

HATA TÜRÜ ETKİLERİ ANALİZİ VE OTOMOTİV PARÇALARI ÜRETİMİNDE BİR UYGULAMA

Yılmaz Sönmez

Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Bölümü

yilmazsonmez2012@gmail.com

Doç. Dr. Mustafa Cahit Üngan

Sakarya Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü

ungan@sakarya.edu.tr

Hata Türü
Etkileri Analizi
ve Otomotiv
Parçaları
Üretiminde Bir
Uygulama

217

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada otomotiv sektöründe faaliyet gösteren ve metal işleri yapan bir firmayı pul, yay ve türevindeki ürünlerin üretim süreçlerinin alt süreçleri olan hammadde ve yardımcı malzeme kabulü, giriş kalite kontrol, stoklama ve ara sevkiyatlar ile ambalajlama süreçleri için Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA) yapılmıştır. Çalışma ile tekniğin gelişimine katkı sağlanması ve uygulamacılara hatayla karşılaşmaları durumunda veya hatalara karşı önlemler almaları konusunda yol gösterilmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Çalışmada yöntem olarak vaka çalışması kullanılmıştır. Yazarlardan birisi uygulama sürecinin başından sonuna kadar çalışmanın içerisinde yer alarak süreci takip etmiştir.

Bulgular: Uygulama sonucunda, olası hata türleri ve etkilerini önlemeye dönük aksiyon önlemleri tanımlanmış ve böylece hammadde ve yardımcı malzeme kabulü, giriş kalite kontrol, stoklama ve ara sevkiyatlar süreçlerinde %52,6'lık, ambalajlama sürecinde ise % 54,3'lük bir iyileşme sağlanmıştır.

Sonuç: Bu çalışmanın sonucunda birkaç önemli husus ortaya çıkmıştır. Bunlardan birincisi HTEA'nın sürekli iyileştirme süreci olması gerektiğidir. İkincisi, moderatörün toplantıları etkili bir şekilde yönetmesinin önemli olduğudur. En son olarak hata türleri etkileri analizi yaparken AHP, bulanık mantık, gri teori gibi karar destek sistemlerinden faydalanılmasının sonuçları daha objektif hale getirebileceğidir.

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

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS: AN APPLICATION IN AUTOMOTIVE PARTS PRODUCTION

ABSTRACT

Aim: In this study, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) was carried out for acceptance of raw materials and auxiliary materials, input quality control, stocking and intermediate shipment and packaging processes, which are sub processes of the production processes of a company, which operates in the automotive sector and performs metal works . It is aimed to contribute to the development of the FMEA technique and to guide practitioners for their future analysis in case they face failures or aim to prevent potential failures.

Method: Case study was employed as a research method. One of the writers took part in the FMEA from the beginning to the end.

Findings: Potential failure modes and measures against them were defined. As a result, the processes of raw material and auxiliary material acceptance, input quality control, stocking and intermediate deliveries were improved by 52.6% and packaging by 54.3%.

Results: A number of important issues have arisen as a result of this study. The first of these is that the FMEA must be a continuous improvement process. Second, it is important for the moderator to effectively manage the meetings. Finally, while analyzing the types of error effects, the use of decision support systems such as AHP, fuzzy logic, gray theory can make the results more objective.

Keywords: Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), quality improvement

I.GİRİŞ

Global rekabet baskısının çok yoğun olarak hissedildiği günümüzde firmaların varlıklarını devam ettirebilmeleri için hem müşterilerini sürekli memnun etmek hem de maliyetlerini düşürmek zorunda oldukları bir gerçektir. İşletmeler bu amaçla kalite iyileştirme çalışmaları yapmaktadırlar. Bu çalışmalardan birisi de Hata Türleri ve Etkileri Analizidir (HTEA). HTEA, hataları sistematik olarak analiz ederek hem düzeltici hem de önleyici etkiler yaratan ve böylelikle de hata maliyetini en küçükmeye ve güvenilirliği artırmaya yardımcı olan bir tekniktir. HTEA'nın amacı süreçle ilgili potansiyel hataların, oluşmadan önce,

planlama ve geliştirme safhasında tespiti, önem derecelerinin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve önlenmesi için uygun önlemlerin alınmasını sağlamaktır. Bu nedenle, HTEA, işletmelerin rekabette üstünlük sağlamak için uygulamaya koydukları önleyici kalite güvence yaklaşımları arasında en çok kabul görenlerden birisi olmuştur.

HTEA tekniği, yaşayan bir iyileştirme modelidir, başka bir deyişle HTEA' da ele alınan kavramlarla ilgili parametreler değiştiğinde, analizler de revize edilmektedir.

Bu sayede de teknik, güncel durumu sürekli analiz eden, bir iyileştirme mekanizması haline dönüşebilmektedir. HTEA, önceleri imalat sektöründe yaygın bir şekilde kullanılırken daha sonraları tüm sektörlerde hataların önlenmesine yönelik olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Özellikle de yöntemin son yıllarda sağlık sektöründeki yoğun kullanımı dikkat çekmektedir. Teknik bugün QS 9000, ISO/TS 16949, ISO 9001: 2000 ve diğer Kalite Güvence Sistemleri kapsamında işletmeler için bir zorunluluk haline de gelmiştir (Damanaba ve ark., 2015).

Bu tekniğin günümüzde bu denli popüler olması potansiyel hataları önceden tespit edip önleme noktasında yol gösterici çalışmalara olan ihtiyacı artırmıştır. Bu tür çalışmalar bu teknik için en iyi uygulamaların belirlenmesi ve tekniğin kavramsal anlamda gelişimi açısından da önem taşımaktadır. İşte bu çalışmada da HTEA'nın otomotiv sektöründe pul ve yay türevleri üreten bir firmanın hammadde ve yardımcı malzeme kabulü, giriş kalite kontrol, stoklama ve ara sevkiyatlar ile ambalajlama süreçlerinin bir kısmında nasıl uygulandığı ve ne gibi iyileştirmelere yol açtığı ortaya konularak hem kavramsal çerçeveye katkı sağlamak ve hem de bu alanda çalışan uygulayıcılara yol göstermek amaçlanmaktadır. Aşağıdaki kısımlarda HTEA kavramı, kavramın tarihsel gelişimi, HTEA uygulama süreci ve uygulama verilmiştir.

1.1.HTEA Kavramı

Stamis (1995) HTEA'yı tasarım, proses, sistem ve hizmet konularına odaklanarak olası hataları, yanlışları ve problemleri tüketiciye ulaşmadan önce tespit edip, tanımlayıp yok etmeyi amaçlayan bir mühendislik tekniği olarak tanımlamıştır. HTEA tehlikelerin tanımlanması ve risklerin değerlendirilmesinde kullanılan pratik yöntemlerden birisi olup (Sharma ve Kumar, 2005) ekip çalışmasını gerekli kılmaktadır. HTEA'nın sistem, tasarım, proses ve servis olmak üzere 4 çeşidi bulunmaktadır. Ancak bu çalışmada proses HTEA üzerine yoğunlaşıldığı için aşağıda proses HTEA kavramı tanımlanmıştır.

Hata Türü Etkileri Analizi ve Otomotiv Parçaları Üretiminde Bir Uygulama

Proses HTEA imalat ve montaj süreçlerini analiz etmekte kullanılmakta ve proses yetersizliklerinden kaynaklanan hata türleri üzerine odaklanmaktadır. Proses HTEA sonucu, proste yapılan iyileştirmeler nedeniyle bu teknik aynı zamanda proses geliştirme yaklaşımı olarak ta bilinmektedir (Stamis, 1995).

Proses HTEA, kusursuz ürünler üretmek için analizcilere montaj ve imalat proseslerinde kullandıkları makineleri, aletleri, prosesleri ve insan gücünün etkilerini analiz ederek, imalat proseslerini değerlendirebilme yani zayıf noktalarını belirleme olanağını verir.

Proses HTEA ile insan, makina, malzeme ve metot uygulama hataları ürün üretime girmeden önce belirlenebileceğinden hataları düzeltmek kolay olacaktır. Ancak makine, malzeme, insan, metot, ölçme ve çevre olarak tanımlanan üretim bileşenleri arasında etkileşimlerin olması proses HTEA'nın daha zor ve zaman alıcı olarak tanımlanmasına neden olmaktadır (Büyüktuna, 2012).

1.2.HTEA'nın Tarihsel Gelişimi ve Endüstrideki Yeri

HTEA ilk defa ABD ordusunda geliştirilmiştir. "MIL-P-1629" kodlu "Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis çalışması diğer bir ifade ile Hata Türü Etkileri ve Riskinin Analizi Üzerine Prosedürler diye adlandırılan askeri prosedür, 9 Kasım 1949 tarihinde kullanılmaya başlanmıştır (MIL-P-1629, 1949). Prosedür, askeri sistemlerin karmaşıklığı ve kritikliğinden ötürü sistem ve donatım hatalarının etkilerinin belirlenmesi için farklı sistemlerde güvenle kullanılacak bir teknik olduğu için tercih edilmiştir. Bu prosedür aynı zamanda elektrik ve elektronik sistemlerin hata oranlarını tahmin etmede kullanılan bir formül de içermektedir (Arabian-Hoseynabadi ve ark., 2010).

HTEA 1969'da NASA tarafından, Ay'a insan indirecek olan Apollo projesinde uygulanmaya başlanmıştır. Bu ürünün tek olması ve yüksek maliyeti nedeniyle hiçbir parça veya sistemin arıza yapmaması isteniyordu. Tüm sistemi yedeklemenin yüksek maliyetine katlanmamak için HTEA uygulanmasına karar verilmiştir. 1970-1975 arasında ABD uçak sanayisinde HTEA'nın ilk endüstriyel uygulamasını olan SMC 800-31 prosedürü kullanılmış ve daha sonra bu uygulama bütün dünyaya yayılmıştır (Arabian-Hoseynabadi ve ark., 2010).

Yöntem 1980 yılında Ford tarafından otomotiv sanayisinde kullanılmaya başlanmış, sistemde değişiklik yapılarak çok karmaşık olan askeri uygulama basitleştirilmiştir. Bu yöntem, Fransız Renault ve Citroen otomotiv şirketlerince AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de

leurs Effets et de leur Criticité) yani Hata Türü ve Etkileri Kritiğinin Analizi olarak isimlendirilmiştir. 1993 yılında Otomotiv Endüstrisi Aksiyon Grubu (AIAG) ve Amerikan Kalite Kontrol Topluluğu (ASQC), endüstri çapında HTEA standardı oluşturmuştur.

Bu standart yapı QS standardının geliştirilmesinde işbirliği yapan Chrysler, Ford ve GM (General Motors) şirketleri tarafından SAE J 1739 prosedürü olarak kabul görmüş bir otomobil tasarım aracı olarak geliştirilmiştir (Arabian-Hoseynabadi ve ark, 2010).

Daha sonra kronolojik olarak, yöntemden bilişim sistemlerinde (Huang ve ark., 1999), sanal ürün tasarımında (Eleren, 2007) ve HACCP gıda güvenliği sistemlerinde (Scipioni ve Arkadaşları, 2002) faydalanmıştır. HTEA ile bütünleşik olarak bulanık mantık çalışmaları da yapılmaktadır (mesela, Kumru ve Kumru, 2003). Bir dizi çalışma HTEA'nın risklerin önceliklendirilmesinde ve etkilerinin azaltılmasında etkili bir araç olduğunu bulmuştur (mesela Arabian-Hoseynabadi ve ark, 2010). Ayrıca bu yöntem, elektronik, kimya, ve diğer sektörlerde hataların ve problemlerin belirlenmesi, önceliklendirilmesi ve önlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Maleki, 2006). Uygunluğu ve uygulanabilirliği bu tekniğin en önemli risk analiz tekniklerinden birisi olmasına neden olmuştur. Diğer yandan, tekniğin çok geniş bir uygulama alanı bulması onun zayıf ve eksik taraflarının da çabucak ortaya çıkmasına neden olmuştur.

1.3.HTEA'nın Faydaları ve Uygulamada Karşılaşılan Zorluklar

Bir süreç iyileştirme tekniği olarak HTEA'nın çok sayıda faydası bulunmaktadır. Bunlar arasında ürünlerin kalite güvenilirlik ve emniyetini geliştirmek, ürün geliştirme süresini azaltmak, tasarım veya süreç geliştirme faaliyetlerinin önceliklerinin belirlenmesini sağlamak, gerekli test muayene vb. yöntemlerin belirlenmesini sağlamak ve hata olasılığı yüksek proseslerin nasıl daha güvenilir hale getirilebileceğini tanımlamak sayılabilir. (Yılmaz, 2000; Büyüktuna, 2012; Aran, 2006, Dudek-Burlikowska, 2011). Esasında tüm bu faydalar firmaların maliyetlerinin azaltılmasına ve imajının güçlenmesine katkıda bulunmaktadır.

Bununla birlikte, HTEA yürütülürken karşılaşılan bazı zorluklar vardır. Bu zorluklardan en önemlisi hatayı incelerken hata ile ilgili kayıtlı sayısal bilgi eksikliğinin olduğu durumlarda öznel yorumların ortaya çıkmasıdır (Bowles, 1998). Bu durum ortak bir standardın oluşmasını engellemekte bu da yapılan değerlendirmelerin ekip içerisindeki ortak kabulünde problemler yaşanmasına neden olmaktadır. Ekip problem tespitinde çok hızlı ilerlese de ideal çözüme ulaşmakta zorlanabilmektedir.

Hata Türü Etkileri Analizi ve Otomotiv Parçaları Üretiminde Bir Uygulama

Ayrıca, ekip üyelerinin çeşitli vesileler ile değişmesinin sonuca ulaşma üzerinde negatif etki yaratması da diğer önemli bir zorluktur.

HTEA her ne kadar sistem içerisindeki önemli hataları belirlese de, tek başına kapsamlı bir iyileştirme tekniği olduğunu iddia etmek güçtür ve bu nedenle de pareto analizi ve balık kılıcı diyagramı gibi diğer kalite iyileştirme teknikleri ile birlikte kullanılması daha uygun görülmektedir (Shebl ve ark., 2009; Potts ve ark. , 2014; Franklin ve ark, 2012).

1.4.HTEA Uygulama Süreci

HTEA uygulama süreci kurumdan kuruma farklılık gösterse de 5 başlık altında toplanabilmektedir (Yaylalı, 2008; Chiozza ve Ponzetti, 2009).

1. Başlangıç Faaliyetleri
2. Proses, gereksinim, olası hata türü, nedenleri, etkileri ve hatayı saptamak için kullanılan mevcut kontrollerin belirlenmesi
3. Ortaya çıkma, ağırlık ve saptama değerlerinin belirlenerek risk öncelik puanlarının belirlenmesi
4. Risk öncelik puanlarının sıralanarak önlem alınacak hataların ve önlemlerin belirlenmesi
5. Belirlenen önlemlerin uygulanması ve yeni RÖS değerlerinin hesaplanması.

Başlangıç Faaliyetleri

Başlangıç faaliyetleri arasında süreç HTEA'nın kapsam ve sınırların belirlenmesi, kapsama göre HTEA ekibinin kurulması ve HTEA yapılacak sürecin belirlenmesi bulunmaktadır.

- **Kapsam ve Konunun Belirlenmesi:** HTEA'nın konu ve kapsamını belirlemek uygun bir ekip oluşturmak için bir avantaj sağlar ve odaklanmayı kolaylaştırır. Böyle bir çalışma, HTEA ekibinin analiz sırasında yanlış alanlara yönelmesini de engeller. Eğer incelenecek süreç büyük ise üzerinde çalışmak zor olacağı için, süreç alt süreçlere ayrılmalıdır. Bu sayede özel gruplar bu alt süreçler üzerinde rahatlıkla çalışabilirler.
- **Ekibin Oluşturulması:** Genellikle bir kişi süreç koordinasyonundan sorumlu olsa da, HTEA bir ekip çalışmasıdır. Ekip kullanımı farklı uzmanlık alanlarından gelen ve farklı fikirlere sahip insanların hataların tespiti ve süreç iyileştirme konusunda olumlu katkı sağlamaktadır. İyileştirilecek her bir süreç için ayrı bir ekip kurulur ve ekip işi bittiğinde dağılır. Her bir ekibin özel bazı

amaç ve sorunlulukları bulunur. Ekip büyüklüğü için uygun sayı 4-6 kişidir (Hosseini, 2011).

HTEA sırasında ekip hata türlerini ve potansiyel hatanın ortaya çıkmasına engel olacak faaliyetleri belirler.

Ekip ihtiyacı olan bilgileri tasarım, test, kalite, ürün hattı, pazarlama, üretim bölümlerindeki uzmanlar ile müşterilerden toplar (Carbone ve Tippet, 2004).

Oldukça geniş bir yelpazeden bilgi toplanması hata türlerinin ve nedenlerinin ortaya konması ve iyileştirme önerilerinin geliştirilmesi bakımından önemlidir. Yönetimin HTEA ekip toplantılarını takip etmesi sürecin başarısı için önemlidir. Toplantılar maksimum 2-3 saat sürmeli, özel şartlar dışında ise her bir HTEA çalışmasına ayrılan süre iki ayı geçmemelidir (Akın, 1998). HTEA'ya başlamadan önce ekip üyelerine rolleri, sorumlulukları ve çalışmanın amacı detaylı bir şekilde anlatılmalı ve bir eğitim verilmelidir.

- **Sürecin Belirlenmesi:** Bu aşamada HTEA'ya aday sürecin anlaşılmasını sağlayacak bütünü oluşturan alt süreçler ve bunların birbirleriyle olan ilişkileri belirlenmekte, Bunu yaparken de her türlü müşteri özel istek ve şartnamelerden, iş akış diyagramı vb. dokümanlardan faydalanılmaktadır.

Proses Fonksiyon, Gereksinim, Olası Hata Türü, Nedenleri, Etkileri ve Hatayı Saptamak İçin Kullanılan Mevcut Kontrollerin Belirlenmesi

- **Proses:** HTEA için bir uygulama öncesi ve sonrası birer form oluşturulur. Bu formun (ların) proses bölümüne proses işlemlerinin basit tanımı (torna, kaynak, montaj vb.), proses akış şemasındaki isimlendirmeler, açık ve öz işlem tanımları (birden fazla iş için ayrı ayrı tanımlama yapılır) ve işlem hakkındaki genel bilgiler yazılabilir. HTEA'da 2008 yılında yapılan bir revizyonla üretim aşamalarına ilave olarak taşıma, depolama, etiketleme, girdi, kontrol ve sevkiyat da değerlendirilmeye başlanmıştır.
- **Gereksinim:** Proses ile ilgili olarak olması gerekenlerin yazıldığı bölümdür. Klimadan ısıtmasını ya da soğutmasını beklemek bir gereksinim örneği olarak verilebilir.
- **Olası Hata Türleri:** Olası hatanın türlerinin meydana gelmesi halinde bir ürün veya sürecin tasarım amacını veya süreç gerekliliğini karşılayamaması sonucu doğar (Çelikdemir, 2012).

Hata Türü Etkileri Analizi ve Otomotiv Parçaları Üretiminde Bir Uygulama

Olası hata türleri genellikle fiziksel özellikler ile tanımlanırlar (parçanın uzun ya da kısa gelmesi, gevşemesi, çatlak ya da kırılması, fazla ısınması, hatalı montaj yapılması, hasar görmesi gibi).

Olası hata türünü belirlemeye çalışırken, gerçekleşmesi istenmese de hatanın ortaya çıkabileceği kabul edilir ve sürecin çalışması üzerindeki etkisi ortaya konulur (Stamatis, 2003). Hata türlerini belirlemek için kullanılan bazı bilgi kaynakları arasında müşteri şikâyet ve test raporları, servis ve garanti verileri, güvenilirlik analizi sonuçları, muadil ürün yada sistem bilgileri ve bu ürün yada sistemler için daha önceden yapılmış hata türü ve etkileri analiz çalışmaları, simülasyon çalışmaları ve müşteri memnuniyet anketlerinin sonuçları sayılabilir (Yılmaz, 1997).

- **Olası Hata Etkisi:** Olası bir hatanın müşteri (satıcı, tüketici, bir sonraki proses vb.) üzerinde muhtemel etkisi bu aşamada ele alınır. Başka bir deyişle hata gerçekleştiğinde ortaya çıkan durum ele alınır. Çatlamış bir parçanın bir sonraki proseste sarsıntıya maruz kaldığında kırılması, kırılan bir parçanın müşteri otomobilini durdurması, ya da uygun ölçülerde çekilmeyen bir vidanın montaj problemi yaşatması örnek olarak verilebilir. Olası bir hatanın etkisi ürün müşteriye teslim edildikten sonra başka, son kontrolde tespit edildiğinde başka, proseste tespit edildiğinde başka ve giriş kalite kontrolde tespit edildiğinde ise başka olacaktır. Hesaplama yapılırken olası en yüksek etki dikkate alınmalıdır.
- **Olası Hata Nedeni:** Hatanın meydana gelmesine neden olabilecek sebeplerdir. Örneğin ezilen bir parçanın hata sebebi malzeme sertliğinin düşük olması iken kırılan bir parçanın hata sebepleri yanlış parça seçimi, aşırı yüklenme, tezgâh seçimi ya da ambalaj uygunsuzluğu olabilir.

Burada dikkat edilmesi gereken bir başka konu ise bir hataya neden olan faktörün birden fazla hataya neden olabileceği gibi bir hatanın da birden fazla nedenin olabilmesidir.

- **Mevcut Kontroller:** Hata nedeninin tespit etmeye yönelik olarak kullanılan kontrollerdir. Ağırlık ve boyut kontrolleri, çalışma testleri, kaçak kontrolleri, gözle muayeneler, master kontrolleri, sızdırmazlık, çekme, basma vb. testler mevcut kontrollere örnek gösterilebilir. Bu kontrolleri iki başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar; hatanın olmasının önüne geçmeye yönelik olan önleyici kontroller ve hata oluşuktan

sonra hatayı tespit etmeye yaran keşfedici kontrollerdir (Düzgüner, 2002).

Ortaya Çıkma, Ağırlık ve Saptama Değerleri Belirlenerek Risk Öncelik Sayılarının Belirlenmesi

Standart HTEA sürecinde hata türleri ortaya çıkma, şiddet ve tespit edilebilme durumlarına göre değerlendirir (Chrysler Corp., Ford Motor Co., ve General Motors Corp., 1995; Ford Motor Company, 1988; Field ve Swift, 1996).

- ***Olasılık (Ortaya Çıkma) Değerini Belirleme:*** HTEA çalışmalarında hatanın ortaya çıkma olasılığının değeri için çeşitli olasılık aralıklarının bulunduğu bir tabloda yararlanılır (Ford Motor Company, 1988; Field ve Swift, 1996). Otomotiv sektöründe bu tablo ilk defa Ford şirketi tarafından oluşturulmuştur. Elde bir tablo olmaması durumunda ise ekip üyelerinden ortaya çıkma değerlerini tahmin etmeleri istenir (Akın, 1998). Bu anlayışa paralel olarak, oluşturulan HTEA ekibi RÖS hesaplamalarında kullanmak üzere belirlediği hata türüne istinaden, 1-10 arası bir değer seçerek risk öncelik katsayısını oluşturan olasılık faktörünü belirler.
- ***Şiddet (Etki, Ağırlık) Değerini Belirleme:*** Şiddet, olası hatanın müşteriye yansıyan sonuçlarının değerlendirilmesidir (Ford Motor Company, 1988; Field ve Swift, 1996; Mil-Std, 1980). Hatanın şiddeti etkiye karşılık gelir ve aralarında doğrusal bir ilişki vardır (Akın,1998). Hataların şiddeti genellikle, felaket getirici, kritik, küçük ve çok küçük olarak sınıflandırılırlar. Şiddet değerleri için de yine bir tablo oluşturulmuş olup otomotiv sektöründe ilk uygulama Ford şirketinde yapılmıştır. HTEA ekibi RÖS hesaplamalarında kullanmak üzere belirlediği hata türüne istinaden 1-10 arasında bir değer seçerek risk öncelik katsayısını oluşturan şiddet faktörünü belirler.
- ***Saptama Değerini Belirtme:*** Saptama, mevcut kontroller sonucunda hatanın bulunarak müşteriye ulaşmasını engelleme derecesidir ya da işletmenin hatayı tespit edebilme kabiliyetidir (Ford Motor Company, 1988; Field ve Swift, 1996). Saptama değerleri için de yine bir tablo kullanılmakta olup otomotiv sektöründe tabloyu geliştiren ilk firma yine Ford olmuştur. Oluşturulan HTEA ekibi RÖS hesaplamalarında kullanmak üzere belirlediği hata türüne istinaden 1-10 arası bir değer seçerek risk

**Hata Türü
Etkileri Analizi
ve Otomotiv
Parçaları
Üretiminde Bir
Uygulama**

öncelik katsayısını oluşturan saptama (keşfedilebilirlik) faktörünü belirler.

- **Risk Öncelik Puanlarının Hesaplanması:** HTEA çalışmalarında uygulama olarak; HTEA ekibi hata türlerini kritiklik derecelerine göre sıralar ve bu önceliğe göre düzeltici, önleyici ya da kalite iyileştirici faaliyetler geliştirerek bu kritiklik derecesini düşürmeye çalışır. Kritiklik derecesini belirleyen değer RÖS değeridir.

Risk Öncelik Sayısı “RÖS” hatanın belirlenen olası ortaya çıkma değeri (O), hatanın ağırlık, yada etkisinin değeri (A) ve hatanın saptama yada keşfedilebilirlik (S) değerleri kullanılarak elde edilen bir sayıdır, ve aşağıdaki şekilde hesaplanır

$RÖS = O \times A \times S$ (Olası RÖS değeri 1-1000 arasında değişir) (Shahin, 2004)

Ford Motor Şirketinde, HTEA uygulamalarında RÖS değerlerine göre düzeltici önlem alma kararları şu ölçütlere göre yapılmaktadır:

- $RÖS < 40$ ise önlem almaya gerek yoktur.
- $40 \leq RÖS \leq 100$ önlem alınmasında fayda vardır.
- $RÖS > 100$ ise mutlaka önlem alınması gerekir.

Renault’ da yapılan uygulamalarda ise $RÖS > 100$ olan hatalar düzeltici önlem alınması gereken risk taşıyan hatalar olarak kabul edilirler.

Risk Öncelik Sayılarının Sıralanarak Önlem Alınacak Hataların ve Önlemlerin Belirlenmesi

Sistemin çalışma mantığı, RÖS değeri en yüksek olandan en düşük olana göre hataların sıralanması üzerinedir.

Bunun nedeni ise bir öncekinden daha yüksek RÖS değerine sahip hata türünün bir önceki hata türüne göre fazla risk barındırması ve bu yüzden iyileştirme hamlelerinde daha yüksek bir önceliğe sahip olmasıdır.

Bununla beraber ele alınması gereken bir başka önemli olgu ise işletmelerin yayınlanan HTEA kitapçığına, ürün ve pazar gereksinimlerine veya kendi bünyesinde oluşturduğu çeşitli kriterlere göre bir RÖS alt sınır değeri belirlemesi ve bu değer altındaki hata türleri için iyileştirme çalışmalarında bir öncelik vermemesidir.

Uygulamalarda rastlanan durumlardan biri de farklı hataların aynı RÖS değerine sahip olmasıdır. Aynı RÖS değerine sahip hata türlerinde önceliklendirme yapmak gerekirse ilk sıradaki öncelik kriteri hatanın

şiddeti, ikinci sıradaki kriter hatanın saptanabilirliği, son sıradaki kriter ise hatanın meydana gelme olasılığıdır (Stamatis, 2003).

Şiddeti yani etkisi yüksek olan hata önceliklidir, çünkü bu değer hatanın etkisini göstermektedir. Saptama, ortaya çıkma değerinden daha önemlidir çünkü burada söz konusu olan hatanın müşteriye ulaşmaması daha önemli olmaktadır. Müşteriye ulaşan hatalara, sık karşılaşılan hatalardan daha öncelikli olarak yaklaşılmalıdır (Akın,1998; Stamatis,2003).

Diğer yandan HTEA kitapçığının yayınlanan 4. revizyonunda hatanın şiddetinin 9-10 olması durumunda RÖS değerine bakılmaksızın HTEA çalışması yapılması gerekliliği belirtilmiştir.

Tüm bu yapılan hesaplama ve değerlendirmelerden sonra düzeltici önleyici faaliyetleri belirleme ve uygulama aşamasına geçilir. Düzeltici önleyici faaliyetler, olası hata türü veya nedenlerini ortadan kaldırmak veya olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için tasarım, proses, malzeme ve ya üretim yönetimi gibi çeşitli unsurlarda yapılacak değişikliklerdir. Düzeltici önleyici faaliyetler ile RÖS değerleri düşürülmeye çalışılır. Bunun için olasılık, ağırlık ve saptanabilirlik değerlerini azaltmak gereklidir.

Bunların her birindeki düşüş önemlidir ancak birlikte düşmeleri sağlanmalıdır (Söylemez, 2006). Stamatis (2003) şiddet derecesini düşürmek için ürün veya sistem tasarımı üzerinde değişiklikler yapılmasını önermekle birlikte bunun her zaman etkili olmayacağını belirtmiştir.

Aynı yazar, ortaya çıkma derecesini küçültmek için plan, şartname, üretim yöntemleri, üretim akış yöntemleri, tasarım ve çevre ve koruma koşullarında değişiklik yapmayı önermiştir. Diğer yandan, saptama faktörünü düşürmek için ise kontrol sıklıkları artırılmasını, kontrol yönteminin güvenilirliğinin artırılmasını ve uygun olmayan parçaların bir sonraki müşteriye ulaşmasını önleyecek fiziksel olanakların sağlanmasını önermiştir.

II. Otomotiv Sektöründe Metal İşleme Yapan Bir Şirketin Proses HTEA Uygulamaları

2.1. İşletme Profili

Otomotiv sektöründe üretim yapan firma, 150 ve üzerindeki çalışan sayısı ile büyük ölçekli işletme grubunda bulunmaktadır. İşletme kesme, delme, ısıl işlem, taşlama, kaplama ve finisaj gibi birçok prosesi uygulamak suretiyle imal ettiği pul, yay ve türevindeki ürünlerini Amerika ve Avrupa kıtalarındaki birçok dış ülkeye ihraç etmektedir. Firma genelde ana

**Hata Türü
Etkileri Analizi
ve Otomotiv
Parçaları
Üretiminde Bir
Uygulama**

sanayiye doğrudan ürün sunmamakta olup alt tedarikçi olarak varlığını sürdürmektedir.

2.2. HTEA Uygulama Prosedürü

Firma bünyesinde üretilen ürünlere ait ürün tasarımı/dizaynı, müşteri tarafından yapılmakta olup firmada sadece ilgili ürüne ait proses dizaynı yapılmaktadır. Üretilen tüm ürünler için hammaddenin gelişinden ürünün sevkine kadarki tüm prosesleri kapsayacak şekilde, proses HTEA çalışması yapılmaktadır.

Ancak hem sayfa kısıtı nedeniyle ve hem de daha az teknik olduğu ve böylece farklı okuyucuların daha kolay anlayabileceği düşünüldüğünden bu çalışmaya hammadde ve yardımcı malzeme kabulü, giriş kalite kontrol, stoklama ve ara sevkiyatlar ile ambalajlama süreçleri dahil edilmiştir. Uygulama sırasında HTEA formları kullanılmakta olup bu formlarda yer alan başlıklara ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir.

Etki Şiddeti

Etki şiddeti için derecelendirme Tablo 2’de verilmiştir.

Potansiyel bir hata türünün müşteri ve/veya nihai müşteri üzerinde bir etkiye neden olma derecesine göre HTEA formuna tablodaki değerlerden birisi girilir. Hangisi üzerindeki etki büyükse o hesaplama dahil edilir.

**Tablo 1.
Proses HTEA Şiddet Değerlendirme Kriterleri Tablosu**

Etki	Müşteri Üzerindeki Etki	Müşteri/Nihai Müşteri Üzerindeki Etki	Derece
İkazsız Tehlikeli	Potansiyel bir arıza durumunun uyarısız olarak emniyetli cihaz kullanımını etkilediği veya resmi mevzuata aykırı düştüğü durumlardaki çok yüksek şiddet durumu.	Operatörü (makine veya montaj) ikazsız olarak tehlikeye düşürme	10
İkazlı Tehlikeli	Potansiyel bir arıza durumunun uyarılı olarak emniyetli cihaz kullanımını etkilediği veya resmi mevzuata aykırı düştüğü durumlardaki yüksek şiddet durumu.	Operatörü (makine veya montaj) ikazlı olarak tehlikeye düşürme	9
Çok Yüksek	Cihaz çalışmaz durumda (ana fonksiyon kaybı)	Ürünün 100%’ünün hurdaya ayrılması ya da cihazın bir saati aşan bir süre ile tamir bölümünde kalması	8
Yüksek	Cihaz düşük performansla çalışıyor. Müşteri hiç memnun değil.	Ürünün ayıklanması ve bir bölümünün (100%’den az) hurdaya ayrılması, ya da cihazın tamir bölümünde yarım saat ile bir saat arası süre kalması	7
Orta	Cihaz çalışıyor ama konfor/rahatlık ile ilgili unsur(lar) çalışmıyor. Müşteri memnun değil.	Ürünün bir bölümünün (100%’den az) ayıklama yapılmaksızın hurdaya ayrılması, ya da cihazın tamir bölümünde yarım saatten az bir süre kalması	6
Düşük	Cihaz çalışıyor ama konfor/rahatlık unsurları düşük performans ile çalışıyor.	Ürünün 100%’ünün yeniden işlenmesi, ya da cihazın üretim hattı dışında, ama tamir bölümüne götürülmeden, tamir edilmesi	5

Tablo 1. Devamı

Çok Düşük	Dış görünüm ve montaj unsurlarında uygunsuzluk. Kusur müşterilerin %75'i tarafından fark edilebilir.	Ürünün ayıklanması ve hiçbir hurdaya ayrılmadan 100%'den daha az bir kısmının yeniden işlenmesi	4
Önemsiz	Dış görünüm ve montaj unsurlarında uygunsuzluk. Kusur müşterilerin %50'si tarafından fark edilebilir.	Ürünün bir kısmının (100%'den az), hiçbir hurdaya ayrılmadan, üretim hattı içinde ama istasyon dışında tekrar işlenmesi	3
Çok Önemsiz	Dış görünüm ve montaj unsurlarında uygunsuzluk. Kusur müşterilerin %25'i tarafından fark edilebilir.	Ürünün bir kısmının (100%'den az), hiçbir hurdaya ayrılmadan, üretim hattı içinde ama istasyon içinde tekrar işlenmesi	2
Yok	Fark edilebilir bir etkisi yok	Ürünün bir kısmının operasyon veya operatöre önemsiz bir rahatsızlık vermesi, ya da hiçbir etkisinin olmaması	1

Hata Türü Etkileri Analizi ve Otomotiv Parçaları Üretiminde Bir Uygulama

Hatanın Oluşma Olasılığı

Potansiyel hatanın oluşma olasılığı kısmına Tablo 2'deki değerlendirme kriterlerine göre bir değer girilmektedir.

Tablo 2.

Hatanın Oluşma Olasılığı Değerlendirme Kriterleri Tablosu

Olasılık	Olası Hata Oranları	Derece
Çok Yüksek: Sürekli olan hata	Her 1000 parçada ? 100	10
	Her 1000 parçada 50	9
Yüksek: Sık olan hata	Her 1000 parçada 20	8
	Her 1000 parçada 10	7
Orta: Ara sıra olan hata	Her 1000 parçada 2	6
	Her 1000 parçada 0,5	5
	Her 1000 parçada 0,1	4
Düşük: Nispeten az olan hata	Her 1000 parçada 0,01	3
	Her 1000 parçada ? 0,001	2
Çok Düşük: Hata olasılığı neredeyse hiç yok	Hata olasılığı yok	1

Hatanın Saptanabilirliği

Hatanın saptanabilirliği kısmına potansiyel hatanın nihai ürün müşteriye sevk edilmeden önce saptanabilme ihtimali ilgili Tablo 3'da belirtilen değerlendirme kriterleri dikkate alınarak bir değer girilmektedir.

**Hata Türü
Etkileri Analizi
ve Otomotiv
Parçaları
Üretiminde Bir
Uygulama**

**Tablo 3.
Hata Saptama Değerlendirme Kriterleri Tablosu**

Saptama Fırsatı	Saptama Olasılığı	Proses Kontrol Saptama Olasılığı	Derece
Saptama fırsatı yok	Hemen hemen İmkânsız	Saptanamıyor veya denetlenemiyor	10
Herhangi bir işlemde saptama olasılığı düşük	Çok zor	Dolaylı veya rasgele denetimlerle kontrol ediliyor	9
Takip eden işlemde saptama	Zor	Operasyon sonrası gözle / dokunarak / işitsel kontrol yapılıyor	8
Kaynağında saptama	Çok düşük	İstasyonda gözle / dokunarak / işitsel kontrol yapılıyor veya proses sonrası nitel master kontrolleri (geçer/geçmez master gibi) yapılıyor	7
Takip eden işlemde saptama	Düşük	İstasyonda nitel master kontrolleri (geçer/geçmez master gibi) yapılıyor veya proses sonrası nicel masterlarla kontrol ediliyor	6
Kaynağında saptama	Orta	İstasyonda nicel master kontrolleri yapılıyor veya istasyonda hatalı parçayı yakalayan ve operatörü uyarıcı (ışık veya sinyal ile) otomatik bir kontrol sistemi mevcut	5
Takip eden işlemde saptama	Ortadan yüksek	Takip eden işlemlerde hatalı parçayı yakalayan ve parçanın bir sonraki prosese geçmesini engelleyen otomatik kontrol sistemi mevcut	4
Kaynağında saptama	Yüksek	İstasyon içinde hatalı parçayı yakalayan ve parçanın bir sonraki prosese geçmesini engelleyen otomatik kontrol sistemi mevcut	3
Hata saptama ve/veya problem önleme	Çok yüksek	İstasyon içinde hatayı (sebebi) yakalayan ve hatalı parçanın üretimini engelleyen otomatik kontrol sistemi mevcut	2
Saptama mümkün değil	Hemen hemen Kesin	Uygun parça yapılamaz, çünkü parça, proses/ürün tasarımı yoluyla hataya izin vermez hale getirilmiştir	1

Hatanın olası etkileri kısmına, olası her bir hata türünün müşteri üzerindeki muhtemel etkileri belirlenerek yazılır. Burada müşteri müteakip proses/prosesler olabileceği gibi, satıcı ve/veya tüketici de olabilir. Hatanın muhtemel etkilerini belirlerken, yukarıda tanımlanan müşteri tiplerinin her biri dikkate alınır. Hatanın etkileri, müşterinin güvenliği, kullanım sırasında dikkat edebileceği veya deneyerek görebileceği hususlar göz önüne alınarak belirlenir. Hatanın hangi müşteriyi (bir sonraki müşteri veya nihai müşteri gibi) etkilediği de belirtilir.

Hatanın potansiyel nedenleri kısmında, her bir hata türü için tespit edilebilen tüm muhtemel nedenler listelenir. Listenin mümkün olduğu kadar geniş tutulması gerekmektedir. Sadece spesifik nedenler kaydedilir, belirsiz nedenler (operatör hatası, makina hatası, vb.) yazılmaz. Hataların sebeplerinin tespitinde Beyin Fırtınası ve 5-Niçin Analizi gibi kalite geliştirme tekniklerinden yararlanır.

Mevcut proses kontroller (Önleyici ve/veya Saptayıcı) kısımlarında, ilgili hatanın potansiyel sebebi/sebeplerini oluşmadan önlemek ve/veya tespit etmek amacıyla, proses sürecinde yapılan tüm mevcut kontroller listelenir. Buna örnek olarak istatistiksel proses kontrolü, vb. çalışmalar verilebilir.

RÖS değeri kısmına hatanın şiddeti, oluşma olasılığı ve saptana bilirliği puanlarının çarpılması sonucu bulunan değer yazılır. Risk öncelik sayısı (puanı), tüm hatalar ve hata nedenleri için izafi bir gösterge niteliği taşır. Yüksek risk öncelik puanına sahip olan hata veya nedenleri için ilk adım, gerekli düzeltici faaliyetleri başlatmak ve/veya istatistiksel proses kontrol uygulamasına geçilmesi olacaktır.

Önleyici Faaliyetler (alınacak önlemler) kısmında, risk puanı ≥ 100 olan hata nedenlerine ilişkin önleyici faaliyetler belirtilir; amaç hatanın oluşma olasılığı ve şiddet puanlarını düşürmekle birlikte, saptanabilme puanını artırarak, risk öncelik puanını minimize etmektir. Risk puanı ≥ 100 olan hata nedeni sayısı 5'den büyük ise, en yüksek RÖS sayısına sahip ilk 5 hata nedeni için önleyici faaliyetler belirlenir. Önleyici faaliyetler konusunda dikkat edilmesi gereken konular aşağıda verilmiştir.

- Hata nedenini elimine etmek veya hata oluşma olasılığını azaltmak için, proses dizayn değişiklikleri gerekebilmektedir.
- Proseslerde sürekli gelişmeyi sağlamak ve hata oluşumunu önlemek için, bilgi akışında geri beslemeyi sağlamak ve istatistiksel metotları kullanmak suretiyle inceleme ve araştırma çalışmaları gerçekleştirilmelidir.
- Hatanın şiddetini azaltmak ancak proses dizayn değişikliği ile mümkün olabilmektedir.
- Hatanın saptanabilirliğini arttırmak için, proses ve/veya dizayn değişiklikleri, mevcut kontrollerin etkinliğini arttırmaya yönelik olarak gerçekleştirilebilir.
- Genellikle hata tespitine yönelik kontrolleri arttırmak pahalıdır ve kalite geliştirme açısından efektif değildir.

Tespit etmeye yönelik kontrollerden ziyade, önleme amaçlı, hatasızlaştırma yöntemlerini uygulamak ve geliştirmek esas olmalıdır.

**Hata Türü
Etkileri Analizi
ve Otomotiv
Parçaları
Üretiminde Bir
Uygulama**

“Sorumluluk” ve “hedef bitiş” tarihi kısmında, risk öncelik puanı ≥ 100 olan ve/veya risk öncelik puanı en yüksek beş hata nedenine ilişkin önerilen düzeltici faaliyetlerin sorumluları ve hedeflenen bitiş tarihleri belirlenir.

Alınan önlemler kısmında, önerilen düzeltici faaliyetlerden gerçekleştirilenleri ve etki tarihleri belirtilir.

İlgili faaliyetler sonrasında, RÖS değeri şiddet, oluşma olasılığı ve saptanabilirlik puanlarının çarpımı alınarak yeniden hesaplanır. Burada unutulmaması gereken bir nokta HTEA'nın bir seferlik bir işlem olmadığı, süreklilik taşıması gerektiğidir.

Her bir iyileştirmeden sonra risk öncelik sayısını yeniden düşürebilmek için sürekli iyileştirme çalışmaları yürütülmelidir.

2.3.Giriş Kalite Kontrol, Stoklama ve Ara Sevkiyat Süreci

İlk HTEA çalışması üretime geçmeden önceki giriş kalite kontrol, stoklama ve ara sevkiyat süreci aşamaları için yapılmıştır. Ekibin ilk odaklandığı nokta malzeme girişi olmuştur. Tüm HTEA sürecinde olduğu gibi yanlış malzeme seçiminin şiddetini belirlerken hatanın tespit edildiği anda farklı kullanıcılar (firma, müşteri ve nihai müşteri) üzerindeki etkisi dikkate alınmıştır.

Ekip hatalı malzeme kabulünü olası bir hata türü olarak tespit etmiş, daha sonra bu hatanın çeşidine göre farklı şiddet değerlerini analiz etmek için, uygunsuzluğu fiziksel özellikler ve mekanik özellikler olmak üzere iki boyutta incelemiştir. HTEA uygulama öncesi durum mekanik ve fiziksel hatalar için Tablo 4 ve Tablo 5' de verilmiştir. Ekip gelen malzemenin mekaniksel ve fiziksel uygunsuzluğunu ilk olarak firma içinde değerlendirmiş ve tolerans dışı olan her ürünü, müşteri hassasiyetinden dolayı yeniden işleme yapılmaksızın hurdaya ayrılacağına kanaat getirmiştir. Ekip ayrıca sipariş terminlerinin de sarkacağını değerlendirerek, uygunsuzluğun firma içerisindeki şiddetini 8 olarak belirlemiştir. Ekip hatanın müşteride tespit edilmesi durumunda, hatanın yeniden işlem gerektirmesinden dolayı şiddet değerini 8 olarak belirlemiştir.

Nihai müşteride tespit edilmesi durumunda ise parça fonksiyonlarında bozulmadan dolayı iadeler söz konusu olacağından şiddet derecesini yine 8 olarak belirlemiştir.

Tablo 4.
Mekanik Özellik Hataları HTEA Öncesi

PROSES	Hammadde ve yardımcı malzeme kabul, Giriş kalite kontrol, Stoklama ve ara sevkiyatlar		RÖS DEĞERİ
OLASI HATA	Hatalı malzeme kabulü (Mekanik özellik hataları)		
OLASI ETKİLERİ	Firma: Tolerans dışı ürünler, hurda (100%) (8) Müşteri: parçanın demontesinin gerekmesi (8) Nihai Müşteri: Parça fonksiyonunda bozulma (8)	ŞİDDET 8	72
OLASI NEDENLER	Malzeme imalatçısı hatası (3) Giriş kalite kontrol operatör hatası	OLASILIK 3	
MEVCUT KONTROL METODU	Sertifikalı malzeme kullanımı (3) Yan sanayi denetimleri /üst grade imalatçı ile çalışma (3) Giriş kalite kontrol (3)	SAPTAMA 3	

Tablo 5.
Fiziksel Özellik Hataları HTEA Öncesi

PROSES	Hammadde ve yardımcı malzeme kabul, Giriş kalite kontrol, Stoklama ve ara sevkiyatlar		RÖS DEĞERİ
OLASI HATA	Hatalı malzeme kabulü (Fiziksel özellik hataları)		
OLASI ETKİLERİ	Firma: Tolerans dışı ürünler, hurda (100%) (8) Müşteri: Parçanın demontesinin gerekmesi (7) Nihai Müşteri: Parça fonksiyonunda bozulma (8)	ŞİDDET 8	72
OLASI NEDENLER	Malzeme imalatçısı hatası (3) Giriş kalite kontrol operatör hatası (3)	OLASILIK 3	
MEVCUT KONTROL METODU	Sertifikalı malzeme kullanımı (3) Yan sanayi denetimleri/üst grade imalatçı ile çalışma (3) Giriş kalite kontrol (3)	SAPTAMA 3	

Hatanın fiziksel olması durumunda mekanik hata durumuna benzer şekilde hurda ihtimali olduğundan hatanın firma içindeki tespiti durumunda şiddet değerini 8 olarak belirlenmiştir. Hatanın müşteride tespiti durumunda ise şiddet 7 olarak belirlenmiştir. Bunun nedeni bazı parçalarda hatanın tolere edilebilir düzeyde olmasıdır (yeniden işleme ve parçanın diğer işletmede montaj edildiği yer nedeniyle). Diğer yandan, ekip hatanın nihai müşteri tarafından tespitinde ise her koşulda şiddeti, parçanın fonksiyonunda bozulma potansiyeli yarattığından dolayı 8 olarak belirlemiştir. Bu veriler ışığında belirlenen en yüksek şiddet değeri 8 olduğundan bu hata türü için şiddet değeri 8 olarak kabul edilmiştir.

Ekip hatanın olası nedenlerini imalatçıya ve hatalı parçanın giriş kalite kontrolden geçerek sonraki seviyelere ulaşmasında görev alan giriş kalite kontrol personeline bağlamıştır. Ekip hata olasılığına da geçmişte hatanın meydana gelme sıklığı ile ilgili kayıtlara bakarak 1/100.000 olarak

**Hata Türü
Etkileri Analizi
ve Otomotiv
Parçaları
Üretiminde Bir
Uygulama**

tespit etmiş ve bu veriden yola çıkarak olasılık değerini 3 olarak belirlemiştir.

Ekip uygulanan giriş kalite kontrol düzeyine bağlı olarak hem mekanik ve hem de fiziksel hatalar için hatayı saptama olasılığının yüksek olmasından dolayı saptanabilirliği 3 olarak belirlemiştir.

Bu çalışma sonucunda ekip RÖS değerini çarpım metodu ile hem mekanik ve hem de fiziksel hatalar için 72 (8x3x3) olarak hesaplamıştır.

Mevcut RÖS değerini düşürmek için yapılan çalışmalara ilişkin bulgular mekanik ve fiziksel hatalar için sırasıyla Tablo 6 ve Tablo 7'de verilmiş olup şu sonuçlara ulaşılmıştır:

Malzemenin tasarımında bir değişiklik yapılmadığı için şiddeti değişmeyecek ve değeri 8 olarak kalacaktır.

Mekanik hataların önüne geçilmesi amacıyla satın alınan malzeme için, dışarıdan laboratuvar analizi ve çekme testi yapılması ve numune için kontrol kalıbı yapılması kararlaştırılmıştır. Böylece hatanın saptanabilmesi ihtimali artırılarak değeri 2'ye düşürülmüştür. Diğer yandan kontrol analizleri kontrol planına eklenerek alt tedarikçiye kalıp yaptırılması kararlaştırılmıştır. Bu aksiyonlar hatayı kaynağında düzelterek olasılığın 2'ye düşmesine neden olmuştur. Bu aksiyonlar için üretim mühendisi ve kalite mühendisi sorumlu olarak atanmış ve 3 ay süre tanınmıştır. Bu önlemler ışığında ekip yeni RÖS değerini (8x2x2) 32 olarak güncellemiş ve HTEA maddesini kapatmıştır.

Hatanın fiziksel olması durumu için daha önce tecrübe edilmiş fiziksel hatalar dikkate alınarak bol miktarda görselden oluşan bir hata kataloğu oluşturularak çalışanların hata konusunda karar vermelerine yardımcı olmak amaçlanmıştır. Konu ile ilgili olarak yetkinliklerinin artırılması hususunda personele eğitimler verilmiş ve periyodik olarak testlere tabi tutulmuşlardır.

Hatanın olasılık değerinin düşürülmesi için tedarikçiye uygunsuzluk raporları açılmıştır.

Söz konusu hataların iki farklı şekilde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bunlardan birincisi malzemenin taşınması esnasında meydana gelen kırılma ve çizilmeler olduğu gözlenmiştir. Buna binaen bazı malzemelerin balonlu poşetlere konulması gibi iç ve dış ambalajlama talimatlarında tedarikçiden yenilemeler talep edilmiştir ve tedarikçinin bunu uygulamaya alması sağlanmıştır. İkincisi ise malzemelerde korozyon oluşmasının taşınım öncesi faktörlere bağlı olduğunun tespit edilmiş olması ve bu

nedenle imalatçının koruyucu yağ kullanması gibi önlemler almasının sağlanmış olmasıdır.

Bu düzeltici önleyici aksiyonların alınması sayesinde, olasılık ve saptama değerlerinin 2'ye düştükleri gözlenmiş ve fiziksel özellikler bakımından RÖS değeri 32 ile sonuçlanmıştır.

**Hata Türü
Etkileri Analizi
ve Otomotiv
Parçaları
Üretiminde Bir
Uygulama**

**Tablo 6.
Mekanik Özellik Hataları HTEA Sonrası**

PROSES	Hammadde ve yardımcı malzeme kabul, Giriş kalite kontrol, Stoklama ve ara sevkiyatlar		RÖS DEĞERİ
OLASI HATA	Hatalı malzeme kabulü (Mekanik özellik hataları)		
ALINACAK ÖNLEMLER	Gelen malzemenin dış laboratuvar 'da analizinin yapılması (2) Çekme test numunesi için kalıp hazırlanması (2)	ŞİDDET 8	32
SORUMLU VE HEDEF TARİH	Kalite Mühendisi (01.09.14) Üretim Mühendisi.(01.10.14)	OLASILIK K2	
ALINAN ÖNLEM	Gelen malzemenin analizi Lay-out kontrol planına eklendi (2) Kalıp hazırlandı (2)	SAPTAMA 2	

**Tablo 7.
Fiziksel Özellik Hataları HTEA Sonrası**

PROSES	Hammadde ve yardımcı malzeme kabul, Giriş kalite kontrol, Stoklama ve ara sevkiyatlar		RÖS DEĞERİ
OLASI HATA	Hatalı malzeme kabulü (Fiziksel özellik hataları)		
ALINACAK ÖNLEMLER	Görsel yardımcılarn tanımlanması (2) Yeterlilik çalışmaları (6 ayda bir) (2)	ŞİDDET 8	32
SORUMLU VE HEDEF TARİH	Kalite Mühendisi (19.06.2014)	OLASILIK 2	
ALINAN ÖNLEM	Giriş kalite kontrol talimatlarına görsel yardımcılar ilave edildi	SAPTAMA 2	

Ekip bir başka hata türü olarak benzer ya da aynı boyutlardaki birbirine benzeyen malzemelerin birbirlerine karıştırılarak depolanması ve bu hatanın tespit edilememesinden dolayı hatalı malzemelerin üretim sürecine dahil olmasını belirlemiştir.

Uygulama öncesi HTEA formları sırasıyla Tablo 8 ve Tablo 9'da verilmiştir.

Ekip hatanın üretim prosesinde yakalandığında, seçme ve ayırma işlemiyle sorunun giderilebileceğini öngörmekte ancak tespit edilemeyip bir sonraki prosese geçtiğinde kesme ve delme işlemlerinden dolayı hatanın, artık dönülemez bir duruma da gelebileceğini düşünerek kurum

**Hata Türü
Etkileri Analizi
ve Otomotiv
Parçaları
Üretiminde Bir
Uygulama**

içi şiddet derecesini 8 olarak belirlemiştir. Keza hatanın müşteride veya nihai müşteride ortaya çıkması halinde de şiddet değerini 8 olarak belirlemiştir.

Ancak ekip bu tarz parçaların çok ciddi ölümcül hatalara yol açmadığını düşündüğünden, 9-10 gibi şiddet değerlerini kullanmayı uygun görmemiştir.

Ekip her iki durumda da hata olasılığını geçmiş kayıtlara bakarak 1/10.000 olarak tespit etmiş ve olasılık değerini 4 olarak belirlemiştir.

Bu hataların nedenlerini ise etiketleme ve operatör bazlı hatalar olarak tanımlamıştır. Burada kontrol noktasının fazla sayıda olmasının iç hata değerini düşürdüğü ve bazı hataların kayıtlara geçmeden düzeltildiği gerçeği de unutulmamalıdır.

Ekip bu hatalara karşı kontrol yöntemi olarak stok (malzeme) tanıtım kartları, raf adreslemeleri, depo denetimi ve üretime giriş onayı istemek olarak belirlemiştir. Bu verilerin ışığında yanlış stoklama için RÖS değerini (8x4x3) 96, imalata yanlış malzeme sevkiyatı için RÖS değerini ise (8x4x2) 64 olarak belirlemiştir.

**Tablo 8.
Malzemelerin Yanlış Stoklanması Hatası HTEA Öncesi**

PROSES	Hammadde ve yardımcı malzeme kabul, Giriş kalite kontrol, Stoklama ve ara sevkiyatlar	RÖS DEĞERİ
OLASI HATA	Malzemelerin yanlış stoklanması (Aynı boyuttaki farklı malzemelerin karıştırılması)	
OLASI ETKİLERİ	Firma: Tolerans dışı ürünler, hurda (100%) (8) Müşteri: Parçanın demontesi gerekmekte (100%)(8) Nihai Müşteri: Parça fonksiyonunda bozulma (8)	ŞİDDET 8
OLASI NEDENLER	Operatör hatası (stoklama, etiketleme) (4)	OLASILIK 4
MEVCUT KONTROL METODU	Her Lot için malzeme tanıtım kartı kullanımı (3) Hammadde stok alanında adresleme uygulaması (3) Hammadde depo denetimi (4)	SAPTAMA3

Tablo 9.
İmalata Yanlış Malzeme Sevkiyatı Hatası HTEA Öncesi

PROSES	Hammadde ve yardımcı malzeme kabul, Giriş kalite kontrol, Stoklama ve ara sevkiyatlar	RÖS DEĞERİ
OLASI HATA	İmalata yanlış/hatalı malzeme sevkiyatı (Aynı boyuttaki farklı malzemelerin karıştırılması)	
OLASI ETKİLERİ	Firma: Tolerans dışı ürünler, hurda (100%) (8) Müşteri: Parçanın demontesi gerekmekte (100%)(8) Nihai Müşteri: Parça fonksiyonunda bozulma (8)	ŞİDDET 8
OLASI NEDENLER	Operatör hatası (ara sevkiyat) (2) Operatör hatası (malzeme talebi) (4)	OLASILIK 4
MEVCUT KONTROL METODU	Malzeme tanıtm kartı kullanımı (2) Stok alanında adresleme uygulaması (3) Üretime giriş onayı(2)	SAPTAMA 2
		64

**Hata Türü
Etkileri Analizi
ve Otomotiv
Parçaları
Üretiminde Bir
Uygulama**

237

HTEA uygulamasından sonraki hatalı stoklama ve imalata yanlış malzeme sevki süreçleri için formlar Tablo 10 ve Tablo 11’de verilmiştir.

RÖS düşürmek için ekip, depo sorumlusu ve kalite mühendisini sorumlu olarak atamış ve çözüm süreci için 1 ay süre tanımıştır.

Yanlış stoklamaya neden olan yanlış etiketlemenin meydana gelmemesi için ise tedarikçi malzeme sistemi adı altında sistemsel bir çözüm getirilmiştir. Uygulanan metot ile malzemeye yapıştırılacak olan etiketin, giriş kalite kontrol sistemi sonrasında sistem tarafından hazırlanıp basılması ve etiketin malzemeye stoklama işleminden önce yapıştırılması sağlanmıştır. Uygulama, malzeme etiketi ile giriş kalite kontrol raporları arasında bazı ayrıştırıcı bilgilerde eşleştirme yapacak, uygun sonuçlar bulamadığında ikaz verecektir. Bu da olasılık değerini 2’ye düşürecektir. Bunun sonucunda yeni sistemdeki yanlış stoklama RÖS değeri (8x2x3) 48 olarak değişecektir.

Yanlış malzeme sevkiyatını önlemek için ise malzeme talep sistemi hayata geçirilmiştir. Planlamadan gelen iş emrine istinaden talep edilen malzeme için, depo personeli tarafından ürün ağacında olmayan bir malzeme etiketinin okutulması istendiğinde, sistemin çıkışa izin vermemesi ve uyarı vermesi sağlanmıştır. Bu uygulamalar ile mevcut durumdaki hatanın meydana gelme olasılığı 4’ den 2’ye düşürülmüş, yanlış sevkiyat RÖS değeri ise (8x2x2) 32 olarak güncellenmiştir.

Bu sonuçlar ışığında alınan önlemlerle Hammadde ve Yardımcı Malzeme Kabul, Giriş Kalite Kontrol, Stoklama ve Ara Sevkiyat süreçlerindeki ortalama risk değeri %52,6 oranında azaltılmıştır.

**Tablo 10.
Malzemelerin Yanlış Stoklanması Hatası HTEA Sonrası**

PROSES	Hammadde ve Yardımcı Malzeme Kabul, Giriş Kalite Kontrol, Stoklama ve Ara Sevkiyatlar		RÖS DEĞERİ
OLASI HATA	Malzemelerin Yanlış Stoklanması (Aynı boyuttaki farklı malzemelerin karıştırılması)		
ALINACAK ÖNLEMLER	Tedarikçi malzeme kodlama sisteminin teknik spectlerde tanımlanması (2) Her ruloya ayrı tanıtım kartı açılması (2)	ŞİDDET 8	48
SORUMLU VE HEDEF TARİH	Kalite Mühendisi Depo Sorumlusu (01.09.14)	OLASILIK 2	
ALINAN ÖNLEM	Tedarikçi malzeme kodlama sistemi teknik spectlerde tanımlandı.	SAPTAMA 3	

**Tablo 11.
İmalata Yanlış Malzeme Sevkiyatı Hatası HTEA Sonrası**

PROSES	Hammadde ve Yardımcı Malzeme Kabul, Giriş Kalite Kontrol, Stoklama ve Ara Sevkiyatlar		RÖS DEĞERİ
OLASI HATA	İmalata Yanlış/Hatalı Malzeme Sevkiyatı (Aynı boyuttaki farklı malzemelerin karıştırılması)		
ALINACAK ÖNLEMLER	Proses revizyonu (malzeme talebi üretim planlama tarafından yapılacak) (2)	ŞİDDET 8	32
SORUMLU VE HEDEF TARİH	Kalite Mühendisi (01.09.2014)	OLASILIK 2	
ALINAN ÖNLEM	Proses revizyonu (malzeme talebi üretim planlama tarafından yapıldı)	SAPTAMA 2	

2.4.Ambalajlama Süreci

Ambalajlama sürecinde HTEA ekibinin ilk olarak tespit ettiği hata, miktar açısından yanlış paketlenme yapılmasıdır. HTEA uygulanması öncesi form Tablo 12’de verilmiştir. Ekip bu hatanın nedeninin operatörden kaynaklandığını ve birim ağırlıkların tutmaması olduğunu tespit etmiştir. Bu hatanın nihai müşteriye yansımaya ihtimali oldukça düşüktür.

Bununla beraber olası hata sadece müşteride memnuniyetsizlik yaratacağından şiddet değeri 6 olarak belirlenmiştir. . Bu hata için olasılık değeri, hatanın meydana gelme sıklığından dolayı 4 olarak tespit edilmiştir. Hatanın saptanabilirlik değeri ise; tartıda elde edilen sonuçların kontrolünün sevk bilgileri üzerinden manuel olarak yapılması ve tartı

aletinin periyodik kalibrasyonların gerçekleşme sıklığı nedeniyle 6 olarak belirlenmiştir.

Tablo 12.
Eksik/Fazla Miktar Hatası HTEA Öncesi

PROSES	Ambalajlama	RÖS DEĞERİ
OLASI HATA	Eksik/Fazla Miktar	
OLASI ETKİLERİ	Firma: Yeniden işlem (100%) (6) Müşteri: Müşteri memnuniyetsizliği(6)	ŞİDDET 6
OLASI NEDENLER	Operatör hatası (tartım hatası) (4) Tartı ayarı bozuk (3) Farklı lotlardaki birim parça ağırlıkları arasındaki fark (4)	OLASILIK 4
MEVCUT KONTROL METODU	Periyodik kalibrasyon (6)	SAPTAMA 6
		144

HTEA uygulama sonrası form Tablo 13’de verilmiştir. Bu olası hatanın önüne geçebilmek için periyodik kalibrasyon sıklığı artırılmış, operatörlere eğitim verilmiş, örnekleme yapılarak periyodik tartımlar yapılmış ve hesaplama formülasyonları sisteme tanımlanmıştır. Bu sayede olasılık değeri 4’den 3’e ve saptanabilirlik değeri ise 6’dan 3’e, buna paralel olarak da RÖS değeri 144’ten 54’e düşürülmüştür.

Tablo 13.
Eksik/Fazla Miktar Hatası HTEA Sonrası

PROSES	Ambalajlama	RÖS DEĞERİ
OLASI HATA	Eksik/Fazla Miktar	
ALINACAK ÖNLEMLER	Periyodik kalibrasyon sıklığının artırılması (2) Operatör eğitimi (3) Parça birim ağırlıkları, paketlenen lottan alınan 10 parça ile her seferinde yeniden hesaplanacak (2)	ŞİDDET 6
SORUMLU VE HEDEF TARİH	Proses Mühendisi (01.09.2014) Kalite Mühendisi (01.09.2014)	OLASILIK 3
ALINAN ÖNLEM	Paketleme talimatlarına birim parça ağırlık hesaplama yönteminin girilmesi. (23.09.14)	SAPTAMA 3
		54

Ambalajlama ile ilgili olarak ekibin ele aldığı bir diğer hata Yanlış parçanın yanlış kutuya konulma olasılığı olup uygulama öncesi form Tablo 14’de verilmiştir. Hatanın şiddet değeri yeniden yapma işlemi gerektirmesi nedeni ile 6, olasılığı 3, saptanabilirlik değeri ise 5 olarak tespit edilmiş olup RÖS puanı 90’dır.

**Tablo 14.
Yanlış Parça Kutulanması Hatası HTEA Öncesi**

PROSES	Ambalajlama		RÖS DEĞERİ
OLASI HATA	Yanlış Parça Kutulanması		
OLASI ETKİLERİ	Firma: Yeniden işlem (100%) (6) Müşteri: Müşteri memnuniyetsizliği (6) Nihai Müşteri: Yok	ŞİDDET 6	90
OLASI NEDENLER	Operatör hatası (3)	OLASILIK 3	
MEVCUT KONTROL METODU	Gözle kontrol (5) Ürün denetimleri (5)	SAPTAMA 5	

Yanlış parçanın kutulanma sürecine HTEA uyguladıktan sonraki form Tablo 15’de verilmiştir. Final ürün etiket kontrolü getirerek hataların saptanabilirlik değerleri düşürülmüştür. Bunun sonucu olarak ta yanlış kutulama hatası ile ilgili RÖS değeri 90’ dan 54’ e düşürülmüştür.

**Tablo 15.
Yanlış Parça Kutulanması Hatası HTEA Sonrası**

PROSES	Ambalajlama		RÖS DEĞERİ
OLASI HATA	Yanlış Parça Kutulanması		
ALINACAK ÖNLEMLER	Final kontrole ambalajlama sonrası ambalaj/etiket kontrolü eklenmesi (3)	ŞİDDET 6	54
SORUMLU VE HEDEF TARİH	Kalite Mühendisi (01.09.2014)	OLASILIK 3	
ALINAN ÖNLEM	Final kontrole ambalajlama sonrası ambalaj/etiket kontrolü eklenmesi (3)	SAPTAMA 3	

Son olarak ekip paketleme tanımlarında şartnameye uymama hatası olabileceğini düşünerek bu olasılığı incelemiştir. HTEA uygulama öncesi form Tablo 16’dadır. Bu analiz sonucunda ekip olası hatayı standart dışı davranan operatöre bağlamıştır.

Ekip hata şiddetini 7, uygulanan denetim kontrolü neticesinde de saptanabilirlik değerini 5 olarak tespit etmiştir. Ekip bu olayın gerçekleşme olasılığını incelediğinde; hatanın 1/10000 aralığında gerçekleştiğini görmüş ve olasılık değerini 4 olarak belirlemiştir. Bu sonuçlar ışığında da hatanın RÖS değerini 140 olarak hesaplamıştır.

Tablo 16.
Şartnameye Uygun Olmayan Paketleme Hatası HTEA Öncesi

PROSES	Ambalajlama		RÖS DEĞERİ
OLASI HATA	Paketleme, Tanımlı Şartnamelere Uygun Değil		
OLASI ETKİLERİ	Firma: Yeniden işlem (100%) (6) Müşteri: Seçme, hurda (<100%) (7) Nihai Müşteri: Yok	ŞİDDET 7	140
OLASI NEDENLER	Operatör hatası (4)	OLASILIK 4	
MEVCUT KONTROL METODU	Ürün denetimleri (5)	SAPTAMA 5	

HTEA sonrası form Tablo 17’ de verilmiştir. İlk analizde bulunan RÖS değerini düşürmek için operatörlere eğitim verilmiş, paketleme bilgileri sevk kartlarına tanımlanmış ve ambalaj bilgileri ana listeye eklenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda olasılık ve saptanabilirlik değerleri düşürülmüş ve yeni RÖS değeri 63 olarak güncellenmiştir.

Tablo 17.
Şartnameye Uygun Olmayan Paketleme Hatası HTEA Sonrası

PROSES	Ambalajlama		RÖS DEĞERİ
OLASI HATA	Paketleme, Tanımlı Şartnamelere Uygun Değil		
ALINACAK ÖNLEMLER	Operatör eğitimi (3) Paketleme spektrinin parça tanıtım ve hareket kartında belirtilmesi(3) Final kontrole ambalajlama sonrası ambalaj/etiket kontrolü eklenmesi (3)	ŞİDDET 7	63
SORUMLU VE HEDEF TARİH	Kalite Mühendisi (01.10.2014)	OLASILIK 3	
ALINAN ÖNLEM	Otomotiv parçalarından başlayarak, tüm parçaların paketleme bilgileri ana listeye aktarıldı (01.10.14)	SAPTAMA 3	

III. Sonuç

Çalışmanın başında belirtildiği gibi HTEA, olası hata türlerini ve nedenlerini görmek için kullanılan, risklerine göre olası hataları ortaya çıkararak önceliklerini belirleyip, onları oluşmadan ortadan kaldıracak ya da etkisini azaltacak, sistemi iyileştirmeye götüren ve çok yönlü fayda sağlayan bir analiz yöntemidir.

Bu tanımdan yola çıkarak yapılan bu çalışmada, önce bir HTEA ekibi oluşturulmuştur. Oluşturulan ekipte prosesi iyi bilen sorumluların, bir önceki ya da bir sonraki procesten etkilenen ya da işin akısını etkileyen

**Hata Türü
Etkileri Analizi
ve Otomotiv
Parçaları
Üretiminde Bir
Uygulama**

personelin bulunmasına ve seçilen personelin HTEA üzerine eğitim almış olmasına dikkat edilmiştir.

Oluşturulan ekip; hammadde ve yardımcı malzemeler işletmeye girişi ile parçaların ambalajlanması süreçlerinin tamamını, konuyla ilgili dokümanları da inceleyerek değerlendirmiştir. Ekip daha sonra beyin fırtınası yoluyla proseslere ait, olası ve gerçekleşen hatalar için; şiddet, olasılık ve saptanabilirlik katsayılarını ilgili tablolardan belirlemiş ve bir sonraki adımda da bu veriler ışığında mevcut durum için RÖS değerini hesaplamıştır.

Bu aşamadan sonra da elde edilen RÖS değerlerine istinaden ekip iyileştirme yapacağı hatalar konusunda mutabakat sağlamış ve bu çalışmalar neticesinde ortaya çıkan RÖS değerlerinde iyileştirmeler yapmak için alınabilecek aksiyon önerilerinde bulunmuştur. Alınan bu aksiyonlar, işletme çapında uygulamaya geçirilmiş ve uygulamanın izlenmesinden sonra parametrelerin (şiddet, olasılık ve saptama) güncellenmesi suretiyle RÖS değerleri yeniden hesaplanmıştır.

Bu çalışmalar sonucunda hammadde ve yardımcı malzeme kabulü, giriş kalite kontrol, stoklama ve ara sevkiyatlar için eski RÖS'lerle yeniler karşılaştırıldığında %52,6'lık bir iyileşme, ambalajlama süreçleri için ise %54,3'lük bir iyileşme sağlanmıştır.

Bu çalışma sırasında HTEA yapılırken dikkat edilmesi gereken birkaç önemli husus belirlenmiştir. Bunlardan birincisi HTEA analizinde ele alınan her bir parametrede iyileştirme yapılamayabilir olması ve hatta yapılan çalışmaların daha yüksek bir RÖS değeri ile sonuçlanabilmesidir. Ancak, sürekli iyileştirme felsefesi benimsendiğinden çalışmalara devam edilmesi halinde RÖS değerinin er ya da geç düşeceği unutulmamalıdır. İkincisi, HTEA analizinin bir müşteri firma tarafından istenmesi halinde ilgili müşterinin uygulamayı yapan firmanın kendi kriterleri dahilinde aldığı aksiyonu ve buna karşılık gelen güncel RÖS değerini kabul etmemesi olasılığıdır. Örneğin bir hataya binaen poka yoke yapmak yerine operatöre eğitim vererek RÖS değerinde %87,5 iyileşme yakalamak pek gerçekçi olmayabilir ve müşteri bu aksiyonu kabul etmeyebilir. Üçüncüsü, ekip şiddet, olasılık ve saptama derecelerini belirlerken, katılımcıların fikir ayrılığına düşmesi durumunda süreç uzayacağı için moderatörün toplantıları etkili bir şekilde yönetmesinin önemli olduğudur. Bu da ancak metod konusunda bilgili ve deneyimli kişilerin moderatör olarak seçilmesi ile alakalıdır. En son olarak hataların değerlendirilme sürecinde ekiplerin, hatalara ait şiddet, olasılık ve saptanabilirlik gibi parametreleri

derecelendirirken; AHP, bulanık mantık, gri teori gibi karar destek sistemlerinden faydalanmalarının sonuçları daha objektif hale getireceği unutulmaması gerektirir.

KAYNAKÇA

- Akın, B. (1998). ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde Hata Türleri ve Etkileri Analizi. İstanbul: Bilim Teknik Yayın Evi
- Arabian-Hoseynabadi, H., Oraee, H. ve Tavner, P.J., (2010). Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) For Wind Turbines, *Electrical Power and Energy Systems*, 32(7): 817-824.
- Aran, G. (2006). Kalite İyileştirme Sürecinde Hata Türü Etkileri Analizi (FMEA) ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Tokat: Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Bowles, J.B. (1998). "The new SAE FMECA standard", Proceedings of the Annual Reliability and Maintainability Symposium, Anaheim, CA, 19-22 January: 48-53.
- Büyüktuna, O. (2012). Hata Türleri Üzerine Bir Uygulama ve Makine Sanayisinde Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Denizli: Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Carbone, T.A. ve Tippett, D. D. (2004). Project Risk Management Using the Project Risk FMEA, *Engineering Management Journal*, 16(4): 28-35,
- Chiozza, M.L. ve Ponzetti C., (2009). FMEA: A Model For Reducing Medicalerrors, *Clinica Chimica Acta*, 404 (1): 75-78
- Chrysler, Corp., Ford Motor Co., ve General Motors Corp., (1995). Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Reference Manual, 2nd ed., equivalent to SAE J-1739, Chrysler Corp., Ford Motor Co., and General Motors Corp.
- Çelikdemir, H. (2012). Bir Otomasyon Hattında Hata Türü ve Etkileri Analizi Uygulaması Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi,
- Damanaba S., P., Alizadeha, S.S., Rasoulzadeha, Y., Moshashaiea, P. ve Varmazyarb, S. (2015). Failure modes and effects analysis (FMEA) technique: a literature review, *Scientific Journal of Review*, 4(1): 1-6.
- Dudek-Burlikowska, M. (2011). Application of FMEA method in enterprise focused on quality, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 45(1): 89-102.
- Düzgüner, E. (2002). Ürün Geliştirme Sürecinde Önleyici Kalite Güvence: FMEA Metodu ve Bu Metodun Bir Sanayi İşletmesindeki Uygulaması, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Kayseri: Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

**Hata Türü
Etkileri Analizi
ve Otomotiv
Parçaları
Üretiminde Bir
Uygulama**

- Eleren, A. (2007). Eğitim Başarısının Artırılmasında Süreç Geliştirme Yöntemlerinin Kullanılması ve Bir Uygulama, *Afyon: Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, IX(II): 1-25.
- Field, S. ve Swift, K.G. (1996). Effecting a Quality Change: An Engineering Approach, London: Arnold.
- Ford Motor Company (1988), Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Reference Manual, Detroit, MI: Ford Motor Company.
- Franklin, B.D., Shebl, N.A. ve Barber, N. (2012). Failure mode and effects analysis: too little for too much?, *BMJ Quality Safety*, 21(7): 607-611
- Hosseini, A. M. (2011). Risk Assessment by FMEA Method and Comparison of RPN Before and After Corrective Action in Bafg Direct Iron Reduction Projects. Seventh National Conference on Occupational Health and Safety, Quzvin, Iran.
- Huang, G., Nie, M. ve Mak K. (1999). Web-Based Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), *Computers and Industrial Engineering*, 37(1-2): 177-180.
- Kumru, M. ve Kumru, PY. (2013). Fuzzy FMEA Application to Improve Purchasing Process in a Public Hospital, *Applied Soft Computing* 13(1):721-33.
- Maleki, A. (2006). Designing and modeling of an integrated structure of QFD / FMEA in health care centers, *Quart. monitor*.
- Potts, H.W.W., Anderson J.E., Colligan, L., Leach, P., Davis, S. ve Berman, J. (2014). Assessing the Validity of Prospective Hazard Analysis Methods: A Comparison of Two Techniques, *BMC Health Services Research*, 14(41):1-10.
- Scipioni, A. U. (et al.) (2002). FMEA Methodology Desing, Implementation and Integrationwith HACCP System in A Food Company, *Food Control*, 13(8): 495-501
- Shahin, A. (2004). Integration of FMEA and the Kano Model: An Exploratory Examination, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 21(7):731-46
- Sharma, R.K., Kumar, D. ve Kumar, P. (2005) Systematic failure mode effect analysis (FMEA) using fuzzy linguistic modelling, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 22(9):986-04.
- Shebl, N.A., Franklin, B.D., Barber, N. (2009). Is failure mode and effect analysis reliable?, *J Patient Saf*, 5(2): 86-94
- Söylemez, C. (2006). Hata Türü ve Etkileri Analizi İş Güvenliği Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Stamatis, D. H. (2003). "Failure mode and effects analysis – FMEA from theory to Execution", ASQC Quality Pres, Wisconsin, 28-34

- Stamatis, D. H. (1995). Failure Mode And Effects Analysis – FMEA from Theory To Execution, ASQC Quality Pres, Wisconsin.
- United States Department of Defense. (1980). 'MIL-STD-1629A – military standard procedures for performing a failure mode, effects and criticality analysis', 24th November, 1980. 'System Reliability Center PDF Directory'. <<http://src.alionscience.com/pdf/MIL-STD-1629RevA.pdf>>.
- United States Military Procedure. (1949). MIL-P-1629, Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (November 9, 1949), <https://src.alionscience.com/pdf/MIL-STD-1629RevA.pdf>. Erişim tarihi: ?
- Yaylalı, C. (2008). Kalite İyileştirmede Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Bir Üretim Sürecinde Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Konya: Selçuk Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü
- Yılmaz, A. (1997). Hata türü ve etki analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yılmaz, B. S. (2000). Hata Türü ve Etki Analizi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(4): 133-150.