekran görüntüsü.

Bu çalışmada, yapılan analize göre ortaokul mezunu personeller için sınıflandırma şu şekildedir;

- Ortaokul mezunu, bekar, mesleki belgesi olmayan, 1 yıldan az deneyimi olan ve yaşı 24 ya da 24'ten küçük olan personeller arasında en çok hata yapan 19 adet hata kaydı ile OPR 28 numaralı personeldir.
- Ortaokul mezunu, bekar, mesleki belgesi olmayan, 2 yıldan fazla deneyimi olan personeller en çok hata yapan 104 adet hata kaydı ile OPR 25 numaralı personeldir.
- Ortaokul mezunu, bekar, mesleki belgesi olan personeller arasında en çok hata yapan 23 adet hata kaydı ile OPR 11 numaralı personeldir.
- Ortaokul mezunu, evli, ve yaşı 29'dan büyük olan personeller arasında en çok hata yapan 12 adet hata kaydı ile OPR 32 numaralı personeldir.

Aşağıda Şekil 7.11'de J48 karar ağacı algoritması ile ilgili sınıflandırma bulguları yer almaktadır.

```
Personel_Egitim_Durumu = Lise
|
| Personel_Medeni_Durumu = Bekar
|
| Personel_Belge = Yok
|
| Personel_Deneyimi <= 3: OPR_33 (45.0/1.0)
|
| Personel_Deneyimi > 3
|
| Hata_Turu = Kalinligin_Tolerans_Disinda_Olmasi: OPR_17 (18.0/6.0)
|
| Hata_Turu = Delik_Konumunun_Hatali_Olmasi: OPR_17 (6.0/1.0)
|
| Hata_Turu = Ayar_Parcasinin_Hatali_Olmasi
|
| FAI_Seri = Seri: OPR_19 (12.0/3.0)
|
| FAI_Seri = FAI: OPR_17 (2.0)
|
| Hata_Turu = Delik_Capinin_Buyuk_Olmasi: OPR_17 (18.0/5.0)
|
| Hata_Turu = Parcada_Capak_Kalmasi: OPR_17 (0.0)
|
| Hata_Turu = Olcu_Dusmesi: OPR_17 (0.0)
|
| Hata_Turu = Tezgaha_Yanlis_NC_Program_Verilmesi: OPR_17 (0.0)
|
| Hata_Turu = Operatore_Yanlis_Bilgi_Verilmesi: OPR_17 (0.0)
|
| Hata_Turu = Kaplama_Isleminin_Teknik_Dokumana_Uygun_Yapilmamasi: OPR_17 (0.0)
|
| Hata_Turu = Diger: OPR_17 (0.0)
|
| Hata_Turu = Eski_Revizyonlu_CMM_Programinin_Calistirilmasi: QC_02 (1.0)
|
| Personel_Belge = Var
|
| Personel_Yasi <= 23: OPR_27 (15.0)
|
| Personel_Yasi > 23
|
| Personel_Deneyimi <= 6: OPR_24 (11.0)
|
| Personel_Deneyimi > 6: OPR_31 (6.0)
|
| Personel_Medeni_Durumu = Evli
|
| Personel_Belge = Yok: CAD_02 (28.0)
|
| Personel_Belge = Var
|
| Personel_Cocuk_Sayisi <= 1: OPR_21 (8.0)
|
| Personel_Cocuk_Sayisi > 1
|
| Personel_Deneyimi <= 10
|
| Personel_Yasi <= 33: OPR_20 (10.0)
|
| Personel_Yasi > 33: OPR_15 (12.0)
|
| Personel_Deneyimi > 10: OPR_26 (13.0)
```

Şekil 0.11. J48 algoritması lise mezunu personellere ilişkin sınıflandırma bulguları ekran görüntüsü.

Yapılan analize göre lise mezunu personeller için sınıflandırma şu şekildedir;

- Lise mezunu, bekar, mesleki belgesi olmayan, deneyimi 3 yıl ya da daha az olan personeller arasında en çok hata yapan personel 45 kayıt ile OPR 33 numaralı personeldir.
- Lise mezunu, bekar, mesleki belgesi olan, yaşı 23 ya da daha az olan personeller arasında en çok hata yapan personel 15 kayıt ile OPR 27 numaralı personeldir.
- Lise mezunu, bekar, mesleki belgesi olan, yaşı 23'ten büyük ve deneyimi 6 yıl ya da daha az olan personeller arasında en çok hata yapan personel 11 kayıt ile OPR 24 numaralı personeldir.
- Lise mezunu evli, mesleki belgesi olmayan personeller arasında en çok hata yapan 28 adet kayıt ile CAD 02 numaralı personeldir.
- Lise mezunu evli, mesleki belgesi olan, 1'den fazla çocuğa sahip ve deneyimi 10 yıldan fazla olan personeller arasında en çok hata yapan 13 adet kayıt ile OPR 26 numaralı personeldir.

Aşağıda Şekil 7.12’de J48 karar ağacı algoritması ile ilgili sınıflandırma sonuçları yer almaktadır.

```
Personel_Egitim_Durumu = İlkokul  
|   Personel_Yasi <= 26: OPR_29 (11.0)  
|   Personel_Yasi > 26: OPR_05 (20.0)  
Personel_Egitim_Durumu = Lisans  
|   Personel_Yasi <= 33: CAD_01 (20.0)  
|   Personel_Yasi > 33: IDR_02 (2.0)
```

Şekil 0.12. J48 algoritması ilkökullü ve lisans mezunu personellere ilişkin sınıflandırma bulguları ekran görüntüsü.

Bu çalışmada, yapılan analize göre ilkökullü mezunu personeller için sınıflandırma şu şekildedir;

- İlkokullü mezunu, yaşı 26dan büyük personeller arasında en çok hata yapan 20 kayıt ile OPR 05 numaralı personeldir.

Yapılan analize göre lisans mezunu personeller için sınıflandırma şu şekildedir;

- Lisans mezunu, yaşı 33 ya da 33’ten küçük olan personeller arasında en çok hata yapan 20 kayıt ile CAD 01 numaralı personeldir.

Bu çalışmada, WEKA J48 sınıflandırma algoritması ile elde edilen veriler sonucunda işletmede personellerin hata yapması üzerinde etkili olan en önemli faktörün eğitim durumu olduğu ve personelin medeni durumunun, mesleki belgesinin, deneyiminin, personel yaşının da önemli değişkenler olduğu görülmektedir. Hata kök sebebi, hata adedi, vardiya, hatanın yapıldığı gün ve ay, malzeme cinsi, hatanın kalite puanına etkisi ve müşteri bağımsız değişkenlerinin personelin hata yapması üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı görülmüştür. İşletmede ilkökullü mezunu personel sayısı çok az olmakla beraber ortaokullü mezunu personellerin, lise ve üniversite mezunu personele göre, bekar personelin evli personele göre, mesleki belgesi olmayan personelin mesleki belgesi olan personele göre daha fazla hata yaptığı görülmektedir.

CNC operatörlerinden en fazla hata yapan OPR 25 numaralı personel iken, CAD-CAM personellerinden en fazla hata yapan personel ise CAD 02 numaralı personeldir.



## BÖLÜM 8

### SONUÇ VE TARTIŞMA

Modern kalite anlayışında müşteri memnuniyetini yüksek tutarak, maliyetlerin düşürülmesi ön plandadır. İşletmeler kaliteyi sağlayabilmek için üretilen ürünü tam zamanında ve sıfır hata ile müşteriye sunmalıdırlar bu sebeple işletmeler kendilerini tanımalı ve geçmiş hatalarından da ders çıkarmalıdırlar. Geçmişte meydana gelen hatalardan bir sonuç elde etmek ve süreçlerini sürekli olarak kontrol altında tutarak iyileştirmek isteyen işletmeler çeşitli tekniklerden yararlanmaktadırlar, HTEA ve veri madenciliği de işletmelere kolaylık sağlayan tekniklerdendir. HTEA; süreçlerin mevcut durumlarının analizi ve iyileştirilmesinde etkin bir tekniktir. Veri madenciliği ise süreçlerin mevcut durumlarına ilişkin yapılan analizlerin daha objektif ve güvenilir bir şekilde yapılmasına katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada Ankara'da talaşlı imalat sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede hataların meydana gelmemesi eğer oluşmuş ise müşteriye yansımaması için ham malzeme tedarikinden ürün sevkiyatına kadar olan süreç için HTEA uygulaması yapılmıştır. Uygulamada kabul edilebilir olmayan yani risk öncelik sayısı değeri yüksek olan hata türleri için önlemler alınmıştır ve 2019 yılı itibari ile alınan önlemler uygulamaya koyulmuştur. Ayrıca 2018 yılında işletmede karşılaşılan hata kayıtları yardımı ile veri madenciliği yapılmış olup işletme personelinin hata yapmasına etki eden faktörler araştırılmıştır.

HTEA uygulaması için ilk olarak HTEA uygulama ekibi oluşturulmuştur. Uygulama ekibinde işletmeye hakim, süreci iyi bilen ve değerlendirmeye alınacak her süreç ile ilgili kişilerin olmasına dikkat edilmiştir. HTEA uygulama ekibi ile birlikte toplantılar yapılarak işletme hakkında bilgi alışverişi yapılmıştır. İşletmede var olan süreç iş akış şeması ile özetlenmiş ve genel olarak meydana gelebilecek hatalara ilişkin kök sebepler balık kılçığı diyagramı ile belirlenmiştir. Beyin fırtınası tekniği ile

mevcut ya da potansiyel hata türleri ve mevcut kontrol faaliyetleri tespit edilmiştir. Hata türlerinin nelerden kaynaklandığı ve meydana geldiğinde sebep olduğu ya da olacağı etkiler belirlenmiştir. Her olası hata türü için olasılık, şiddet ve saptanabilirlik dereceleri 1-10 arası skalalar ile değerlendirilmiş bu doğrultuda risk öncelik sayıları hesaplanmıştır. Olasılık derecesi değerlendirilirken 2018 yılında ilgili hata türüne ait uygunsuzluk kayıtları dikkate alınmıştır.

Bu çalışmada, işletmede üretilen ürüne doğrudan etki eden süreçler ele alınmıştır. Yani işletme satın alma, ham malzeme kabul, ham malzemenin üretime verilmesi, makine işleme/imalat, tesviye, ölçüsel kontrol, dış proses ve sevkiyat olmak üzere sekiz ayrı süreç olarak analiz edilmiştir. Ele alınan sekiz süreçte toplam 31 hata türü tespit edilmiştir. Hata türlerine ilişkin RÖS değerleri incelendiğinde aşağıda yer alan 9 hata türünün risk öncelik sayısı değerinin  $\geq 100$  olduğu ve kabul edilebilir risk seviyesinin üstünde olduğu görülmektedir.

HTEA uygulaması ile kabul edilebilir risk seviyesinin üstünde olan olası hata türleri ve RÖS değerleri sırası ile şu şekildedir; kalınlığın tolerans dışında olması (daha ince) (RÖS=280), delik çapının büyük olması (RÖS=280), delik konumunun hatalı olması (RÖS=200), ölçü düşmesi (RÖS=200), tezgâha yanlış NC program verilmesi (RÖS=175), operatöre yanlış bilgi verilmesi (RÖS=175), eski revizyonlu program çalıştırılması (RÖS=160), kaplama-boyama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması/parçada hasar olması (RÖS=150), parçada çapak kalması (RÖS=120).

HTEA uygulamasında uygulama ekibi ile yapılan toplantılarda beyin fırtınası tekniği kullanılarak olası hata türleri için önleyici faaliyetler alınmıştır. Sürecin bir bütün olması sebebi ile sadece RÖS değeri yüksek olan olası hata türleri için değil tüm olası hata türleri için önleyici faaliyet çalışmaları yapılmıştır ve alınan önleyici faaliyetler 2019 yılı itibari ile uygulamaya koyulmuştur. Önleyici faaliyetlerin uygulamaya koyulmasının ardından dört ay sonra olası hata türleri için alınan önlemler ve yeni RÖS değerleri tekrar rapor edilmiştir.

Kalınlığın daha ince olarak tolerans dışı gelmesi, delik çapının büyük olması ve delik konumunun hatalı olması hata türlerine önlem olarak operatörün operasyon planı



doğrultusunda üretim yapması, operatörün parçada ölçmesi gereken değerlerin operasyon planında gösterilmesi ve bulunan değerlerin kayıt altına alınması, personele farkındalık eğitimi verilmesi ve ödüllendirme sisteminin uygulanması, kalite kontrol ölçüm aralıklarının riskli görülen parçalarda kısa tutulması ve personele mesleki eğitim verilmesi faaliyetleri uygulanmaya başlanmıştır. Önleyici faaliyetin devreye girmesi ile sırası ile hata türlerine ilişkin 280,280 ve 200 olan RÖS değerleri 100'e düşürülmüştür.

Tezgaha yanlış NC program verilmesi olası hata türüne önlem olarak; operatörün kullanacağı NC programın imalat şefi tarafından onaylanması, CAD-CAM personellerine mesleki eğitim verilmesi ve NC program listesinin oluşturulması ve takip edilmesi faaliyetleri uygulamaya koyulmuştur. Önleyici faaliyetin devreye girmesi ile RÖS değeri 175'ten 75'e düşmüştür.

Operatöre yanlış bilgi verilmesi olası hata türüne önlem olarak, operatöre bilginin operasyon planı ile aktarılması faaliyeti uygulamaya koyulmuştur. Önleyici faaliyetin devreye girmesi ile RÖS değeri 175'ten 75'e düşmüştür.

Eski revizyonlu program çalıştırılması hata türüne önlem olarak CMM program listesinin oluşturulması ve revizyon takibinin yapılması ayrıca personele farkındalık eğitiminin verilmesi yönünde alınan karar neticesinde RÖS değeri 160'tan 20'ye düşmüştür.

Kaplama-boyama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması/parçada hasar olması hata türüne önlem olarak dış proses hizmetinin müşteri onaylı ya da kalite değerlendirme puanı yüksek olan firmalardan alınması ve kalite kontrol şefinin dış prosesten gelen parçaları ikinci kez kontrol etmesi, iş emri üzerinden de kaşe ile onay vermesi yönünde alınan karar neticesinde RÖS değeri 150'den 30'a düşmüştür.

Parçada çapak kalması ve ölçü düşmesi hata türlerine önlem, tesviye sonrasında parçaların deneyimli tesviye personeli tarafından kontrol edilerek iş emri dosyası üzerinden de onaylanması ve tesviye personeline mesleki eğitim verilmesi yönünde alınan karar sonucunda sırası ile 120 ve 200 olan RÖS değerleri 48 ve 80 olmuştur.

Alınan önlemler neticesinde RÖS değerleri kabul edilebilir risk seviyesine düşmüştür fakat sürekli olarak kontrol altında tutulmaktadır. 2019 yılında önleyici faaliyetlerin uygulanması sonucu dört ayın sonunda yapılan değerlendirme ile iyileştirme sağlandığı görülmektedir.

Bu çalışmada, 2018 yılında hata türlerine göre hurda olan ürün adetleri ile 2019 yılının ilk dört ayında gerçekleşen hata türlerine göre hurda ürün adetleri karşılaştırıldığında; tezgâha yanlış NC program verilmesi hata türünde %47,05, operatöre yanlış bilgi verilmesi hata türünde %25, kalınlığın tolerans dışında olması (daha ince) hata türünde %87,01, delik çapının büyük olması hata türünde %87,09, delik konumunun hatalı olması hata türünde %42,85, parçada çapak kalması hata türünde %71,42, ölçü düşmesi hata türünde %62,5 ve eski revizyonlu program çalıştırılması hata türünde %100 azalma gözlemlenmiştir.

Daha doğru ve objektif bir sonuç için personellerin hata yapmalarına etki eden faktörler 2018 yılına ilişkin uygunsuzluk kayıtları kullanılarak veri madenciliği ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmede IBM SPSS Modeler ve WEKA programlarının karar ağacı algoritmaları olan C5.0 ile J48 algoritmalarından yararlanılmıştır.

Bu çalışmada, veri madenciliği analizinde IBM SPSS Modeler ile yapılan C5.0 algoritmasının doğruluk oranının (%95,98) WEKA J48 algoritmasının doğruluk oranından (%94,1964) daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

C5.0 algoritması karar ağacı modelinden elde edilen bulgulara göre; personellerin hata yapmalarına etki eden en önemli faktörün mesleki belgeye sahip olup olmamalarına ilişkin değişken olduğu belirlenmiştir. Mesleki belgeye sahip olmayan, bekar, ortaokul mezunu deneyimi iki yıldan fazla olan personellerin diğer personellere oranla daha fazla hata yaptıkları sonucuna ulaşılmıştır.

J48 algoritması karar ağacı modelinden elde edilen bulgulara göre; personellerin hata yapmalarına etki eden en önemli faktörün eğitim durumu olduğu belirlenmiştir. Ortaokul mezunu, bekar ve mesleki belgesi olmayan personellerin daha fazla hata yaptığı sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışmada, OPR 25 numaralı personelin 2018 yılında 104 adet uygunsuzluk ile meydana gelen uygunsuzlukların %23,21'ine sebep olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada, IBM SPSS Modeller ve WEKA veri madenciliği programları karar ağacı algoritmaları olan C5.0 ve J48 algoritmaları ile yapılan iki analiz sonucunda elde edilen bulgulara göre; işletmede personellerin hata yapmalarına etki eden faktörün temelinde teorik bilgi eksikliğinin yattığı sonucuna varılmıştır. Elde edilen sonuç doğrultusunda personellerin hata yapmalarının önüne geçmek için en önemli faaliyetin eğitim olduğuna, eğer eğitim öğretim dönemlerini bitirmişlerse, personellere gerek mesleki gerekse de farkındalık eğitimlerinin verilerek hata yapmalarının önüne geçilebileceği ve işletmede sürekli iyileştirme için HTEA uygulamasının devam etmesi gerektiği yönünde karar verilmiştir.

İyileştirme faaliyetlerinin uygulanması ve HTEA uygulamasının 2019 yılı boyunca devam etmesinin ardından işletmede 2018 yılında katlanılan kalitesizlik maliyetleri değerlendirilecek ve 2019 yılında elde edilen iyileştirmenin işletmeye sağladığı kazanç değerlendirilecektir.

Bu çalışma ile Dağcı ve Ersöz tarafından 2018 yılı Ekim ayında lojistik regresyon yöntemi ile ele alınan çalışma desteklenmiştir. Dağcı ve Eröz tarafından talaşlı imalat sektöründe faaliyet gösteren işletmede üretilen bir parçanın hatalı olup olmamasına etki eden en önemli faktörün personel olduğu sonucuna ulaşılmıştır [103]. Bu çalışmayla da personellerin hata yapmalarına etki eden faktörlerin teorik bilgi eksikliği olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Üretim personellerinin hata yapmasına etki eden değişkenler 2018 yılı boyunca yapılan hataların analizi ile tespit edilmiştir.

Bu çalışma, proses HTEA ve veri madenciliği tekniklerinin, savunma ve havacılık sektörüne talaşlı imalat faaliyeti ile hizmet veren, atölye tipi üretim (siparişe dayalı) yapan işletmelerde daha önce uygulanmamış olması yönüyle özgünlüğünü korumaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Şahin, Y., “Talaş Kaldırma Prensipleri 1.Cilt”, *Gazi Yayınevi*, Ankara (2003).
2. Çam, G. vd., “Modern İmalatın Prensipleri, 4. Baskıdan Çeviri”, Çeviri Editörleri, Yurdakul, M., İç, T. Y., *Nobel Akademik Yayıncılık*, Ankara (2019).
3. Akkurt, M., “Talaş Kaldırma Bilimi ve Teknolojisi CNC Takım Tezgahları ve Üretim Otomasyonu” *Birsen Yayınevi*, Ankara (2012).
4. Kıyak, M., “Applications of cutting fluids on machining”, **2. International Conference on Tribology**, İstanbul, 244-249 (2018).
5. Kocaeli Sanayi Odası, “Metal işleme sektörü analiz raporu”, *Kocaeli* (2016).
6. İzmir Atatürk Organize Sanayi Bölgesi, “İAOSB fabrikasyon metal ürünleri imalatı (makine ve teçhizat hariç) sektörüne bakış çalıştay raporu”, *İAOSB Haber Dergisi, İzmir* (2018).
7. İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu, “2009-2017 Ekonomik faaliyetlere göre faktör maliyetiyle katma değer“, [http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1035](http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1035) (2019).
8. Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, “Ekonomik Rapor 2017”, *TOBB 2018/306, Ankara* (2017).
9. Koç, E., vd., “Türkiye’de ekonomik göstergeler-imalat sanayi kapasite kullanım oranı”, *Mühendis ve Makine*, 58 (689): 1-22 (2017).
10. Işığışık, E., “Toplam Kalite yönetimi Bakış Açısıyla İstatistiksel Kalite Kontrol 2. Baskı”, *Ezgi Kitabevi*, Bursa (2012).
11. Aran, G., “Kalite iyileştirme sürecinde hata türü etkileri analizi (FMEA) ve bir uygulama,” Yüksek Lisans Tezi, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Tokat 2006.
12. Yılmaz, B., “Hata türü ve etki analizi,” *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2 (4): 133–150 (2000).
13. Çevik, O. ve Aran, G., “Kalite iyileştirme sürecinde hata türü etkileri analizi (FMEA) ve piston üretiminde bir uygulama,” *Sakarya Üniversitesi İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 8 (16): 241–265 (2009).

14. Mirzapour, A., "Hata türü ve etkileri analizinde bir kaba küme uygulaması," Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara 2010.
15. Yıldırım, H., ve Karaca, E., "Üretim sürecinde istatistiksel proses kontrol (İPK) uygulamaları ve elektronik sektöründe bir inceleme" **Marmara Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi**, 10 (39): 77-87 (2013).
16. Işık, B., "İstatistiksel proses kontrol (İPK) ve makina İmalat sanayinde uygulanabilirliği", Yüksek Lisans Tezi, **Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (2000).
17. Aktan, C. C., "Organizasyonlarda toplam kalite yönetimi", **Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi**, 4 (2): 235-262 (2012).
18. Kartal, M., "İstatistiksel Kalite Kontrolü", **Şafak Yayınevi**, Sivas (1999).
19. Özcan, S., "İstatistiksel proses kontrol tekniklerinden pareto analizi ve çimento sanayiinde bir uygulama", **Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, 2 (2): 151-174 (2001).
20. Strateji Geliştirme Başkanlığı, "Toplam Kalite Yönetimi, Yayın No:6", **Matsa Basımevi**, Ankara (2009).
21. Şimşek, M., "Toplam Kalite Yönetimi, 5. Baskı", **Alfa Yayınları**, İstanbul (2007).
22. Başaran, N., "Kalite iyileştirmede istatistiksel proses kontrol tekniklerinden pareto analizi ve gıda sektöründe bir uygulama", Yüksek Lisans Tezi, **Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, İstanbul (2010).
23. Korucu, O., "Üretim sektöründe son mamül kalitesinin iyileştirilmesinde altı sigma ve kaizen uygulamalarının etkileri", Yüksek Lisans Tezi, **Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, İzmir (2013).
24. Eevli S. ve Behdioğlu, S., "İstatistiksel proses kontrolü teknikleri ile kömür kalitesindeki değişkenliğin belirlenmesi", **Madencilik Dergisi**, 45 (3): 19-26 (2006).
25. Al-Aomar, R. A., "Applying 5S lean technology: an infrastructure for continuous process improvement", **International Scholarly and Scientific Research & Innovation**, 5 (12): 2645-2650 (2011).
26. Arslandere, M., "Üretimde hata önleme aracı olarak Poka-Yoke sistemi ve bir uygulama örneği", **Kesit Akademi Dergisi**, 3 (11): 339-350 (2017).
27. Stamatis, D. H., "Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution, Second Edition", **ASQ Quality Pres**, Milwaukee (2003).

28. Çelikdemir, H., “Bir otomasyon hattında hata türü ve etkileri analizi uygulaması,” Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2012).
29. Kahveci, N., “Süreç iyileştirmede problem çözme teknikleri,” *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, 5 (3): 192–200 (2018).
30. Sokovic, M., et al., “Quality improvement methodologies-PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS”, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 43 (1): 476-483 (2010).
31. Taşgetiren, S., “Kalite için deney tasarımı,” *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6 (1): 71–83 (2009).
32. Güllü, E. ve Ulcay, Y., “Kalite fonksiyonu yayılımı ve bir uygulama,” *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 7 (1): 71–91 (2002).
33. Riesenberger, C. A. and Sousa, D. S., “The 8D methodology: an effective way to reduce recurrence of customer complaints?”, *Proceedings of the World Congress on Engineering 3*, London (2010).
34. Kaplık, P., et al., “Use of 8D method to solve problems”, *Advanced Materials Research*, 801: 95-101 (2013).
35. Duran, A., “Bina doğalgaz iç tesisat imalatı için hata türü ve etkileri analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya (2007).
36. Atay, S. Ö., ”Ürün gerçekleştirmede hata türü ve etkileri analizi ve uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2004).
37. Büyüktuna, O., “Hata türü ve etkileri analizi ve makine sanayisinde bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Denizli (2012).
38. Gönen, D., “Hata türleri ve etkileri analizi ve bir uygulama çalışması”, Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir (2004).
39. Taş, Y., “Hata türü ve etkileri analizi (FMEA) tekniğinin mobilya endüstrisine yönelik uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2010).
40. Kuru, E., “Otomotiv yan sanayiinde süreç hata türleri ve etkileri analizi ve bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Bursa (2006).
41. Sönmez, Y. ve Ünğan, C. M., “Hata türü etkileri analizi ve otomotiv parçaları üretiminde bir uygulama”, *İşletme Bilimi Dergisi*, 5 (2): 217-245 (2017).

42. Algın, A., “Hata türü ve etkileri analizi ve bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2007).
43. Çeber, Y., “Hata türü ve etkileri analizi yönteminin (FMEA) üretim sektöründe uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İzmir (2010).
44. Stamatis, D. H., “The ASQ Pocket Guide to Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)”, *ASQ Quality Press*, Milwaukee (2015).
45. Krasich, M. and Corporation, B. “Can failure modes and effects analysis assure a reliable product?”, *Annual Reliability and Maintainability Symposium, RAMS*, USA, 277–281 (2007).
46. Yakıt, O., “Hata türü etkileri analizinde kullanılan risk öncelik sayısı hesaplama yöntemlerinin karşılaştırılması: Gamateks Tekstil San. ve Tic. A.Ş. örneği”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 3 (5): 107-124 (2011).
47. Akın, B., “ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA)”, *Bilim Teknik Yayınevi*, İstanbul, 1998.
48. Eleren, A., “Eğitim başarısının artırılmasında süreç geliştirme yöntemlerinin kullanılması ve bir uygulama,” *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, 9 (2): 1-25 (2007).
49. Çakmak, M., “Demir-çelik sektöründe bulanık hata türleri ve etkileri analizi (Fuzzy FMEA)) yöntemi ile risk değerlendirme uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük (2015).
50. Sutrisno, A. and Kwon, M. H., “Corrective action strategy based on SWOT analysis in service FMEA”, *Journal of the Korean Society for Quality Management*, 40 (1): 25-38 (2012).
51. Dermentzoudis, M., “Establishment of models and data tracking for small UAV reliability”, Master of Thesis, *Naval Postgraduate School*, California (2004).
52. Stamatis, H. D., “FMEA and the QS-9000 requirement”, *SAE International*, (1996).
53. Bluvband, Z. and Grabov, P., “Failure Analysis of FMEA,” *Annual Reliability and Maintainability Symposium*, 344-347 (2009).
54. Pillay, A. and Wang, J., “Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning”, *Reliability Engineering and System Safety*, 79 (1): 69-85 (2003).

55. Yaylalı, Ç., “Kalite iyileştirmede hata türü ve etkileri analizi ve bir üretim sürecinde uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Konya (2008).
56. Okumuş, F., “Taşyünü üretim tesisinde hata türü ve etkileri analizi ile TAGUCHI deney tasarımının birlikte uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, **Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kocaeli (2015).
57. Baysal, E. M. ve Başkan, S. M., “Orta ölçekli bir işletmede hata türü ve etkileri analizi (FMEA) uygulaması”, **Makina İmalat Teknolojileri Sempozyumu**, Konya, 2: 148-153 (1999).
58. Korkmaz, E., “Hata türü ve etkileri analizi ve otomotiv yan sanayi sektöründe uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (2010).
59. Öztürk, T., “Hata türü ve etkileri analizinde bulanık mantık kullanarak bir kamu hastanesinin satın alma sürecinin iyileştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kocaeli (2008).
60. Deveci Cömert, H., “Proses hata türü ve etkileri analizi ve kablo kesim sürecine uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, **Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kocaeli (2013).
61. Ford, “Failure Mode and Effects Analysis FMEA Handbook (with Robustness Linkages), Version 4.2”, (2011).
62. Boran, S., “Hata şekli ve etkileri analizinin bulanık küme yaklaşımıyla çözümlenmesi olanağı” Doktora Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (1996).
63. Keskin Aydın, G., “Hata türü ve etkileri analizinde bulanık adaptif rezonans teorisi yaklaşımı ile bir model önerisi”, Doktora Tezi, **Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kocaeli (2008).
64. McDermott, E. R., e al., “The Basics of FMEA, 2nd Edition”, **CRC Press**, New York (2009).
65. Ersöz, F., “Veri Madenciliği Teknikleri ve Uygulamaları”, **Dijital Basımevi**, Ankara (2015).
66. Özyirmidokuz Kahya, E., “Veri madenciliği tekniklerini kullanarak imalat verilerinin modellenmesi ve analizi” Doktora Tezi, **Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Kayseri, (2009).
67. Han, J., et al., “Data Mining Concepts and Techniques, Third Edition”, **Morgan Kaufmann**, USA (2012).



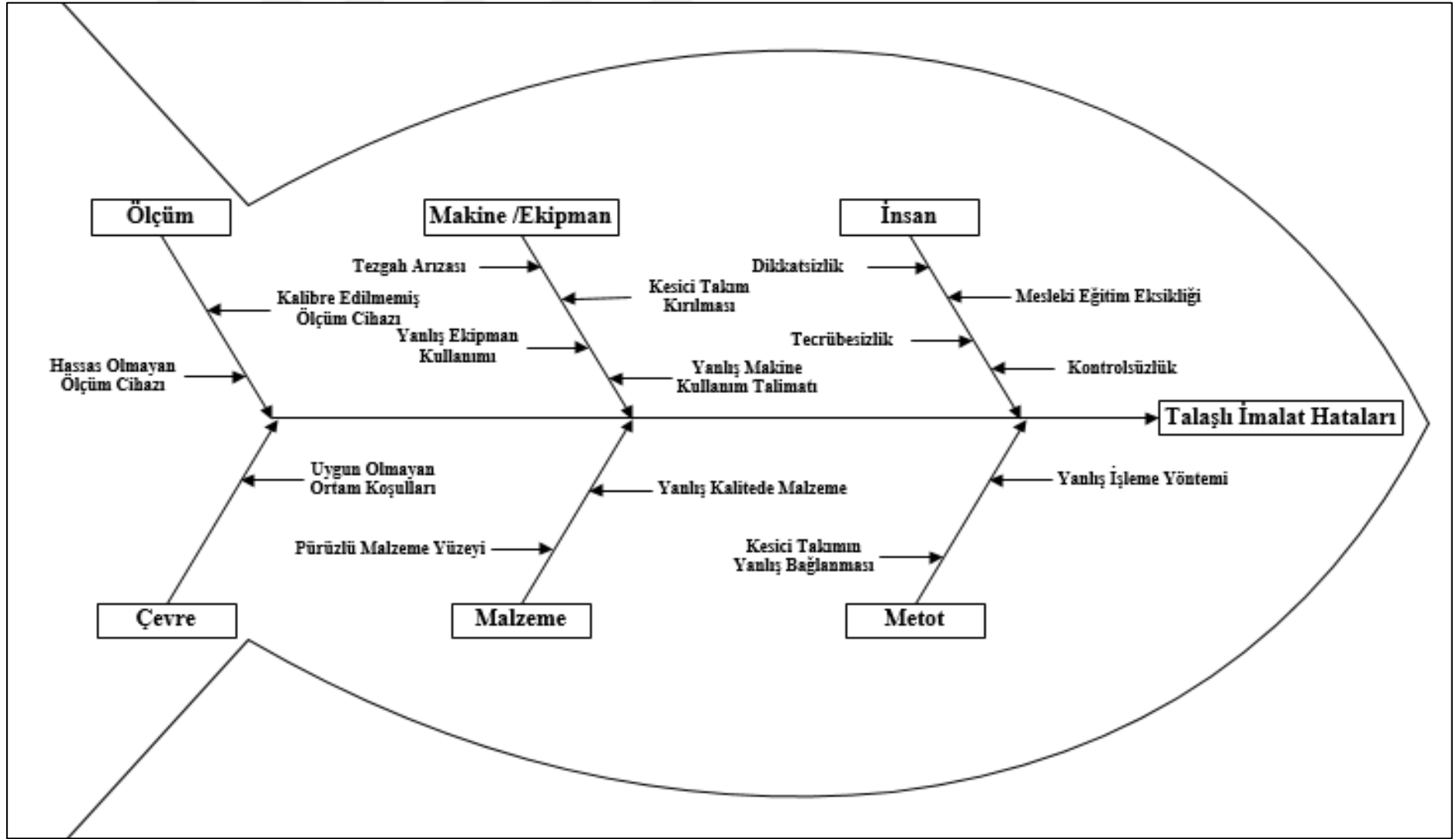
68. Yakut, E. “Veri madenciliği tekniklerinden C5.0 algoritması ve destek vektör makineleri ile yapay sinir ağlarının sınıflandırma başarılarının karşılaştırılması: imalat sektöründe bir uygulama”, Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Erzurum (2012).
69. Freidman, J., “Data mining and statistics: what’s the connection?”, *Computing Science and Statistics*, 29 (1): 3-9 (1998).
70. Witten, H., et al., “Data Mining Pratical Machine Learning Tools and Techniques, Fourth Edition”, *Morgan Kaufmann*, USA (2016).
71. Fernandez, G., “Statistical Data Mining Using SAS Applications, Second Edition”, Kumar, V., *CRC Pres*, New York, 466, (2010).
72. Babaoğlu, A., “Veri madenciliği yönetimi ve bir uygulama “, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya (2015).
73. Çalış, A., vd., “ Veri madenciliğinde karar ağacı algoritmaları ile bilgisayar ve internet güvenliği üzerine bir uygulama”, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 25 (3-4): 2-19 (2014).
74. İnternet: Hacettepe Üniversitesi, “Veri Madenciliği Ders Notları”, <http://yunus.hacettepe.edu.tr/~hcingi/ist376a/6Bolum.doc> (2019).
75. Altaş, D. ve Gürpınar, V., “Karar ağaçları ve yapay sinir ağlarının sınıflandırma performanslarının karşılaştırılması: Avrupa birliği örneği, *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14 (1): 1-22 (2012).
76. Bilekdemir, G., “Veri madenciliği tekniklerini kullanarak üretim süresi tahmini ve bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İzmir (2010).
77. Ersöz, T., vd., “Veri madenciliği yöntemi ile memnuniyet algısının araştırılması”, *3rd International Symposium on Innovative Technologies in Enginerring and Science*, Spain 1786-1795 (2015).
78. Emel Gökay, G. ve Taşkın, Ç., “Veri madenciliğinde karar ağaçları ve bir satış analizi uygulaması”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6 (2): 221-239 (2005).
79. Demirhan, T., “Makine öğrenmesi ve algoritmalarının karmaşıklık ve doygunluk analizinin bir veri kümesi üzerinde gerçekleştirilmesi”, Doktora Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne (2015).
80. Tantuğ, A., “Veri madenciliği ve demetleme” Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2002).

81. Atak, F., “Gerçek ağ verisi üzerinde veri madenciliği uygulamalarının karşılaştırılması” Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü*, Ankara (2014).
82. Çelik, M., “Veri madenciliğinde kullanılan sınıflandırma yöntemleri ve bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul (2009).
83. Hark, C., “Öğrencilerin akıllı tahtaya ilişkin tutumlarının incelenmesine yönelik bir veri madenciliği uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ (2013).
84. Tekerek, A., “Veri madenciliği süreçleri ve açık kaynak kodlu veri madenciliği araçları”, *Akademik Bilişim Konferansı, Malatya*, 161-169 (2011).
85. Renn, L., “Implementation of statistical process controls in the manufacture of magnet wire”, *17th Electrical/Electronics Insulation Conference*, USA, 325-328 (1985).
86. Vijayarm, T. R., et al., “Foundry quality control aspects and prospects to reduce scrap rework and rejection in metal casting manufacturing industries”, *Journal of Materials Processing Technology*, 178: 39-43 (2006).
87. Zhen, H., et al., “Quality improvement through SPC/DOE in SMT manufacturing”, *Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology*, Singapore, 855-858 (2000).
88. Zeyveli, M. ve Selalmaz, E. “İstatistiksel proses kontrol tekniklerinin zincir imalatı yapan bir işletmede uygulanması”, *Doğu Anadolu Araştırmaları Dergisi*, 36-45 (2008).
89. Mittal, K., et al., “Evidence of APQP in quality improvement: an SME case study”, *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 7 (1): 20-28 (2012).
90. Fore, S. “Identifying quality improvement opportunities in a manufacturing enterprise”, *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, Africa, 1354-1358 (2011).
91. Orbak Yurdun, A., “Shell scrap reduction of foam production and lamination process in automotive industry”, *Total Quality Management & Business Excellence*, 23 (3-4): 325-341 (2012).
92. Ghosh, S. and Maiti, J., “Data mining driven DMAIC framework for improving foundry quality—a case study”, *Production Planning & Control*, 25 (6): 478-493 (2014).

93. Jirasukprasert, P., et al., "A six sigma and DMAIC application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process", *International Journal of Lean Six Sigma*, 5 (1): 2-22 (2015).
94. Yee, T., et al., "Process behaviour and capability analysis for improvement of product quality in car-door glass manufacturing", *5th Brunei International Conference on Engineering and Technology (BICET 2014)*, Brunei, 1-6 (2014).
95. Pavlickova, M. and Bogdanovzka, G., "Evaluation of inking quality in plastics molding by Six Sigma method", *17th International Carpathian Control Conference (ICCC)*, Slovakia, 563-568 (2016).
96. Khawar, N., et al., "Optimization of steel bar manufacturing process using six sigma", *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, Pakistan, 29(2): 332-341 (2015).
97. Furtado, J., et al., "A simulation approach for medical manufacturing process improvement", *IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS)*, USA, 193-198 (2016).
98. Kumar, D., et al., "Process improvement through six sigma-a case study of Agra foundry", *IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)*, India, 1-7 (2016).
99. Banduka, N., et al., "Using 80/20 principle to improve decision making at PFMEA", *27th Daaam International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation*, Austria, 487-492 (2016).
100. Neves, P., et al., "Implementing lean tools in the manufacturing process of trimmings products", *28th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2018)*, USA, 696-704 (2018).
101. Ersöz, F., Ersöz, T. and Peker, H., "Process improvement in furniture manufacturing: a case study", *59th International Scientific Conference on Information Technology and Management Science of Riga Technical University (ITMS)*, Latvia, 1-6 (2018).
102. Tanyeri, M., "An application of process failure modes and effects analysis in the aviation industry", Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir (2019).
103. Dağcı, B. ve Ersöz, F., "Talaşlı İmalat Sektöründe Hata Etkenlerinin Lojistik Regresyon Yöntem ile Araştırılması", *2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, Ankara (2018).

**EK AÇIKLAMALAR**

**HTEA UYGULAMASINA İLŞKİN TABLOLAR**



Şekil EK.1. İmalat süreci balık kılıçlı diyagramı.

Çizelge EK.1. Satın alma süreci şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Şiddet Derecesi	Potansiyel Hata Nedenleri	Olasılık Derecesi	Mevcut Kontrol Faaliyeti	Fark Edilebilirlik	RÖS
Satın Alma Süreci	Üretim için gerekli satın alma faaliyetlerinin yapılması	Yanlış malzeme temin edilmesi	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	5	Satın alma personelinin hatası Tedarikçi hatası CAD-CAM personelinin hatası	1	Giriş kalite kontrol faaliyeti	3	15
		Yanlış malzeme temin edilmesi	Ana üründe (Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	10		1			30
		Malzemenin zamanında temin edilmemesi	Sevkiyat zamanında gecikme	3		1	Üretim planlaması yapılırken satın alma ile irtibata geçilmesi	3	9

Çizelge EK.2. Ham malzeme kabul süreci şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Şiddet Derecesi	Potansiyel Hata Nedenleri	Olasılık Derecesi	Mevcut Kontrol Faaliyeti	Fark Edilebilirlik	RÖS
Ham Malzeme Kabulü Süreci	Malzeme sipariş listesi ile gelen malzemenin karşılaştırılması	Yanlış miktar kabulü	Ham malzeme yetersizliği	1	Hatalı sayım yapma	1	Sayısal kontrol	6	6
		Malzeme sipariş listesi ile gelen malzemenin karşılaştırılması	Yanlış miktar kabulü	3	Tedarikçinin yanlış miktarda ürün göndermesi				18
		Hasarlı ham malzeme kabulü (Yüzey kalitesi kötü ham malzeme)	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	5	Tedarikçiden hasarlı malzeme gelmesi	1	Görsel kontrol	7	35
		Hasarlı ham malzeme kabulü (Yüzey kalitesi kötü ham malzeme)	Ek işgücü ihtiyacı (Fark edilir ve yüzey kalitesi düzeltilir)	2	Paketleme hatasından kaynaklı hasarlanma				14
		Yanlış ebatta ham malzeme kabulü	Sevkiyat zamanında gecikme	3	Tedarikçiden yanlış ebatta ham malzeme gelmesi	1	Ölçüsel kontrol	3	9
		Yanlış ebatta ham malzeme kabulü	Ek İşgücü İhtiyacı	2	CAD-CAM personelinin yanlış ebatta malzeme talep etmesi	1			Ölçüsel kontrol
		Yanlış kalitede ham malzeme kabulü	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	8	Satın alma personelinin hatalı malzeme siparişi	1	İletkenlik kontrolü LOT kontrolü	3	24
		Yanlış kalitede ham malzeme kabulü	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	10	CAD-CAM personelinin satın alma birimine hatalı malzeme talebi				30
		Yanlış kalitede ham malzeme kabulü	Montaj sırasında uyumsuzluk	9	Tedarikçi tarafından yanlış malzeme sevki				27

Çizelge EK.2. (devam ediyor).

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Şiddet Derecesi	Potansiyel Hata Nedenleri	Olasılık Derecesi	Mevcut Kontrol Faaliyeti	Fark Edilebilirlik	RÖS
Ham Malzeme Kabulü Süreci	Ham malzemenin depoya yerleştirilmesi	Yanlış yerleşim	Hammadde yetersizliği	1	Giriş kalite kontrol personelinin hatası	1	Görsel kontrol	8	8
		Yanlış yerleşim	Sevkiyat zamanında gecikme	3	Tedarikçinin ham malzemeyi yanlış etiket ile göndermesi				24
		Ham malzemenin hasar görmesi	Ek işgücü ihtiyacı	2	Ham malzemenin depolama birimine uygun taşınmaması	1	İşlem gerçekleştirilirken personelin dikkatli davranması ve ilgili personelin kontrol edilmesi	7	14
		Ham malzemenin hasar görmesi	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	5					35
		Ham malzemelerin karışması	Ana üründe (Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	10	Ham malzemelerin giriş kalite kontrol personeli tarafından yanlış etiketlenmesi	1	Ham malzemelerin etiketlenmesi	6	60
		Ham malzemelerin karışması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	8					48
		Ham malzemelerin karışması	Montaj sırasında uyumsuzluk	9	Ham malzemelerin tedarikçiden yanlış ya da eksik etiket ile gelmesi		Ham malzemelerin denetlenmesi		54



Çizelge EK.3. Ham malzemenin üretime verilmesi süreci şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Şiddet Derecesi	Potansiyel Hata Nedenleri	Olasılık Derecesi	Mevcut Kontrol Faaliyeti	Fark Edilebilirlik	RÖS
Ham Malzemenin Üretime Verilmesi Süreci	Teknik resim ve iş emri ile ham malzeme doğrulaması	Üretime yanlış ham malzeme verilmesi	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	8	Giriş kalite kontrol personelinin hatası Satın alma personelinin hatası İş geliştirme ve verimlilik mühendisinin hatası Tedarikçiden yanlış kalitede veya miktarda ham malzeme sevkiyatının gerçekleşmesi	1	Üretime verilen ham malzemenin türü ve adedi ile iş emrinde yazan bilgilerin eşleştirilmesi	6	48
		Üretime yanlış ham malzeme verilmesi	Montaj sırasında uyumsuzluk	9					54
		Üretime yanlış ham malzeme verilmesi	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	10					60
		Üretime eksik miktarda ham malzeme verilmesi	Sevkiyat zamanında gecikme	3					18
		Üretime fazla miktarda ham malzeme verilmesi	Hurda ürün	1					6

Çizelge EK.4. Makine işleme/imalat süreci şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Şiddet Derecesi	Potansiyel Hata Nedenleri	Olasılık Derecesi	Mevcut Kontrol Faaliyeti	Fark Edilebilirlik	RÖS		
Makine İşleme/İmalat Süreci	CAD-CAM modelinin tezgâha aktarılması	Tezgâha yanlış NC program verilmesi	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	5	CAD-CAM personelinin dikkatsizliği ya da yetersizliği	5	İmalat şefinin işlemi kontrol etmesi	7	175		
		Tezgâha yanlış NC program verilmesi	Ek işgücü ihtiyacı	2					70		
		Operatöre yanlış bilgi verilmesi	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	5		5		7	175		
		Operatöre yanlış bilgi verilmesi	Ek işgücü ihtiyacı	2					70		
	Tezgâh ayarı yapma ve deneme parçası üretme	Deneme / ayar parçasının hatalı olması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	2	CAD-CAM personelinin hatalı NC program vermesi	5	İmalat şefinin işlemi kontrol etmesi	2	20		
		Deneme / ayar parçasının hatalı olması	Ek işgücü ihtiyacı	1					Operatörün aparatı yanlış bağlaması	Operatörün yanlış aparat seçmesi	Operatörün kesici takımı yanlış bağlaması
	Frezeleme	Kalınlığın tolerans dışında olması (Daha ince)	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	8	CAD-CAM personeli hatası(NC programı yanlış yapması)	7	Kalite kontrol biriminden ilk parça onayının alınması	4	224		
		Kalınlığın tolerans dışında olması (Daha ince)	Montaj sırasında uyumsuzluk	9					Operatör hatası(sıfırı kontrol etmemesi ya da yanlış sıfır alması)	Operatörlerin her parçayı kumpas ile kontrol etmesi	252
		Kalınlığın tolerans dışında olması (Daha ince)	Ana Üründe(Uçak, Roket, vb.) Güvenlik Problemi	10					Yanlış kesici takım(çap / boy)	İş emrinde belirtilen aralıklarla parçanın kalite kontrol biriminde onaylanması	280

Çizelge EK 4. (devam ediyor).

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Şiddet Derecesi	Potansiyel Hata Nedenleri	Olasılık Derecesi	Mevcut Kontrol Faaliyeti	Fark Edilebilirlik	RÖS			
Makine İşleme/İmalat Süreci	Frezeleme	Kalınlığın tolerans dışında olması (Daha kalın)	Sevkiyat zamanında gecikme	3	CAD-CAM personeli hatası(NC programı yanlış yapması) Operatör hatası(sıfır kontrol etmemesi ya da yanlış sıfır alması)	1	Kalite kontrol biriminden ilk parça onayının alınması Operatörlerin her parçayı kumpas ile kontrol etmesi İş emrinde belirtilen aralıklarla parçanın kalite kontrol biriminde onaylanması	4	12			
		Kalınlığın tolerans dışında olması (Daha kalın)	Ek işgücü ihtiyacı	3	Yanlış kesici takım(çap / boy) Kesici takım kırılması Kalite kontrol personeli hatası				12			
	Delik delme / raybalama	Delik çapının büyük olması	Montaj sırasında uyumsuzluk	9	Yanlış takım seçimi Operatörün takım boyunu tezgâha yanlış girmesi	7		Kalite kontrol biriminden ilk parça onayının alınması Operatörlerin her parçayı kumpas ile kontrol etmesi İş emrinde belirtilen aralıklarla parçanın kalite kontrol biriminde onaylanması	4	252		
		Delik çapının büyük olması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	8	Takımın kırılması					224		
		Delik çapının büyük olması	Ana üründe (uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	10	Yanlış NC program Kalite kontrol personeli hatası					280		
		Delik çapının küçük olması	Ek işgücü ihtiyacı	3	Yanlış takım seçimi	1			Kalite kontrol biriminden ilk parça onayının alınması Operatörlerin her parçayı kumpas ile kontrol etmesi İş emrinde belirtilen aralıklarla parçanın kalite kontrol biriminde onaylanması	4	12	
		Delik çapının küçük olması	Sevkiyat zamanında gecikme	3	Yanlış NC program Kalite kontrol personeli hatası						12	
		Delik konumunun hatalı olması	Ana üründe(uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	10	Yanlış NC program	5				Kalite kontrol biriminden ilk parça onayının alınması Operatörlerin her parçayı kumpas ile kontrol etmesi İş emrinde belirtilen aralıklarla parçanın kalite kontrol biriminde onaylanması	4	200
		Delik konumunun hatalı olması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	8	Operatörün yanlış ayar yapması Kalite kontrol personeli hatası							160
		Delik konumunun hatalı olması	Montaj sırasında uyumsuzluk	9								180

Çizelge EK.5. Tesviye süreci şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Şiddet Derecesi	Potansiyel Hata Nedenleri	Olasılık Derecesi	Mevcut Kontrol Faaliyeti	Fark Edilebilirlik	RÖS
Tesviye Süreci	Parçadaki fazla malzemenin alınması (Çapak, keskin köşeler, vb.)	Parçada çapak kalması	Ek işgücü ihtiyacı	2	Tesviye personeli hatası	5	Kalite kontrol biriminden ilk parça onayının alınması	4	40
		Parçada çapak kalması	Montaj sırasında uyumsuzluk	6					120
		Ölçü düşmesi	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	8	Yanlış ekipman kullanımı Tesviye personeli hatası Kalite kontrol personeli hatası	5		4	160
		Ölçü düşmesi	Montaj sırasında uyumsuzluk	9					180
		Ölçü düşmesi	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	10					200

Çizelge EK.6. Ölçüsel kontrol süreci şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri.

Proses	Proses Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Şiddet Derecesi	Potansiyel Hata Nedenleri	Olasılık Derecesi	Mevcut Kontrol Faaliyeti	Fark Edilebilirlik	RÖS
Ölçüsel Kontrol Süreci	CMM ile parça kontrolü	Eski revizyonlu program çalıştırılması	Ek işgücü ihtiyacı	3	Kalite kontrol personeli hatası	4	İş emrinde parça revizyonunun yazılması	4	48
		Eski revizyonlu program çalıştırılması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	8					128
		Eski revizyonlu program çalıştırılması	Montaj sırasında uyumsuzluk	9					144
		Eski revizyonlu program çalıştırılması	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	10					160
		Datum yüzeyleri için yetersiz kontrol	Ek işgücü ihtiyacı	3	Kalite kontrol personeli hatası	1	Kalite kontrol birimi personellerinin ölçümde numaralı teknik resim kullanması	4	12
		Datum yüzeyleri için yetersiz kontrol	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	8					32
		Datum yüzeyleri için yetersiz kontrol	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	10					40
		Datum yüzeyleri için yetersiz kontrol	Montaj sırasında uyumsuzluk	9					36
		Kalibrasyonu bitmiş ya da hassasiyeti parçanın hassasiyetinden yüksek cihaz ile ölçüm	Ek işgücü ihtiyacı	3	Kalite kontrol personeli hatası	1	Kalibrasyon takip listesi ile cihazların takibi yapılır ve cihazların üzerine kalibrasyon bitişi tarihi etiketi yapıştırılır Ölçüm ekipmanlarının periyodik olarak kalibre edilir ve firma içerisinde kontrolü sağlanır	3	9
		Kalibrasyonu bitmiş ya da hassasiyeti parçanın hassasiyetinden yüksek cihaz ile ölçüm	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	8					24
		Kalibrasyonu bitmiş ya da hassasiyeti parçanın hassasiyetinden yüksek cihaz ile ölçüm	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	10					30
		Kalibrasyonu bitmiş ya da hassasiyeti parçanın hassasiyetinden yüksek cihaz ile ölçüm	Montaj sırasında uyumsuzluk	9					27

Çizelge EK.7. Dış proses süreci şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Şiddet Derecesi	Potansiyel Hata Nedenleri	Olasılık Derecesi	Mevcut Kontrol Faaliyeti	Fark Edilebilirlik	RÖS
Dış Proses Süreci	Kaplama-Boyama	Kaplama-boyama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması / parçada hasar olması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	8	Parça muayene ve sevk personelinin hatası  Tedarikçi firma personelinin hatası	3	Dış prosese gönderilen parçaların teknik doküman ile gönderilmesi  Dış proses uygunluk belgesi ile karşılaştırmalı kontrol edilmesi	5	120
		Kaplama-boyama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması / parçada hasar olması	Ana ürtünde(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	10					150
		Kaplama-boyama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması / parçada hasar olması	Montaj sırasında uyumsuzluk	9					135
		Kaplama-boyama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması / parçada hasar olması	Ek işgücü ihtiyacı	2					30
	Markalama	Markalama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması / parçada hasar olması	Nihai ürünün Hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	8	Parça muayene ve sevk personelinin hatası	1		7	56
		Markalama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması / parçada hasar olması	Ek işgücü ihtiyacı	2	Tedarikçi firma personelinin hatası				14

Çizelge EK.8. Sevkiyat süreci şiddet, olasılık, fark edilebilirlik dereceleri ve RÖS değerleri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	Şiddet Derecesi	Potansiyel Hata Nedenleri	Olasılık Derecesi	Mevcut Kontrol Faaliyeti	Fark Edilebilirlik	RÖS
Sevkiyat Süreci	Paketleme	Uygunsuz Paketleme	Parçanın Hasar Görmesi	5	Parça muayene ve sevk personelinin hatası	1	Parça sevk edilmeden önce görsel kontrol yapılması	8	40
	Etiketleme	Yanlış veya Eksik Etiketleme	Ek İşgücü İhtiyacı	3		1		8	24
		Yanlış veya Eksik Etiketleme	Sevkiyat Zamanında Gecikme	3		1		8	24
	Sevk Evrak Kontrol	Yanlış veya Eksik Doküman ile Sevk	Ek İşgücü İhtiyacı	3		1		8	24
		Yanlış veya Eksik Doküman ile Sevk	Sevkiyat Zamanında Gecikme	3		1		8	24
	Sevkiyat	Eksik Miktarda Sevk Yapılması ya da Sevkiyatın Unutulması	Ek İşgücü İhtiyacı	3		1		8	24
		Eksik Miktarda Sevk Yapılması ya da Sevkiyatın Unutulması	Sevkiyat Zamanında Gecikme	3		1		8	24

Çizelge EK.9. Satın alma süreci yeni RÖS değeri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	RÖS	Önleyici Faaliyet	Sorumlu	Şiddet Derecesi	Yeni Olasılık Derecesi	Yeni Fark Edilebilirlik Derecesi	Yeni Risk Seviyesi
Satın Alma Süreci	Üretim için gerekli satın alma faaliyetlerinin yapılması	Yanlış malzeme temin edilmesi	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	15	Satın alma işleminden önce ilgili teknik dokümanın kontrol edilmesi	Satın Alma Sorumlusu	5	1	2	10
		Yanlış malzeme temin edilmesi	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	<b>30</b>	Farkındalık eğitiminin verilmesi	Kalite Yönetim Mühendisi	10			<b>20</b>
		Malzemenin zamanında temin edilmemesi	Sevkiyat zamanında gecikme	<b>9</b>	Farkındalık eğitiminin verilmesi	Kalite Yönetim Mühendisi	3	1	2	<b>6</b>



Çizelge EK.10. Ham malzeme kabul süreci yeni RÖS değeri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	RÖS	Önleyici Faaliyet	Sorumlu	Şiddet Derecesi	Yeni Olasılık Derecesi	Yeni Fark Edilebilirlik Derecesi	Yeni Risk Seviyesi
Ham Malzeme Kabul Süreci	Malzeme sipariş listesi ile gelen malzemenin karşılaştırılması	Yanlış miktar kabulü	Ham malzeme yetersizliği	6	Satın alma sorumlusunun tedarikçi firmaları değerlendirmesi ve kalite puanı yüksek tedarikçilerden ham malzeme tedarik etmesi	Satın Alma Personeli	1	1	3	3
		Yanlış miktar kabulü	Sevkiyat zamanında gecikme	18	Giriş kalite kontrol personelinin ham malzeme yüzeylerini tek tek kontrol etmesi İmalat Şefi tarafından üretime alınacak ham malzemelerin kontrol edilmesi	Giriş Kalite Kontrol Personeli İmalat Şefi	3			9
		Hasarlı ham malzeme kabulü (Yüzey kalitesi kötü ham malzeme)	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	35	Satın alma sorumlusunun tedarikçi firmaları değerlendirmesi ve kalite puanı yüksek tedarikçilerden ham malzeme tedarik etmesi	Satın Alma Sorumlusu	5	1	3	15
		Hasarlı ham malzeme kabulü (Yüzey kalitesi kötü ham malzeme)	Ek işgücü ihtiyacı (Fark edilir ve yüzey kalitesi düzeltilir)	14	Giriş kalite kontrol personelinin ham malzeme yüzeylerini tek tek kontrol etmesi İmalat Şefi tarafından üretime alınacak ham malzemelerin kontrol edilmesi	Giriş Kalite Kontrol Personeli İmalat Şefi	2			6
		Yanlış ebatta ham malzeme kabulü	Sevkiyat zamanında gecikme	9	Satın alma sorumlusunun tedarikçi firmaları değerlendirmesi ve kalite puanı yüksek tedarikçilerden ham malzeme tedarik etmesi	Satın Alma Sorumlusu	3	1	2	6
		Yanlış ebatta ham malzeme kabulü	Ek işgücü ihtiyacı	6	Giriş kalite kontrol personelinin ham malzeme ebatlarını tek tek kontrol etmesi İmalat Şefi tarafından üretime alınacak ham malzemelerin kontrol edilmesi	Giriş Kalite Kontrol Personeli İmalat Şefi	2	1		4
		Yanlış kalitede ham malzeme kabulü	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	24	Satın alma sorumlusunun tedarikçi firmaları değerlendirmesi ve kalite puanı yüksek tedarikçilerden ham malzeme tedarik etmesi	Satın Alma Sorumlusu	8	1	2	16
		Yanlış kalitede ham malzeme kabulü	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	30	Giriş kalite kontrol personelinin uygunluk sertifikası ile ham malzeme eşleştirmesi yapmadan ham malzeme girişi yapmaması	Giriş Kalite Kontrol Personeli	10			20
		Yanlış kalitede ham malzeme kabulü	Montaj sırasında uyumsuzluk	27	İmalat Şefi tarafından üretime alınacak ham malzemelerin kontrol edilmesi	İmalat Şefi	9			18

Çizelge EK 10. (devam ediyor).

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	RÖS	Önleyici Faaliyet	Sorumlu	Şiddet Derecesi	Yeni Olasılık Derecesi	Yeni Fark Edilebilirlik Derecesi	Yeni Risk Seviyesi
Ham Malzeme Kabul Süreci	Ham malzemenin depoya yerleştirilmesi	Yanlış yerleşim	Hammadde yetersizliği	8	Ham malzeme depolarının firmalara ve ham malzeme cinslerine göre adreslenmesi ve bu konuda da ilgili personele eğitim verilmesi	Kalite Yönetim Mühendisi	1	1	6	6
		Yanlış yerleşim	Sevkiyat zamanında gecikme	24		Giriş Kalite Kontrol Personeli	3			18
		Ham malzemenin hasar görmesi	Ek işgücü ihtiyacı	14	Ham malzemenin uygun ekipman ile taşındığına ve uygun şartlar altında depo edildiğine dikkat edilmesi	Giriş Kalite Kontrol Personeli	2	1	6	12
		Ham malzemenin hasar görmesi	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	35		Konu ile ilgili eğitim verilmesi	5			30
		Ham malzemelerin karışması	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	60	Etiketsiz ham malzemenin şüpheli sayılması ve üretime verilmemesi	Giriş Kalite Kontrol Personeli	10	1	2	20
		Ham malzemelerin karışması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	48			8			16
		Ham malzemelerin karışması	Montaj sırasında uyumsuzluk	54			9			18

Çizelge EK.11. Ham malzemenin üretime verilmesi süreci yeni RÖS değeri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	RÖS	Önleyici Faaliyet	Sorumlu	Şiddet Derecesi	Yeni Olasılık Derecesi	Yeni Fark Edilebilirlik Derecesi	Yeni Risk Seviyesi		
Ham Malzemenin Üretime Verilmesi Süreci	Teknik resim ve iş emri ile ham malzeme doğrulaması	Üretime yanlış hammadde verilmesi	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	48	Personele farkındalık eğitimi verilerek dikkatli olmalarının sağlanması İmalat Şefi tarafından üretime alınacak ham malzemelerin kontrol edilmesi	Kalite Yönetim Mühendisi İmalat Şefi	8	1	4	32		
		Üretime yanlış hammadde verilmesi	Montaj sırasında uyumsuzluk	54			9			36		
		Üretime yanlış hammadde verilmesi	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	<b>60</b>			10			<b>40</b>		
		Üretime eksik miktarda hammadde verilmesi	Sevkiyat zamanında gecikme	<b>18</b>			3			1	4	<b>12</b>
		Üretime fazla miktarda hammadde verilmesi	Hurda ürün	<b>6</b>			1			1	4	<b>4</b>

Çizelge EK.12. Makine imalat/işleme süreci yeni RÖS değeri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	RÖS	Önleyici Faaliyet	Sorumlu	Şiddet Derecesi	Yeni Olasılık Derecesi	Yeni Fark Edilebilirlik Derecesi	Yeni Risk Seviyesi		
Makine İşleme/İmalat Süreci	CAD-CAM modelinin tezgâha aktarılması	Tezgâha yanlış NC program verilmesi	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	<b>175</b>	Operatörün kullanacağı NC programın İmalat Şefi tarafından onaylanması	İmalat Şefi Teknik Müdür	5	5	3	<b>75</b>		
		Tezgâha yanlış NC program verilmesi	Ek işgücü ihtiyacı	70	CAD-CAM personellerine mesleki eğitim verilmesi NC program listesinin oluşturulması ve takip edilmesi	Kalite Yönetim Mühendisi CAD-CAM Personeli	2			30		
		Operatöre yanlış bilgi verilmesi	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	<b>175</b>	Operatöre bilginin operasyon planı ile aktarılması	CAD-CAM Personeli	5	5	3	<b>75</b>		
		Operatöre yanlış bilgi verilmesi	Ek işgücü ihtiyacı	70			2			30		
	Tezgâh ayarı yapma ve deneme parçası üretme	Deneme / ayar parçasının hatalı olması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	<b>20</b>	İşletmede hurda parçalara ait öğrenilmiş dersler ile ilgili eğitim verilmesi	İmalat Şefi Teknik Müdür	2	5	2	<b>20</b>		
		Deneme / ayar parçasının hatalı olması	Ek işgücü ihtiyacı	10		CAD-CAM Personeli	1			10		
	Frezeleme	Kalınlığın tolerans dışında olması (Daha ince)	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat Zamanının gecikmesi	224	Operatörün operasyon planı doğrultusunda üretim yapması	Operatör	8	5	2	80		
		Kalınlığın tolerans dışında olması (Daha ince)	Montaj sırasında uyumsuzluk	252			Operatörün parçada ölçmesi gereken değerlerin operasyon planında gösterilmesi ve bulunan değerlerin kayıt altına alınması			Kalite Kontrol Personeli	9	90
		Kalınlığın tolerans dışında olması (Daha ince)	Ana üründe(uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	<b>280</b>	Personele farkındalık eğitimi verilmesi ve ödüllendirme sisteminin uygulanması	Kalite Yönetim Mühendisi Teknik Müdür	10			<b>100</b>		
		Kalınlığın tolerans dışında olması (Daha kalın)	Sevkiyat zamanında gecikme	<b>12</b>	Kalite kontrol ölçüm aralıklarının riskli görülen parçalarda kısa tutulması	İmalat Şefi CAD-CAM Personeli	3			1	2	<b>6</b>
		Kalınlığın tolerans dışında olması (Daha kalın)	Ek işgücü ihtiyacı	12	Personele mesleki eğitim verilmesi		3					6

Çizelge EK 12. (devam ediyor).

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	RÖS	Önleyici Faaliyet	Sorumlu	Şiddet Derecesi	Yeni Olasılık Derecesi	Yeni Fark Edilebilirlik Derecesi	Yeni Risk Seviyesi
Makine İşleme/İmalat Süreci	Delik delme / raybalama	Delik çapının büyük olması	Montaj sırasında uyumsuzluk	252	Operatörün operasyon planı doğrultusunda üretim yapması	Operatör	9	5	2	90
		Delik çapının büyük olması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	224			8			80
		Delik çapının büyük olması	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	<b>280</b>			10			<b>100</b>
		Delik çapının küçük olması	Ek işgücü ihtiyacı	12	Personele farkındalık eğitimi verilmesi ve ödüllendirme sisteminin uygulanması	Kalite Kontrol Personeli	3	1	2	6
		Delik çapının küçük olması	Sevkiyat zamanında gecikme	<b>12</b>			3			<b>6</b>
		Delik konumunun hatalı olması	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	<b>200</b>	Kalite kontrol ölçüm aralıklarının riskli görülen parçalarda kısa tutulması	İmalat Şefi	10	5	2	<b>100</b>
		Delik konumunun hatalı olması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	160			8			80
		Delik konumunun hatalı olması	Montaj sırasında uyumsuzluk	180			9			90

Çizelge EK.13. Tesviye süreci yeni RÖS değeri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	RÖS	Önleyici Faaliyet	Sorumlu	Şiddet Derecesi	Yeni Olasılık Derecesi	Yeni Fark Edilebilirlik Derecesi	Yeni Risk Seviyesi
Tesviye Süreci	Parçadaki fazla malzemenin alınması (Çapak, keskin köşeler, vb.)	Parçada çapak kalması	Ek İşgücü İhtiyacı	40	Tesviye sonrasında parçaların deneyimli tesviye personeli tarafından kontrol edilerek iş emri dosyası üzerinden de onaylanması  Tesviye personeline mesleki eğitim verilmesi	Tesviye Personeli İmalat Şefi	2	4	2	16
		Parçada çapak kalması	Montaj Sırasında Uyumsuzluk	<b>120</b>			6			<b>48</b>
		Ölçü düşmesi	Nihai Ürünün Hurda Olması ve Sevkiyat Zamanının Gecikmesi	160			8	4	2	64
		Ölçü düşmesi	Montaj Sırasında Uyumsuzluk	180			9			72
		Ölçü düşmesi	Ana Üründe(Uçak, Roket, vb.) Güvenlik Problemi	<b>200</b>			10			<b>80</b>

Çizelge EK.14. Ölçüsel kontrol süreci yeni RÖS değeri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	RÖS	Önleyici Faaliyet	Sorumlu	Şiddet Derecesi	Yeni Olasılık Derecesi	Yeni Fark Edilebilirlik Derecesi	Yeni Risk Seviyesi		
Ölçüsel Kontrol Süreci	CMM ile parça kontrolü	Eski revizyonlu program çalıştırılması	Ek işgücü ihtiyacı	48	CMM program listesinin oluşturulması ve revizyon takibinin yapılması	Kalite Yönetim Mühendisi	3	1	2	6		
		Eski revizyonlu program çalıştırılması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	128			8			16		
		Eski revizyonlu program çalıştırılması	Montaj sırasında uyumsuzluk	144			9			18		
		Eski revizyonlu program çalıştırılması	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	<b>160</b>			10			<b>20</b>		
		Datum yüzeyleri için yetersiz kontrol	Ek işgücü ihtiyacı	12	Numaralı teknik resimde manuel olarak ya da CMM ile ölçülen değerlerin kalite kontrol ara ölçüm formu ile kayıt altına alınması	Kalite Kontrol Personeli	3	1	2	6		
		Datum yüzeyleri için yetersiz kontrol	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	32			8			16		
		Datum yüzeyleri için yetersiz kontrol	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	<b>40</b>			10			<b>20</b>		
		Datum yüzeyleri için yetersiz kontrol	Montaj sırasında uyumsuzluk	36			9			18		
		Kalibrasyonu bitmiş ya da hassasiyeti parçanın hassasiyetinden yüksek cihaz ile ölçüm	Ek işgücü ihtiyacı	9	Kalibrasyon sertifikalarının kalite kontrol şefi tarafından kontrol edilerek onaylanması	Kalite Yönetim Mühendisi	3	1	2	6		
		Kalibrasyonu bitmiş ya da hassasiyeti parçanın hassasiyetinden yüksek cihaz ile ölçüm	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	24			8			16		
		Kalibrasyonu bitmiş ya da hassasiyeti parçanın hassasiyetinden yüksek cihaz ile ölçüm	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	<b>30</b>			10			<b>20</b>		
		Kalibrasyonu bitmiş ya da hassasiyeti parçanın hassasiyetinden yüksek cihaz ile ölçüm	Montaj sırasında uyumsuzluk	27			9			18		

Çizelge EK.15. Dış proses süreci yeni RÖŞ değeri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	RÖŞ	Önleyici Faaliyet	Sorumlu	Şiddet Derecesi	Yeni Olasılık Derecesi	Yeni Fark Edilebilirlik Derecesi	Yeni Risk Seviyesi	
Dış Proses Süreci	Kaplama-Boyama	Kaplama-boyama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması / parçada hasar olması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	120	Dış proses hizmetinin müşteri onaylı ya da kalite değerlendirme puanı yüksek olan firmalardan alınması	Kalite Kontrol Şefi	8	1	3	24	
		Kaplama-boyama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması / parçada hasar olması	Ana üründe(Uçak, roket, vb.) güvenlik problemi	<b>150</b>			10			<b>30</b>	
		Kaplama-boyama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması / parçada hasar olması	Montaj sırasında uyumsuzluk	135			9			27	
		Kaplama-boyama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması / parçada hasar olması	Ek işgücü ihtiyacı	30			2			6	
	Markalama	Markalama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması / parçada hasar olması	Nihai ürünün hurda olması ve sevkiyat zamanının gecikmesi	<b>56</b>		Kalite kontrol şefinin dış prosesten gelen parçaları ikinci kez kontrol etmesi ve iş emri üzerinden de kaşe ile onay vermesi	Satın Alma Sorumlusu	8	1	3	<b>24</b>
		Markalama işleminin teknik dokümana uygun yapılmaması / parçada hasar olması	Ek işgücü ihtiyacı	14				2			6



Çizelge EK.16. Sevkiyat süreci yeni RÖS değeri.

Süreç	Süreç Alt Adım	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Hatanın Etkisi	RÖS	Önleyici Faaliyet	Sorumlu	Şiddet Derecesi	Yeni Olasılık Derecesi	Yeni Fark Edilebilirlik Derecesi	Yeni Risk Seviyesi
Sevkiyat Süreci	Paketleme	Uygunsuz paketleme	Parçanın hasar görmesi	<b>40</b>	İlgili personele mesleki eğitim verilmesi  Sevk kontrol listesinin oluşturulması ve personelin liste doğrultusunda kontrollerini gerçekleştirmesi	Kalite Yönetim Mühendisi  Parça Muayene ve Sevk Personeli	5	1	4	<b>20</b>
	Etiketleme	Yanlış veya eksik etiketleme	Ek işgücü ihtiyacı	24			3	1	4	12
		Yanlış veya eksik etiketleme	Sevkiyat zamanında gecikme	<b>24</b>			3			<b>12</b>
	Sevk evrak kontrol	Yanlış veya eksik doküman ile sevk	Ek işgücü ihtiyacı	24			3	1	4	12
		Yanlış veya eksik doküman ile sevk	Sevkiyat zamanında gecikme	<b>24</b>			3			<b>12</b>
	Sevkiyat	Eksik miktarda sevk yapılması ya da sevkiyatın unutulması	Ek işgücü ihtiyacı	24			3	1	4	12
		Eksik miktarda sevk yapılması ya da sevkiyatın unutulması	Sevkiyat zamanında gecikme	<b>24</b>			3			<b>12</b>

## ÖZGEÇMİŞ

Büşra DAĞCI 1992 yılında Karabük'te doğdu; ilköğrenimini Zati Ağar İlköğretim Okulu'nda ve orta öğrenimini Safranbolu Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2011 yılında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2016 yılında mezun oldu. Aynı yıl Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına başladı ve halen yüksek lisans programına devam etmektedir.

### **KİŞİSEL BİLGİLER**

Adres : Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Balıklarkayası Mevkii / KARABÜK

E-posta : [busra.dagci@gmail.com](mailto:busra.dagci@gmail.com)

Telefon : (554) 129 2119