

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ YÖNTEMİNİN KONFEKSİYON SEKTÖRÜNDE UYGULANMASI

*Emine Rümeyşa EREN** 
*Oktaç PAMUK*** 

Alınma: 05.05.2020; düzeltme: 10.10.2020; kabul: 13.10.2020

Öz: Tekstil ve konfeksiyon sektöründe, ürün kalitesi ve üretim süreçlerinin güvenilirliği oldukça önemlidir. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) yöntemi, işletmelerde uygulama sonucu kalite standardının ve müşteri memnuniyet düzeyinin yükselmesini sağlamaktadır. HTEA, üretim süreçlerini analiz etmekte, başarısızlıkları ve hataları önlemek amacıyla riskleri değerlendirmektedir.

Bu çalışmada, konfeksiyon sektöründe faaliyet gösteren bir üretici firmada, numune onay süreci aşamasında HTEA yöntemi kullanılmıştır. HTEA uygulanmasında sistemdeki hata karmaşıklığını belirlemek için hata ağacı analizinden faydalanılmıştır. Numune onaylarında kalite ve müşteri memnuniyetini artırmak amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Analiz sonucunda, numune onay sürecinde en fazla zaman kaybına neden olan hatalar büyükten küçüğe doğru risk öncelik gösterge (RÖG) değerlerine göre sıralanmıştır. En büyük RÖG değerine sahip olan hataların müşteri temsilci olarak çalışanların teknik bilgi yetersizliği, bölümler arası ekip çalışmasının zayıflığı ve eksik bilgi akışından kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, firmada çeşitli iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. 13 adet hata faktöründen 12'sinin RÖG değerleri 40'ın altına indirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: HTEA, RÖG, Alternatif çözüm, Konfeksiyon numunesi onay süreci, Kalite iyileştirme, Süreç analizi

Application of Failure Mode and Effect Analysis in Apparel Industry

Abstract: The product quality and the reliability of the processes are very important in the textile and apparel sector. The Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) method ensures that the quality standard and customer satisfaction level increase as a result of the application in the enterprises. The FMEA analyzes the production processes and evaluates risks to prevent failures and errors.

In this study, FMEA method was used in the sample approval process in a manufacturer company operating in the apparel industry. Fault Tree analysis is used to determine the error complexity in the system in the application of FMEA. Researches have been made in order to increase quality and customer satisfaction in sample approvals. As a result of the analysis, the errors that cause the most time loss in the sample approval process are listed in descending order according to the risk priority number (RPN) values. It has been determined that the errors that have the greatest RPN value are the lack of technical knowledge of merchandisers, the weakening of the teamwork between the departments and the lack of information flow. According to the results obtained; various improvement activities have been carried out. The RPN values of 12 of the 13 error factors have been reduced to below 40.

Keywords: FMEA, RPN, Alternative solution, Apparel sample approval process, Quality improvement, Process analysis

* Marmara Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Göztepe Kampüsü No:157, 34722 Kadıköy/İstanbul

** Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü 35100 Bornova/İzmir

İletişim Yazarı: Emine Rümeyşa EREN (rumeysa.eren@marmara.edu.tr)

1. GİRİŞ

Küresel ve ulusal rekabet koşullarında işletmeler açısından kalite ve kalite iyileştirme faaliyetleri, konfeksiyon sektöründe kalıcı başarı sağlayabilmek için büyük rol oynamaktadırlar. Kalite iyileştirme; ürün ve/veya hizmet kalitesini olumsuz etkileyen faktörleri tespit etmek ve ortadan kaldırmak ile müşteri memnuniyet seviyesini artırmak için yapılan çalışmalardan oluşan süreçtir. Kalite iyileştirme faaliyetleri; üretim maliyetlerini azaltmada, müşteri istek ve taleplerini karşılamada konfeksiyon işletmelerine büyük katkı sağlamaktadırlar. Kalite iyileştirme faaliyetleri süresince düzenli bir plan uygulayan işletmeler sırasıyla; üretimde ortaya çıkan hataların periyodik analizi, hataların yok edilmesi, risklerin değerlendirilmesi ve önlem alınması aşamalarından geçmektedirler. İşletmeler iyileştirme faaliyetleri sayesinde ürün hata maliyetini azaltmayı; işletme, işçi ve ürün güvenilirliğine katkı sağlamayı hedeflemektedirler (Çevik ve Aran, 2007; Yuen vd., 2008).

Günümüzde işletmeler, kalite iyileştirme süreçlerinde çeşitli yöntemler kullanmaktadırlar. İşletmeler, tüm üretim birimlerini kapsayan süreç iyileştirme ve geliştirme çalışmalarına daha fazla sermaye ayırmakta ve detaylı araştırmalar yapmaktadırlar. Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) yani; Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) kavramı, süreç iyileştirme araştırmalarının ve Toplam Kalite kavramının bir sonucu olarak ortaya çıkmış ve tüm sektörlerde hataların meydana gelmeden önlenmesine yönelik uygulamaya alınmış bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Baysal vd., 2002; Yakıt, 2011).

Bu çalışmada, konfeksiyon sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede HTEA metodu uygulanarak üretim öncesi numune onay süreci aşamasında kalite ve müşteri memnuniyetini artırmaya yönelik çalışmalar ve iyileştirme faaliyetleri yapılmıştır.

2. HTEA KAVRAMI

Üretim verimliliği, işletme yönetimi açısından gelişen ve büyüyen rekabet ortamında önemli konular arasında yer almaktadır. İşletme faaliyetlerinin kalite ve güvenilirliğinin artması iş akışı sürecince üretim verimliliğinin yükselmesine katkı sağlamaktadır. İş akışı sürecinde bir veya birden fazla bölümde hata meydana gelmesi üretim programını aksatacak gecikmelerin yaşanmasına neden olmaktadır. İşletmeler, üretim sürecindeki olası hata kaynaklarını tanımlamak, önleyebilmek ve üretim verimliliğini arttırmak için bilimsel yaklaşımların kullanılmasına daha fazla ilgi göstermektedirler (Pazireh vd., 2017).

Mühendislik yaklaşımı, ürün geliştirme ve operasyon yönetim prosedürü olan HTEA; bir sistemin potansiyel hata türlerini analiz etmek için hataları olasılıklarına ve benzerliklerine göre sınıflandıran faydalı ve güçlü bir araçtır. HTEA, işletmelerde müşterilerin talep ve beklentilerini karşılamak amacıyla nihai ürünün son kullanıcı beğenisine sunulmadan önce tasarım, sistem, servis ve tüm iş akışı süreci aşamaları boyunca olası hataları tespit ederek ortaya çıkmadan önlenmesi, ürün kalitesinin artırılması ve üretim süreç güvenliğinin sağlanmasında kullanılan bir yöntem olarak tanımlanmaktadır (Chiu vd., 2018 ve Yakıt, 2011). Bu yöntem planlama, deneme, geliştirme ve kontrol aşamalarında sistem, iş akışı ve ürünlerdeki potansiyel hataları saptamak için kullanılmaktadır. Hataların önem derecelerinin tespiti, değerlendirilmesi ve önlenmesi için gerekli iyileştirme çalışmalarının yapılmasını sağlamaktadır. Temel prensip, hatalar sonucu oluşacak sorunların son kullanıcıya olan etkilerini, kullanıcı bakışıyla analiz etmektir. Analiz kapsamında son kullanıcı olarak işletme iş akışı içerisindeki bir sonraki bölüm, faaliyeti yapacak kişi, firma müşterisi veya ürün son tüketicisinin bakış açısı değerlendirilmektedir (Baysal vd., 2002).

HTEA yöntemi, ilk kez 1960'larda havacılık sektörüne yönelik güvenlik gereksinimleri karşılamak için bir tasarım yöntem bilimi olarak geliştirilmiştir. Günümüzde bu yöntem havacılık, otomotiv ve nükleer başta olmak üzere çeşitli endüstrilerde ürün güvenliği, işletme güvenliği, tasarım ve süreç değişiklikleri, alternatif malzeme bulma, kalite kontrol ve muayene ölçütlerini

yeniden değerlendirme gibi alanlarda karar verme aracı olarak yoğun kullanılmaktadır (Sankar ve Prabhu, 2001; Milli, 2015).

HTEA yönteminin tekstil ve konfeksiyon sektöründe uygulanmasına yönelik çeşitli çalışmalar yer almaktadır. Yücel (2007), bir konfeksiyon işletmesindeki dikim hatalarını gidermeye yönelik 12 hafta boyunca üretim sürecinde HTEA yöntemini uygulamıştır. İşletmenin denim pantolon üretim hattında %4,1, gömlek üretim hattında %5,2'lik bir dikim hatası azalması sağlanmış, hata giderme zamanında 966,3 dakikalık bir kazanç elde edilmiştir. Yakıt (2011), HTEA uygulamasındaki risk öncelik sayısının (RÖS) hesaplanmasında kullanılan yöntemlerin detaylı bir biçimde ortaya konulması üzerinde çalışmıştır. Gamateks Tekstil San. ve Tic. A.Ş.'de gerçekleştirilen HTEA uygulaması sonucu elde edilen sonuçlar, RÖS hesaplama yöntemlerinin farklılıklarını, avantajlarını ve dezavantajlarını ortaya koymuştur. Özyazgan ve Engin (2013), bir örme işletmesinde karşılaşılan hataların, hata olasılıkları, şiddet değerleri ve keşfedilebilirlik değerlerini Proses HTEA çalışması ile hesaplamışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda işletmede karşılaşılan kritik hataların örme makinası kaynaklı; delik sayısı, uçuntu, kırık iğne, lycra kaçığı, platin izi, enine band ve lycra kesiğı olduğu tespit edilmiş ve ayrıca işçilerin eğitimi ve çalışma koşullarının iyileştirilmesi hataları önlemede kritik faktörler olarak belirlenmiştir. Kaewsom ve Rojanarowan (2014), iplik eğirme çekme işleminde kırık filament kusurlarından kaynaklanan hatalı oranını azaltmak için HTEA yöntemini kullanmışlardır. İyileştirmeden sonra, kırık filament kusurlarından kaynaklanan kusur oranı %3,35'ten %1,76'ya düşmüştür. Özyazgan (2014), bir dokuma kumaş üretimi yapan tekstil işletmesinde karşılaşılan hataların Proses HTEA çalışması ile hata olasılıkları, şiddet değerleri ve keşfedilebilirlik değerlerini hesaplamıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda hataların dokuma makinası ve personel kaynaklı olduğu ve hata olasılıkları yüksek olanların çözgü kopuşları ile çift atkı hataları olduğu tespit edilmiş ve işletmede karşılaşılan kritik hataların; atkı kaçığı, çözgü kaçığı, sepet, yağ lekesi, tefe, taras, ayak kaçığı, çift atkı ve havlı atkı olduğu belirlenmiştir. Sabır ve Bebekli (2015), tekstil boya terbiye işletmesinde HTEA tekniğini uygulamışlardır. Çalışma sonucunda işletmede risk önceliğı olan mekanik kırık, yağ pas lekesi ve boya kırığı olmak üzere üç hata/kusur türü tespit edilmiştir ve önleyici faaliyetlere karar verilmiştir. Küçük ve diğ. (2016), konfeksiyon kesimhane departmanında 1 yıl süre ile inceleme yapmış ve kesim süreci sırasında karşılaşılan hataları, HTEA ile sınıflandırılarak kaynaklarını tespit etmişlerdir. Araştırma sonucunda kesimhane departmanında tespit edilen 18 farklı hatadan 8 tanesinin değeri RÖS>100 olarak hesaplanarak çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Ünal ve Acar (2016), denim üretimi yapan bir hazır giyim firmasının kalite kontrol bölümünde karşılaşılan hataları gözlemlemişler ve HTEA yöntemine göre analiz etmişlerdir. Risk öncelik gösterge (RÖG) değeri yüksek olan hatalar; dikiş hataları, etiketleme hataları, kemer tutuculardaki hatalar ve perçinler üzerindeki hatalar olduğu tespit edilmiştir. Pazireh ve diğ. (2017), HTEA yaklaşımını, hazır giyim üretim hatlarında bir kalite kontrol sistemi tasarlamak ve uygulamak, olası zorlukları belirlemek ve sıralamak, son olarak kalite kontrol istasyonlarına doğru komutları vermek için benimsemişlerdir. Veriler orta ölçekli bir konfeksiyon fabrikasından toplanarak HTEA tarafından uygulamaya konulmuş ve daha sonra simülasyon tabanlı optimizasyon tekniğı kullanılarak üretim verimliliğinin iyileştirilebilirliğı analiz edilmiştir. Simülasyonun sonuçları, ürün kusurlarında, yeniden işlemede ve toplam üretim maliyetinde önemli bir düşüş olduğunu göstermiştir. Bilişik (2018), bir tekstil fabrikasında iplik üretimi, dokuma ve boyahane bölümlerinde 10 ay boyunca HTEA çalışması gerçekleştirmiştir. Beyin fırtınası ve neden-sonuç diyagramları kullanarak olası başarısızlıkları, etkileri ve başarısızlıkların nedenleri belirlenmiştir. HTEA yöntemi ile süreçte meydana gelen kritik potansiyel hata türleri önceliklendirilmiştir. Hataların ve üstlenilen faaliyetlerin nedenleri arasında ana sorun olarak çalışanların bilgi eksikliğı ve standardizasyon dışı süreç tespit edilmiştir. Makine ve aparat periyodik kontrolü süreleri iyileştirilmiştir. İyileştirme sonrası iplik üretim kısmında %25 kalite artışı, dokuma kısmında %34,5 ve boyahane %39 başarı elde edilmiştir. Tekez (2018), ideal çözüme benzerlik yoluyla sipariş tercihi için bulanık teknik (TOPSIS) kullanarak örme sürecinde HTEA gerçekleştirmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara

göre, genellikle örgü makinesinin ayarlarının doğru yapılmamasından kaynaklan merdane atma hatası, yağ lekesi, ölçüm eşitsizliği, dokuma hatası, delik sayısı, desen hatası ve iplik kopması en kritik hatalar olarak belirlenmiştir. Hataları gidermek için; fabrika içi eğitimlerin sayısının ve kalitesinin artırılması, sürekliliğinin sağlanması ve düzenli makine bakımlarının yapılmasının önemi vurgulanmıştır. Mutlu ve Altuntaş (2019), entegre bir firmada ring iplik üretim sürecini analiz etmek için HTEA ve hata ağacı analizine (FTA) dayalı bir yaklaşım önermişlerdir. İplik üretim departmanında toplam 57 adet tehlike temel nedeni belirlenmiştir. Tehlikenin temel nedenlerine ilişkin arızalar FTA tarafından incelenmiş ve bu tehlikelere karşılık gelen riskler HTEA tarafından önceliklendirilmiştir. Önerilen FTA-HTEA yaklaşımından elde edilen sonuçlar, karar vericilerin ve mühendislerin uygulamada hem iş sağlığı hem de güvenlik açısından tehlike ve risklerin sayısını kolayca azaltabileceğini göstermiştir. Nupu ve diğ. (2020), hazır giyim endüstrisinde Hintli baskı patı tedarikçilerini seçmek için HTEA ve Taguchi kayıp fonksiyonunu (TLF) kullanarak baskı işlemi performans değerlendirmesi ve iyileştirmesi üzerinde çalışmışlardır. Küçük ve orta ölçekli tedarikçilerin blok baskı sürecini geliştirmek için kusurları en aza indirmeyi amaçlamışlardır. Mevcut gerçeklik ağacı (CRT), analitik hiyerarşi süreci (AHP), TLF ve HTEA yöntemleri kullanılmıştır. HTEA, her bir temel nedene karşı alınan tüm iyileştirme girişimlerinin uygulanabilirliğini sağlamak için kullanılmıştır.

2.1. HTEA Ölçütleri

HTEA nitel ve nicel öğeleri içermesi ve riski üç çarpanla değerlendirmesi ile risk analiz yöntemleri arasında kendini fark ettirmektedir (Milli, 2015).

HTEA yöntemi;

- Hataların ayrı ayrı sebep ve gösterdiği etkiyi belirlemektedir.
- Oluşabilecek gizli hataları tanımlamaktadır.
- Olasılık, şiddet ve keşfedilebilirlik değerlerine göre hatalar arası öncelik sıralaması oluşturmakta ve değerlendirmektedir.
- Problemleri takip etmekte ve öneyici işlemlerin yapılmasını sağlamaktadır (Demirel, 2012).

HTEA yönteminde risk önceliği tespitinde kullanılan üç girdi faktörü bulunmaktadır. Hataya ait bu girdi faktörleri; meydana gelme durumu için olasılık, etki için şiddet ve saptama için keşfedilebilirlik olarak belirlenmektedir. Bu üç girdi kullanılarak her hata için risk öncelik göstergesi hesaplanmaktadır (Chang ve Sun, 2009; Lolli vd., 2016).

- Olasılık (frekans); hatanın ortaya çıkması, muhtemel hata sebebinin oluşması ve ürün kullanım ömrü içerisinde hata oluşma ihtimalini ifade etmektedir.
- Şiddet (ağırlık); hatanın müşteri üzerindeki etkilerinin önem değeri ve ciddiyeti olarak tanımlanmaktadır. Şiddet sıralaması, müşteriyle ilgili olarak, sadece ürün tasarımının aksiyonları tarafından değiştirilebilmektedir. Bu sıralama imalat kontrollerinden etkilenmemektedir. Şiddet sadece hatanın etkisine dayanmaktadır ve bütün potansiyel hata sebepleri hatanın belirli bir etkisi için en az aynı ağırlık sıralamasını almaktadır.
- Keşfedilebilirlik (tespit/fark etme); mevcut kontrollerde meydana gelen hatanın tespit edilerek engellenmesini gösteren zorluk derecelendirilmesini ifade etmektedir.
- Risk öncelik göstergesi (RÖG); belirlenen risk faktörlerinin meydana gelme olasılığı, şiddeti ve fark edilebilirlik değerinin önceden belirlenen bir sayı aralığında atanan değerleri alınarak, yapılacak işlemler sonrası hesaplanan sayısal değeri ifade etmektedir. $RÖG = Olasılık \times Şiddet \times Keşfedilebilirlik$ formülü ile hesaplanmaktadır. RÖG değeri 1 ile 1000 arasında değişmektedir. Bu değer ile düzeltilecek hataların öncelik sırası belirlenmekte ve sırasıyla RÖG değerini 1'e doğru getirebilecek iyileştirici faaliyetler planlanmaktadır (Baysal vd., 2002; Demirel, 2012; Milli, 2015).

HTEA yönteminde girdi faktörleri değer analizleri için Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3 kullanılmaktadır. Tablo 1’de olasılık faktörü için hata oluşma ihtimali değeri ve oranları gösterilmektedir. Tablo 2’de şiddet faktörü için hatanın etki durumu, değeri ve kriterleri gösterilmektedir. Tablo 3’te keşfedilebilirlik faktörü için hata saptanma durumu, değeri ve kriterleri gösterilmektedir (Kocakoç, 2016; Vinodh ve Santhosh, 2012).

Tablo 1. HTEA olasılık değeri

HTEA Olasılık Değeri Tablosu	Olasılık	Değeri	Oran
	Yok gibi	1	$\leq 1/1.500.000$
	Çok düşük	2	1/150.000
		3	1/15.000
	Orta	4	1/2.000
		5	1/400
		6	1/80
	Yüksek	7	1/20
		8	1/8
	Çok yüksek	9	1/3
10		$>1/2$	

Tablo 2. HTEA şiddet değeri

HTEA Şiddet Değeri Tablosu		
Etki	Değeri	Kriter
Çok düşük: Müşteri hatadan haberdar değildir. Servis ve ürün üzerinde göz önünde bulundurulacak bir etki yoktur.	1	Hata fark edilmeyecek derecede bir etki yaratmaktadır.
Az: Müşteri üzerinde çok az bir tatminsizlik yaratacak hatadır. Müşteri ürünün ya da servisin çok az da olsa bozulduğunun farkındadır.	2-3	Çok küçük bir tatminsizlik vardır. Müşteri muhtemel olarak servis veya üründeki küçük derecedeki bozulmayı fark etmeyecektir.
Orta: Hata biraz tatminsizlik yaratmıştır. Müşteri de bu hatadan rahatsızdır. Ekipmanda tamir ve hasarlara yol açabilir.	4-5-6	Müşterinin hatadan etkilenme durumu oldukça yüksektir. Tatminsizlik derecesi ortadır. Dikkate değer performans kaybı vardır.
Yüksek: Müşterinin yüksek derecede tatminsizliği vardır. Ürünün herhangi bir şekilde düzeltilmesi mümkün değildir. Proseste ve serviste bozulmalar meydana gelir.	7-8	Müşteri hatadan yüksek derecede etkilenmiştir. Güvenlik ve idarenin kontrolü kaybolmuştur.
Çok yüksek: Hata meydana geldiğinde çok yüksek bir şiddet yapar. Güvenlik ve idare kontrolsüzdür.	9-10	Çok yüksek bir şiddetin etkisiyle güvenlik ve idarenin kontrolünden söz edilemez.

Tablo 3. HTEA keşfedilebilirlik değeri

HTEA Keşfedilebilirlik Değer Tablosu		
Keşfedilebilirlik	Değeri	Kriter
Kesin gibi	1	Hata kolaylıkla keşfedilir. Hata güvenilirliği: %99,99 (1/10.000)
Çok yüksek	2	Hata açıkça bellidir. Hata güvenilirliği: %99,80 (1/5.000-1/500)
Yüksek	3	
Orta dereceli yüksek	4	
Orta	5	
Düşük	6	Hata orta derecede bilinir. Hata güvenilirliği: %98 (1/200-1/50)
Dikkate değmez	7	
Hiç dikkate değmez	8	Hata yüksek kontrollerle bilinir. Hata güvenilirliği: %99,99 (1/20)
Uzak ihtimal	9	
Mümkün değil gibi	10	Hata güvenilirliği: %90'nın altındadır. (En yüksek 1/10)

Risk önceliği tespiti için Tablo 4 kullanılmaktadır. Hataları önleme ve düzeltme kararları vermek için RÖG sayısının bulunduğu aralığa bakılmaktadır (Kocakoç, 2016; Vinodh ve Santhosh, 2012).

Tablo 4. RÖG değer aralığı

RÖG<40	Önlem alınmasına gerek bulunmamaktadır.
40 ≤RÖG≤100	Önlem alınması fayda sağlayacaktır.
RÖG>100	Önlem alınması zorunludur.

Hesaplanan RÖG değerleri dikkate alınarak iyileştirme yapılacak hata ve riskler arasında öncelik sıralaması belirlenmektedir ve ortadan kaldırma çalışmaları uygulanmaktadır. RÖG değeri büyüdükçe hatanın zarar verme olasılığı büyümektedir. RÖG değerinin en aza indirilmesi için işlem sırası değişikliği, tasarım veya makine değişikliği, yeni veya ek kalite kontrol noktalarının oluşturulması, talimatlar ve prosedürlerin incelenmesi ve işçilerin eğitimi gibi iyileştirici ve düzeltici önlemler en kısa zamanda hızlıca faaliyete geçirilmektedir (Milli, 2015, Özbunar, 2015). Aynı RÖG puanına sahip hatalar arasında ilk olarak şiddet ardından keşfetme değeri yüksek olan değerlendirilmektedir. Şiddet hatanın etkisini gösterdiği için şiddeti yüksek olan hata öncelikli kabul edilmektedir. Hatanın müşteriye ulaşma durumunda ise keşfetme değeri olasılık değerinden daha fazla önem taşımaktadır (Milli, 2015; Küçük vd., 2016).

2.2. HTEA Aşamaları

HTEA yöntemi uygulamasında mevcut ve oluşabilecek hataları önlenme hedefine ulaşma süreci tahmin ve kabuller ile başlamaktadır. Verimli tahmin ve kabuller son kullanıcıda hata ortaya çıkmaması açısından önem taşımaktadır. HTEA yöntemi uygulama aşamaları aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır.

1. Analiz yapılma amacı ve uygulama düzeyleri için HTEA planlaması yapılmaktadır.
2. HTEA yönteminin uygulanabilmesi için ihtiyaç olan kurallar ve kriterler tespit edilmektedir.
3. Faaliyet ve çevre etkileşimi için sistem analizi yapılmakta ve işlem aşamaları belirlenmektedir.
4. Uygulamada karmaşıklığı belirlemek için beyin fırtınası, hata ağacı analizi, analitik hiyerarşi süreci gibi problem tespiti ve sorun çözme teknikleri kullanılmaktadır.
5. Süreç içerisindeki faaliyetlerin birbiri arasındaki bağlantılar tespit edilmektedir.
6. Ortaya çıkma ihtimali olan hata çeşitleri tanımlanmaktadır.
7. Hataların olasılık, şiddet ve keşfedilebilirlik etkileri ve değerleri hesaplanmaktadır.
8. Risk önceliği tespiti için RÖG değeri hesaplanmaktadır.
9. Hataları önlemek ve düzeltme kararları vermek için RÖG öncelik sıralaması ile hatalar listelenmektedir. Değerler büyükten küçüğe doğru sıralanarak hata öncelik listesi belirlenmektedir.
10. İhtiyaç olan düzeltici işlemler ve uygulanması gereken çözümler belirlenmektedir.
11. Her bir hata için yok etme, önleme ve kontrol faaliyetleri tanımlanmaktadır.
12. Önerilen önleyici faaliyetlerin olasılık, şiddet ve keşfedilebilirlik etkileri, değerleri ve RÖG sayıları hesaplanmaktadır.
13. Sonuçlar rapor olarak kaydedilmektedir (Yücel, 2007; Eryürek ve Tanyaş, 2003).

HTEA uygulanmasında tüm çalışma için analiz formu kullanılmaktadır. Tablo 5'te gösterilen HETA formuna hata türlerine göre girdi faktörlerinin tespit edilen olasılık, şiddet ve keşfedilebilirlik değerleri ve hesaplanan RÖG sayıları kaydedilmektedir (Eryürek ve Tanyaş, 2003).

Tablo 5. HTEA formu

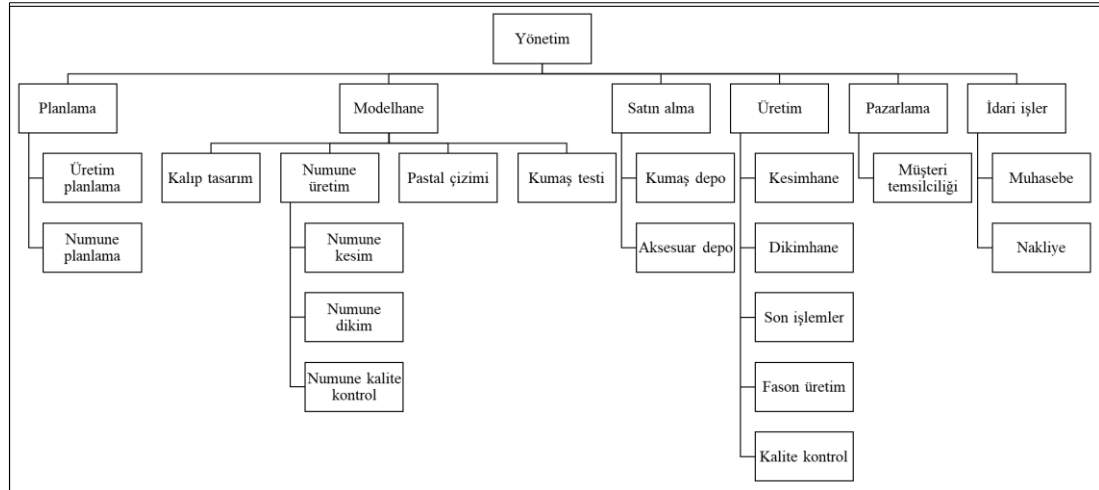
HATA TÜRÜ ve ETKİLERİ ANALİZ FORMU														
Ürün: _____				Proje No: _____										
Çalışma Tarihi: _____				Ürünün Planlanan Üretim Tarihi: _____				Hazırlayan: _____		Ekip: _____				
Onay: _____														
Hata Türü	Etkiler	Sebepler	Mevcut Kontrol	Mevcut Durum				Öneriler	Sonuç					Sorumlu
				Olasılık	Şiddet	Keşf.	RÖG		Yapılan	Olasılık	Şiddet	Keşf.	RÖG	

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

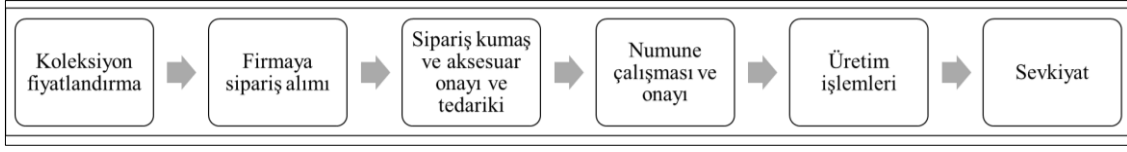
Bu çalışmada, numune onay sürecindeki faaliyetlerin iyileştirilmesi, kalite ve müşteri memnuniyetinin artırılmasına yönelik araştırmalar yapılmıştır. İzmir’de faaliyet gösteren bir konfeksiyon firmasıyla birlikte çalışılmıştır. Konfeksiyon firması dokuma dış giyim alanında kadın, erkek ve çocuk ürün gruplarında ihracat ve yurtiçi fason üretim yapmaktadır. Firma, özellikle ihracat grubundaki müşterileri için kalite ve müşteri memnuniyetine oldukça önem vermektedir. Bu kapsamda, müşteri memnuniyetsizliğine neden olabilecek hataları tespit edebilmek için üç aylık bir dönem boyunca firma çalışma sistemi takip ve analiz edilmiştir.

Firmanın bölümleri ve organizasyon sistemi incelenmiştir. Şekil 1’de firma bölümleri gösterilmiştir. Şekil 2’de müşteri siparişi için firma iş akışı gösterilmiştir.



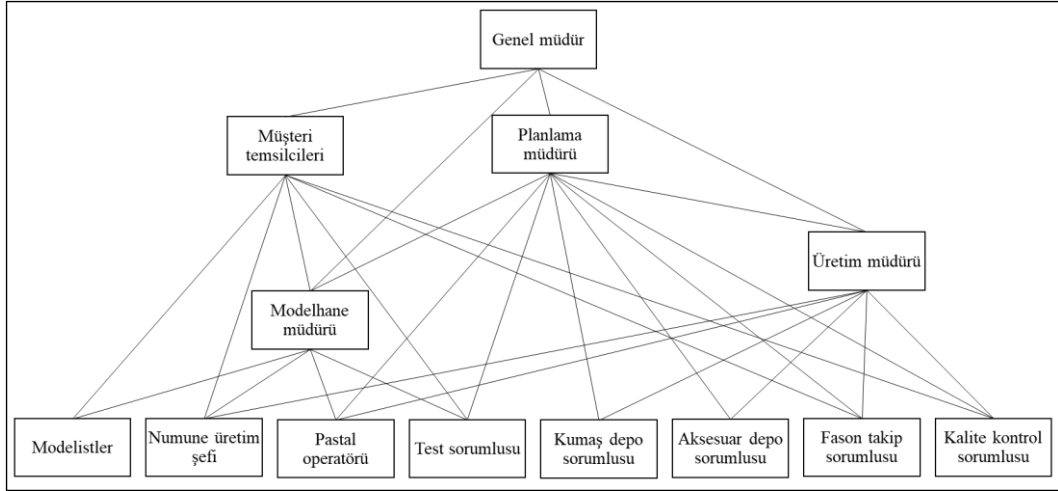
Şekil 1:

Konfeksiyon firmasının bölümleri



Şekil 2:
Konfeksiyon firması sipariş iş akışı

Şekil 3'te firma organizasyon sistemi gösterilmiştir. Firma içinde bölümler arası çoklu hat organizasyon sisteminin hâkim olduğu görülmektedir. Modelhane bölümünün tüm bölümler ile yoğun bir ilişkisi bulunduğu dikkat çekmektedir.

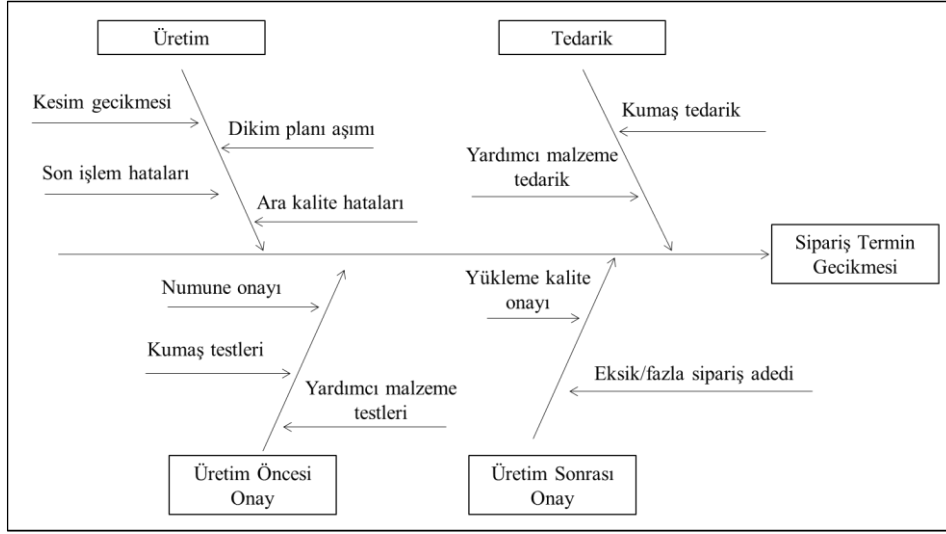


Şekil 3:
Konfeksiyon firmasının organizasyon sistemi

3.2. Yöntem

Bu çalışmada, konfeksiyon firmasının numune onay sürecindeki zaman kayıplarının nedenlerini bulmak, riskleri değerlendirmek ve çözüm önerilerinde bulunmak için HTEA metodu kullanılmıştır. HTEA uygulanmasında sistemdeki hata karmaşıklığını belirlemek için hata ağacı analizinden faydalanılmıştır.

Firma iş akışında sipariş terminini etkileyen hata türlerinin olası sebeplerini tanımlamak için firmanın yetkilisi ve bölüm sorumluları ile beyin fırtınası çalışmaları yapılmıştır. Beyin fırtınası toplantılarına genel müdür, planlama müdürü, üretim müdürü, modelhane müdürü ve iki müşteri temsilcisi katılmıştır. Beyin fırtınası sonucu ortaya çıkan problemler hata ağacı analizi kullanılarak alt sebeplerine ayrılmıştır. Şekil 4'te sipariş termininin gecikmesine neden olan faktörler gösterilmiştir.

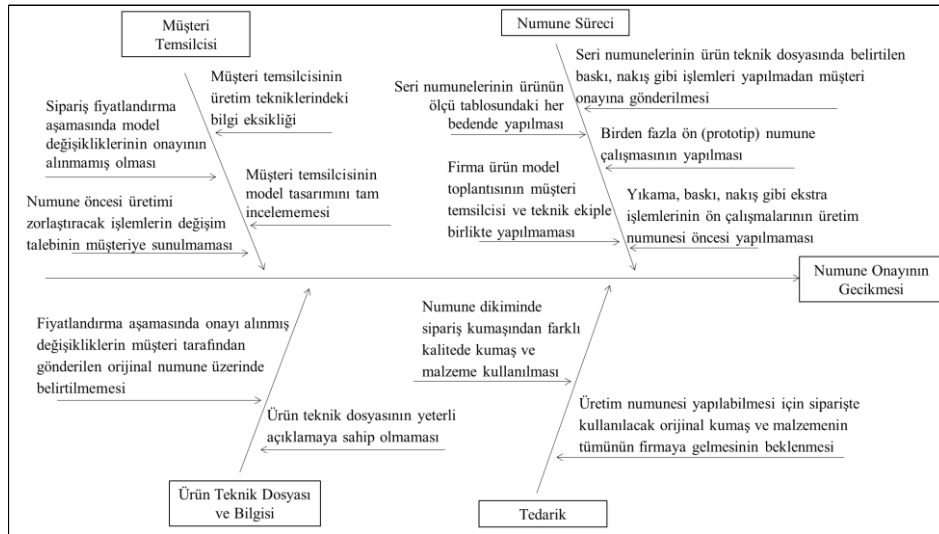


Şekil 4:

Sipariş terminini etkileyen faktörlerin hata ağacı yöntemi ile gösterilmesi

Firma, kumaş ve yardımcı malzeme-aksesuar onayı sürecinde yapılan testler için müşterisine bağlı çalışmaktadır. Kumaş ve malzeme testleri müşteri bünyesindeki laboratuvarında yapılmaktadır ve bu durum üretici firmadan bağımsız olarak ilerlediğinden test süresindeki herhangi bir kayıp zaman sipariş termin tarihine ilave edilebilmektedir. Kumaş, yardımcı malzeme-aksesuar tedariklerinde herhangi bir gecikme olması durumunda, gecikmeden kaynaklı maddi zarar malzeme tedarik firmasına yansıtılmaktadır. Üretim esnasındaki bir gecikme, fazla mesai ve fason atölye desteği ile çözülmektedir. Üretim sonrası yükleme kalite onayı müşteri kontrolünde olmaktadır. Bu faktörlerin dışında işletmeyi en fazla zaman kaybına uğratan numune onayı süreci olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle numune onay süreci için beyin fırtınası toplantısı ve analiz yapılmıştır.

Numune onayının gecikmesine neden olan faktörler Şekil 5’te hata ağacı analizi kullanılarak alt sebeplerine ayrılmıştır. Ardından tespit edilen 13 faktör HTEA yöntemine göre değerlendirilmiştir.



Şekil 5:

Numune onay sürecini etkileyen faktörlerin hata ağacı yöntemi ile gösterilmesi

4. BULGULAR

Hata türlerinin ayrı değerlendirilmesi için tüm hatalar HTEA formuna işlenmiştir. Her bir hatanın RÖG değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan sonuçlar RÖG değer aralığına göre konumlandırılmıştır. Tablo 6'da HTEA formuna işlenmiş hatalar ve değerleri gösterilmiştir.

Tablo 6. HTEA Formu

Hata Türü ve Etki Analizi (HTEA) Formu											
Hata Türü		Mevcut Durum				Öneri	Sonuç				
		Olasılık	Şiddet	Keşfedilebilirlik	RÖG		Yapılan	Olasılık	Şiddet	Keşfedilebilirlik	RÖG
1	Müşteri temsilcisinin model tasarımını tam incelememesi	2	7	9	126	Firma içinde müşteri temsilcileri ile modelhane bölümleri arasında iş akışı düzeni yeniden yapılandırılmalıdır. Firma kriterleri revize edilmelidir.	Bölüm çalışanlarına teknik ve kişisel gelişim eğitimi verilmelidir.	1	4	9	36
2	Sipariş fiyatlandırma aşamasında model değişikliklerinin onayının alınmaması	4	7	3	84		Ürün üzerinde istenen değişikliklerin onayı müşteriden yazılı alınmalıdır.	2	2	3	12
3	Müşteri temsilcisinin üretim tekniklerindeki bilgi eksikliği	6	3	4	72		Eğitim verilmelidir.	2	3	4	24
4	Fiyatlandırma aşamasında onayı alınmış değişikliklerin müşteri tarafından gönderilen orijinal numune üzerinde belirtilmemesi	2	6	9	108		Numune dikimi öncesi bölüm yetkilileri arasında günlük/haftalık toplantı yapılmalıdır.	1	2	2	4
5	Ürün teknik dosyasının yeterli açıklamaya sahip olmaması	3	3	1	9		Müşteriden gerekli tüm bilgiler istenmelidir.	2	2	1	4
6	Firma ürün model toplantısının müşteri temsilcisi ve teknik ekiple birlikte yapılmaması	9	6	2	108		Bölüm yetkilileri arasında ürün-model toplantısı yapılmalıdır.	2	6	2	24
7	Numune öncesi üretimi zorlaştıracak işlemlerin değişim talebinin müşteriye sunulmaması	2	8	5	80		Ön numune dikim öncesi üretimi kolaylaştırılacak işlemler mock up (yarım ürün) ile müşteriye sunulmalıdır.	2	3	2	12
8	Birden fazla ön (prototip) numune çalışmasının yapılması	7	2	1	14		Mock up çalışması ile prototip numune dikimi azaltılmalıdır.	5	2	1	10
9	Seri numunelerinin ürünün ölçü tablosundaki her bedende yapılması	8	6	1	48		Beden tablosundaki en küçük, orta ve en büyük beden numune çalışması müşteri onayına sunulmalıdır.	2	2	1	4
10	Üretim numunesi yapılabilmesi için siparişte kullanılacak orijinal kumaş ve malzemenin tümünün firmaya gelmesinin beklenmesi	9	8	1	72		Kumaş ve malzeme tedarikçileri ile irtibat halinde olup siparişte kullanılacak kumaş numunesi istenmelidir.	6	8	1	48
11	Numune dikiminde sipariş kumaşından farklı kalitede kumaş ve malzeme kullanılması	5	10	1	50		Ortadan kaldırılmıştır.	1	1	1	1
12	Yıkama, baskı, nakış gibi ekstra işlemlerinin ön çalışmalarının üretim numunesi öncesi yapılmaması	8	8	2	128		Ön numune aşamasında yapılması planlanmıştır.	8	2	2	32
13	Seri numunelerinin ürün teknik dosyasında belirtilen baskı, nakış gibi işlemleri yapılmadan müşteri onayına gönderilmesi	3	10	1	30		Seri numunesi öncesi müşteriden ekstra işlem onayı alınarak istenen özellikte numune gönderilecektir.	2	4	1	8

Tablo 7’de hata öncelik sıralaması ve her bir hatanın yüzdelik payı gösterilmiştir. Hataların RÖG değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak hata öncelik listesi belirlenmiş ve risk önceliği tespit edilmiştir. Her bir hatanın toplam RÖG değeri içindeki yüzdesel dağılımı hesaplanmıştır.

Tablo 7. RÖG değerine göre risk önceliği sıralaması

Hata Türü	Mevcut Durum			Analiz Sonrası		
	RÖG	RÖG Öncelik Sıralaması	% Payı	RÖG	% Payı	
12	Yıkama, baskı, nakış gibi ekstra işlemlerinin ön çalışmalarının üretim numunesi öncesi yapılmaması	128	1	13,78	32	14,61
1	Müşteri temsilcisinin model tasarımını tam incelememesi	126	2	13,56	36	16,44
4	Fiyatlandırma aşamasında onayı alınmış değişikliklerin müşteri tarafından gönderilen orijinal numune üzerinde belirtilmemesi	108	3	11,63	4	1,83
6	Firma ürün model toplantısının müşteri temsilcisi ve teknik ekip ile yapılmaması	108	4	11,63	24	10,96
2	Sipariş fiyatlandırma aşamasında model değişikliklerinin onayının alınmamış olması	84	5	9,04	12	5,48
7	Numune öncesi üretimi zorlaştıracak işlemlerin değişim talebinin müşteriye sunulmaması	80	6	8,61	12	5,48
10	Üretim numunesi yapılabilmesi için siparişte kullanılacak orijinal kumaş ve malzemenin tümünün firmaya gelmesinin beklenmesi	72	7	7,75	48	21,92
3	Müşteri temsilcisinin üretim tekniklerindeki bilgi eksikliği	72	8	7,75	24	10,96
11	Numune dikiminde sipariş kumaşından farklı kalitede kumaş ve malzeme kullanılması	50	9	5,38	1	0,46
9	Seri numunelerinin ürünün ölçü tablosundaki her bedende yapılması	48	10	5,17	4	1,83
13	Seri numunelerinin ürün teknik dosyasında belirtilen baskı, nakış gibi işlemleri yapılmadan müşteri onayına gönderilmesi	30	11	3,23	8	3,65
8	Birden fazla ön (prototip) numune çalışmasının yapılması	14	12	1,51	10	4,57
5	Ürün teknik dosyasının yeterli açıklamaya sahip olmaması	9	13	0,97	4	1,83
	Toplam RÖG Değeri	929		100	219	100

5. SONUÇ

Konfeksiyon firmasında bir ürün süreci, sipariş fiyatının onaylanması ile başlayıp siparişin yüklenmesi ile son bulmaktadır. Bu süreç boyunca üretim öncesindeki numune, kumaş ve yardımcı malzeme-aksesuar onaylarının hızlı ve doğru sonuçlanması, üretime başlama ve siparişin yükleme terminini açısından oldukça önem göstermektedir. Sipariş yükleme termininin gecikmesi firma için maddi zarar ve itibar kaybına neden olmaktadır.

Üretimin devamlılığı ve firmanın geleceği açısından kalite ve müşteri memnuniyetini en üst düzeye çıkarmak, müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılamak mümkün olduğunca hatasız ürün üretimi ile sağlanmaktadır. HTEA yöntemi ile mevcut ve potansiyel hataların tespit edilmesi ve önlenmesi sağlanarak bu yöntemin uygulandığı işletmelerde kalite standardı ve müşteri memnuniyet düzeyi yükselmektedir.

HTEA yöntemi kullanılarak numune onayının gecikmesini etkileyen faktörlerin tespiti çalışması sonucunda RÖG değeri 100’den büyük olan 4 hata, RÖG değeri 100 ile 40 arasında

olan 6 hata, RÖG değeri 40'tan küçük olan 3 hata bulunmuştur. 128 değeri ile yıkama, baskı, nakış gibi ekstra işlemlerinin ön çalışmalarının üretim numunesi öncesi yapılmaması hatası en büyük RÖG değerine sahiptir. 126 değeri ile müşteri temsilcisinin model tasarımını tam incelememesi ikinci büyük RÖG değerine sahiptir. 108 değeri ile fiyatlandırma aşamasında onay alınmış değişikliklerin müşteri tarafından gönderilen orijinal numune üzerinde belirtilmemesi ve firma ürün model toplantısının müşteri temsilcisi ve teknik ekip ile yapılmaması hataları üçüncü büyük RÖG değerine sahiptirler. İlk üç sırada bulunan bu hatalar için önlem alınması zorunlu olmaktadır.

Analiz sonucunda, işletme güvenilirliği ve itibarı etkileyen bu hataların önüne geçebilmek için firma içi iyileştirme faaliyetleri gerçekleştirilmiştir. Yıkama, baskı, nakış gibi ekstra işlem hazırlık ve onay çalışmalarının ön numune aşamasında yapılması kararı alınmış ve uygulamaya başlanmıştır. Bu çalışmaların takibi için özel bir kişi görevlendirilerek müşteri temsilcisi ile koordineli çalışması sağlanmıştır. Yapılan iyileştirme çalışması ile yeni RÖG değeri 32 olmuş ve %40,96 iyileşme gerçekleştirilmiştir. Bu iyileşmenin seri numunelerinin ürün teknik dosyasında belirtilen baskı, nakış gibi işlemleri yapılmadan müşteri onayına gönderilmesinden kaynaklı hata riskinin azaltılmasına da katkısı bulunmaktadır. Bu iyileştirmeye birlikte ekstra işlem onayları seri numunesi dikiminden önce alınmış olduğundan teknik dosyada istenen işlemler seri numunelerine yapılmış olarak müşteri onayına gönderilmiş olacaktır.

HTEA çalışması, müşteri temsilcilerinin firmanın çalıştığı alanda daha fazla teknik bilgi donanımına sahip olması gerektiğinin önemini vurgulamıştır. En büyük ikinci RÖG değerine sahip hata müşteri temsilcilerinin çalışma eksikliklerinden kaynaklı olup diğer hatalar ile ilişkilidir. Müşteri temsilcilerine modelleri ve teknik dosyaları daha dikkatli incelemeleri ile müşteri, modelhane ve üretim departmanı ile koordineli çalışmaları konusunda uyarılar yapılmıştır. Müşteri temsilcilerinin bir ürün hakkında teknik bilgi eksikliği var ise önce modelhane müdürü sonra üretim müdüründen bilgi ve görüş istemeleri önerilmiştir. Müşteri temsilcilerinin ürün ve sipariş ile ilgili tüm teknik değişiklik ve onayları müşteriden yazılı alması kesin olarak kararlaştırılmıştır. Böylelikle sipariş fiyatlandırma aşamasında konuşulmuş olan teknik değişiklikler numune onay sürecini aksatmayacaktır. Bu iyileştirme çalışmaları ile müşteri temsilcisinin model tasarımını tam incelememesi, müşteri temsilcisinin üretim tekniklerindeki bilgi eksikliği, ürün teknik dosyasının yeterli açıklamaya sahip olmaması, sipariş fiyatlandırma aşamasında model değişikliklerinin onayının alınmamış olması hatalarından çıkabilecek sorunlar azaltılmıştır. İyileştirme çalışması ile tüm bu hataların yeni RÖG değerleri 40'ın altına inmiştir.

HTEA çalışması, ekip toplantıları, iş birliği, planlama ve doğru bilgi akışının firma için önemini göstermiştir. Fiyatlandırma aşamasında onay alınmış değişikliklerin müşteri tarafından gönderilen orijinal numune üzerinde belirtilmemesi ile firma ürün model toplantısının müşteri temsilcisi ve teknik ekip ile birlikte yapılmaması hatalarından kaynaklı riskleri en aza indirebilmek ve bilgi akışındaki eksikliklerin önüne geçebilmek için planlama çalışmaları yapılmıştır. Müşteri temsilcileri, modelhane müdürü ve numune üretim şefinin katılımıyla haftalık numune toplantısı; modelhane bölümü çalışanlarının arasında günlük numune toplantısı yapılması kararlaştırılmıştır. Böylece en büyük üçüncü RÖG değeri olan 108, her iki hata için 40'ın altına inmiş ve %25,92 iyileşme sağlanmıştır. Bu iyileştirmeye birlikte numune öncesi üretimi zorlaştıracak işlemlerin değişim talebinin müşteriye sunulmaması, birden fazla ön (prototip) numune çalışmasının yapılması ve seri numunelerinin ürünün ölçü tablosundaki her bedende yapılması hataları da daha hızlı çözüme kavuşmuş olacaktır. Talep edilen değişiklik için mock up numunesi ile müşteriden onay alınması gereken durumlarda prototip ve seri numuneleri dikimi öncesi daha hızlı ilerleme sağlanmış olacaktır.

HTEA çalışması, numune onayında orijinal sipariş kumaşı kullanılmasının firma için önemini bir kez daha vurgulamıştır. Mock up, prototip ve seri numuneleri dikiminde orijinal sipariş kumaşından farklı kalitede kumaş ve malzeme kullanılması tamamen ortadan kaldırılmıştır. Numune dikiminde sipariş kumaş tedariği sağlanmadıysa sipariş teknik dosyasında belirtilen kumaş özelliklerine sahip alternatif kumaşlar kullanılması, bunun dışında farklı bir

kumaş çeşidi kullanılmaması kararlaştırılmıştır. Böylece 50 olan RÖG değeri 1 olmuştur. Üretim numunesi dikimi aşamasında ise mutlaka sipariş teknik dosyasında belirtilen kumaş ve malzemeler kullanılmalıdır. Numune onay sürecinin olumsuz etkilenmemesi için kumaş ve malzeme tedarikçileri ile daha sıkı irtibat halinde olup siparişte kullanılacak kumaş numunesi sipariş toplam kumaşının firmaya gelmesi beklenmeden istenmeli ve üretim numunesi mutlaka orijinal sipariş kumaşından dikilip müşteri onayına gönderilmelidir. Böylece 72 olan RÖG değeri 48'e inmiştir. Bu aşamada sipariş toplam kumaş tedarikçisinin gecikmesi ihtimali olabileceğinden bu faktör risk şiddetini korumaktadır.

Sonuç olarak HTEA yöntemi; kısa ve uzun vadede potansiyel hataların tespiti ve bu hataların önlenmesi, düzeltici faaliyetlerin gerçekleştirilmesi, firma imajını ve rekabet gücünü olumlu yönde desteklemesi, ürün geliştirme zamanının ve maliyetinin azaltılması, grup içi çalışmaların geliştirilmesi ve kalite bilincinin yükseltilmesine yardımcı olmaktadır. Firma iş ve ürün kalitesinin artması müşteri memnuniyetinin artmasını sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

1. Baysal, M. E., Canıyılmaz, E. ve Eren, T. (2002) Otomotiv yan sanayinde hata türü ve etkileri analizi. *Teknoloji Dergisi*, 5(1-2), 83-90.
2. Bilişik, M. T. (2018) Failure mode and effect analysis and implementation in a textile factory. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 16(2), 162-178. doi:10.11611/yead.398967
3. Chang, D. S. and Sun, K. L. P. (2009) Applying DEA to enhance assessment capability of FMEA. *International Journal of Quality & Reliability Management*. Vol. 26 Issue: 6, pp.629-643. doi:10.1108/02656710910966165
4. Chiu, M. C., Chu, C. Y. and Chen, C. C. (2018) An integrated product service system modelling methodology with a case study of clothing industry. *International Journal of Production Research*, 56(6), 2388-2409. doi:10.1080/00207543.2017.1374570
5. Çevik, O. ve Aran, G. (2007) Kalite iyileştirme sürecinde hata türü etkileri analizi (FMEA) ve piston üretiminde bir uygulama. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 8(16), 241-265.
6. Demirel T. (2012) Olası hata türü ve etkileri analizi (FMEA). http://www.yarbis.yildiz.edu.tr/web/userCourseMaterials/tdemirel_d0700f1296e2bedeaca1cb119b724cff.pptx. (Erişim Tarihi: 09.04.2019)
7. Eryürek, Ö. ve Tanyaş, M. (2003) Hata türü ve etkileri analizinde maliyet odaklı yeni bir karar verme yaklaşımı. *İTÜ Dergisi*, 6.
8. Kaewsom, P. and Rojanarowan, N. (2014) The application of FMEA to reduce defective rate from broken filament defects in the Direct Spin Drawing process. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 4(05), 55-58. doi:10.9790/3021-04555558
9. Kocakoç İ. (2016) FMEA- Failure modes and effects analysis hata modu ve etkileri analizi (HMEA) <http://homes.ieu.edu.tr/~ykazancoglu/BA410/FMEA.pdf>. (Erişim Tarihi: 12.01.2019)
10. Küçük M., İşler M. ve Güner M. (2016) An application of the FMEA method to the cutting department of a clothing company, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 26(2).
11. Lolli, F., Gamberini, R., Rimini, B. and Pulga, F. (2016) A revised FMEA with application to a blow moulding process. *International Journal of Quality & Reliability Management*. Vol. 33 Issue: 7, pp.900-919. doi:10.1108/IJQRM-10-2013-0171
12. Milli, A. (2015) Bir hazır giyim işletmesinde iş sağlığı ve güvenliği kapsamında hata türü ve etkileri analizi (failure mode and effect analysis) yöntemi ile risk analizi, *Gazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*.

13. Mutlu, N. G. and Altuntaş, S. (2019) Hazard and risk analysis for ring spinning yarn production process by integrated FTA-FMEA approach. *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, 29(3). doi:10.32710/tekstilvekonfeksiyon.482167
14. Nupur, R., Kaul, A., Sharma, P., Kumar, S., Barrueta, M., and Jha, P. C. (2020) Block printing process performance evaluation and improvement using FMEA and Taguchi loss function for selecting print paste suppliers in apparel industry. *International Journal of Advanced Operations Management*, 12(3), 237-272. doi:10.1504/IJAOM.2020.109803
15. Özbunar İ. (2015) Hata türü ve etkileri analizi failure mode and effect analysis-FMEA, <http://slideplayer.biz.tr/slide/1988428/>. (Erişim Tarihi: 21.03.2019)
16. Özyazgan V. ve Engin F. Z. (2013) FMEA analysis and applications in knitting industry, *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, 23(3).
17. Özyazgan V. (2014) FMEA Analysis and implementation in a textile factory producing woven fabric. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 24(3).
18. Pazireh, E., Sadeghi, A. H., and Shokohyar, S. (2017) Analyzing the enhancement of production efficiency using FMEA through simulation-based optimization technique: A case study in apparel manufacturing. *Cogent Engineering*, 4(1), 1284373. doi:10.1080/23311916.2017.1284373
19. Sabır, E. C. ve Bebekli, M. (2015) Hata türleri ve etkileri analizinin, tekstil boya-terbiye işletmelerinde kullanımı. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(2), 157-163. doi:10.21605/cukurovaummfd.242759
20. Sankar, N. R. and Prabhu, B. S. (2001) Modified approach for prioritization of failures in a system failure mode and effects analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 18 Issue: 3, pp.324-336. doi:10.1108/02656710110383737
21. Tekez, E. K. (2018) Failure modes and effects analysis using fuzzy topsis in knitting process. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 28(1), 21-26.
22. Ünal Z. ve Acar E. (2016) Failure mode and effect analysis: An application in jeans production process. *Tekstil: Journal of Textile & Clothing Technology*, 65.
23. Vinodh, S., and Santhosh, D. (2012) Application of FMEA to an automotive leaf spring manufacturing organization. *The TQM Journal*, Vol. 24 Issue: 3, pp.260-274. doi:10.1108/17542731211226772
24. Yakıt O. (2011) Hata türü etkileri analizinde kullanılan risk öncelik sayısı hesaplama yöntemlerinin karşılaştırılması: Gamateks Tekstil San. ve Tic. A.Ş. örneği, *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, C.3, S.5. s.107-123.
25. Yuen, C. W. M., Fung, E. H. K., Wong, W. K., Hau, L. C., and Chan, L. K. (2008) Application of smart system to textile industry: Preliminary design of a smart hanger for garment inspection. *Journal of the Textile Institute*, 99, 569–580. doi:10.1080/00405000701660160
26. Yücel, Ö. (2007) Konfeksiyon üretiminde hata türü ve etkileri analizi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 17(2), 126-131.