

DERLEME MAKALESİ / REVIEW ARTICLE

HATA TÜRLERİ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA) VE SAĞLIK ALANINDA UYGULAMALARI

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA) AND ITS USAGE IN HEALTH

Dr. Öğr. Üyesi Aynur TORAMAN¹

Betül GÖKKAYA²

ÖZET

Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA), sistem, tasarım, süreç ve hizmette potansiyel hataları ve nedenlerini tanımlayarak düzeltici ve önleyici faaliyetler ile hataların ortaya çıkma olasılığını azaltmayı ya da tamamen ortadan kaldırmayı hedefleyen bir tekniktir. Potansiyel hata türlerinin belirlenmesi ve olasılık, şiddet ve saptanabilirlik derecelerine göre hata türlerinin sınıflandırılması için kullanılmaktadır. Hata Türleri ve Etkileri Analizi, uygulanması kolay, proaktif nitelikli ve sistematik bir kalite iyileştirme tekniğidir. FMEA, erken evrede önleyici faaliyetler geliştirerek hataları önlemeye odaklanır. Son yıllarda sağlık sektöründeki FMEA kullanım oranında bir artış olduğu görülmektedir. FMEA, hasta ve çalışan güvenliğinin sağlanması için kullanılan önemli bir yöntem haline gelmiştir. Sağlık hizmeti sunumunda meydana gelebilecek potansiyel bir hata dönüşü olmayan sonuçlara neden olabilmektedir. Bu yüzden FMEA, sağlık hizmeti sunumunda oluşabilecek tehlikeler karşısında strateji belirleyebilmek için uygulama alanı bulmaktadır. Derleme olarak dizayn edilen bu çalışma, FMEA çeşitleri, uygulama adımları ve sağlık sektöründeki yeri hakkında bilgi vermek amacıyla oluşturulmuş olup, bu analizi kullanacaklar için rehber niteliğindedir.

Anahtar Kelimeler: Hata Türleri ve Etkileri Analizi, Sağlık Hizmeti, Risk Değerlendirme, FMEA.

ABSTRACT

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) is a technique that aims to identify potential failures and their causes in the system, design, process and service, and to reduce the likelihood of errors through corrective and preventive actions. FMEA focuses on preventing errors by developing preventive actions at an early stage. It has been observed that there has been an increase in the rate of FMEA use in the health sector in recent years. FMEA has become an important method used to ensure patient and employee safety. An error that may occur in the delivery of health services can cause irreversible results. Therefore, FMEA finds an application area to determine a strategy against the dangers that may occur in the delivery of health services. This study was created to provide information about FMEA types, application steps and its place in the health sector, and it is a guide for those who will use this analysis.

Keywords: Failure Mode and Effects Analysis, Health Care, Risk Assessment, FMEA.

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, aynurtoraman@sdu.edu.tr.

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sağlık Yönetimi Yüksek Lisans Programı, Yüksek Lisans Öğrencisi, betulgkky139@gmail.com.

1. GİRİŞ

Gelişen dünya ile sağlık hizmetlerinde kalitenin iyileştirilmesi gelişmiş ülkelerin hedefleri arasında görülmektedir. Sağlık hizmeti sunumunda ortaya çıkan problemler, hastayı, sağlık çalışanlarını ve sunulan hizmetin kalitesini olumsuz etkilemektedir. Sağlık kurumları karmaşık yapısı gereği, yüksek oranda risk faktörleri içermektedir. Dolayısıyla hem dünyada hem de ülkemizde çalışan ve hasta güvenliğine verilen önem giderek artmaktadır. Bu nedenle konusu insan olan, hata payının olmadığı ve yüksek oranda risk faktörü içeren sağlık kuruluşları da söz konusu riskleri önleyecek ya da azaltacak sistemlerin arayışına girmiştir (Aksay, Orhan ve Kurutkan, 2012). Çok riskli grupta yer alan sağlık kurumlarında hasta, hasta yakını ve çalışanın güvenliği birinci önceliktir. Bu bağlamda güvenli bir ortamın yaratılması için risklerin önceden tespit edilmesi ve önleyici çalışmaların yürütülmesi son derece önemlilik arz etmektedir.

Sağlık hizmetlerinde oluşabilecek en küçük hata, geri döndürülmesi imkânsız, çok büyük olaylara neden olabilmektedir. Bir sağlık kuruluşunda, oluşabilecek hataların kontrolü doğrultusunda, öncelikle yüksek riskli alanlar olmak üzere süreçlerin tümünde risklerin analizine ve değerlendirilmesine yönelik proaktif metotlara gerek duyulmaktadır. Bu proaktif yöntemlerden Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA), sağlık hizmetleri kalitesinin iyileştirilmesi ve hataların azaltılması konusunda uygun bir yöntem olduğu, ayrıca son yıllarda sağlık sektöründeki kullanımında bir artış olduğu bilinmektedir (Liu, 2019). Oluşabilecek hataların önlemeye yönelik çalışmaların yapılmasından önce hataların önceden tespit edilmesi çok daha kritik bir aşamadır. Tam da bu noktada FMEA sağlık hizmetleri sunumunda oluşabilecek hataların tespitini sağlayabilir nitelikte bir uygulamadır.

Hata Türleri ve Etkileri Analizi, olası tehlikeleri önceden belirleyebilen, nedenlerini, etkilerini analiz eden ve böylece bu tehlikelerin oluşmasını engelleyen bir yöntemdir (Narlı, 2021). FMEA yöntemi özet olarak “Ne yanlış gidebilir?” ve bir şeylerin yanlış gitmesi durumunda “Bunun ortaya çıkma olasılığı nedir ve sonuçları neler olabilir?” sorularına cevap aramaktadır (Akgün, 2017). Sağlık hizmet sunum süreçlerinin her aşamasında gerçekleşebilecek hataları ve bu hataların etkilerini tespit etmek öncelikle hizmet alan ve hizmet verenler sonrasında da sağlık sistemi açısından bir gerekliliktir.

2. HATA TÜRLERİ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA)

Türkçeye Hata Türleri ve Etkileri Analizi şeklinde çevrilen FMEA (Failure Mode Effect Analysis), Toplam Kalite Yönetimi anlayışında da yer edinmiştir. FMEA proaktif nitelikli, düşük maliyetli ve uygulanması kolay bir kalite iyileştirme tekniğidir (Aydan ve Kaya, 2017). Hata Türleri ve Etkileri Analizi, ürün, süreç veya hizmette takım çalışması ile hataların bulunması, bu hataların risk önceliğinin belirlenmesi, düzeltici ve önleyici eylemlerin gerçekleştirilerek müşteriye ulaşmadan engellenmesine odaklanmaktadır. Temelinde, ürün veya hizmet tüketiciye ulaşmadan önce hataların tespit edilerek önlemlerin alınması yatmaktadır (Yılmaz, 2000). Tüketiciye ulaştıktan sonraki süreçlerde işletmeler, hatanın telafisinde müşteri memnuniyetsizliği, güven kaybı, pazar kaybı ve imaj kaybı gibi durumların karşılaşılabilmektedir.

FMEA yöntemi ürün, tasarım, süreç veya hizmette meydana gelebilecek hata türlerinin belirlenmesi ile bu hata türlerinin saptanabilirlik derecesine ve şiddet derecesine göre sınıflandırılması olarak tanımlanmaktadır (Stamatis, 2003; Yılmaz, 2000). FMEA, hataların sistematik olarak analiz edilmesi, düzeltici ve önleyici faaliyetler ile hata maliyetini azaltma, güvenliğin ve güvenilirliğin artırılması konusunda önemli bir metottur (Narlı, 2021).

FMEA yöntemi, kalitesiz ürün veya hizmet sunumunu önlemeye yönelik bir tekniktir. Ayrıca olası hata türlerini tespit ederek her bir hatanın etkisini ve bu etkilerin ciddiyetini belirlemektedir (Yılmaz, 2000). FMEA, hataların kaynaklarını yönetebilmek için, hataların temel nedenini belirleme, bunları tespit etme yollarını seçme ve hataların sonuçlarını önleme ya da azaltma konusunda oldukça etkili ve kullanışlı bir araçtır (Chanamool & Neanne, 2016). Bu yöntem, oldukça yüksek değerlerde risk faktörleri içeren sağlık hizmetleri sunumunda da olası tehlikelere karşı strateji belirlemek üzere faaliyet alanı bulmaktadır (Aksay, Orhan ve Kurutkan, 2012). FMEA ile hatalar ortaya çıkmadan hata tespit edilerek, hatanın etkisi en alt seviyeye indirilmekte ya da mümkün olduğu sürece tamamen ortadan kaldırılmaktadır (Arslan ve Kılıç Delice, 2021). Böylece FMEA ile verilen hizmetin kalitesi ve hasta güvenliği artırılmaktadır (Chanamool & Neanne, 2016). Sadece hasta güvenliği değil aynı zamanda hasta memnuniyetinin de artmasına neden olduğu söylenebilir. Sağlık hizmet sunum süreçlerinde kaliteli hizmet sunumunun sağlanmasını da etkilemektedir.

2.1. FMEA Tarihçesi

Hata Türleri ve Etkileri Analizi 1949 yılında ABD ordusu tarafından MIL-P1629 kodlu bir askeri prosedür olarak geliştirilmiştir. İlk kez 1950'li yıllarda ABD'de bir uçak şirketi tarafından uçuş sistemlerinin kontrolünde kullanılmıştır. Daha sonra 1960-1965 yılları arasında NASA tarafından Apollo projesinde güvenlik ve kalite iyileştirmeleri için kullanılmıştır. Ayrıca 1965 yılında ABD Silahlı Kuvvetlerinde askeri standart olarak kabul edilmiştir (Akgün, 2017; Liu, 2019; Narlı, 2021). ABD uçak sanayisinde 1970-1975 yılları arasında SMC 800-31 prosedürü olarak uygulanmıştır. 1980 yılından sonra FMEA yöntemini FORD, Renault ve Citroen otomotiv şirketleri, askeriyede kullanılan karmaşık modelde değişiklikler yaparak uygulamışlardır. Böylece FMEA metodu otomotiv endüstrisinde yaygınlaşmaya başlamıştır (Narlı, 2021). Askeri prosedür çıkışlı olan bu teknik yaygınlaşarak diğer sektörler tarafından da kullanılmaya başlanmıştır.

Daha çok uzay ve otomotiv sektöründe kullanılmaya başlayan FMEA yöntemi, günümüzde bilişim sistemlerinde, sanal ürün tasarımlarında, kimya endüstrisinde ve diğer sektörlerde hataların belirlenerek önceliklendirilmesinde ve önlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Narlı, 2021). FMEA yönteminin sağlık sistemi içerisinde kullanımı ise ilk olarak 1990'lı yıllarda olmuştur. Güvenli İlaç Uygulamaları Enstitüsü, 1990'lı yılların ortalarında ilaçların dağıtım sürecinde meydana gelen hataları önlemek için FMEA yönteminin kullanılmasını önermiştir (Chiozza & Ponzetti, 2009). Daha önce Joint Commission for Accreditation of Healthcare Organizations (JCAHO) olarak adlandırılan The Joint Commission (JC), 2002 yılında sağlık hizmetlerinde, hataların önlenmesinde FMEA yönteminin geçerliliğinin altını çizmiştir (Dağsuyu, Göçmen, Narlı, & Kokangül, 2016). Amerika Hasta Güvenliği Ulusal Merkezi (NCPS), uzun yıllar endüstri alanında kullanılan FMEA metodunu incelemiş ve sağlık alanında proaktif bir risk değerlendirme aracı olarak kullanılmasını önermiştir (Derosier, Stalhandske, Bagian, & Nudell, 2002). Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) Teknik Komitesi de 2008 yılında, yüksek riskli süreçlerin ileriye dönük risk analizi için tıbbi laboratuvarlara yönelik teknik bir şartnamede FMEA yöntemini önermiştir (Chiozza & Ponzetti, 2009). Üretim işletmelerinden sonra hizmet işletmeleri tarafından da kullanılmaya başlayan FMEA, riskli ve hata kabul edilmez sektörler için tercih edilir bir uygulama olmaya devam etmektedir.

FMEA yöntemi, hatanın ortaya çıkmasından sonra gerçekleştirilen düzeltici faaliyetlerden ziyade, hataları önleyici faaliyetlere odaklanmaktadır. Hataların telafisinden ziyade hataların önlenmesine yönelik çalışmaların başlatılmasında FMEA kullanışlı bir araçtır. Dolayısıyla son

yıllarda sağlık sektöründe, hataları önleyerek süreç iyileştirmek amacıyla FMEA yönteminin kullanımı artmıştır.

2.2. FMEA Çeşitleri

Literatürde genellikle Sistem FMEA, Tasarım FMEA, Süreç FMEA ve Hizmet FMEA olarak dört çeşit Hata Türleri ve Etkileri Analizi olduğu kabul edilmektedir (Stamatis D. , 2003);

- **Sistem FMEA:** sistemleri ve alt sistemleri analiz etmek için kullanılan Sistem FMEA, sistem eksikliklerinden oluşan potansiyel hatalara odaklanmaktadır (Stamatis D. , 2003). Bütün tasarım ve donanımın tamamlanmasının ardından üretim ve kalite güvence gibi sistemlerin işleyişini en uygun hale getirmek üzere kullanılmaktadır (Akgün, 2017).
- **Tasarım FMEA:** Hizmet veya üretim gerçekleşmeden önce hataların tanımlanması ve düzeltici faaliyetlerin uygulanmasını sağlamaktadır. Tasarım FMEA, tasarım eksikliklerinin neden olduğu hata türlerine odaklanmaktadır (Stamatis D. , 2003).
- **Süreç FMEA:** Süreç eksikliklerinden kaynaklanan hatalara odaklanmaktadır (Stamatis D. , 2003). İlk üretim ya da hizmet öncesi, iş akışında yer alan potansiyel veya bilinen hataları tanımlamayı, ardından bu hatalara yönelik önleyici veya düzeltici faaliyetler geliştirmeyi amaçlamaktadır. Genellikle araç-gereçler, yöntem, ölçüm ve çevre değerlendirmesini kapsayacak şekilde aşamalar halinde uygulanmaktadır (Aydan ve Kaya, 2017).
- **Hizmet FMEA:** Müşteriye ulaşmadan önce hizmetleri analiz etmek için kullanılan Hizmet FMEA, üretim, pazarlama ve kalite güvence koordinasyonu ile müşteri hizmetlerini geliştirmek üzere uygulanmaktadır (Akgün, 2017; Stamatis, 2003).

2.3. FMEA Tekniğinin Amaçları ve Kalitedeki Yeri

FMEA tanımı gereği, bilinen veya potansiyel sorunları ortadan kaldırarak ya da azaltarak memnuniyet düzeyini en üste çıkarabilen bir metodolojidir (Stamatis, 2003). Sistematik bir yaklaşım olan FMEA, tüm hizmet bileşenlerini göz önünde bulundurmaktadır Her bir bileşen için tüm hata türleri tespit edilerek analizin bütün adımları kayıt altına alınmaktadır (Akgün, 2017). FMEA yönteminin öncelikli amaçları (Akgün, 2017; Yılmaz, 2000);

- Sistemde meydana gelebilecek olası hataları, hataların neden ve sonuçlarını önceden belirlemek ve değerlendirmek,
- Tüm hataları ortadan kaldırabilecek veya azaltabilecek önlemleri almak,
- Hizmette ve süreçte meydana gelebilecek olası hataları önceden belirleyerek gerçekleşmesini engellemektir.

FMEA yönteminin üretim veya hizmette gelişime yardımcı olan bir teknik olması dikkat edilmesi gereken bir noktadır. Eğer işletmelerde bu amaçla kullanılırsa, FMEA başarı sağlayacaktır (Akgün, 2017).

FMEA yöntemi, amaçlarından anlaşılacağı üzere Toplam Kalite Yönetimi'nin ayrılmaz bir parçasıdır (Akgün, 2017). Kalite alanında gerçekleştirilen çalışmalar, ürün veya hizmet üretiminin her adımında ortaya çıkabilecek sorunların belirlenip ortadan kaldırılmasına ve böylece hem güvenirliliğin artırılmasına hem de kalitedeki sürekli iyileşmelerin sağlanmasına yarayacak tekniklerin geliştirilmesi üzerine yoğunlaşmaktadır. Sürekli iyileştirme, geçmişteki sorunların tanımlanarak daha sonra bu sorunların yeniden ortaya çıkmaları önlenerek gerçekleştirilmektedir. FMEA yöntemi ise bu amaca hizmet eden bir tekniktir (Çevik ve Aran, 2009). FMEA, hataları oluşmadan önce önlemek için gereken düzeltici eylemleri belirlemektedir. Böylece bir üründe veya hizmette mümkün olan en yüksek dayanıklılık, kalite ve güvenirliliği sağlamaktadır (Stamatis, 2003). Bu teknik, üretim sonrası yapılan

kontrollerden ziyade, erken safhada önleyici faaliyetlerde bulunmaya ve hataları önlemeye yönelik bir yöntemdir (Aydan ve Kaya, 2017). FMEA tekniği bu özelliklerinden dolayı Toplam Kalite Yönetimi'nde önemli bir yere sahiptir (Çevik ve Aran, 2009; Yılmaz, 2000).

Müşteri gereksinimlerinin karşılanması ve tatminin sağlanması ilkesi Toplam Kalite Yönetimi anlayışının özünü oluşturmaktadır. FMEA yönteminin uygulanması ile bu ilke büyük ölçüde güvenceye alınmaktadır. Ayrıca, bir ürün veya hizmet sunumunda ortaya çıkabilecek hataların henüz gerçekleşmeden önce belirlenmesi ve önlenmesi amacı olan FMEA yönteminin uygulandığı işletmelerde yüksek bir kalite standardı ve yüksek düzeyde müşteri tatmini sağlanmaktadır (Yılmaz, 2000).

2.4. FMEA ile İlgili Kavramlar

Hata Türleri ve Etkileri Analizi yöntemini uygulamadan önce, uygulayıcıların yöntemle ilgili temel kavramları tanımları ve anlamları gerekmektedir.

- ◆ **Hata:** Bir işleymdeki düzensizlik, yapısal bozukluk, çıktılarının beklentileri karşılamaması gibi istenmeyen her türlü durum *hata* olarak kabul edilmektedir (Aydan ve Kaya, 2017). Risklere karşı yeterli önlemler alınmadığında veya önlenebilir sonuçların en aza indirilmediği durumlarda meydana gelmektedir. Hatalar bilinen bir durum ya da henüz gerçekleşmemiş fakat gerçekleşmesi muhtemel bir durum olabilmektedir (Stamatis D. , 2003).
- ◆ **Hata Türleri:** Potansiyel hata türleri, hatanın ortaya çıktığı genel durumu açıklayan tanımlamalardır. Diğer bir ifadeyle hata türleri, hatanın ne şekilde oluştuğunu ifade etmektedir (Şahin ve Topaloğlu, 2021; Yılmaz, 2000).
- ◆ **Hata Nedeni:** Hataların oluşmasına sebep olan asıl durum olarak ifade edilmektedir (Şahin ve Topaloğlu, 2021). Nedenler, oluşma ihtimallerine göre sınıflandırılmaktadır (Yılmaz, 2000).
- ◆ **Olasılık (O):** Her bir hatanın meydana gelme olasılığı olarak tanımlanmaktadır. (Arslan ve Kılıç Delice, 2021).
- ◆ **Hatanın Etkisi:** Meydana gelebilecek bir hatanın potansiyel sonuçları *hata etkisi* olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle söz konusu hatanın sebep olabileceği her türlü bedel olarak ifade edilmektedir (Aydan ve Kaya, 2017).
- ◆ **Şiddet (Ş):** Hata etkisinin değerini, ciddiyetini ifade etmektedir (Arslan ve Kılıç Delice, 2021).
- ◆ **Saptanabilirlik (S):** Müşteriye ulaşmadan önce, hataların belirlenebilmesinin zorluk derecelendirmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Arslan ve Kılıç Delice, 2021). Burada önemli olan, olumsuz etkinin müşteriye ulaşmadan önce, hatanın olabildiğince erken fark edilebilmesidir (Stamatis D. , 2003). FMEA yönteminde saptanabilirliğin ne derece kolay veya zor olduğu incelenerek, buna göre risk değerlendirmesi yapılmaktadır (Aydan ve Kaya, 2017).
- ◆ **Risk Öncelik Sayısı (RÖS):** Olasılık, şiddet ve saptanabilirlik bileşenlerinin belirlenen sayısal değerlerinin çarpımıyla *Risk Öncelik Sayısı (RÖS)* bulunmaktadır. Risk Öncelik Sayısı, problemlerin önceliğini belirlemekte ve önleyici faaliyetlerin alınmasını sağlamaktadır (Yılmaz, 2000).

$$RÖS= O*Ş*S$$

3. FMEA UYGULAMA ADIMLARI

Bir FMEA programının başlatılması için genellikle yeni bir ürünün, sistemin veya sürecin tasarlandığı bir dönem yahut mevcut olan sistem, ürün ya da süreç üzerinde düzenlemelerin yapılacağı dönemler en uygun dönemleri oluşturmaktadır. FMEA yöntemini etkili bir şekilde yürütebilmek için sistematik bir yaklaşım izlenmektedir ve biri dizi adımlar halinde uygulanmaktadır (Stamatis, 2003).

3.1. FMEA Kapsamının Belirlenmesi

Uygulamaya başlamadan önce çalışmanın amacı ve sınırları açıkça belirlenmektedir. Kapsam belirlenirken ayrıca çalışmayı gerçekleştirecek olanların sorumlulukları da bu aşamada belirlenmektedir. Dolayısıyla kapsam ve sürecin belirlenmesinden sonra FMEA takımının oluşturulmaktadır (Aydan ve Kaya, 2017).

3.2. FMEA Takımın Oluşturulması

FMEA takımı 5 ile 9 üyeden oluşturulmaktadır fakat genellikle 5 üyeden oluşturulması önerilmektedir. Takım disiplinli ve çalışmaya katkıda bulunmaya istekli ekip üyelerinden oluşturulmalıdır. Ekip üyeleri, üzerinde çalışacakları süreç hakkında biligili ve sorunla doğrudan ya da dolaylı olarak ilişki içerisinde olmalıdır. Ayrıca ihtiyaç halinde bilgi ve tecrübelerine başvurulacak kişiler de geçici üye olarak çalışmaya dahil edilebilir. Özetle, organizasyonun ihtiyaç ve gereksinimlerini yansıtacak bir ekip oluşturulmalıdır (Stamatis, 2003).

3.3. Sürecin İncelenmesi

Bu aşamada, FMEA tekniğiyle iyileştirmenin yapılacağı süreç, takım tarafından ayrıntılı bir şekilde incelenmektedir. Ekip iyileştirme fırsatlarını önceliklendirerek çalışmaya nereden başlanacağını belirler. Daha sonra potansiyel hata türleri belirlenerek analiz aşamasına geçilmektedir. İzlenecek yol haritası ve uygun bir süreç takibi için akış şemalarının oluşturulması yardımcı olabilmektedir. Böylece ekip sorunu anladıktan sonra gerçek analiz başlamaktadır (Stamatis, 2003).

3.4. Risk Değerlendirmesi

Süreç incelendikten ve hata türleri belirlendikten sonra risk değerlendirme yapılmaktadır. Risk değerlendirme, hataların olasılık, şiddet ve saptanabilirlik bakımından puanlanması şeklinde gerçekleştirilmektedir. Bu puanlamalar çalışmaya uygun olan hazır ölçekler ile belirlenebileceği gibi hazırlanacak olan yeni ölçeklerle de belirlenebilmektedir (Aydan ve Kaya, 2017).

3.4.1. Olasılık Derecesinin Belirlenmesi

Olasılık, hataların gerçekleşme sıklığı ile ilgili bir bileşendir. Bu adımda hatanın meydana gelme olasılığı puanlandırılmaktadır (Narlı, 2021).

Tablo 1. Olasılık Puanlamaları

Hata Sınıflandırması	Hatanın Olasılığı	Derece
Kaçınılmaz Hata	½'den az	10
	1/3	9
Tekrarlanabilir Hata	1/8	8
	1/20	7

Ara Sıra Karşılaşılabilen Hata	1/80	6
	1/400	5
	1/2000	4
Az Rastlanan Hata	1/15000	3
	1/150000	2
Olası Olmayan Hata	1/1500000'den düşük	1

Kaynak: (Soykan, Kurnaz ve Kayık, 2014).

3.4.2. Şiddet Değerinin Belirlenmesi

Şiddet bileşeni ise hata türünün gerçekleşmesi durumunda oluşturacağı etkinin derecesidir (Narlı, 2021). Etki ve şiddet arasında doğrudan bir ilişki vardır; hata etkisi kritikse şiddeti yüksektir, fakat hata etkisi kritik değilse, şiddet çok düşüktür. Şiddet belirlendikten sonra değerlerine göre sıralanmaktadır (Stamatis, 2003).

Tablo 2. Şiddet Puanlamaları

Etki	Şiddetin Etkisi	Derece
Uyarısız Gelen Tehlike	Felakete yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	10
	Yüksek hasara ve toplu ölümlere yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	9
Çok Yüksek	Yıkıcı etkiye sahip, sistemin tamamen hasar görmesine sebep olan hata	8
Yüksek	Ölüm, zehirlenme ve 3. derece yanık gibi etkiye sahip hata	7
Orta	Organ kaybı, ağır yaralanma ve kanser gibi sonuçlara neden olan hata	6
Düşük	Kalıcı iş göremezlik, kırık ve 2. derece yanık gibi sonuçlara neden olan hata	5
Çok Düşük	İncinme, ezilmeler, küçük kesik ve sıyrıklar gibi rahatsızlıklara neden olan hata	4
Küçük	Sistemi yavaşlatan hata	3
Çok Küçük	Sistemde kargaşaya neden olan hata	2
Yok	Etki yok	1

Kaynak: (Soykan, Kurnaz ve Kayık, 2014).

3.4.3. Saptanabilirlik Derecesinin Belirlenmesi

Saptanabilirlik, hataların belirlenebilmesinin zorluk derecelendirilmesidir. Amaç, hataları mümkün olduğunca erken tespit edebilmektir. Böylece verimli üretim veya hizmet kontrolleri sağlanmaktadır (Stamatis, 2003).

Tablo 3. Saptanabilirlik Puanlamaları

Saptanabilirlik	Saptanma Olasılığı	Derece
Saptanamaz	Potansiyel hatanın saptanabilirliği mümkün değil	10

Çok Az	Potansiyel hatanın saptanabilirliği çok uzak	9
Az	Potansiyel hatanın saptanabilirliği uzak	8
Çok Düşük	Potansiyel hatanın saptanabilirliği çok düşük	7
Düşük	Potansiyel hatanın saptanabilirliği düşük	6
Orta	Potansiyel hatanın saptanabilirliği orta	5
Yüksek Ortalama	Potansiyel hatanın saptanabilirliği yüksek ortalama	4
Yüksek	Potansiyel hatanın saptanabilirliği yüksek	3
Çok Yüksek	Potansiyel hatanın saptanabilirliği çok yüksek	2
Hemen Hemen Kesin	Potansiyel hatanın saptanabilirliği hemen hemen kesin	1

Kaynak: (Soykan, Kurnaz ve Kayık, 2014).

3.4.4. Risk Öncelik Sayısının Hesaplanması

Olasılık (O), şiddet (Ş) ve saptanabilirlik (S) bileşenlerinin değerlerinin çarpımı sonucu Risk Öncelik Sayısı (RÖS) bulunmaktadır. RÖS, her hatanın genel riskini temsil etmektedir (Chanamool & Neanne, 2016). Ayrıca RÖS değeri ile hatanın önceliği tanımlanmaktadır (Stamatis, 2003).

RÖS katsayısı ne kadar yüksek olursa, hata türü riski de o kadar yüksek olmaktadır. Bu nedenle hata türlerine, büyüklükleri dikkate alınarak sıralanan RÖS değerlerine göre öncelik verilmektedir. Böylece risk azaltma stratejileri uygulanarak en ciddi hata türlerine odaklanılabilir (Liu, 2019). Burada önemli olan, bir sonraki adım ile RÖS katsayısını azaltmaktır (Stamatis, 2003).

3.5. Düzeltici Önlemlerin Belirlenmesi ve Uygulanması

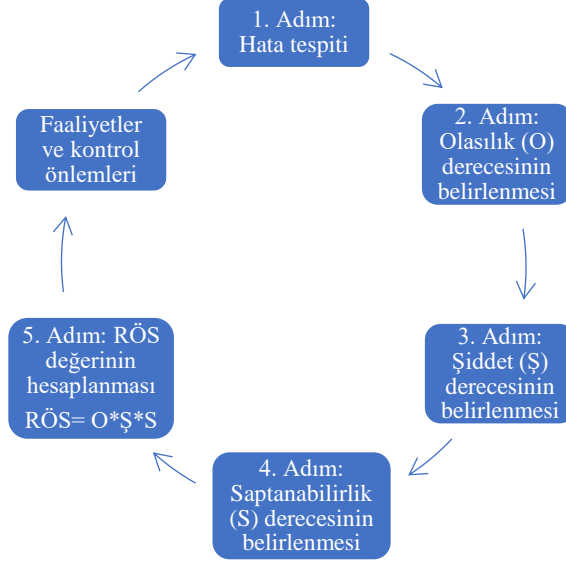
FMEA metodunun en önemli adımlarından biri, belirlenen hataları önleyici veya düzeltici faaliyetlerin geliştirilmesidir. Burada hedef, hata olasılığını ve etki şiddetini azaltmak, saptanabilirliği kolaylaştırmaktır. Bunun için FMEA ekibi en yüksek RÖS değerine sahip hata türlerine öncelik vererek iyileştirme faaliyetlerini uygulamaya geçirmektedir. Ayrıca bu adımda, RÖS değeri yüksek olmasa bile en yüksek şiddete ve en yüksek olasılığa sahip hata türlerini incelemenin de fayda sağlayacağı belirtilmektedir (Stamatis, 2003).

3.6. Riskin Yeniden Değerlendirilmesi

Düzeltici faaliyetler uygulandıktan sonra riskin azalıp azalmadığını görmek ve bu önleyici faaliyetlerin etkinliğini kontrol etmek için hata türlerinin yeniden RÖS değerleri hesaplanmaktadır (Liu, 2019).

FMEA ekibi olasılık, şiddet ve saptanabilirliği yeniden değerlendirerek, yeni bir RÖS katsayısı hesaplamaktadır. Daha sonra yeni RÖS değerine göre hata türleri tekrar incelenerek durumun daha iyi, daha kötü ya da eskisi gibi aynı olup olmadığı belirlenmektedir (Stamatis, 2003).

FMEA yönteminin temel felsefesini hataların önceden belirlenmesi ile sürekli iyileştirme faaliyetleri oluşturmaktadır. Dolayısıyla FMEA ekibi bu adımları bir döngü içinde uygulayarak her zaman iyileştirme peşinde koşmaktadır (Stamatis, 2003).

Şekil 1. Hata Türleri ve Etkileri Analizi Döngüsü

Kaynak: (Şahin & Topaloğlu, 2021).

FMEA ile organizasyonun ihtiyaçları, maliyetler, müşteriler ve rekabet dikkate alınarak oluşturulan uzun vadeli hedefler her bir hatayı tamamen ortadan kaldırmaktadır. Kısa vadeli hedefler hataları ortadan kaldıramasa bile en az düzeye indirmektedir. (Stamatis, 2003).

4. FMEA YÖNTEMİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

4.1. Avantajları

İyi planlanmış bir FMEA;

- Potansiyel hataları tanımlar,
- Her bir hata türünün nedenlerini ve etkilerini tanımlar,
- Problemlerin takibi ve düzeltici faaliyetlerin uygulanması safhasında yol gösterici olur (Stamatis, 2003; FMEA, 2021).

FMEA, üretim veya süreç analizine yardımcı olarak düzeltici faaliyetlerin özelliklerini belirlemektedir. Böylece kritik veya önemli olan durumları tespit etmede ve kontrol planı oluşturmada yardımcı olmaktadır. Yani süreç aşamasında ortaya çıkacak hataları belirleyerek düzeltici faaliyetlerle ilgili bir plan sunmaktadır. Kalitede süreklilik, daha güçlü rekabet edebilme, yüksek verimlilik ve müşteride güven duygusunu yüksek seviyelerde tutabilme gibi birçok açıdan fayda sağlamaktadır (FMEA, 2021). Bunların yanında FMEA yönteminin kullanımı genel anlamda;

- Ürün veya hizmetin kalitesini ve güvenilirliğini artırması,
- Şirketin imajında artış sağlaması,
- Rekabet avantajını artırması,
- Ürün geliştirme sürecinde zaman ve maliyeti azaltması,
- Müşteri tatminini artırması,
- Ekip çalışmasını geliştirmesi,

- Organizasyon kültürünü artırması gibi avantajları sağlamaktadır (Yılmaz, 2000).

4.2. Dezavantajları

FMEA yönteminin hataların belirlenmesinde birçok fayda sağlamasına rağmen bazı dezavantajları bulunmaktadır (Ouyang, Che, Yan, & Park, 2022; Khasha, Sepehri, & Khatibi, 2013);

- Klasik FMEA yönteminde olasılık, şiddet ve saptanabilirlik aynı öneme sahip olduğu varsayılmaktadır. Fakat gerçekte önem dereceleri değişebilmektedir.
- Olasılık, şiddet ve saptanabilirliğin farklı kombinasyonları aynı RÖS değerine yol açmaktadır. Fakat aynı RÖS değerine sahip hatalar, farklı risk faktörlerine karşılık gelebilmektedir.
- RÖS değeri hesaplanırken olasılık, şiddet ve saptanabilirlik arasındaki olası dolaylı ilişkiler dikkate alınmamaktadır.
- FMEA hesaplamalarında kullanılan üç parametre, hatalara yol açan tüm nedensel faktörleri kapsamamaktadır.

5. SAĞLIK SEKTÖRÜNDE FMEA KULLANIMI

Sağlık sistemlerinde amaç, çalışan ve hasta güvenliğini sağlamak için maruz kalabilecekleri tehlikeleri belirleyerek, riskleri önlemek veya kontrol etmektir. Bu bağlamda sağlık hizmetlerinin kalite ve güvenliğinin iyileştirilmesi de hedefler içinde gösterilmektedir. Bunun için sağlık sistemleri proaktif bir yaklaşım olan FMEA yöntemini tercih etmektedir (Narlı, 2021). Sağlık hizmetlerinde kaliteli hizmetin sağlanabilmesi adına hasta ve çalışanların güvenli bir ortamda bulunmaları birinci önceliktir. Buradan hareketle sağlık sektöründeki ortaya çıkabilecek risklerin eksiksiz tespit edilmesi gerekmektedir.

Sağlık hizmeti sunan organizasyonların FMEA tekniğini kullanmasının temel sebebi, hata riskini azaltması ve süreçlerin performansını artırmadaki başarısını ispatlamış olmasıdır. Bu başarı, sağlık hizmetlerinde hataların oluşma olasılığında azalma ve hasta güvenliğinde artış anlamına gelmektedir (Aydınlı, 2010). Dolayısıyla birinci öncelik olan hasta ve çalışan güvenliği sağlanmış olmaktadır.

Sağlık hizmetlerinde oluşabilecek hatalar, çalışan ve hasta sağlığı açısından risk oluşturmaktadır. Oluşan riskler küçük hasarlara neden olabileceği gibi telafisi olmayan sonuçlara da neden olabilmektedir (Narlı, 2021). FMEA yönteminin amacı, potansiyel hataları belirlemek ve hataların etkilerini değerlendirmek için kullanılarak, hatasız bir sağlık hizmeti sunumu gerçekleştirmektir. Hata türlerinin tanımlanmasını ve bunlarla ilişkili risklerin değerlendirilmesini içermektedir (Xu et al., 2019). Sağlık sektöründe oluşabilecek hatanın en büyük sonucu can kaybı olabilmektedir. Bu nedenle sıfır hata prensibiyle hareket edilmesi gerekmektedir.

Önemli bir erken önleyici faaliyet olarak FMEA, başarısızlıkların ve hataların oluşmasını veya oluşan hataların hastalara ulaşmasını önleyebilmektedir. Dolayısıyla FMEA yöntemi, özellikle önleyici yaklaşım odaklı olması nedeniyle, sağlık hizmetlerinin kalitesinin iyileştirilmesi ve hataların azaltılması için oldukça faydalı bir uygulamadır (Liu, 2019). Ayrıca bir sağlık kuruluşunun FMEA yöntemini kullanması, olumsuz olayların meydana gelmesi sonucunda kuruluşun basitçe tepki vermesi yerine, hataları önleyen bir politika ve prosedürlere sahip olması anlamına gelmektedir (Stamatis, 2019). FMEA ile süreçleri değerlendiren kuruluşlarda

var olan politika sayesinde karşılaşılan olumsuzluklar kısa sürede telafi edilebilmekte ve/veya etkileri minimize edilebilmektedir.

Sağlık sisteminin karmaşık yapısı, FMEA yönteminin uygunluğu ve kolaylığı sebebiyle son yıllarda sağlık hizmetlerinde FMEA yönteminin kullanımında artış olduğu görülmüştür (Liu, 2019). Soykan ve arkadaşları (2014), FMEA yöntemini, kullanıcılara sistemdeki potansiyel hataları derecelendirme fırsatı veren ve öncelikli hatalara karşı önlem alınması gerektiği bilgisini veren bir yöntem olarak açıklamıştır. Ayrıca yapmış oldukları bir çalışmada, sağlık işletmelerinde bulaşıcı hastalıkların risklerinin derecelendirilmesi amacıyla FMEA yönteminin kullanılabilirliğini açıklamışlardır. Bulaşıcı hastalıkları FMEA içerisinde hata türü olarak ele almışlar ve hastalığın olasılığı, şiddeti ve hastalığın tespit edilebilirliği ile RÖS değerine göre bulaşıcı hastalıkları derecelendirerek bir sıralama elde etmişlerdir (Soykan , Kurnaz ve Kayık , 2014). Aksay ve arkadaşları (2012), FMEA yönteminin hasta güvenliğine katkısı üzerine durarak bir kamu hastanesindeki laboratuvar sürecinde bu tekniği kullanmıştır. FMEA yöntemi ile süreçte olumlu yönde gelişmeler sağlanmıştır. Bu çalışma sonucunda hem hasta güvenliği hem de çalışan güvenliği açısından önemli bir teknik olduğunu desteklemiştir (Aksay, Orhan ve Kurutkan, 2012).

Aydın ve arkadaşları (2013), bir hastanede ilaç uygulama hata türlerini ve risk öncelik sırasını FMEA yöntemi ile analiz etmiştir. İlaç uygulamaları hataları risk değerlendirme sonuçlarına göre güvenli ilaç uygulamaları geliştirmek için iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda FMEA yöntemi ile risk öncelik göstergesinde belirgin bir iyileşme olduğu saptanmıştır (Aydın, ve diğerleri, 2013). Chiozza ve Ponzetti (2009), laboratuvar sürecinde FMEA yönteminin kullanımını incelemiştir. Bu inceleme sonucunda FMEA yönteminin hata riskinde çarpıcı bir azalma sağlandığını vurgulamıştır (Chiozza & Ponzetti, 2009). Aynı şekilde Aydan ve Kaya (2017), bir üniversite hastanesinde Klinik Patoloji Laboratuvarı Teknik Süreci'nin yeniden planlamasında, sürece dair riskleri gidermek için FMEA yöntemini kullanmıştır. Çalışma sonucunda, FMEA tekniğinin ortaya koyduğu önleyici faaliyetler dikkate alındığı takdirde sürecin güvenliğinin artırılabilmesine işaret etmiştir. FMEA yönteminin süreçteki potansiyel hataları belirlemede ve bu hataları önlemede faydalı bir metot olabileceği, ayrıca hayati seviyedeki tehlikelerin de azaltılabileceği sonucuna varmıştır (Aydan ve Kaya, 2017).

Narlı, özel bir hastanenin yenidoğan transport ambulansında, çalışan ve hasta açısından kalite ve güvenliğin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi amacıyla FMEA yöntemini kullanmıştır. Yöntem kapsamında tüm hatalar için alınabilecek önlemlerin hasta ve çalışan sağlığı ve güvenliğine katkı sağlayacağı belirtilmiştir (Narlı, 2021). Xu ve arkadaşları (2019), FMEA yöntemini kullanarak radyasyon tedavisinin klinik iş akışındaki gecikmeden sorumlu faktörleri tanımlamış ve değerlendirmiştir. Ayrıca olasılık, şiddet ve saptanabilirlik faktörleri yanında sosyal etki ve ekonomik etki olarak iki yeni değerlendirme faktörü ortaya koymuştur. Bu iki yeni faktör, idari personelden gelen geri bildirimlere dayanarak derecelendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda FMEA yönteminin onkoloji bölümünde ve genel olarak hastanede hataların etkisini değerlendirmede önemli bir teknik olduğunu göstermişlerdir (Xu et al., 2019).

Liu (2019), 1998-2018 yılları arasında yayınlanan, FMEA metodunu uygulayan toplam 153 makaleyi incelemiştir. Bu makaleleri uygulama alanına göre; sağlık hizmetleri süreci, hastane yönetimi, hastane bilişimi ve tıbbi ekipman olarak dört farklı kategoride değerlendirmiştir. Sonuç olarak yöneticilere tıbbi hataların azaltılmasında ve sağlık hizmetlerinin kalitesinin artırılmasında proaktif olarak yardımcı olabilmesi ve sağlık sistemlerinin çeşitliliğinin ve

karmaşıklığının artması nedeniyle, FMEA yöntemine dayalı sağlık hizmetleri risk yönetimi üzerine yapılan araştırmaların hızla artmasının beklendiğini belirtmiştir (Liu, 2019)

6. SONUÇ

1949 yılında ABD ordusu tarafından bir askeri prosedür olarak geliştirilen FMEA, ilk kez 1950'li yıllarda ABD'de bir uçak şirketi tarafından uçuş sistemlerinin kontrolünde kullanılmıştır. Daha sonra NASA tarafından Apollo projesinde güvenlik ve kalite iyileştirmeleri için kullanılmıştır. FORD, Renault ve Citroen otomotiv şirketleri, 1980'den sonra FMEA yöntemi üzerinde değişiklikler yaparak uygulamışlardır. Böylece FMEA metodu otomotiv endüstrisinde yaygınlaşmaya başlamıştır (Narlı, 2021). Sağlık sektöründe ilk olarak 1990'lı yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Güvenli İlaç Uygulamaları Enstitüsü, 1990'lı yılların ortalarında ilaçların dağıtım sürecinde meydana gelen hataları önlemek için FMEA yönteminin kullanılmasını önermiştir (Chiozza & Ponzetti, 2009). 2002 yılında JCAHO, sağlık hizmetlerinde hataların önlenmesinde FMEA yönteminin geçerliliğinin altını çizmiştir (Dağsuyu, Göçmen, Narlı, & Kokangül, 2016). Sanayi alanında başlayıp, hata toleransı sıfır olan sağlık sektörüne uygulanmaktadır. Çok tehlikeli sınıf grubunda yer alan sağlık kuruluşlarında risk değerlendirme konusunda da FMEA'dan faydalanıldığı görülmektedir.

Toplam Kalite Yönetimi anlayışı içinde yer alan FMEA yöntemi, olası hata türlerini tespit edip her bir hatanın etkisini ve bu etkilerin ciddiyetini belirleyerek önleyici faaliyetler ile hataların müşteriye ulaşmadan engellenmesine odaklanmaktadır. Özet olarak "Ne yanlış gidebilir?" ve bir şeylerin yanlış gitmesi durumunda "Bunun ortaya çıkma olasılığı nedir ve sonuçları neler olabilir?" sorularına cevap aramaktadır (Akgün, 2017). FMEA, hataların kaynaklarını yönetebilmek için, hataların temel nedenini belirleme, bunları tespit etme yollarını seçme ve hataların sonuçlarını önleme ya da azaltma konusunda oldukça etkili ve kullanışlı bir araçtır (Chanamool & Neanne, 2016). Bu yöntem, oldukça yüksek değerlerde risk faktörleri içeren sağlık hizmetleri sunumunda da olası tehlikelere karşı strateji belirlemek üzere faaliyet alanı bulmaktadır (Aksay, Orhan ve Kurutkan, 2012). Önlemeye yönelik olan bu analiz hatanın öncesinde tespiti sağlamasından dolayı sağlık hizmet kalitesi açısından oldukça önem teşkil etmektedir.

Literatürde yer alan çalışmalarda, FMEA yönteminin diğer sektörlerde uygulandığı gibi sağlık sektöründe de başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca FMEA yöntemi bir döngü halinde uygulandığı için sürekli iyileştirme faaliyetleri sayesinde sağlık hizmetleri sunumu kalitesinde, hasta ve çalışan güvenliğinin yanında tatmin düzeyinde de artışlar yaşanacağı düşünülmektedir.

FMEA yöntemi, hatanın ortaya çıkmasından sonra gerçekleştirilen düzeltici faaliyetlerden ziyade, hataları önleyici faaliyetlere odaklanmaktadır. Hataların telafisinden ziyade hataların önlenmesine yönelik çalışmaların başlatılmasında FMEA kullanışlı bir araçtır. Fakat FMEA'nın eksik kaldığı durumlar da bulunmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalarda, FMEA yönteminin zayıf yönlerini gidermek için geliştirilmiş yöntemler üzerine çalışmaların arttığı görülmüştür.

Sonuç olarak, sağlık sistemlerinin çeşitliliğinin ve karmaşıklığının artması sebebiyle, tıbbi hataların azaltılmasında ve sağlık hizmetlerinin kalitesinin artırılmasında proaktif olarak yardımcı olan FMEA yöntemine dayalı sağlık hizmetleri üzerine yapılan araştırmaların artması beklenmektedir.

YAZARLARIN BEYANLARI

Katkı Oranı Beyanı: Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır.

Destek ve Teşekkür Beyanı: Çalışmada herhangi bir kurum ya da kuruluştan destek alınmamıştır.

Çatışma Beyanı: Çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması söz konusu değildir.

7. KAYNAKÇA

- Akgün, S. (2017). Hata türleri ve etkileri analizi metodu ve sağlık hizmeti uygulamaları. *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, 4(1), 1-8.
- Aksay, K., Orhan, F. ve Kurutkan, M. (2012). Sağlık hizmetlerinde bir risk yönetimi tekniği olarak FMEA: Laboratuvar sürecine yönelik bir uygulama. *Sağlıkta Performans ve Kalite Dergisi*, 4(2), 121-142.
- Arslan, N. ve Kılıç Delice, E. (2021). HTEA Tabanlı KEMIRA-M Yöntemi ile Sağlık Sektöründe Risk Değerlendirme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Özel Sayı 28, 853-862.
- Aydan, M. ve Kaya, S. (2017). Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA): Üniversite Hastanesinde Bir Uygulama. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 20(4), 475-502.
- Aydın, G., Gökçe, Ö., Erbeyin, H., Arslan, S., İlbay, E., Aycan, İ., Gürhan, M., Atik, F., Döşeme, G., Erdem, H. ve Soylu, D. (2013). İlaç Uygulama Hataları: Bir Hastanede HTEA Tekniği Kullanılarak Yürütülen Sistem İyileştirme Çalışması. *Sağlıkta Performans ve Kalite Dergisi*, 5(1), 17-41.
- Aydınlı, C. (2010). Sağlık kuruluşlarında risk değerlendirme ve bir üniversite hastanesinde risk azaltma çalışması [Yüksek Lisans Tezi]. Uludağ Üniversitesi.
- Chanamool, N., & Neanne, T. (2016). Fuzzy FMEA application to improve decision-making process in an emergency department. *Applied Soft Computing*, 43, 441-453.
- Chiozza, M. L., & Ponzetti, C. (2009). FMEA: a model for reducing medical errors. *Clinica Chimica Acta*, 404(1), 75-78.
- Çevik, O. ve Aran, G. (2009). Kalite iyileştirme sürecinde hata türü etkileri analizi (Fmea)* ve piston üretiminde bir uygulama. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 8(16), 241-265.
- Dağsuyu, C., Göçmen, E., Narlı, M., & Kokangül, A. (2016). Classical and fuzzy FMEA risk analysis in a sterilization unit. *Computers & Industrial Engineering*, 101, 286-294.
- Derosier, J., Stalhandske, E., Bagian, J. P., & Nudell, T. (2002). Using health care failure mode and effect analysis™: the VA National Center for Patient Safety's prospective risk analysis system. Using health care failure mode and effect analysis™: the VA National Center for PaThe Joint Commission Journal on Quality Improvement, 28(5), 248-267.
- FMEA.(2021). FMEA. fmea.com.tr: <https://www.fmea.com.tr/tr/> adresinden 5 Aralık 2022 tarihinde alınmıştır.

- Liu, H.-C. (2019). Improved FMEA methods for proactive healthcare risk analysis. Singapore: Springer.
- Narlı, M. (2021). Yenidoğan Bebek Transport Ambulansı Risk Analizi: HTEA Yöntemi ile Bir Uygulama. Afet ve Risk Dergisi, 4(2), 145-162.
- Soykan , Y., Kurnaz , N. ve Kayık , M. (2014). Sağlık işletmelerinde hata türü ve etkileri analizi ile bulaşıcı hastalık risklerinin derecelendirilmesi. Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi, 6(1), 172-183.
- Stamatis, D. (2003). Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution (2. Baskı). Milwaukee: Quality Press.
- Stamatis, D. H. (2019). Risk management using failure mode and effect analysis (FMEA). Milwaukee, Wisconsin: Quality Press.
- Şahin, M. E. ve Topaloğlu, İ. (2021). Endüstri 4.0'm İş Sağlığı ve Güvenliğine Katkıları ve Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) Risk Değerlendirme Metoduyla Ambulansta Bir İnceleme. Takvim-i Vekayi, 9(2), 66-94.
- Xu, Z., Lee, S., Albani, D., Dobbins, D., Ellis, R. J., Biswas, T., Machtay, M., & Podder, T. K. (2019). Evaluating radiotherapy treatment delay using Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Radiotherapy and Oncology, 137,102-109.
- Yılmaz, B. (2000). Hata Türü ve Etki Analizi. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2(4), 133-150.