

HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ VE KALİTE FONKSİYON YAYILIMI İLE BİR İNŞAAT FİRMASI İÇİN RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Şura Toptancı^{1*}, Nihal Erginel¹

¹Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye

Anahtar Kelimeler

*Kalite Fonksiyon Yayılımı,
Hata Türü ve Etkileri Analizi,
Risk değerlendirme,
İnşaat sektörü.*

Özet

Risk kavramı, 1920'li yıllardaki ekonomik ve teknolojik gelişmeler ile daha önemli hale gelmiştir. Risklerin sistemli bir şekilde kontrolü, iyi bir risk yönetimi ile mümkün olabilir. Risk değerlendirmesi, risk yönetiminin en önemli ve en kritik adımlarından birini oluşturmaktadır. Son yıllarda inşaat sektörünün Türkiye'de canlanması ile Türkiye'deki inşaat şirketlerinde kaza oranları gözle görülür bir şekilde artış göstermektedir. Bu çalışmada, ilk adımdan başlayarak bir inşaat firması için risk değerlendirmesi yapılmıştır. İyi bir risk değerlendirmesi ile inşaat alanında olan olası tehlikelerin belirlenip azaltılarak; tehlikelerden dolayı oluşan kazaların sayısının asgari düzeye indirilmesi amaçlanmıştır. Risk değerlendirmesi için iki yöntemden oluşan bütünlük bir model önerilmiştir. Bu model, Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) ve Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) yöntemlerinden oluşmaktadır. Öncelikle, HTEA'da her bir tehlike türü için risk öncelik göstergeleri (RÖG) bulunmuştur ve tehlike türlerinin sıralaması yapılmıştır. Ayrıca, HTEA'da tehlike türleri için alınacak önleyici tedbirler belirlenmiştir. Daha sonra Pareto Analizi ile ilk %25'e karşılık gelen en önemli tehlike türleri KFY yöntemine eklenmiştir. KFY yöntemi ile en önemli tehlike türleri ve alınabilecek önleyici tedbirler arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Sonrasında, tehlike türlerinin çoğunluğunun önlenmesi için alınacak önleyici tedbirlerin önem derecesine göre sıralaması yapılmıştır. Hem HTEA hem de KFY kurulumunda, inşaat firmasında çalışan yöneticilerin fikirlerinden faydalanılmıştır. Böylece HTEA ve KFY metotlarını bütünlük şekilde kullanarak risk değerlendirmesi yapılmıştır. Bu risk değerlendirmesinde alınacak önleyici tedbirlerin sıralaması yapılmıştır.

RISK ASSESSMENT FOR A CONSTRUCTION COMPANY WITH FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS AND QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT

Şura Toptancı^{1*}, Nihal Erginel¹

¹Anadolu University, Faculty of Engineering, Dept. of Industrial Engineering, Eskişehir, Türkiye

Keywords

*Quality Function
Deployment,
Failure Mode and
Effects Analysis,
Risk assessment,
Construction sector.*

Abstract

The concept of risk has become increasingly important with the economic and technologic advances on the 1920s. A systematized control of risks is possible only through a thorough risk management policy. Risk assessment forms one of the essential and highly critical steps of the risk management. In recent years, accident rates in construction companies in Turkey have visibly increased with the expansion of the construction industry in Turkey. In this study, risk assessment is done for a

* İlgili yazar: sura_t@anadolu.edu.tr, +90-222-321-3550

* Corresponding Author: sura_t@anadolu.edu.tr,+90-222-321-3550

construction company, starting from the first step. With a thorough risk assessment, the aim is to reduce the number of the accidents caused by hazards to the minimum by specifying and reducing possible hazards in the construction area. An integrated model which consists of two methods is suggested for the risk assessment. This model consists of Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) and Quality Function Deployment (QFD) methods. Primarily, in FMEA, risk priority indexes (RPI) are determined and the hazard types are ordered. Moreover, in FMEA, preventive measures for the hazard types are determined. Later, with Pareto Analysis, the most important hazard types corresponding to first %25 are added to QFD method. With QFD, relationships between the preventive measures and most important hazard types are specified. Afterwards, the preventive measures are ordered according to their importance levels to prevent most of the hazard types. The ideas of the managers working in the construction company are utilized in the setup of both FMEA and QFD. In this way, the risk assessment is done using FMEA and QFD methods in an integrated way. The ordering of the preventive measures to be taken is performed in this risk assessment.

1. Giriş

İnşaat sektörü emek yoğun ve geniş istihdam alanı sağlayan bir endüstridir. Ülkenin gelişiminde önemli rol oynayan inşaat endüstrisi diğer endüstrilerin gelişimini de doğrudan etkilemektedir (Liu ve Tsai, 2012). Artan rekabet koşulları ve proje sürelerinin sınırlılığı ile sürekli gelişen ve büyüyen inşaat sektöründe çok sayıda iş kazaları ve buna bağlı ölüm ve yaralanmalar yaşanmaktadır.

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) verilerine göre her 15 saniyede bir çalışan iş kazası veya meslek hastalıklarına bağlı olarak hayatını kaybetmekte ve her 15 saniyede 153 çalışan iş kazası geçirmektedir (ILO, <http://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--en/index.htm>).

Bunun yanı sıra inşaat iş kolundaki çalışanlar diğer iş gruplarına oranla 3 kat daha fazla ölüm, 2 kat daha fazla yaralanma riski taşımaktadırlar (Görücü & Müngen, 2011; Yılmaz & Tan, 2015). Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) istatistik verilerine göre ülkemizde 2014 yılında 221,366 adet iş kazası bildiriminde bulunmuş olup bunun 29,699'u inşaat sektöründe ortaya çıkmıştır. İnşaat sektörü ülkemizdeki iş kazası kaynaklı ölümlerin %30,81'ini oluşturarak her 100,000 kişide ölüm hızı en yüksek olan en riskli sektörler arasındadır (SGK, 2014).

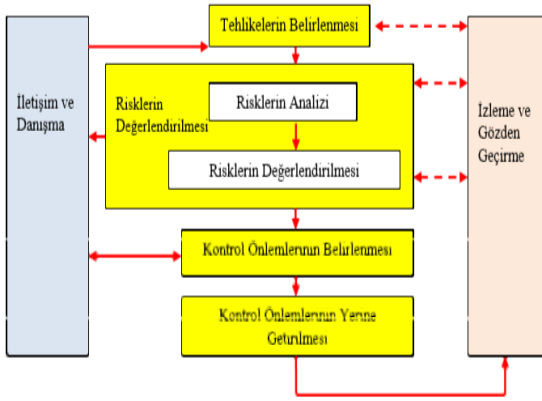
İnşaat sektörünün çalışma alanı, çalışma şartları ve işçi yapısı diğer sektörlerden farklı olarak dinamik bir yapıya sahiptir. İnşaat faaliyetlerinde ayrıca dağınık çalışma alanları, farklı hava şartları altında çalışma zorunluluğu, taşeron firmanın ve küçük ve kurumsallaşmamış inşaat firmalarının varlığı söz konusudur (Öcal, 2006). İnşaat işkoluna ait belirtilen koşulların yanında inşaat işçilerinin eğitim seviyesinin düşüklüğü, değişen inşaat yapı türleri,

düzensiz çalışma saatleri, sınırlı sürede işi tamamlama baskısı, inşaat işinin doğası gereği yüksek riskli özelliği ve var olan teknolojik ve bilimsel imkânlardan yeterince yararlanmama, inşaat işkolunun çok tehlikeli sınıfta yer almasının ve bu işkolunda yaşanan iş kazalarının sayısal çokluğunun ana nedenlerini oluşturmaktadır.

Yaşanan iş kazaları çalışanlarla birlikte işverenleri, çalışanların yakınlarını, toplumu ve ülkeyi olumsuz yönde etkilemektedir (Boden, vd., 2001). Ayrıca büyük miktarda maliyetlerin, işten devamsızlığın ve gelir, iş ve zaman kayıplarının oluşmasına neden olmaktadır (Boden, vd., 2001; Linacre, 2007; Goetsch, 2008). Bu sebeple, iş kazalarının önlenmesi, meydana getirdiği etkilerin azaltılması, işyerlerinde daha sağlıklı ve güvenli çalışma ortamlarının oluşması ve bu alanda standardizasyonun sağlanması adına iş sağlığı ve güvenliği (İSG) yönetimi büyük önem taşımaktadır.

İSG yönetim faaliyetlerinin temelinde işyeri şartlarının risk yönetimi yer alır (T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2015). Risk yönetimi, ILO Yönetim Kurulu'nun 244. toplantısında alınan karar uyarınca hazırlanan raporda "bir organizasyon içerisinde iş güvenliği önlemlerini iyileştirme ve sürdürmeyi başaracak tüm girişimler" olarak tanımlanır (Özkılıç, 2005). Şekil 1'de risk yönetimi sürecinin adımları gösterilmiştir. Tehlikelerin ve risklerin belirlenmesi sürecin ilk adımlarında yapılan çalışmadır. Bu safhada, tehlike ve risk kavramları arasındaki farkı açıklamakta fayda vardır. Ülkemizde yürürlükte olan 28512 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği'nde tehlike "İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek, çalışanı veya işyerini etkileyebilecek zarar veya hasar verme potansiyeli", risk ise "Tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimali" olarak tanımlanmıştır. Tehlike ve risklerin

belirlenmesinin ardından yapılacak olan ve risk yönetiminin en önemli ve kritik adımlarından birini oluşturan risk değerlendirmesi ise aynı yönetmelikte “İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmalar” olarak tanımlanmıştır. Riskler değerlendirildikten sonra uygun düzeltici ve önleyici tedbirler alınıp uygulanmaktadır. Bu süreçte işyerinde tehlike ve riskler için iletişim ve danışma desteği sağlanmakta ve çalışma şartları sürekli izlenmektedir.



Şekil 1. Risk yönetimi süreci (Kahraman ve Demirer,2010).

İnşaat sektörü konut, yol, baraj vb. farklı şantiye yapılarına sahiptir. Özellikle baraj inşaatında patlayıcı kullanımı, çeşitli iş makinelerinin bir arada çalışması ve çalışan işçilerin tecrübesiz ve sayıca çok olması bu inşaat türünü daha tehlikeli hale getirip diğer şantiye çalışmalarından ayırmaktadır.

Genel olarak, inşaat sektöründe sonsuz çeşitlilikte ve tamamıyla tanımlanamayan tehlikeler ve riskler bulunmakta olup risklerin bertaraf edilebilmesi için mevcut yapı türüne göre özel tedbirlerin alınıp uygulanması gerekmektedir (Nazlıoğlu, 2014). Ayrıca, inşaat sektöründeki risklerin değerlendirilmesi için değişen şantiye yapılarına uyum sağlayan kolay uygulanabilir analiz metotları kullanılmalıdır (Güranlı ve Müngen, 2006).

Literatürde işyerindeki mevcut tehlike ve riskleri değerlendirme ve önlem almada kullanılan risk değerlendirme teknikleri kantitatif, kalitatif ve karma olmak üzere 3 kategoride sınıflandırılmaktadır (Marhavilas, vd., 2011). Kantitatif metotta riskin gerçekleşme ihtimali ile riskin şiddetine sayısal değerler verilirken kalitatif metotta risk hesaplamasında düşük, yüksek, çok yüksek gibi tanımlayıcı değerler kullanılır (Ceylan ve Başhelvacı, 2011). Bununla birlikte, karma metot hem nitel hem de nicel yöntemleri bünyesinde

çermektedir (Uzun, 2012). Risk değerlendirme işleminde hangi yöntemin kullanılacağı olay ve tesisin çeşidi ve işleyiş mekanizmasına göre o yönteme ait kriterler değerlendirilerek karar verilmektedir (Güranlı ve Müngen, 2006). Risk değerlendirilmesi için kullanılan en yaygın yöntemlerden biri de Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA)'dır. HTEA aynı zamanda ürün ya da proseslerdeki potansiyel hataların tespitinde kullanılan bir kalite yönetim sistemi metodudur (Chin, vd., 2009). Literatürde, karma bir risk değerlendirme metodu olan HTEA'nın farklı endüstrilerde tek ya da bütünlük bir modelde kullanımları mevcuttur (Erginel, 2004; Chang ve Cheng, 2010; Kahraman & Demirer, 2010; Liu & Tsai, 2012; Liu, vd., 2014). Bununla birlikte, literatürde son yıllarda HTEA'nın diğer bir kalite tekniği olan Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) için hata önleme ve stratejik bir karar verme aracı olarak kullanıldığı çalışmalar yer almaktadır (Liu ve Tsai, 2012; Gülçiçek ve Sofyalıoğlu, 2014; Jae-Ohk, vd., 2016).

Risk değerlendirmede HTEA yönteminin tek model olarak kullanımıyla tehlikelerin risk önem dereceleri değerlendirilebilmektedir. KFY ise risk değerlendirmede tehlikelerin risk önem derecelerini dikkate alarak bu tehlikelerin önlenmesi adına alınacak tedbirlerin hangi öncelikte alınması gerektiğinin belirlenmesine imkân vermektedir. Böylelikle iki yöntemin bütünlük kullanımı yapılacak risk değerlendirmesinde tehlikelerin ve risklerin kontrol altında alınmasında büyük avantaj sağlayacaktır.

Bu çalışmada, HTEA metoduyla bir baraj inşaatı için risk değerlendirmesi yapılmış ve tehlike türleri risk öncelik göstergeleri (RÖG)'e göre sıralanmıştır. Pareto Analizi ile ilk %25'e girdiği belirlenen en önemli tehlike türleri alınacak önleyici tedbirlerle KFY yöntemine dâhil edilerek aralarındaki ilişkiler tespit edilmiştir. Bu bütünlükleştirilmiş metotla alınacak önleyici tedbirlerin önem derecesine göre sıralaması yapılarak tehlike türlerinin çoğunluğunun önlenmesi amaçlanmıştır.

2. Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA)

HTEA ilk kez Amerikan ordusu tarafından 1950'lerde geliştirilip sistem ve donanım hatalarının ve etkilerinin tespitinde kullanılmıştır (Özkılıç, 2005; Kahraman ve Demirer, 2010; Özfırat, 2014). Birçok farklı endüstride kullanmaya başlayan bu yöntem günümüzde de hala etkin olarak kullanılmaktadır (Erginel, 2002; Korkmaz, 2010; Kahraman ve Demirer, 2010).

HTEA kalite yönetim sistemlerinde ve problem çözme teknikleri içerisinde yer alan bir yöntemdir. HTEA sistemdeki hatalar hakkında bilgi vermekte ve zarar verecek olası durumların azaltılmasını

sağlamaktadır (Liu ve Tsai,2012). Bu amaçla kullanılan HTEA yönteminde Tablo 1-3'te yer alan hata gerçekleşme sıklığı/olasılığı, şiddeti ve tespit edilebilirlik sınıflandırma tablosu ile RÖG değerleri hesaplanır. Bununla birlikte, HTEA'nın iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirme yöntemi olarak kullanımında RÖG hesaplamasında yer alan oluşma olasılığı/sıklığı, şiddet ve tespit edilebilirlik kalite parametreleri tehlike türü bazında ele alınmaktadır. Tehlike türleri, etkileri ve nedenleri belirlendikten sonra iş sağlığı ve güvenliği parametrelerini derecelendirirken gerekli olan sıklık, şiddet ve tespit edilebilirlik derecesi bu çalışma için A ve B sınıfı iş güvenliği uzmanlarının görüşü alınarak belirlenmiş ve Tablo 4 ve 5'de verilmiştir.

RÖG değeri aşağıda belirtilen matematiksel eşitlikle belirlenir (1).

$$RÖG = A * B * C \quad (1)$$

A=Tehlike türlerinin olası etkilerini/şiddetini,

B=Tehlike türlerinin olası gerçekleşme olasılığı/sıklığı,

C= Mevcut yapılan kontrollerin gerçekleşen tehlikenin bulunarak engellenmesini gösteren derecedir.

Tablo 1. Hatanın ortaya çıkma olasılıkları ve dereceleri (Pillay ve Wang, 2003)

HATA OLUŞMA SIKLIĞI	HATANIN OLASILIĞI	DERECE
Çok Yüksek: Kaçınılmaz Hata	1/2 'den fazla	10
	1/3	9
Yüksek: Tekrar Tekrar Hata	1/8	8
	1/20	7
Orta: Ara Sıra Olan Hata	1/80	6
	1/400	5
	1/2000	4
Düşük: Nispeten Az Olan Hata	1/15000	3
	1/150000	2
Pek Az: Olası Olmayan Hata	1/150000' den düşük	1

Tablo 2. Hatanın olası etkileri ve dereceleri (Pillay ve Wang, 2003)

ETKİ	ŞİDDETİN ETKİSİ	DERECE
Uyarısız Gelen Yüksek Tehlike	Felakete yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	10
Uyarısız Gelen Tehlike	Yüksek hasara ve toplu ölümlere yol açabilecek etkiye sahip ve uyarısız gelen potansiyel hata	9
Çok Yüksek	Sistemin tamamen hasar görmesini sağlayan yıkıcı etkiye sahip ağır yaralanmalara, 3. derece yanık, akut ölüm vb. etkiye sahip hata	8
Yüksek	Ekipmanın tamamen hasar görmesini neden olan ve ölüme, zehirlenme, 3. derece yanık, akut ölüm vb. etkiye sahip hata türü	7
Orta	Sistemin performansını etkileyen, uzuv ve organ kaybı, ağır yaralanma, kanser vb. yol açan hata	6
Düşük	Kırık, kalıcı küçük iş görmezlik, 2. derece yanık, beyin sarsıntısı vb. etkiye sahip olan hata	5
Çok Düşük	İncinme, küçük kesik ve sıyrıklar, ezilmeler vb. hafif yaralanmalar ile kısa süreli rahatsızlıklara neden olan hata	4
Küçük	Sistemin çalışmasını yavaşlatan hata	3
Çok Küçük	Sistemin çalışmasında kargaşaya yol açan hata	2
Yok	Etki yok	1

Tablo 3. Hatanın tespit edilebilirliği ve dereceleri (Pillay ve Wang, 2003)

TESPİT EDİLEBİLİRLİK	DERECE
Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği mümkün değil	10
Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği çok uzak	9
Potansiyel hatanın nedeninin saptanabilirliği uzak	8
Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği çok düşük	7
Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği düşük	6
Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği orta	5
Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği yüksek ortalama	4
Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği yüksek	3
Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği çok yüksek	2
Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın saptanabilirliği hemen hemen kesin	1

Tablo 4. Tehlike türünün ortaya çıkma ve şiddet düzeyleri ve dereceleri

Tespit edilebilirlik Düzeyi	Derece
Mevcut kontrol tedbirleriyle olası tehlike nedeninin ve takip eden tehlikenin saptanabilirliği hemen hemen imkânsız	10
Mevcut kontrol tedbirleriyle olası tehlike nedeninin ve takip eden tehlikenin saptanabilirliği çok uzak	9
Mevcut kontrol tedbirleriyle olası tehlike nedeninin ve takip eden tehlikenin saptanabilirliği uzak	8
Mevcut kontrol tedbirleriyle olası tehlike nedeninin ve takip eden tehlikenin saptanabilirliği çok düşük	7
Mevcut kontrol tedbirleriyle olası tehlike nedeninin ve takip eden tehlikenin saptanabilirliği düşük	6
Mevcut kontrol tedbirleriyle olası tehlike nedeninin ve takip eden tehlikenin saptanabilirliği orta	5
Mevcut kontrol tedbirleriyle olası tehlike nedeninin ve takip eden tehlikenin saptanabilirliği ortanın üstü	4
Mevcut kontrol tedbirleriyle olası tehlike nedeninin ve takip eden tehlikenin saptanabilirliği yüksek	3
Mevcut kontrol tedbirleriyle olası tehlike nedeninin ve takip eden tehlikenin saptanabilirliği çok yüksek	2
Mevcut kontrol tedbirleriyle olası tehlike nedeninin ve takip eden tehlikenin saptanabilirliği hemen hemen kesin	1

Tablo 5. Tehlike türünün tespit edilebilirlik düzeyleri ve dereceleri

Tehlike Türünün Oluşma Olasılığı/Sıklığı Düzeyi	Şiddet (Etki) Düzeyi	Derece
Tehlike türünün oluşma olasılığı/sıklığı hemen hemen imkânsız	Tedavi süresine ve/veya maddi hasara yol açma etkisi yok	1
Tehlike türünün oluşma olasılığı/sıklığı nadir	Tedavi süresine ve/veya maddi hasara yol açma etkisi pek az	2
Tehlike türünün oluşma olasılığı/sıklığı pek az	Tedavi süresine ve/veya maddi hasara yol açma etkisi az	3
Tehlike türünün oluşma olasılığı/sıklığı az	Tedavi süresine ve/veya maddi hasara yol açma etkisi küçük	4
Tehlike türünün oluşma olasılığı/sıklığı düşük	Tedavi süresine ve/veya maddi hasara yol açma etkisi orta	5
Tehlike türünün oluşma olasılığı/sıklığı orta	Tedavi süresine ve/veya maddi hasara yol açma etkisi önemli	6
Tehlike türünün oluşma olasılığı/sıklığı biraz yüksek	Tedavi süresine ve/veya maddi hasara yol açma etkisi büyük	7
Tehlike türünün oluşma olasılığı/sıklığı yüksek	Tedavi süresine ve/veya maddi hasara yol açma etkisi çok büyük	8
Tehlike türünün oluşma olasılığı/sıklığı çok yüksek	Tedavi süresine ve/veya maddi hasara yol açma etkisi ciddi	9
Tehlike türünün oluşma olasılığı/sıklığı hemen hemen kesin, kaçınılmaz	Tedavi süresine ve/veya maddi hasara yol açma etkisi çok tehlikeli	10

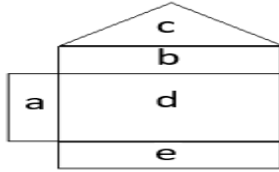
Yapılan işlem sonucu hesaplanan RÖG değerleri ile Tablo 6'daki sınıflandırmaya göre tehlike önceliği ortaya çıkarılır. Daha sonra tehlikelerin önlenmesi ve risklerin azaltılması adına tedbirler geliştirilir.

Tablo 6. RÖG değeri değerlendirme (Pillay ve Wang, 2003)

RÖG Değeri	Önlem Kararı
$RÖG < 40$	Önlem almaya gerek yok.
$40 \leq RÖG \leq 100$	Önlem alınabilir.
$RÖG > 100$	Önlem alınması gereklidir.

3. Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY)

KFY yöntemi ilk kez 1966 yılında Akao tarafından tanımlanmıştır (Costa vd. 2000). 1970'lerin başında Mitsubishi'nin Kobe tershanesinde gemilerin tasarımında kullanılmıştır (Besterfield vd. 1999). Bu yöntem, müşteri memnuniyetini artırmada ve yeni ürünlerin ve servislerin tasarımında geniş bir kullanıma sahiptir (Erginel, 2009). KFY, kalite evi adı verilen satırlarında müşteri gereksinimlerinin sütunlarında ise bunları karşılamak üzere kullanılan teknik karakteristiklerin yer aldığı ve bunlar arasındaki ilişkilerin belirlendiği matris üzerinde yapılan işlemleri kapsamaktadır. Şekil 2'de Hauser ve Clausing (1988) tarafından tanımlanan kalite evinin temel kısımları yer almaktadır.



Şekil 2. Kalite Evi

- a=Müşteri talepleri,
- b=Teknik karakteristikler,
- c=Korelasyon matrisi, d=İlişki matrisi,
- e=Teknik karakteristiklerin önem derecesi.

Kalite evinde yer alan korelasyon matrisinde teknik karakteristiklerin birbirlerini nasıl etkiledikleri gösterilir. Belirlenen bir karakteristikte olumlu bir

gelişme yaşanması diğer karakteristiği olumlu ya da olumsuz şekilde etkileyebilir. Teknik karakteristikler arasındaki mevcut olumlu ilişkiler için (+) ve olumsuz ilişkiler için (-) işaretleri kullanılabilir. İlişki matrisinde ise güçlü, orta, zayıf şeklinde ifadelerle müşteri gereksinimleri ve teknik karakteristiklerin ilişki düzeyleri belirlenmektedir (Bazaati, vd.,2014). KFY'nin son adımında ise teknik karakteristikler önem derecesine göre sıralanarak müşteri taleplerini karşılayan karakteristiklerden hangilerine öncelik verileceği tespit edilmektedir.

4. Uygulama

Bu çalışma bir baraj inşaat firmasında uygulanmıştır. En önemli tehlike türlerinin ne olduğunun ve bunları ortadan kaldırmak ya da azaltmak için alınacak önlemlerin hangi önem sırasında olması gerektiğinin tespit edilmesi için gerçekleştirilen çalışmada HTEA ile bütünleştirilmiş KFY kullanılmıştır.

İlk olarak firmanın 5x5 L tipi matris yöntemine dayanarak hazırlanmış olan mevcut risk değerlendirme listesi şantiyede tam zamanlı görev yapan iki iş güvenliği uzmanı ile birlikte HTEA formatı kullanılarak revize edilmiştir.

Tablo 7 ve 8'de baraj inşaatı için HTEA yöntemine göre yapılan risk değerlendirmesinde tanımlanan tehlike türlerinin bir bölümü gösterilmiştir. HTEA risk değerlendirme çalışmasında birikimli RÖG değeri toplamı 10912 olarak hesaplanmış olup Pareto Analizi ile ilk %25'lik eşik değere karşılık gelen en önemli tehlike türleri tespit edilmiştir. Şekil 3'te Pareto analizi sonuçları yer almaktadır.

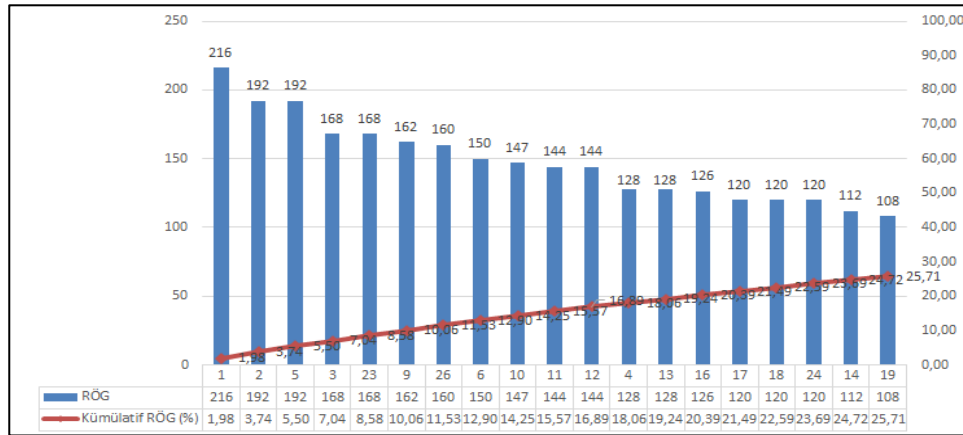
Pareto Analizi sonucunda belirlenen 19 adet tehlike türü KFY yöntemine dâhil edilmiştir. En önemli tehlikelerin azaltılması ya da ortadan kaldırılması için tehlikelerin niteliklerine yönelik planlanan faaliyetler kendi içlerinde gruplandırılarak gerekli olan alınacak önlemler belirlenmiştir.

Tablo 7. HTEA yöntemine göre yapılan risk değerlendirmesi çalışması

No	PROSES / FAALİYET TANIMI	OLASI TEHLİKE TÜRÜ	TEHLİKENİN OLASI ETKİLERİ	ŞİDDET (A)	OLASILIK (B)	TESPİTEDEBİLİRLİK (C)	RÖG (AxBxC)
1	Beton işleri (Kalıp -İskele)	Yüksekten düşme	Yüksekten düşme sonucunda yaralanma,ölüm	9	8	3	216
2	Beton işleri (Kalıp -İskele)	Malzemelerin yanlış istiflenmesi sonucu parça düşmesi, kayması	Parça düşmesi sonucu yaralanma,ölüm	8	6	4	192
3	Beton işleri (Kalıp -İskele)	Kalıp taşıma esnasında düşme	Yaralanma,ölüm	8	7	3	168
4	Beton işleri(Kalıp -İskele)	İskelenin çökmesi	İskele çökmesi sonucu yaralanma, ölüm	8	4	4	128
5	Tünel(TÜNEL ÇALIŞMALARI)	Patlama esnasında çevrenin zarar görmesi (taş düşmesi vb.)	Ölüm, yaralanma	8	8	3	192
6	Tünel(TÜNEL ÇALIŞMALARI)	Delme sırasında çıkan gürültü	İşitme kaybı, stres	3	10	5	150
7	Tünel(TÜNEL ÇALIŞMALARI)	Patlatma sonrası belirli bir süre beklemeden patlayan alana gidilmesiyle oluşan zarar	İnfilaklı fitilin yanmasını tamamlamaması sonucu patlama olması	8	6	2	96
8	Tünel(TÜNEL ÇALIŞMALARI)	Patlama sırasında yemlemenin ateş alması sonucu patlama	Patlama sonucu yaralanma ,ölüm	8	4	3	96
9	Abölye Çalışmaları	Basınçlı gaz tüplerinin patlaması	Patlama sonucu yaralanma ,ölüm	9	6	3	162
10	Abölye Çalışmaları	Kaynak yaparken alev tepme valfinin olmaması sonucu kaza	Yaralanma ,Maddi hasarlı kaza,Ölüm	7	7	3	147
11	Abölye Çalışmaları	Spiralle yapılan çalışmalarda malzeme sıçraması	Göze çapak kaçması , yaralanma	6	8	3	144
12	Abölye Çalışmaları	Zimpara ve taşlama makinelerinden parça sıçraması	Göze çapak kaçması , yaralanma	6	8	3	144
13	KAZI İŞLERİ (ARAZİDE YAPILAN KAZILAR Şalt sahası kazısı, Konkasör tesisi kazısı, kret kazısı ve diğer kazılar.)	İş makineleri çalışma alanına işçilerin giriş çıkışının engellenmemesiyle oluşan zarar	Makine çarpması sonucu yaralanma ölüm	8	4	4	128
14	KAZI İŞLERİ (ARAZİDE YAPILAN KAZILAR Şalt sahası kazısı, Konkasör tesisi kazısı, kret kazısı ve diğer kazılar.)	Kazı zemininin göçmesi	Göçük sonucu ölüm, yaralanma	7	4	4	112
15	KAZI İŞLERİ (ARAZİDE YAPILAN KAZILAR Şalt sahası kazısı, Konkasör tesisi kazısı, kret kazısı ve diğer kazılar.)	Yağışlı ve fırtınalı havalarda kazı yapılması sonucu toprak kayması	Toprak kayması sonucu Yaralanma,ölüm	7	4	3	84
16	Kazan dairesi jeneratör ve LNG Tankı	Kimyasal malzemeden zehirlenme	Zehirlenme sonucu ,ölüm	7	6	3	126
17	Kazan dairesi jeneratör ve LNG Tankı	Kazan, jeneratör ve LNG tankının patlaması/yanması	Yangın çıkması sonucu,Maddi hasarlı kaza, yaralanma,Ölüm	8	5	3	120
18	Konkasör tesisi	Bunker içerisine düşme	Yaralanma,ölüm	10	4	3	120
19	Konkasör tesisi	Döner kollu çarklara uzuv sıkışması	Yaralanma,ölüm	9	4	3	108

Tablo 8. HTEA yöntemine göre yapılan risk değerlendirmesi çalışması (devam)

No	PROSES / FAALİYET TANIMI	OLASI TEHLİKE TÜRÜ	TEHLİKENİN OLASI ETKİLERİ	ŞİDDET (A)	OLASILIK (B)	TESPİTEDELEBİLİRLİK (C)	RÖG (AxBxC)
20	Konkasör tesisi	Toz oluşumu	Akciğer kanseri ve Solunum yolu fonksiyon eksikliği	3	10	3	90
21	Elektrikle Çalışma	Elektrik tesisinin koruma kapaklarının ve uyarı ikaz işaretlemelerinin olmaması sonucu elektrik çarpması	Elektrik çarpması sonucu yaralanma,ölüm	8	4	3	96
22	Elektrikle Çalışma	Kaçak akım rölesi ana elektrik hattına bağlı olmaması sonucu elektrik çarpması	Elektrik çarpması sonucu yaralanma,ölüm	8	4	3	96
23	Elektrikle Çalışma	Elektrik Kaçağı	Elektrik çarpması sonucu yaralanma,ölüm	8	7	3	168
24	Patlama işleri	Patlayıcı maddenin nakil işlemleri sırasında oluşan kaza	Yaralanma, ölüm	8	5	3	120
25	Kaldırma makineleri	Vinç periyodik kontrollerinin yapılmamasıyla oluşan zarar	Yaralanma, Maddi hasarlı kaza,Ölüm	8	4	3	96
26	Kaldırma makineleri	Kanca ve zincir aksamalarının kopması sonucu malzeme düşmesi	Yaralanma, Maddi hasarlı kaza,Ölüm	8	5	4	160
27	Mutfak	Hijyen durumu	Zehirlenme	8	4	3	96
28	Mutfak	Elektrik prizleri	Elektrik çarpması sonucu yaralanma ,ölüm	8	4	2	64
29	Acil durumlar	Yangın tüpleri	Yaralanma, yangın sonucu maddi kayıp,ölüm	8	4	3	96
30	Acil durumlar	Acil çıkış işaretlemeleri	Yaralanma, yangın sonucu maddi kayıp,ölüm	8	4	3	96
31	Sondaj işleri	Sondaj kulesi açıkken hareket etmesi sonucu devrilme	Devrilme sonucu yaralanma,ölüm	7	4	3	84
32	Sondaj işleri	Sondaj makinesinin çıkardığı yüksek ses kaynaklı meslek hastalığı	Gürültü sonucu kulak fonksiyonlarını kaybetme	3	10	2	60



Şekil 3. İnşaat şantiyesindeki risk değerlendirme çalışmasında Pareto Analizi ile ilk %25 eşik değerine karşılık gelen en önemli tehlike türlerinin grafik gösterimi

Tehlike Türleri	Sütun ağırlığı	Önem Derecesi (%)	Aınacak Önlemler											
			Çalışma ortamında koruyucu önlemlerin alınması	KKD kullanımı	Çalışma ortamının, ekipmanların standartlara uygun olması	Çalışma ortamında doğru ekipmanların kullanılması	Çalışma ortamında ekipmanların doğru kullanılması (Eğitim, yeterlilik vb.)	Çalışanlar arasında iletişimin sağlanması	Gerekli kontrollerin yapılması, izin ve onayların alınması	Çalışma ortamı çevresinde tedbir alınması	KKD Eğitimi	Ekipman bakımları	Ekipmanların ve yerlerinin tanımlanması	
Yüksekten düşme	216	7,70	9	9	9	3						9		
İskelenin çökmesi	128	4,56	9		9		3		1	3				
Malzemelerin yanlış istiflenmesi sonucu parça düşmesi, kayması	192	6,84	9		9									1
Elektrik kaçağı	168	5,99	9		3								9	
Patlama esnasında çevrediklere zarar verilmesi (taş düşmesi vb.)	192	6,84								3	9			
İş makinelerinin altında,arasında kalma/uzuv sıkışması	128	4,56	9				1	1	9					3
Kalıp taşıma esnasında düşme	168	5,99	3				9	9						9
Basınçlı gaz tüplerinin patlaması	162	5,78			9									9
Kaldırma makinelerinde kanca ve zincir aksamlarının kopması sonucu malzeme düşmesi	160	5,70			9					9			9	
Delme sırasında çıkan gürültü kaynaklı meslek hastalığı	150	5,35		9	3							9		
Kaynak yaparken alev tepme valfinin olmaması sonucu meydana gelen kaza	147	5,24			9		9							
Patlayıcı maddenin nakli esnasında patlama	120	4,28			9	9	3							
Kazı zemininin göçmesi	112	3,99							1	9	9			
Atölyelerde spiralli çalışmalarda malzeme sıçraması	144	5,13		9	1			3				9		
Zımpara ve taşlama makinelerinden parça sıçraması	144	5,13	9	9								9		1
Kimyasal malzemelerin uygunsuz depolanması sonucu zehirlenme	126	4,49			9									3
Konkasör tesisindeki bunkerin içine düşme	120	4,28	9						9					
Kazan, jeneratör ve LNG tankının patlaması/yanması	120	4,28			1		9			9			9	
Konkasör tesisinde döner kollu çarklara uzuv sıkışması	108	3,85	9											
Toplam	2805													
Önem Derecesi			404,27	209,84	444,81	61,6	186,06	105,52	201,07	97,54	209,84	143,74	91,12	
Görelî Önem Derecesi			18	10	20	3	9	5	9	5	10	7	4	

Şekil 4. Tehlike evi matrisi

Şekil 4'te yer alan tehlike evi matrisinde sütun ağırlıkları tehlike türlerinin RÖG değerlerini göstermekte olup önem derecelerinin hesaplanması için RÖG değerlerinin toplamı kullanılmıştır. Herbir tehlike türünün RÖG değeri 2805 olarak hesaplanan RÖG'ün birikimli toplamına bölünerek tehlike türlerinin ağırlıklandırılması sağlanmıştır.

Tehlike evinin çatısını oluşturan korelasyon matrisinde alınacak önlemler arasındaki ilişkiler belirtilmiştir. Bu çalışmada yer alan önlemler arasındaki tüm ilişkiler olumlu olduğundan (+) şekli ile ifade edilmektedir. Bununla birlikte, alınacak önlemler arasında olumsuz (-) bir ilişkinin varlığı, tehlikelerin önlenmesi için alınacak önlemlerin birbirine zıt durum olarak gerçekleşmesi ve bunun içinde ilgili önlemlerin alınmasında özel bir çaba sarf edilmesi gerektiğini belirtmektedir.

İlişki matrisinde tehlike türleri ve alınacak önlemler arasındaki ilişki dereceleri güçlü dereceli ilişki (9), orta dereceli ilişki (3) ve zayıf dereceli ilişki (1) olarak gösterilmiştir. Alınacak önlemlerin önem derecelerinin belirlenmesinde her bir alınacak önlem sütununda yer alan ilişki dereceleri ile her bir tehlike türünün hesaplanan ağırlıkları çarpılmıştır. Örneğin çalışma ortamında doğru ekipmanların kullanılması önleminin önem derecesi, alınacak önlemin bağlantılı olduğu yüksekte düşme ve patlayıcı maddenin nakli esnasında patlama tehlike türleriyle olan ilişki derecelerinin ve bu tehlike türlerinin önem derecelerinin çarpılıp toplanmasıyla $(7,70*3)+(4,28*9)=61,6$ olarak hesaplanır.

Tehlike evinin son satırında yer alan görece önem derecesi ise normalize önem derecesini ifade etmektedir. Alınacak önlemler için belirlenen herbir önem derecesinin birikimli önem dereceleri toplamı olan 2155 değerine bölünüp 100 ile çarpılmasıyla elde edilmiştir. Örneğin çalışma ortamında doğru ekipmanların kullanılması önleminin görece önem derecesi $(61,6/2155)*100=3$ şeklinde bulunabilmektedir.

Görece önem derecesi en yüksek olan alınacak önlemlerden başlayarak gerekli iyileştirmeler yapılmaktadır.

Yapılan çalışmayla, alınacak önlemler arasında çalışma ortamının ve ekipmanların standartlara uygun olmasının %20'lik oranla en yüksek önemde olduğu görülmektedir. Diğer alınacak tedbirler arasında işe başlamadan önce çalışma ortamında korkuluk, yaşam ağı, yatay ve dikey yaşam halatlarının kullanılması, malzeme düşmesini engelleyecek çift taraflı desteklerin ve patlama alanı çevresinde sesli uyarı sisteminin kurulması, gerekli çalışma alanlarına perdeleme yapılması, emniyet şeritlerinin kullanılması, çarkların kafes içerisine alınması vb. koruyucu önlemlerin alınmasının, KKD kullanımı ve eğitimi, çalışma ortamında

ekipmanların doğru kullanımı ve gerekli kontrollerin yapılarak izin ve onayların alınması ile ilgili tedbirlerin çok önemli olduğu belirlenmiştir. Analiz sonucuna göre, yüksek öneme sahip olduğu belirlenen bu önlemlerin alınmasıyla oluşabilecek muhtemel tehlikelerin %76'sı önlenabilir.

5. Sonuç ve Değerlendirme

HTEA, Pareto analizi ve KFY literatürde yaygın bir kullanım alanına sahip olmakla birlikte tehlike türlerinin belirlenmesinde, en önemli tehlike türlerinin ortadan kaldırılması ya da azaltılmasında ve alınacak önlemler için nasıl bir sıralama izlenmesi gerektiğini tahmin etmede kullanılabilen güçlü analiz yöntemleridir. Bu yöntemlerin çalışmanın başlangıç zamanında uygulanması ilerde iş kazalarından kaynaklı oluşabilecek maddi ve manevi kayıpların önüne geçecektir.

Bu çalışma bir inşaat şantiyesinde firmanın hangi tehlike türlerine daha fazla önem göstermesi gerektiğini ve bu tehlikelerin önlenmesi adına alınacak önlemler arasında ilişkiler kurularak önlemlerin öncelik sıralamasının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu çalışma ile tehlikelerin ve risklerin azaltılması ya da ortadan kaldırılması için yapılacak faaliyetlerle ilgili plan yaparken hem tehlike türlerinin RÖG değerlerinin hem de alınabilecek önlemlerin önem derecelerinin göz önünde tutulmasının inşaat firması için daha faydalı olacağı düşünülmektedir. Zira tehlikelerin ve risklerin kontrol altında tutulması için düşük önem derecesine sahip bir tedbirin öncelikli olarak alınması veya yüksek önem dereceli bir tedbirin alınmaması tehlikeli riskler ortaya çıkarabilir.

Gelecek çalışmalarda risk değerlendirmesinde farklı veri tipleri kullanılarak kalite fonksiyon yayılımı geliştirilebilir ve bulanık mantık yaklaşımı uygulanabilir. Bununla birlikte, diğer sektörler için de bu çalışmada geliştirilmiş bütünlük model kullanılarak başarılı ve etkili sonuçlar alınabilir.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

Anthony, J., Preece, D., 2002. Understanding, Managing and Implementing Quality: Frameworks, techniques & cases. Routledge, Taylor & Francis Group.

- Bazaati, S., Bayrmi, S., Oral, E., 2014. Kalite fonksiyonu yayılımı ve inşaat sektöründe bir uygulama. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 29(1), 53-61.
- Besterfield, D. H., Carol Besterfield, M., Besterfield, G., Besterfield-Sacre, M. 1999. Total Quality Management. Prentice-Hall Inc., 2nd Edition, Upper River-New Jersey-USA.
- Boden, L.I., Biddle, E.A., Spieler, E.A. 2001. Social and Economic Impacts of Workplace Illness and Injury: Current and Future Directions for Research. American Journal of Industrial Medicine, 40,398-402.
- Costa, A. I. A., Dekker, M., Jongen, W. M. F. 2001. Quality Function Deployment in the Food Industry: A Review. Trends in Food Science&Technology (November), 306-314.
- Ceylan, H., Başhelvacı, V.S. 2011. Risk değerlendirme tablosu yöntemi ile risk analizi: Bir uygulama. International Journal of Engineering Research and Development, 3(2), 25-33.
- Chang, K.-H., Cheng, C.-H. 2010. A risk assessment methodology using intuitionistic fuzzy set in FMEA. International Journal of Systems Science, 41(12),1457-1471.
- Chin, K.-S., Wang, Y.-S, Poon, G.K.K., Yang, J.B. 2009. Failure mode and effects analysis by data envelopment analysis. Decision Support Systems, 48, 246-256.
- Erginel, M, N. 2002. Tasarım Hata Türü ve Etkileri Analizinin Etkinliği için Bir Model ve Uygulaması, Endüstri Mühendisliği Dergisi, 15(3),17-26.
- Erginel, N. 2004. Tasarım Hata Türü ve Etkileri Analizinin Etkinliği İçin Bir Model ve Uygulaması. Endüstri Mühendisliği Dergisi, 15(3),17-26.
- Erginel, N. 2009. Construction of a fuzzy QFD failure matrix using a fuzzy multiple-objective decision model. Journal of Engineering Design, 1-16.
- Groesch, D.L. 2008. Occupational Safety and Health for Technologists, Engineers, and Managers. Pearson Prentice Hall, 6th edition.
- Grouch, M.N., Mergen, U. 2011. Yampi is koruna deleting is sağlığı ve güvenliği denetim ve İnşaatlarda yüksekte düşmelerin önlenmesi projesinin” değerlendirilmesi. 3. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, Çanakkale.
- Gülçiçek, B., Sofyalıoğlu, Ç. 2014. Bulanık kalite fonksiyon göçerimi ile hata türü ve etkileri analizinin bir ambalaj firmasında uygulanması. Yönetim ve Ekonomi, 21(2),73-97.
- Gürcanlı, G.E., Müngen, U. 2006. Bulanık kümeler ile inşaatlarda yeni bir iş güvenliği risk analizi yöntemi. İTÜdergisi/d: Mühendislik, 5(4),83-94.
- Hauser, J.R., Clausing, D. 1988. The house of quality. Harvard Business Review, 66 (3), 63-73.
- International Labour Organization (ILO). Safety and health at work, <http://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--en/index.htm> (Son erişim tarihi: 01.06.2016).
- İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği. 2012. Resmi Gazete. Sayı: 28512.
- Jae-Ohk, L., Seung-Min, K., Young-Soon, Y. 2016. Quality assessment of the hatchway of a bulk carrier using QFD and FMEA. Safety and Reliability, 21(2),7-19.
- Kahraman, Ö., Demirer, A. 2010. OHSAS 18001 kapsamında FMEA uygulaması. Electronic Journal of Machine Technologies, 7(1),53-68.
- Korkmaz, E. 2010. Hata türleri ve etkileri analizi ve otomotiv yan sanayi sektöründe uygulaması. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Linacre, S. 2007. Australian social trends 2007. Australian Bureau of Statistics. ABS catalogue no. 4102.
- Liu, H.-T., Tsai, Y.-L. (2012). A fuzzy risk assessment approach for occupational hazards in the construction industry. Safety Science. 50,1067-1078.
- Liu, H.-C., You, J.-X., Fan, X.-J., Lin Q.-L. 2014. Failure mode and effects analysis using D numbers and grey relational projection method. Expert Systems with Applications. 41,4670-4679.
- Marhavilas, P.K., Koulouriotis, D., Gemeni, V. 2011. Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000-2009. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 24, 477-523.
- Narayanagounder, S., Gurusami, K. 2009. A New Approach for Prioritization of Failure Modes in Design FMEA Using ANOVA. World Academy of Science, Engineering and Technology, 3, 477-484.
- Nazlıoğlu, A. 2014. İnşaat sektöründe kullanılan kule vinçler ile yapılan çalışmalarda karşılaşılan risklerin tespiti ve korunma yolları. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü. İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi.
- Öcal, M.E. 2006. İnşaat sektöründe görülen iş kazaları. İnşaat Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu, Adana.
- Özfirat, P.M. 2014. Bulanık önceliklendirme metodu ve hata türü ve etkileri analizini birleştiren yeni bir risk analizi yöntemi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 29(4),755-768.

Özkılıç, Ö. 2005. İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemleri ve risk değerlendirme metodolojileri.

http://egitim.druz.com.tr/upload/docs/26042012105841_vAq1THf-6-105841_risk-analizi-ozlem-ozkiloc-kitabi.pdf. (Son erişim tarihi: 01.08.2016).

Pillay, A., Wang, J. 2003. Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning. Reliability Engineering and System Safety, 79(1), 69–85.

Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK). 2014 SGK İstatistik Yıllıkları.

http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari (Son erişim tarihi: 20.07.2016).

T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. 2015. Avrupa Birliği'nin iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemleri iyi uygulamaları.

http://www.isgum.gov.tr/rsm/file/isgdoc/isgip/isgip_ iyi_uygulamalar.pdf (Son erişim tarihi: 01.08.2016).

Uzun, İ.M. 2012. İnşaatlarda yapı makinaları kullanımında iş güvenliği risk değerlendirmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi. İnşaat Mühendisliği Yapı İşletmesi Programı, Yüksek Lisans Tezi.

Yılmaz, F., Tan, O. 2015. Bir inşaat şantiyesinde iş kazalarının neden olduğu iş-günü kayıplarının işveren maliyetinin belirlenmesi. International Journal of Economic and Administrative Studies, 7(14),143-156.