

# HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA) TEKNİĞİNİN MOBİLYA ENDÜSTRİSİNE YÖNELİK UYGULAMASI

Yüksel TAŞ<sup>1</sup>  
K.Hüseyin KOÇ<sup>2</sup>

## Özet

FMEA (Hata Türü ve Etkileri Analizi) tekniği, hataları ortaya çıkmadan önlemeye yönelik çok güçlü bir sayısal analiz tekniğidir.

Bu çalışmada, FMEA çeşitlerinden biri olan proses FMEA çalışmasının mobilya endüstrisine yönelik örnek bir uygulaması yapılmıştır. Araştırma CNC makinelerine sahip, kalite güvencesine yönelen bir işletmede gerçekleştirilmiş, uygulama sonucu karşılaşılan hata türleri ile ilgili nedenlerin yok edilmesine veya azaltılmasına, prosesi iyileştirecek değişikliklerin belirlenmesine ve uygulanmasına çalışılmıştır.

Araştırma sonucunda, olası hata türleri ortaya çıkmış ve bu hata türleri tanımlanmıştır. Böylece benzer işletmeler ve çalışanlar için hata türleri ile karşılaşıldığında nasıl bir yol izleneceği ve hangi yöntemlerin uygulanacağını farkındalığı sağlanmıştır. İşletme için hata oluşumunu önleme yönelik rehber sayılabilecek nitelikteki örnek faaliyetler yapılmış ve kalitesizlik maliyetlerinin düşürülmesi sağlanmıştır.

Özetle mobilya işletmesinde FMEA yöntemi uygulamasında uygulama öncesi ve sonrası değerler karşılaştırıldığında; hata türlerinde, sayı, şiddet ve olasılık olarak 1 ile 6 kat arasında azalma gerçekleşmiş, işletmede kalite güvencesinin sağlanmasına yönelik önemli bir gelişme sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Hata Türü, Analiz Tekniği, Kalite Güvencesi, Mobilya Sektörü

---

<sup>1</sup> *Orm.End. Y. Müh. Üretim Planlama Uzmanı*

<sup>2</sup> *Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi. Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü*

## The Application of the Failure Mode Effects Analysis to Furniture Industries

### Abstract

FMEA method is a very powerful numerical analysis which prevents failures before they appear.

In this study, the way the process FMEA study, which is a type of FMEA studies, is applied in the furniture industry is shown. This study took place in a furniture factory which has CNC machines and has been adopting quality assurance. According to the results, elimination and reduction of encountered failure types have been worked on while the process was being improved with necessary changes.

At the end, possible failure types are defined to help similar companies and employees to determine the methods they need to use in a case where they face failures. This study can also be used as a guide to prevent failures.

In summary, in a furniture management where FMEA techniques were applied, the before and after number, strength and frequency of failure types were reduced by 1 to 6 times. And by this way, at the management, an important development about the quality assurance has been made.

**Keywords:** Failure Mode, Analyzing Method, Quality Assurance, Furniture Industries

### 1. GİRİŞ

Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) disiplini, ABD ordusunda geliştirilmiştir. Hata Türü, Etkileri ve Riskinin Analizi Üzerine Prosedürler olarak adlandırılan Askeri Prosedür (MIL-P-1629), 9 Kasım 1949 tarihinde başlatılmıştır. Bu Yöntem sistem ve donatım hatalarının etkilerinin belirlenmesi için güvenilir bir değerlendirme tekniği olarak kullanılmıştır. Yöntemin işleyişinde hatalar görev başarısına ve personel/donatım güvenliğine etkilerine göre sınıflandırılmıştır [1]. Günümüzde ise üretim ve tüketim malları üreticileri müşteri güvenliği ve memnuniyeti gibi yeni öncelikler belirlemiştir.

FMEA ilk defa ABD’de 1950’li yıllarında uçuş sistemlerinin kontrolünde kullanılmıştır. 1960–1965 yılları arasında aya insan indirme (APOLLO) projesinde NASA tarafından da kullanılmış ve 1965’ te ABD Silahlı Kuvvetleri askeri standartlarına girmiştir [4].

1970–1975 yıllarında, endüstride kullanılmaya başlanmış, 1975’de bilgisayar üretiminde ve Japon NEC firmasında uygulanmıştır. 1980’de FORD; 1985’de FIAT olmak üzere özellikle otomotiv endüstrisinde yaygınlaşmıştır.

1988 yılında Uluslararası Standartlaştırma Örgütü iş yönetimi standartları üzerine ISO 9000 serisini ortaya çıkarmıştır. ISO 9000 standardının gerekleri işletmeleri, tüketicinin istekleri, gereksinimleri ve beklentileri doğrultusunda Kalite Yönetim Sistemleri geliştirmeye itmiştir. ISO 9000’in otomotiv sektöründeki karşılığı olan QS 9000, bu alanda çalışan firmaları kalite sistemlerini standartlaştırma çabasına sokmuştur. Bunun için günümüzde otomotiv sektöründeki firmalar, Hata Türü ve Etkileri Analizi’ni de içeren İleri Ürün Kalite Planlaması (Advanced Product Quality Planning - APQP) uygulamakta ve Kontrol Planı oluşturmaktadır.

Şubat 1993’ e geldiğinde Otomotiv Endüstrisi Faaliyet Grubu (AIAG) ve Amerikan Kalite Kontrol Topluluğu (ASQC) endüstri çapında Hata Türü ve Etkileri Analizi standardı oluşturmuştur. Bu standart Chrysler, Ford ve General Motors şirketleri tarafından kabul edilmiş ve desteklenmiştir.

## 2. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ’ NİN TANIMI

Kısaca FMEA, bir üründe oluşabilecek tasarım ve/veya proses kökenli tüm hata türlerinin sistematik olarak yapılan bir analizidir. Her tür hata/arıza’nın, müşteri üzerinde oluşturacağı olası etkilere göre analizler yapılır. Bu analizlerin hepsi ürün daha pazara çıkmadan önce, hatta tasarım ve/veya deneme üretimleri sırasında gerçekleştirilir. Böylece herhangi bir hatanın daha oluşmadan önlenmesi sağlanır.

İngilizce Failure Mode and Effect Analysis kelimelerinin baş harfleri ile (FMEA) anılan bu yöntem sistem, tasarım, süreç veya serviste oluşabilecek hataların analizi ile bu hataların değerlendirilmesini ve azaltılmasını amaç edinir.

Bu yöntem sayesinde operasyonlardaki hataların önlenmesi, risklerin azaltılması, verimliliğin artırılarak maliyetlerin düşürülmesi sağlanmış ve rekabet gücü kazanılmış olur.

Bu yöntem; Kalite Yönetim Sistemleri, Problem Çözme Teknikleri, 6

## HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA) TEKNİĞİNİN MOBİLYA ENDÜSTRİSİNE YÖNELİK UYGULAMASI

Sigma gibi sistemler içinde ve Ürün Geliştirme Konseptinde adından çokça söz ettirmiştir.

HTEA Türkçe baş harfleri ile kullanılmak istenmiş ise de fazla kabul görmemiş ve yaygınlaşmamış, İngilizce adlarının baş harfleri FMEA şekli ile kullanımı tercih edilmiştir.

Bir sürecin, üretime hazır hale gelmesinin ardından veya üretime geçmiş bir proseste, önemli olan sürecin veya ürünün güvenilirliğini sağlamaktır. Güvenilirlik ürünlerin veya proseslerin önemli bir özelliğidir. Aynı zamanda müşteri doyumunu sağlamak da etkili bir faktördür. Müşteriler kullandıkları ürünün hizmet süresinin uzun ve aynı zamanda sorunsuz bir kullanımının olmasını istemektedirler.

Bu nedenle ürünün veya sürecin güvenilirliğini sağlamak için İlk olarak, ortaya çıkabilecek olan hataların türlerini ve bunların ürün ya da sürece etkilerini belirleyebilecek bir risk analizi yapılmalıdır. İkinci olarak ise kurulacak veya kurulmuş olan bir sürecin güvenilirliği kontrol altına alınmalıdır.

### 3. FMEA ÇEŞİTLER

Hata Türü ve Etkileri Analizi tekniği aşağıda sıralanan şekilde bir çeşitliliğe sahiptir ve uygulama alanları her türlü üretim ve hizmet şeklini kapsamaktadır [2].

FMEA kullanım yerleri bakımından başlıca dört başlık altında ele alınabilir:

1. Sistem FMEA
2. Tasarım FMEA
3. Proses FMEA
4. Servis FMEA

Ancak temel olarak Hata Türü ve Etkileri Analizi iki şekilde yapılabilir:

- a. Ürün – Proje (Tasarım) bazında,
- b. Ürün – Proses bazında.

#### 4. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ' NİN SAĞLADIĞI YARARLAR

Yapılacak olan bir FMEA tekniği uygulaması aşağıda özetlenmiş olan fonksiyonların gerçekleştirilmesini sağlamaktadır [3]:

- Ürün, üretim ya da hizmette hataların oluşturacağı en küçük bir zararın bile oluşumunun engellenmesini sağlamak için hata türlerini sistematik olarak gözden geçirir.
- Ürün, proses ya da hizmeti ya da bunların fonksiyonelliğini etkileyebilecek her türlü hatayı ve bu hatanın etkilerini tanımlar.
- Tanımlanan bu hatalardan hangilerinin ürün, proses ya da hizmet operasyonlarında daha kritik etkilerinin olduğunu belirler, bu yüzden meydana gelebilecek en büyük hasarı ve hangi hata türünün bu hasarı üretebileceğini tanımlar.
- Montaj öncesinde, üründe ve üretimde hataların oluşum olasılığını ve bunun nereden kaynaklanabileceğini (dizayn, operasyon, vb.) belirler.
- Diğer kaynaklardan elde edilmesi mümkün olmayan hata oranlarını ve türlerini tanımlayarak gerekli muayene programlarının kurulmasını sağlar.
- Güvenilirliğin deneysel olarak test edilebilmesi için gerekli muayene programlarının kurulmasını sağlar.
- Bir ürün için değişikliklerin olabilecek etkilerini tanımlar.
- Yüksek riskli bileşenlerin nasıl güvenilir hale getirilebileceğini tanımlar.
- Montaj hatalarının olabilecek kötü etkisinin nasıl giderilebileceğini tanımlar.

Yukarıdaki mühendislik avantajlarının yanı sıra ayrıca Hata Türü ve Etkileri Analizi tekniği kullanmanın getirdiği genel anlamdaki avantajları şöylece sıralayabiliriz [4]:

- Hizmet veya ürünlerin kalitesini ve güvenilirliğini artırır.
- Şirket imajını iyileştirir.
- Rekabet avantajını artırır.
- Müşteri doyumunu sağlar.
- Ürün geliştirme zaman ve maliyetini azaltır.

## HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA) TEKNİĞİNİN MOBİLYA ENDÜSTRİSİNE YÖNELİK UYGULAMASI

- Tasarım geliştirme de bir öncelik sağlar.
- En uygun sistem tasarımını seçmekte kolaylık sağlar.
- Gelişim isteği doğurur.
- Organizasyon kültürünü artırır.
- Ürünün, tasarım, güvenilirlik, imalat teknolojisi ve emniyet alanlarındaki eksik, zayıf ve yetersiz noktalarını belirler.
- Olası değişiklik maliyetlerini azaltır (kağıt üzerinde yapılan bir değişiklik üretim aşamasında değişiklik yapılmasından çok daha ucuza mal olmaktadır).
- Ürünün pazara sunulma zamanını kısaltır (kağıt üzerinde değişiklik yapmak, üretim aşamasında değişiklik yapmaktan çok daha az zaman alır).
- İç ıskartaları azaltır.
- Ürün sorumluluğu konusunda riski azaltır.
- Kalıplarda ve donanımlardaki değişikliklerin sayısını azaltır,
- Müşteri kullanımı sonrasında oluşacak hataların da dikkate alınıp önlenmesi sonucunda garanti giderlerinde de azalma sağlanır,
- Ürün yükümlülüğünde daha az risk yüklenilmesini sağlar.

Hata Türü ve Etkileri Analizi'nin sağladığı avantajlar incelendiğinde bu tekniğin, firmaların pazarda yüksek güvenilirliğe sahip, kaliteli ürünleri düşük maliyet ile tasarlamasını ve üretmesini sağladığı ve kötüye giden operasyon maliyetlerini kontrol altına alarak hataların müşteriye yansımadan en erken biçimde önlenmesine yardımcı olduğu görülmektedir.

Bu teknik, geliştirdiği belgelendirme yapısıyla sürekli olarak güncelleştirilebildiğinden, uygulayan firmalara sürekli kalite gelişimi ve müşteri memnuniyeti kazandırmaktadır.

Hata Türü ve Etkileri Analizi, ürün ve proseslerdeki potansiyel sorunlara karşı önlem almak için, tasarım ve geliştirme mühendisleri tarafından kullanılan bir yöntemdir. FMEA; potansiyel ürün veya proses hatalarını (hata modlarını) bu hataların emniyet açısından etkisini ve bu hatalara karşı korunmak için atılması gereken adımların neler olduğunu belirleyen sistematik bir yaklaşımdır. Bir başka deyişle, FMEA üretim öncesiyle bağlantılıdır ve potansiyel hata türlerinin ve nedenlerinin sıralanmasını da içermektedir.

FMEA' nın belirlediği gerekli etkinlikler, hataları önlemek ve müşteriye ulaştığında uygunsuzluğu ortaya çıkacak ürünlerin üretilmesini engellemektir.

Amacı; nihai ürünün müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşıladığından emin olmak için, planlanan üretim ve montaj prosesleriyle bağıntılı olarak ürünün tasarım karakteristiklerini analiz etmektir. Potansiyel hata modları belirlendiğinde onları ortadan kaldırmak için düzeltici önlemler alınır veya sürekli bir şekilde onların oluşma potansiyelini azaltır. Aynı zamanda bir “Hata Türü ve Etkileri Analizi”, geliştirilen, montaj veya üretim için, sistemin dayandığı neden ve ilkelerini de belgeler.

Proses FMEA, analitik bir tekniktir. Bu teknik; proses hata modlarıyla ilişkili ürünün potansiyelini belirler, hataların müşteri üzerindeki etkilerinin potansiyelini ortaya çıkarır, potansiyel imalat ve montaj prosesi hata nedenlerini belirler ve hata koşullarını ortaya çıkarmak için kontrole yoğunlaşmada gerekli olan önemli proses değişkenlerini belirler. FMEA, düzeltici aksiyon nedenlerine öncelik verecek bir “Risk Öncelik Göstergesi” geliştirmek için ağırlık kriteri ile bağıntılı olarak oluşum ve hata olasılığını kullanır. Yeni veya gözden geçirilmiş bir prosesin analizi ve disipline olmuş bir hali, yeni bir modele veya bileşik programının imalat planlama devreleri boyunca, potansiyel proses problemlerini beslemeye, çözmeye ve sonuçları görüntülemeye katkıda bulunur.

Titizlikle uygulandığı durumlarda, bir FMEA; proses geliştirilmesinde mühendislerin düşüncelerini özetler. Bu sistematik yaklaşım, bir mühendisin normal olarak proses gereksinimlerini geliştirirken gözden geçireceği zihinsel disiplinle de paralellik gösterir.

Proses FMEA, yeni makine ve teçhizat proseslerinin geliştirilmesine de yardımcı olur. Bu durumda metod yine aynıdır; ancak, dizayn edilen makine veya teçhizat, ürün olarak düşünülür.

## 5. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ' NİN ODAKLANDIĞI KONULAR

Hata Türü ve Etkileri Analizi, ürün, proses veya hizmette takım çalışması yapılarak,

- Hatanın bulunması,
- Hatanın risk önceliğinin saptanması,
- Düzeltici ve önleyici faaliyetlerin gerçekleştirilmesi,
- Hatanın müşteriye ulaşmadan engellenmesi, konularına odaklanmaktadır [5].

## 6. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ' NİN AMAÇLARI

Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) öncelikli olarak ürün ve proses geliştirme üzerine eğilen, disiplinli bir tasarım gözden geçirme işidir. FMEA tekniğinin öncelikli amaçları şunlardır [6]:

- Ürün veya proseste oluşabilecek potansiyel hataları önceden belirleyerek bu hataların oluşmasını engellemek.
- Son ürünün müşteri gereksinim ve beklentilerini karşıladığından emin olmak için, planlanan imalat ve montaj prosesleriyle bağıntılı olarak bir ürünün tasarım özelliklerini analiz etmek.
- Potansiyel hata türleri belirlendiğinde, onları ortadan kaldırmak için düzeltici önlemleri almak veya sürekli bir şekilde onların oluşma potansiyellerini azaltmak.
- Montaj veya imalat prosesi için, sistemin dayandığı neden ve ilkeleri yazılı hale getirmek.
- Titizlikle uygulandığı durumlarda, proses geliştirilmesinde mühendislerin düşüncelerini özetlemek.

## 7. FMEA ORGANİZASYONU

FMEA' nın yürütülmesi bir ekip işidir. Bir kişinin yapabileceği bir iş değildir. Çalışma ekibinin oluşturulmasında uygun sayı beş kişidir. Ekibe katılanların incelenen ürün tasarımı, üretimi, montaj ve kontrol işlemleri konularında bilgili ve deneyimli olmaları gerekir. Ekibin doğal üyeleri Ar-Ge, Üretim ve Kalite temsilcileridir. Ekibin bir lideri vardır.

Ekip üyeleri; incelenecek olan konuda bilgili, tecrübeli ve yapılacak olan işin gerektirdiği yetkili kişilerden oluşturulmalıdır. Çalışmaya katılacak olan departman temsilcilerinin bu yöntemi başarılı olarak uygulayabilmeleri için ön eğitim almaları gereklidir.



Genelde oluşturulacak ekibin özelliğine göre de [7];

Tasarım FMEA' nın; Üretim, Kalite güvence, Servis, Satın Alma, Ar-GE Proses FMEA' nın; Tasarım, Kalite Kontrol, Metod Geliştirme ve Malzeme departmanlarından uygun nitelikteki kişilerden oluşturulmasında yarar vardır.

Bir FMEA çalışma grubunun oluşturulması ve çalışması şöyle olmalıdır [8-9]:

- Bir grup lideri (Animatör) seçilmelidir.
- Grubu oluşturan üye sayısı 5–8 kişi arasında olmalıdır.
- Grup, sorumlu ve konu hakkında deneyimli kişilerden oluşmalıdır.
- Mühendislik, kalite güvence, imalat bölümündeki üyeler doğal üyelerdir. Gerek olduğunda diğer bölümlerden geçici veya sürekli üye seçilmelidir.
- Bir FMEA çalışması iki aylık bir süreyi aşmamalıdır.
- Toplantılar üç saatten fazla olmamalıdır.
- Çalışmanın sınırları belirlenmelidir.
- Toplantılar FMEA çalışmaları sonuna kadar periyodik olarak sürdürülmelidir.
- Olumlu sonuçların alınabilmesi için üst yönetimden kişilerin de grupta yer alması sağlanmalıdır. Bu durum ayrıca alınan kararların uygulanmasını kolaylaştıracaktır.

## 8. DEĞERLENDİRME

FMEA Yöntemi'nde değerlendirmenin amacı; oluşacak risklerin sayısal olarak tanımı ve sınırlandırılmasıdır. Bu aşamada her bir olası hatanın risk esasına göre kritiklikleri belirlenir. Kritikliği belirleyen ölçüt, kritiklik sayısı veya onun eşdeğeri olan Risk Öncelik Göstergesidir. RÖG risk faktörlerinin olasılık değerleri kullanılarak hesaplanır. Ancak uygulamada işlem kolaylığı sağlamak amacıyla kritiklik, olasılık bir değer yerine sayısal olarak ifade edilir. Risk Öncelik Göstergesi veya Risk Öncelik Sayısı olarak adlandırılan bu sayı, hata ortaya çıkma ve bulunabilirlik risk faktörlerinin olasılık ile ağırlık risk faktörünün sözel olarak tanımlanan değerlerine belirli aralıkta yer alan sayılar atanıp matematiksel işlem uygulanması sonucu bulunur. RÖG hataların kritiklik yönünden göreceli olarak sıralanmasını ve karşılaştırılmasını sağlar.

## HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA) TEKNİĞİNİN MOBİLYA ENDÜSTRİSİNE YÖNELİK UYGULAMASI

Frekans indisi olası nedenin ve bunun yol açtığı hata şeklinin gerçekleşmesi olasılığıdır. Bunu belirlemek için iki farklı yaklaşım vardır. Birincisi, bir hata türü (veya nedeni) için ortaya çıkma olasılık değerini belirlemektir. Diğerinde ise, olasılık değeri hata nedeni ile onun sonucunda ortaya çıkan hata türünün ilişkilendirilmesi ile bulunur. Neden oluşursa, hata türünün de oluşacağı esas alınır. Bu durumda olasılık değeri, hata nedeni ortaya çıkma olasılığı P1 ile hata nedeni oluştuğundan sonra bunun hata türüne yol açması koşullu olasılığı, P2/1'in çarpımı ile bulunur [10].

Hata nedeninin oluşma olasılığı istatistiksel yöntemler ve benzer ürünlerden yararlanılarak belirlenir. Veri tabanları oluşturulmamış ise veya hesaplama yöntemleri kullanılmıyorsa grup üyelerinin deneyimlerinden faydalanılır.

FMEA yöntemi'nde hatanın önemi hatanın müşteriye yansıyan sonuçlarını gösterir. Hatanın etki düzeyi arttıkça önemi de artar. Hata şekillerinin olası sonuçlarını niteliksel bir ölçü ile değerlendirebilmek amacıyla sınıflandırma yapılır. Önem sınıflandırması olarak adlandırılan bu sınıflandırma analiz edilen her birimin, ürünün veya sistemin hata türünün sonuçlarının kayıp ile anlatımıdır. Kayıplar sistemin hasar görmesi, fonksiyonunu yitirmesi, can kaybı, yaralanma şeklinde ortaya çıkar. Kayıp miktar ve çeşitleri, hata etkisinin derecesini belirler.

Etki derecelerine göre bir önem sınıflandırması şöyle olur [10]:

- 1. Derece Hata:** Güvenlik problemlerine yol açan hata: Ani arızalar, hayat kaybına neden olan, ürün-hizmetin çıktısını ciddi olarak azaltan arızalar bu grupta yer alır.
- 2. Derece Hata:** Büyük hoşnutsuzluk ve tamir masraflarına yol açan hata: Aniden ortaya çıkan arızalar, bakım görevlileri tarafından tamir edilemeyen arızalar, çalışanların yaralanmasına yol açan arızalar bu grupta yer alır.
- 3. Derece Hata:** Hoşnutsuzluğa neden olan hata: Performansı düşüren, küçük sistem hasarına yol açan arızalar bu grupta yer alır.
- 4. Derece Hata:** Müşteriyi zor durumda bırakan hata: Arıza öncesi belirtiler, müşteri tercihlerini etkileyecek arızalar bu grupta yer alır.
- 5. Derece Hata:** Performansı düşürmeyen hata: Hafif rahatsızlığa neden olan, planlanmamış bakım veya tamirle giderilebilecek olan arızalar bu grupta yer alır.
- 6. Derece Hata:** Farkına varılmayan hata: Küçük arıza, sistemin bozulmasına yol açacak kadar ciddi olmayan arızalar bu grupta yer alır.

Belirleme indisi ile ortaya çıktığı varsayılan hata nedeninin (ya da şeklinin) müşteriye ulaşabilme olasılığı bulunur. Bazı işletmelerin bu olasılık değerini hatanın müşteriye ulaşmama olasılığı olarak aldığı görülmektedir. Risk Öncelik Göstergesi (RÖG), kritiklik sayısı göstergesidir. FMEA' da her hata nedeni yukarıda tanımlanan şu üç indis ile kıyaslanır: Önem (ağırlık), Frekans (sıklık), Tespit (Saptama).

RÖG değerinin hesaplanmasında, sözel veya olasılık olarak tanımlanan risk faktörlerinin belirli bir sayı aralığında tanımlanan değerleri alınır. RÖG değeri ile her bir hata türü için riskler tanımlandığından en büyük RÖG' e sahip olandan başlayarak uzun dönemde ortadan kaldırılması kısa dönemde en aza indirilmesi için alınacak düzeltici önlemler belirlenir

Önem, tespit, frekans indislerine sayısal değer atamada kullanılan sayı aralığının büyüklüğüne ilişkin bir standart yoktur. Bugün uygulamalarda sıkça kullanılan iki aralık 1-5 ve 1-10 aralıklarıdır. 1-5 aralığının kullanılması yorumlama kolaylığı sağlamasına rağmen duyarlılık yönünden yetersizdir. Yaygın olarak kullanılan aralık 1-10 aralığıdır. Sayılara karşılık gelen olasılıklar ve sözel ifadeler işletmelerin yapısına ve müşterilerin beklentilerine göre değişmektedir [9-10-11-12].

Bu çalışmamızda sıklık (frekans) olasılıklarına değer atamada, olasılık değerlerinin en küçüğü için "1" ve en büyüğü için "10" sayısal değerlerini kullanacağız.

Hata ağırlıklarına değer atanmasında "1" en düşük önemi "10" en büyük önemi gösterir. Bu önem derecelerine atanan değer, hoşnutsuzluğa, tamir masraflarına, can güvenliğinin tehlikede olup olmamasına bağlı olarak artacaktır [12-13].

Ortaya çıktığı varsayılan hatanın müşteriye ulaşma olasılığıdır. Hata saptama değeri müşteriye ulaşma olasılığına göre değerlendirilirse, en büyük olduğunu gösteren değer "10", hatanın müşteriye ulaşmama olasılığına göre değerlendirilirse en küçük olduğunu gösteren değer "1" olacaktır.

Risk Öncelik Göstergesi (RÖG) , Önem, Frekans ve Tespit değerlerinin çarpımıdır.

RÖG değeri hesaplanırken Ö, F ve T için atanan değerler 1'den 10' a kadar değer aldığından RÖG sayısının değeri 1 ile 1000 arasında değişecektir. RÖG' nin formül olarak gösterimi şöyledir.

$$RÖG = Ö(Önem) \times F(Frekans) \times T(Tespit)$$

## 9. DÜZELTİCİ FAALİYETLER

Düzeltilici faaliyetler, RÖG değerleri daha önceden belirlenmiş bir seviyeyi aşan hata nedenleri için uygulanır. Düzeltilici önlemler ile RÖG değerleri aşağıya çekilmeye çalışılır. Bu değerlerin küçültülmesi önem, frekans ve tespit gibi risk faktörlerine atanan değerlerin küçültülmesi ile mümkün olur [12-15].

### 9.1. İzleme ve Uygulama

FMEA'nın bu safhasındaki amaç, eşik değeri üzerinde bulunan RÖG katsayılarının, eşik değerin altına çekilmesini izlemek ve bunun devamını sağlamaktır. Bu aşamada kritik RÖG değerlerinin aşağıya çekilmesi için, düzeltilici önlemlerin kesinlikle alınması sağlanır, bunların azaltıldığı doğrulanır ve gerçekleştirilen iyileştirmeler korunur. Bu amaçla organizasyonda, akış diyagramında ve imalatta kullanılan araçlarda değişiklikler yapılır. Bir FMEA çalışmasında takip aşaması olmazsa, proje çekmedeki bir FMEA projesi olarak kalır ve hedefe hiçbir zaman ulaşmaz [15-16].

### 9.2. Doğrulama

FMEA Tekniği' nin bu aşamasında amaç, düzeltilici önlemlerin uygulanmasının ve sistemin zaman içinde değişime uğramasının doğrulanmasıdır. Doğrulama aşamasında, uygulama sırasında kullanılan tüm FMEA sentez formları, bütün kabul ve koşullar ve sonuçlar dokümanite edilerek, raporlanmalıdır. Bu raporlar, sonraki FMEA çalışmalarında kaynak oluşturması amacıyla ilgili birimlere dağıtılmalıdır. Bu belgeler yaşayan doküman olmalı ve sürekli güncellenmelidir. FMEA Tekniğinin en olumlu yanı, zorluğunun bir ürün veya sistem için bir kez hazırlandıktan sonra sona ermesidir. Yeni ürünler için yapılacak FMEA çalışması, mevcut proses ya da ürün için yapılmış çalışmaların güncellenmesi şeklinde olacaktır [17].

FMEA çalışmaları sonucunda;

- Hata giderilinceye kadar prosesin durması sağlanır,
- Hataları önleyecek programlar hazırlanır,

YÜKSEL TAŞ  
K.HÜSEYİN KOÇ

- Makine, tezgah ve proses akışını gerçekleştiren donanımda hangi elemanların yenilenmesi gerektiği,
- Dizayn ve spesifikasyonlarda ne gibi değişikliklerin yapılacağı,
- İhtiyaç duyulan bakım süresi ve gerek duyulan bakım araç-gerecin ne olduğu,
- Gerekli görülen testler,
- Bakım, operasyon, kontrol talimatlarında yapılacak değişiklikler belirlenir.

## **10. UYGULAMA: MALZEME VE YÖNTEM**

### **10.1. Malzeme**

#### **10.1.1. Araştırma Ortamının Genel Yapısı**

1996 yılında Küçük Ölçekli İşletme (KOİ) olarak üretime başlayan Ekol Modüler Mobilya Tic. Ltd. Şti. gelişen teknolojiyi yakından izleme çabasıyla yatırımını sürekli yenilemeye çalışan bir mobilya işletmesidir. Bu çalışmaların sonucunda Ekol Modüler Mobilya, tescilli markası olan VOLO® ile 6.000 m<sup>2</sup>'lik kapalı alanda, Alman ve İtalyan teknolojilerine sahip CNC ve NC kontrollü makine-tesisat donanımı, teknik kadrosu ve organizasyon yapısıyla ulusal ve uluslararası arenada aranan marka olmuştur. Ayrıca ürünlerinin tamamı Türk Standartlar Enstitüsü (TSE) tarafından gerekli testlere tabii tutularak, TSE ürün kalite belgesi ile belgelendirilmiştir. Üretim ve hizmet kalitesine büyük önem veren VOLO® bunu uluslararası sistem belgelendirme kuruluşu TÜV tarafından verilen ISO 9001-2000 sertifikası ile belgelendirmiştir.

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA) TEKNİĞİNİN  
MOBİLYA ENDÜSTRİSİNE YÖNELİK UYGULAMASI

Tablo 1.1. Araştırma Ortamı Makine İşlev ve Kapasite Bilgileri

MARKASI-MODELİ	İŞLEVİ	TEKNİK KAPASİTESİ
BIESSE - SELCO WNT 600	EBATLAMA	200 PLAKA/ GÜN 52 KESİM/GÜN
IDM - IDIMATIC58-5/QMS	DÜZ KENAR BANTLAMA	3750 MT/GÜN
IDM - ACTİVA HD-T4 (69)	DÜZ KENAR BANTLAMA	4300 MT/GÜN
HOMAG - OPTİMAT KAL 310	DÜZ KENAR BANTLAMA	5400 MT/GÜN
ARTECH - SINGLE POLYMAC	EĞRİSEL KENAR BANTLAMA	750MT/GÜN
BIESSE - ROVER B 4.35	CNC FREZE, ÇOKLU DELİK DELME MAKİNESİ	650 ADET/GÜN
VİTAP - SIGMA 2TAS	NC-ÇOKLU DELİK DELME MAKİNESİ	4200 PARÇA/GÜN
HIRTZ - LIVRA 3	CNC-ÇOKLU DELİK DELME MAKİNESİ	1000 PARÇA/GÜN
KOCAYUSUF - PİTON	REZİSTANSLI AHŞAP PRESİ	1500M <sup>2</sup> /GÜN
KOCAYUSUF - PİTON	REZİSTANSLI AHŞAP PRESİ	1200M <sup>2</sup> /GÜN
TURANLAR - T-PF 590	POSTFORMİNG MAKİNESİ	1750 MT/GÜN
SHRINK MAKİNESİ	AMBALAJLAMA	500 ADET/GÜN

### 10.1.2. Araştırma Ortamı Üretim Yapısı

Aşağıdaki ürün gruplarında belirtildiği gibi tüm üretim yelpazesini kapsayacak ürün tipleri seçilmiştir. Bu sınıflandırmanın önemi üretim prosesinde oluşabilecek tüm hata türlerini belirleyip, gerekli düzeltici ve önleyici çalışmaları uygulamaya koyarak hata oluşumunu engellemektir.

Proses FMEA uygulamasına alınacak ürün gruplarımız şunlardır:

- 1- Melaminli Kağıtla Kaplı Levha Esaslı Ürünler (Leda Makam Takımı)
- 2- Laminat Kaplamalı Levha Esaslı Ürünler (EK16 Dosya Dolabı)
- 3- Doğal Ahşap Kaplamalı Ürünler (Positive Makam Takımı)

FMEA ile hataları incelerken üç etkeni göz önünde bulunduracağız. Bunlar: Hatanın ortaya çıkma durumu (frekans), Hatanın etkisi (ağırlığı), Hatanın belirlenmesi (saptama).

Bu üç etken doğrultusunda söz konusu hataya ait Risk Öncelik Göstergesi (RÖG) hesaplanır. RÖG 1 ile 1000 arasında değişen bir kritiklik göstergesidir. Bu sayı hesaplanarak, öncelikle ele alınması gereken hata kaynakları belirlenir ve düzeltici faaliyetler bu sıraya göre gerçekleştirilir. Amaç, RÖG' ü 1'e doğru çekmek için çeşitli önleyici faaliyetler geliştirmektir.

Bir FMEA uygulamasının optimum düzeyde etkili olabilmesi için, çalışma mümkün olan en erken zamanda başlatılmalıdır. Ancak çoğu kez eldeki verilerin yetersiz olduğu düşünülerek bu yapılmamakta ve FMEA çalışmasına hiç başlanamamaktadır. Bu durum, özellikle toplam kalite yönetimi felsefesini uygulayan işletmeler açısından zararlı sonuçlar doğurmaktadır.

FMEA uygulamasına başlanmadan önce üst yönetimin desteği kesinlikle sağlanmalıdır. FMEA' nın bir takım çalışması olduğu düşünülerek, oluşturulan FMEA proje grubunu, projenin sonuna kadar yaşatabilmek için animatör (motivasyonu sağlayan kişi), toplantılar esnasında uyulması gereken kuralların üzerinde hassasiyetle durmalıdır. Grup oluşturulurken, incelenecek prosesle ilgili herkesin gruba katılması sağlanmalıdır. Bu şekilde daha nesnel sonuçlara ulaşılabilecektir.

Bu çalışmamızda modüler ofis mobilyasının üretiminde Proses FMEA tekniği uygulanmıştır. FMEA' nın uygulama süreci şöyle özetlenebilir: Başlangıç (Hazırlık çalışmaları), sistem analizi, analiz sonuçlarını değerlendirme, takip-uygulama ve doğrulama.

### 10.1.3. Proses FMEA Analizleri

Üretim prosesinde oluşan veya oluşabilecek tüm hatalarla ilgili analizler Tablo 1.1.'deki Proses FMEA Analiz Formu kullanılarak yapılmıştır. Şiddet ve olasılık puanlamaları, ilgili birim çalışanları tarafından oluşturulan sorumlu FMEA ekibinin görüşleri alınarak oluşturulmuştur. Tespitlerin ölçümleri için ilgili operatörlerden yardım alınarak karşılaşılan hataların türleri ve bu hata türlerinin karşılaşıma sıklıkları analiz formlarına aktarılmıştır. Buradaki bilgiler doğrultusunda belirlenebilirlik değerlerinin hesaplamaları yapılmıştır. Çıkan puanlama sonuçlarına göre Risk Öncelik Gösteri değerleri hesaplanmış ve ilgili formdan yararlanılarak gerekli düzenleme çalışmaları başlatılmıştır. Bu çalışmaların kontrolleri yapılmış ve gerekli kayıtlar alınmıştır.

Kayıtları incelediğimizde Hata Türü ve Etkileri Analizi yöntemi uyguladığımız Ekol-Volo San. Tic. ve Ltd. Şirketinde elde ettiğimiz iyileştirmeleri ekte sırayla veriyoruz.

#### i. EBATLAMA

FMEA Analiz formu incelendiğinde yapılan iyileştirme faaliyetleri ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır

- Gönyesiz kesim RÖG değeri, pusher (sürücü) arabasına bakım yapılarak 252' den 84' e,
- Parça kenarlarında kırık oluşumu RÖG değeri, testerelerin periyodik olarak değiştirilmesiyle 84' ten 42' ye,
- Yanlış kesim sonucu ortaya çıkan hataların RÖG değeri, üretim formunun revize edilmesi ve optimizasyon girdilerinin makro ayar yapılarak otomatik olarak girilmesinin sağlanmasıyla 128' den 63' e düşürülmüştür.

#### ii. KENAR BANTLAMA

FMEA Analiz formu incelendiğinde yapılan iyileştirme faaliyetleri sonunda kenar bantlamada aşağıdaki değerlere ulaşılmıştır;

- PVC bantın düzgün yapışmayıp, kayma olması ile oluşan RÖG değeri, farklı tedarikçilerden bant alımına geçilmesiyle 140' tan 56' ya,



YÜKSEL TAŞ  
K.HÜSEYİN KOÇ

- Bantların parça kenarlarına yapışmasında güçlük yaşanması ile oluşan RÖG değeri, yine farklı tedarikçi seçilmesi sonucu 84' ten 42' ye,
- Bantlı parça kenarlarında açıklık olması sonucu oluşan RÖG değeri, farklı tedarikçi seçilmesi ve PVC Test Formu' nun oluşturulup, PVC bantların Etiv' de (PVC bantların sıcaklık altında ebat değişimlerinin incelendiği kapalı araç) test edilerek bantların üretime geçilmeden önce kullanılabilir nitelikte olup olmadıkları incelenerek kullanıldığı için 128' den 42' ye,
- Bantlamadan sonra tümseklerin olması RÖG değeri, kenar bantlama makinelerindeki baş kesme ünitelerinin ayarlanmasıyla 120' den 54' e düşürülmüştür.

### iii. CNC KESİM VE DELİK İŞLEMİ

FMEA Analiz formu incelendiğinde yapılan iyileştirme faaliyetleri aşağıdaki sonucu vermiştir;

- Hatalı delik RÖG değeri, eskiyen vakumların ve vakum lastiklerinin değiştirilmesiyle 108' den 48' e,
- Parça kenarlarında kırıkların olması RÖG değeri, bıçakların periyodik olarak değiştirilmesiyle 140' tan 72' ye düşürülmüştür.

### iv. CNC DELİK İŞLEMİ

FMEA Analiz formu incelendiğinde yapılan iyileştirmeler sonunda;

- Hatalı delik RÖG değeri Ø8mm matkapları ile bağlantılı olan pistonlar içerisindeki keçelerin değiştirilmesiyle 54' ten 27' ye düşürülmüştür.

### v. CNC ÇOKLU DELİK İŞLEMİ

FMEA Analiz formu incelendiğinde yapılan iyileştirme faaliyetleri ile aşağıdaki sonuca ulaşılmıştır;

- Hatalı delik RÖG değeri, baskı sayılarının artırılması düşünülerek, baskı siparişinin verilip baskıların elde edilmesiyle 54' ten 36' ya,

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA) TEKNİĞİNİN  
MOBİLYA ENDÜSTRİSİNE YÖNELİK UYGULAMASI

- Parça kenarlarında kırıkların olması RÖG değeri, baskı kısımlarına erzapol yerleştirilmesi ve bantsız kenarlara sabun sürülmesi yöntemiyle 96' dan 32' ye düşürülmüştür.

**vi. PROFİL İŞLEME/CAM KAPAK TOPLAMA İŞLEMİ**

FMEA Analiz formu incelendiğinde yapılan iyileştirme faaliyetleri ile şu sonuca ulaşılmıştır;

- Kapak köşeleri açık RÖG değeri, makine ayarsızlığının giderilmesiyle 96' dan 48' e düşürülmüştür.

**vii. LAMİNAT YAPIŞTIRMA VE PRESLEME HATTI**

FMEA Analiz formu incelendiğinde yapılan iyileştirme faaliyetleri sonucunda;

- Basılan, pres yapılan malzeme yüzeyinde çizik, çöküntü, iz, leke RÖG değerinin pres tablasının değiştirilmesiyle 72' den 32' ye düşürmüş olduğu görülmüştür.

**viii. POSTFORMİNG HATTI**

FMEA Analiz formu bize;

- Post verilmiş parçanın başlangıç veya bitişinde laminat kırılması RÖG değerinin çalışanların bilinçlendirilip, yönlendirilmesiyle 144' den 81' e düşürülmüş olduğunu göstermektedir.

**ix. KAPLAMA HATTI**

FMEA Analiz formu incelendiğinde kaplama hattında yapılan iyileştirme aşağıdaki gibi sonuçlanmıştır;

- Zımparalama hatalı RÖG değeri, palet zımpara ayarsızlığının giderilmesi ve ortam düzeninin yeniden ayarlanarak ışıklandırma sisteminin iyileştirilmesiyle 96' dan 32' ye,

- Yanlış kesim RÖG değeri, çalışanların bilinçlendirilmesiyle 108' den 72' ye,
- Dikiş hatalı RÖG değeri, dikiş makinesinin şalteri ve sigortalarının değiştirilerek çalışmasının düzeltilmesi ve çalışanların bilinçlendirilmesiyle 135' ten 54' e düşürülmüştür.

#### x. METAL İŞLEME HATTI

FMEA Analiz formu incelendiğinde yapılan iyileştirme ile metal hattında aşağıdaki sonuca ulaşılmıştır;

- Üretilen metal profillerin birleşim yerlerinde ve yüzeylerinde iş kalitesi düşük RÖG değeri, çalışanların bilinçlendirilip, yönlendirilmesiyle 96' dan 48' e,
- Delik aksları kaymış RÖG değeri, kalıpların kontrol edilip yeniden oluşturulmasıyla 108' den 36' ya,
- Gönyesiz kaynak RÖG değeri, kalıpların kontrol edilip yeniden oluşturulmasıyla 180' den 54' e düşürülmüştür.

#### xi. CİLAHANE/BOYAMA HATTI

FMEA Analiz formu incelendiğinde yapılan iyileştirme faaliyetleri sonucunda ise;

- Parça yüzeyinde çizik olması RÖG değeri, rafların yeniden düzenlenmesi ve çizilmeye imkan vermeyecek malzeme ile kaplanması sonucu 108' den 54' e,
- Astar veya dolgu işlemlerinde problemler RÖG değeri, talimat oluşturulmasıyla 108' den 36' ya,
- Gönyesiz kaynak RÖG değeri, kalıpların kontrol edilip yeniden oluşturulmasıyla 54' ten 24' e,
- Pürüzlü ve bozuk yüzey nokta, benekler RÖG değeri, son kat odası ile yanındaki odanın toz emme sisteminin ayrılmasıyla 81' den 36' ya,
- Boya ve cila işlem kalitesi RÖG değeri, yeterli sıcaklıktaki ortamı sağlamak için 2 adet elektrikli ısıtıcının alınmasıyla 96' dan 72' ye düşürülmüştür.

## xii. KESON MONTAJ HATTI

FMEA Analiz formu incelendiğinde görülecek ki yapılan iyileştirme faaliyetleri sonucu;

- Parça yüzeyinde çizik, çöküntü olması RÖG değeri, tezgahların değiştirilip, çalışanların bilinçlendirilmesiyle 108' den 54' e,
- Çekmeceler düzgün çalışmıyor RÖG değeri, çekmece testlerinin uygulanarak gerekli ayarlamaların yapılması ve kullanım amacına uygun olarak kaliteli rayların seçilmesiyle 105' ten 42' ye düşürülmüştür.

## xiii. TEMİZLİK VE MONTAJ HATTI

FMEA Analiz formu incelendiğinde yapılan iyileştirme faaliyetleri sonucunda;

- Çekmeceler düzgün çalışmıyor RÖG değeri, çekmece testlerinin uygulanarak gerekli ayarlamaların yapılması ve kullanım amacına uygun olarak kaliteli rayların seçilmesiyle 105' ten 42' ye,
- Ürünler takımlama yapılarak işleme alınmamış RÖG değeri, çalışanların bilinçlendirilmesiyle 84' ten 42' ye,
- Cam ve flanş birleşimlerinde sıkıntı RÖG değeri, şablonların gözden geçirilmesi ve güncellenmesi, cam flanşı yapıştırma talimatının oluşturulmasıyla 72' den 18' e düşürülmüştür.

## xiv. PAKETLEME HATTI

Paketleme hattı FMEA Analiz formu incelendiğinde yapılan iyileştirme faaliyetleri sonucunda;

- Parça yüzeyinde çizik olması RÖG değeri, çalışanların bilinçlendirilmesi ve tezgahların kontrol edilmesiyle 108' den 54' e,
- Aksesuar paketi ile ilgili problemler RÖG değeri, aksesuar paket içerik listelerinin hazırlanmasıyla 96' dan 48' e,

YÜKSEL TAŞ  
K.HÜSEYİN KOÇ

- Takımlama yapılmamış RÖG değeri, ilgili ürünlerde sağ /sol durumlarının ortadan kaldırılması ve gerekli işlemlerin revize edilmesiyle 96' dan 16' ya,
- Paket yerleşiminden kaynaklanan sorunlar RÖG değeri, çalışanların bilinçlendirilmesiyle 63' ten 28' e,
- Camlı ürünlerde kırık oluşumuna neden olacak eksiklikler RÖG değeri, dikkat kırılır etiketlerinin konmasıyla 64' ten 24' e,
- Sümenli ürünlerde yırtılma, ezilme RÖG değeri, çalışanların bilinçlendirilmesiyle 96' dan 72' ye,
- Aksesuar poşetlerinin yanlışlıkla atılması sorunu RÖG değeri, aksesuarların türüne göre 3 tip aksesuar paketinin tasarlanması ve aksesuarların artık bu paketlere konulmasıyla 72' den 32' ye,
- Montaj şeması konulmamış RÖG değeri, çizim sonrası montaj şemalarının oluşturulması, çizimle beraber montaj şemalarının teslim edilmesi ve kontrol çizelgesinin düzenlenmesiyle 56' dan 21' e,
- Karton kolilerde açılmaların olması RÖG değeri, gerekli ürünlerde (ağır, büyük ebatlı vb.) çift dopel kolinin kullanılacak olmasıyla 140' tan 42' ye,
- Ürün çeşidi ve rengi paket üzerinde; Doğru işaretlenmemiş, barkod etiketi yanlış basılmış ya da yapıştırılmış RÖG değeri, yeni renklerinde paketler üzerinde işaretlere eklenmesinin sağlanmasıyla 96' dan 32' ye düşürülmüştür.

#### xv. SEVK AŞAMASI

Sevk aşaması FMEA Analiz formu incelendiğinde yapılan iyileştirme faaliyetleri sonucu;

- Yanlış ürün gönderimi RÖG değeri, sipariş ve sevk formunun hata oluşumunu önlemeye yönelik olarak revize edilmesiyle 108' den 54' e,
- Ürünleri sevk aracına yüklerken veya yükleme sonrası taşımada oluşan sorunlar RÖG değeri, brandaların değiştirilmesi ve çalışanların bilinçlendirilmesiyle 72' den 32' ye düşürülmüştür.

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA) TEKNİĞİNİN  
MOBİLYA ENDÜSTRİSİNE YÖNELİK UYGULAMASI

Tablo 1.1 Proses FMEA Analiz Formu

VOLO MODÜLER OFİS MOBİLYASI		POTANSİYEL HATA TURLARI VE ETKİLERİ ANALİZİ PROSES FMEA				FMEA NO: 01		PROSES: EBATLAMA (SELCO) YATAR	
PROJE KONUSU: ÜRETİM HATALARININ ENGELLENMESİ		POTANSİYEL HATA TURLARI VE ETKİLERİ ANALİZİ PROSES FMEA				SAYFA: 1/4			
ÜRÜN GAMI: TÜM ÜRÜNLER		ÜRÜN GAMI: TÜM ÜRÜNLER							
BAŞLAMA TARİHİ: 02.11.2009		BAŞLAMA TARİHİ: 02.11.2009							
HAZIRLAYAN: YÜKSEL TAŞ		HAZIRLAYAN: YÜKSEL TAŞ							
BİTİŞ TARİHİ: 29.01.2010		BİTİŞ TARİHİ: 29.01.2010							
SORUMLU FMEA EKİBİ: CEMİL CAHİT YİĞİT, CENGİZ DELİCAN, HALİM AYILDIZ, MEHMET GÜLHAN ÇELİK, YÜKSEL TAŞ		SORUMLU FMEA EKİBİ: CEMİL CAHİT YİĞİT, CENGİZ DELİCAN, HALİM AYILDIZ, MEHMET GÜLHAN ÇELİK, YÜKSEL TAŞ							
POTANSİYEL HATA TÜRÜ	HATA OLASI ETKİLERİ	OLASI NEDENLER	KONTROL ÖNLEMLERİ	RÖG	TESPİT OLASILIK	SİDDET	FAALİYET SONUÇLARI	OLASILIK	TESPİT
1. Göyvesiz kesim (1-3mm)	1-Montaj işleminde sıkıntı -Parçaların birleşimi sorumlu olur -Ürünler işlevini sağlıyabilmeye yetecek şekilde getirilmez 2-Değişik ölçüme işlenmiş sıkıntı -Bağlı olan elemanların birleşimi tam olarak sağlanmaz 3-Eğrisel kesim işlenmiş sıkıntı	1-Makine sabiti dayanık azlığı (klavuz) ayarsız 2-Basabaların tam basmaması 3-Dayanımın (parça sabitleyici) tam basmaması 4-Klavuz ile malzeme arasında parça sıkışması 5-Levhalan ilerken pusbuher (şüretci) arabassonun göyvesinin bozulması 6-Pusbuher lastiklerinin ypranarak parçaları çabırken kaydırılması 7-Malzeme formunun eğilmesine meyilli olması 8-Makine yetişsinin üretimine sebep olması	Ölçü aleti ile kontrol Ara kontrol 1 saat Her saat ve vardiyada göz kontrolü	6 6 7	6 6 7	7 7 7	1-Plani periyodik bakımlar aksatılmamalı -Önleyici bakım (geniştir/halkık ayık) 2-Köyeden köyeye düzenli ölçü kontrolü 3-Düğü makinesi alınmalı 4-Pusbuher lastikleri kaliteli malzemeden seçilmeli 5-Pusbuher arabassonun göyvesizliği düzenli kontrol edilmeli 6-Makine yetişsinin kontrolü sırasında iyi ayarlanmalı	3 3 3	4 4 4

## 11. TARTIŞMA VE SONUÇ

Kalite iyileştirme çalışmaları çerçevesinde karşımıza çıkan FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) ya da diğer adıyla HTEA (Hata Türü ve Etkileri Analizi) tekniği, hataları ortaya çıkmadan önlemeye yönelik çok güçlü bir sayısal analiz tekniğidir.

İşletmeleri ekonomik yönden güç duruma düşüren hatalı ürünlerin henüz üretim aşamasında, tüketiciye ulaşmadan önce belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması için kullanılan Hata Türü ve Etkileri Analizi tekniği işletmenin güvenilirliğini sağlamlaştırmaktadır.

Toplam Kalite anlayışının özünü oluşturan müşteri gereksinimlerinin karşılanması ve doyumunun sağlanması ilkesi FMEA uygulanmasıyla büyük ölçüde güvenceye alınabilmektedir.

Kalitenin özünde yer alan müşteri doyumunun en üst düzeye çıkarılması ve müşteri gereksinimlerinin eksiksiz karşılanması, müşteriye hatasız ürünlerin sunulmasıyla sağlanabilir. Bu tekniğin uygulanması ile işletmelerin kalite belgesi alması da kolaylaşmaktadır. Amacı, müşterilere sunulacak bir üründe ortaya çıkabilecek hataların oluşmadan ve ürün müşteriye ulaşmadan belirlenmesi ve önlenmesi olan Hata Türü ve Etkileri Analizi, uygulandığı işletmelerde yüksek bir kalite standardı ve yüksek düzeyde müşteri doyumunu sağlamaktadır.

FMEA uygulamasının optimum düzeyde etkili olabilmesi için, çalışma mümkün olan en erken zamanda başlatılmalıdır. Ancak çoğu kez eldeki verilerin yetersiz olduğu düşünülerek bu yapılmamakta ve FMEA çalışmasına hiç başlanmamaktadır. Bu ise, özellikle toplam kalite yönetimi felsefesine yönelen işletmeler açısından zararlı sonuçlar doğurmaktadır.

FMEA uygulamasına başlanmadan önce üst yönetimin desteği kesinlikle sağlanmalıdır. Oluşturulan FMEA Proje grubunu, projenin sonuna kadar yaşatabilmek için, belirlenen animatör, toplantılarda uyulması gereken kuralları belirlemeli ve uyulmasına özen göstermelidir.

FMEA Tekniğinin bir takım çalışması olduğu düşünülerek, grup oluşturulurken, uygulama yapılacak prosesle ilgili herkesin gruba katılması sağlanmalıdır. Bu şekilde daha nesnel sonuçlara ulaşılabilecektir.

Araştırmanın işletmede uygulanmasından sonra edinilen bilgi birikimi ve deneyimin çok olumlu sonuçlar doğuracağı, FMEA çalışmasının işletme için çok önemli getiriler sağlayacağı ve gerçekleştirilebilen bu çalışma sonrasında

## HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA) TEKNİĞİNİN MOBİLYA ENDÜSTRİSİNE YÖNELİK UYGULAMASI

hata maliyetlerinin azalacağı, güvenilirliğin artacağı, süreçlerde sıkıntılar varsa bunların giderileceği düşünülerek gerekli çalışmalar başlatılmıştır.

Hata Türü ve Etkileri Analizi yönteminin kalite güvencesini hedefleyen bir işletmede uygulanması ile, Tablo 1.2.' de özetlenen sonuçlardan görüleceği gibi, hata türlerinde sayı, şiddet ve gerçekleşme olasılığı değerleri 1 ile 6 kat arasında azalmıştır.

FMEA uygulamasının değerlendirilmesi sonucu, mobilya işletmesinde görülen hatalara ilişkin yapılan iyileştirme faaliyetleri dikkate alınarak grup ağırlıklarına bakıldığında; ilk beş sırayı paketleme hattı (%20,6), kenar bantlama işlemleri (%11,03), ebatlama (%10,78), metal işleme hattı (%8,92) ve kaplama ile cilahane hatları (%7,87) almıştır. Bu değerlendirme kalite güvencesini sağlamaya yönelik bir işletme için özellikle iyileşme fırsatlarını göstermesi bakımından da ayrı bir önem taşımaktadır. Bu hata gruplarında, grup ve hata türüne göre değişmekle birlikte RÖG değerlerinde yaklaşık 3 katlık bir azalma gerçekleşmiştir. Örneğin ebatlama işlemindeki gönyesiz kesim RÖG değeri 252'den 84'e, metal işlemede gönyesiz kaynak RÖG değeri 180'den 54'e, postforming işlemindeki laminat kırılması RÖG değeri 144'den 81'düşmüştür.

Genel üretim süreci içerisinde genelde çok öncelikli görülmeyen paketleme süreci, burada oluşan hatalar ve iyileştirme fırsatları dikkate alındığında ilk sırada yer almaktadır. Örneğin montaj şemasının konulmaması oldukça basit görünen ama sonucu etkileyen ve RÖG değeri yüksek olan bir hatadır. Bu grupta yer alan toplam on hata türünün hemen hemen tamamında 1 ile 6 kat arasında azalmalar görülmüştür. Bu sonuç kalite güvencesinde başarı için işletmelerin uygulama önceliklerini doğru belirlemesi açısından oldukça dikkat çekicidir.

Kenar bantlama işlemleri ise hata grubu bakımından ikinci sırada yer almaktadır. Bandın düzgün yapılmamış olması, tümsekler veya açıklıklar olması gibi hatalar ürünün son yapısını etkileyen ve çok rastlanılan hatalardır. Bu hata türlerinde RÖG değerleri 2 ile 3 kat azalmıştır.

Ebatlama işlemleri, ahşap levha esaslı üretim tipinde üretim sürecininin en önemli adımlarından biridir. Çünkü ebatlama işlemlerininin sonuçları doğrudan son üründe uygunsuzluk olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle son yıllarda CNC makinelerin üretim hattına girmesi ile ebatlama işlemlerinde sorunların tamamen veya çok büyük ölçüde çözüldüğü düşünülmektedir. CNC'lerin üretim hattına girmesiyle fire minimizasyonunda ve kesim kalitesinde



YÜKSEL TAŞ  
K.HÜSEYİN KOÇ

önemli iyileşmeler sağlandığı bir gerçektir. Ancak araştırma sonucu göstermiştir ki bu süreçte önemli hata tipleri (gönyesiz kesim, parça kenarlarında kırık, yanlış kesim vb.) ve yüksek RÖG değeri söz konusudur. (3. sırada) ileri teknoloji önemli olmakla birlikte kalite güvencesini sağlamakta yeterli değildir. FMEA tekniğinin uygulanması ile bu süreçte de çok önemli iyileştirmeler sağlanabilecektir.

Yukarda özetlenen ve Tablo 1.2.' de verilen sonuçlar, FMEA tekniğinin uygulandığı mobilya işletmesi için tanımlanan 15 ana süreçte toplam 42 hata tipi içinde önemli iyileştirme fırsatlarının varlığını göstermektedir. FMEA tekniği; imalat sektöründe yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Özellikle otomotiv sektöründe birinci varsayım tekniği olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bu tekniğin turizm sektöründe ve eğitimin başarısının artırılmasındaki çalışmalarda da kullanıldığı görülmektedir. Mobilya imalat sektörüyle ilgili çalışmalara pek rastlanmaması bu çalışmamızın önemini arttırmaktadır. Bu tarzdaki çalışmalar ile işletmelerin müşteri doyumunu sağlaması kolaylaşacak, maliyetler düşecek, rekabet gücü artacak ve İşletmenin imajı güçlenecektir.

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA) TEKNİĞİNİN  
MOBİLYA ENDÜSTRİSİNE YÖNELİK UYGULAMASI

PROSES SÜRECİ	HATA TÜRÜLERİ	İYİLEŞTİRME ÖNCESİ VE SONRASI HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ DEĞERLERİ												GRUP SIRASI			
		ŞİDDET (1-10)		OLASILIK (1-10)		TESPİT (1-10)		RÖG (1-10)		RÖG SIRASI		GRUP AĞIRLIĞI					
		0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
1 İYİLEŞTİRME	Güçsüz kesim	7	7	6	3	6	4	2	5	2	1	1	1	464	189		
	Parça kenarlaması kırık	7	7	4	3	3	2	84	42	20	20	20	20	107,78	99,98		
	Yanlış kesim	8	7	4	3	4	3	13	6	8	7	7	7				
2 DÜZLEŞTİRME	Bağır düzünü yapamazsın	7	7	5	4	4	2	140	56	4	8	8	8	475	194		
	Kesimden parça kenarlaması yapamazsın güçlükle yapamazsın	7	7	4	3	3	2	84	42	30	21	21	21	111,03	102,24		
	Bağır parça kenarlaması çabuklukla olmaz	8	7	4	3	4	3	13	4	9	22	22	22				
3 ÇİCİ EĞİME	Bentlenmeden sonra düzleştirilir	6	6	4	3	3	5	130	54	10	9	9	9				
	Delik darlığı	9	8	4	3	3	2	108	48	11	16	16	16	248	120	163,76	163,34
	Parça kenarlaması kırık	7	6	5	3	4	4	140	72	5	3	3	3	54	27	161,25	161,43
4 ÇİCİ DELİK DEĞİŞTİRME	Delik darlığı	9	9	3	3	2	1	54	27	40	37	37	37	150	68	163,48	163,6
	Delik darlığı	9	9	3	2	2	2	54	36	41	27	27	27	96	48	162,23	162,54
	Parça kenarlaması kırık	8	8	4	2	3	2	96	32	30	30	30	30	72	32	161,08	161,09
5 ÇİCİ DELİK DEĞİŞTİRME	Delik darlığı	8	8	4	3	3	2	96	48	21	17	17	17	144	81	163,34	164,28
	Parça kenarlaması kırık	9	9	4	3	4	3	144	81	3	2	2	2	339	158	167,87	168,33
	Kapak köşeleri kırık	8	8	4	3	3	2	96	48	21	17	17	17	384	138	168,92	167,28
6 LAMİNASİYON	Başlam, pres, yapımın yapılması yüzeyinde çizik, çöküntü, iz, lekeler var	8	8	3	2	3	2	72	32	33	31	31	31	72	32	161,08	161,09
	Pest renkleri, parparanın başlangıcı veya bitişinde laminar kırılmaları	9	9	4	3	4	3	144	81	3	2	2	2	144	81	163,34	164,28
	Zımparalanmış kenar	8	8	4	2	3	2	96	32	22	22	22	22	339	158	167,87	168,33
7 KAPLAMA	Yanlış kesim yapılması	9	9	4	4	3	2	108	72	12	4	4	4	96	48	162,23	162,54
	Düzensiz kenar	9	9	5	3	3	2	135	54	7	10	10	10	144	81	163,34	164,28
	İki katlı delik	8	8	4	3	3	2	96	48	25	18	18	18	384	138	168,92	167,28
8 MONTAJ	Delik eksikliği, kırılması	9	9	4	2	3	2	108	36	13	28	28	28	144	81	163,34	164,28
	Güçsüz kaynak	9	9	5	3	4	2	180	54	2	11	11	11	144	81	163,34	164,28
	Parça yüzeyinde çizik olması	9	9	4	3	3	2	108	54	14	12	12	12	339	158	167,87	168,33
9 ÇİCİ BOYAMA	Akser veya diğer işlemlerinde problemler	9	8	3	3	2	1	54	24	42	38	38	38	339	158	167,87	168,33
	Pürüzlü ve bozuk yüzey	9	9	3	2	3	2	81	36	32	29	29	29	96	48	162,23	162,54
	Boya ve cilâ işleni katmanları istenilen kalitede değil	8	8	4	3	3	3	96	72	24	5	5	5	384	138	168,92	167,28
10 MONTAJ	Parça yüzeyinde çizik, çöküntü olması	9	9	4	3	3	2	108	54	15	13	13	13	213	96	164,95	165,07
	Çekmece ve diğer bölümler çabuklukla kırılır	7	7	3	3	5	2	105	42	18	23	23	23	261	102	166,06	165,38
	Ürünler istenilen ölçüde yapılmaz işleme alınmaz	7	7	3	3	4	2	84	42	31	25	25	25	261	102	166,06	165,38
11 ÇİCİ MONTAJ	Cam ve fliş birleştirilmesinde sorun	9	9	4	2	2	1	72	18	34	41	41	41	261	102	166,06	165,38
	Parça yüzeyinde çizik olması	9	9	4	3	3	2	108	54	16	14	14	14	261	102	166,06	165,38
	Akserler ya da diğer işlemlerinde problemler	8	8	3	3	4	2	96	48	35	19	19	19	261	102	166,06	165,38
12 ÇİCİ MONTAJ	Takımın yapılması	8	8	3	2	4	1	96	16	36	42	42	42	261	102	166,06	165,38
	Paket yerleşimden kaynaklanan problemler	7	7	3	2	3	2	63	28	38	36	36	36	261	102	166,06	165,38
	Camlı ürünlerde kırık oluşmasına sebep olacak aksaklıklar	8	8	4	3	2	1	64	24	37	39	39	39	887	369	1620,6	1619,48
13 ÇİCİ MONTAJ	Sınırlı ürünlerde yarılmaları, ezilmesi	8	8	3	3	4	3	96	72	27	6	6	6	887	369	1620,6	1619,48
	Akserler, parçaların yanlışlıkla ambalaj problemi	8	8	5	2	3	2	72	32	35	33	33	33	887	369	1620,6	1619,48
	Yanlış kesim yapılması	7	7	4	3	2	1	56	21	39	40	40	40	887	369	1620,6	1619,48
14 ÇİCİ MONTAJ	Tarım kollemleri seçilmemesi olması	7	7	4	3	5	2	96	32	38	34	34	34	887	369	1620,6	1619,48
	Ürün çabuklukla ve yanlış işleme alınması	8	8	4	2	3	2	96	32	38	34	34	34	887	369	1620,6	1619,48
	Yanlış ürün gönderimi	9	9	4	3	3	2	108	54	17	15	15	15	887	369	1620,6	1619,48
15 SEVİYE AŞARMA	Ürünleri sevki amacıyla yüklenen veya yüklenen taşımadaki oluşan problemler	8	8	3	2	3	2	72	32	36	35	35	35	180	86	164,18	164,54

Tablo 1.2. İyileştirme Öncesi ve Sonrası Hata Türü ve Etkileri Analizi Değerleri

YÜKSEL TAŞ  
K.HÜSEYİN KOÇ

## KAYNAKLAR

ŞİMŞEK, M., 2000, *Sorularla Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemleri*, Alfa Basım Yayım Ltd. Şti., İstanbul, 111.

YILMAZ, B.S., 2000, *Hata Türü Ve Etki Analizi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 2, Sayı:4, 134-148.

AKIN, B., EROL V. ve ÇETİN C., 1998, *Toplam Kalite Yönetimi ve ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi*, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, 342.

BAYKASOĞLU, A., DERELİ, T., YILANKIRAN, N. ve YILANKIRAN, A., 2003, “*Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Gaziantep’te Orta Ölçekli Bir Firmaya Uygulanması*”, II. Makine Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi, Konya, 157.

*Quality Associates International Inc.*, 11.12.2000,  
<http://www.quality-one.com/main.cfm?cmd=fmea> [Ziyaret Tarihi: 22.09.2009].

KOCAKOÇ, İ.D., 2008, *Hata Modu ve Etkileri Analizi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Kalite Geliştirme Yöntemleri Ders Notları, 6

BOLAT, T., 2000, *Toplam Kalite Yönetimi (Konaklama İşletmelerinde Uygulanması)*, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, 74.

*Kalitece.net, Hata Türü ve Etkileri Analizi*  
<http://www.kalitece.net/forum/attachment.php?aid=1656> [Ziyaret Tarihi: 22.09.2009]

KASA, H. VE BORAN, S., 1993, *HTEA ve Toplam Kalite Yönetimi İçin Önemi*, YA / EM Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı.

MIL- STD 1629 A 1984, (revised) *Procedures for performing a Failure Mode Effects and Criticality Analysis*, Department of Defence, USA.

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA) TEKNİĞİNİN  
MOBİLYA ENDÜSTRİSİNE YÖNELİK UYGULAMASI

PRASAD, S., 1990, *Improving Manufacturing Reliability in IC Package Assembly Using HTEA Technique*, 9th IEEE / CHMT International Electronics Manufacturing Technology Symposium, Washington, USA, Publ by IEEE.

LIEBERMAN, P., 1990, *Design FMEA and The Industry*, Journal of Automative Engineering.

DALE, B.G. and SHAW, P., 1990, *Failure Mode and Effects Analysis in The U.K. Motor Industry: A. State of the Art Study*, Jour. Quality and Reliability Engineering International.

AKIN, B., 1998, *ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA)*, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 35/87

BAYKOÇ, Ö.F., 1998, *Karar Ağaçlarında Risk Analizi Yaklaşımı*, G.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(2), 367-374.

MC KINNEY, B.T., 1991, *FMECA The Right Way*, *Proceedings Annual Reliability and Maintability Symposium*, Orlando, USA, Public by IEEE.

BAYSAL, M.E., CANYILMAZ, E. ve EREN, T., 2002, *Otomotiv Yan Sanayiinde Hata Türü Ve Etkileri Analizi*, Teknoloji, Sayı 1-2, 87.

GDPA HOMEPAGE, 25.11.1999, <http://www.informatik.uni-bremen.de/gdpa/methods/m-fmea.htm> [Ziyaret Tarihi: 22.09.2009].

Sigma Center, 2007, *Bir Proses FMEA Geliştirmek*, <http://www.sigmacenter.com.tr/kutuphane/fmea.pdf> [Ziyaret Tarihi: 22.09.2009].

STAMATIS, D. H., 1995, *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)*, ASQC 49th Annual Quality Congress Proceedings, Ohio.

KARA-ZAITRI, C., Keller, A.Z., Barody, I. and Flemig, P.V., 1991, *An Improved FMEA Methodology*, *Proceedings Annual Reliability and Maintability Symposium*, Orlando, USA, Public by IEEE.

YÜKSEL TAŞ  
K.HÜSEYİN KOÇ

PUGH, D.R., HUNT J.E. and PRICE C.J., 1994, *Augmenting Raphael with Behaviour Charts*, Proc. AAAI Workshop on Functional Reasoning.

BAYSAL, M.E., ve BAŞKAN, M.S., 1999, *Orta Ölçekli Bir İşletmede Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) Uygulaması*, Makine-İmalat Teknolojileri Sempozyumu, 14-15 Ekim 1999, KONYA. Ankara:MMO, 149

HARRY, M.J., 1997, *The Nature of Six Sigma Quality Motorola University Present*.