



Use of fuzzy logic method to create risk hierarchy: concrete sleeper factory example

Murat Bostancıoğlu^{1,a,*}, Esra Arslan Çakmak^{2,b}

¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

²Sivas Merkez 1. Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü, Sivas, Türkiye

*Corresponding author

Research Article

History

Received: 01/08/2024

Accepted: 04/09/2024

Copyright



This work is licensed under
Creative Commons Attribution 4.0
International License

ABSTRACT

The increase in occupational accidents that have occurred in our country in recent years has increased the importance of occupational health and safety (OHS) related practices. Occupational Health and Safety Law No. 6331 and the regulations related to this law have made certain practices such as risk assessment mandatory. Risk assessment can be defined as all the procedures carried out to determine the causes of occupational accidents and to reduce or completely eliminate these causes. While performing a risk assessment, all risks in the workplace are identified and these risks are ranked according to their degree of importance. Precautions to be taken for all risks are determined, starting with the risk with the highest risk score. There are many methods used for risk assessment in the literature. In this study, 109 risks belonging to TCDD Sivas Concrete Sleeper Factory were evaluated with traditional L matrix, Fine-Kinney and failure modes and effects analysis (FMEA) methods. 109 risks were clustered into 8 different scores in the L matrix method, 28 in the Fine-Kinney method, and 33 different scores in the FMEA method. In order to represent the risks with a larger number of scores and to reveal the risk hierarchy more clearly, the study also conducted a risk assessment using the fuzzy logic method. Analyzes made using the fuzzy logic method and different membership functions have revealed that the fuzzy logic method can be used successfully for risk assessment.

Keywords: Risk assessment; L matrix method; Fine-Kinney; failure modes and effects analysis; fuzzy logic

Bulanık Mantık Yönteminin Risk Hiyerarşisi Oluşturmak Üzere Kullanımı: Beton Travers Fabrikası Örneği

Süreç

Geliş: 01/08/2024

Kabul: 04/09/2024

ÖZ

Son yıllarda ülkemizde meydana gelen iş kazalarındaki artışlar iş sağlığı ve güvenliği (İSG) ile ilgili uygulamaların önemini artırmıştır. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve bu kanuna bağlı yönetmelikler, risk değerlendirmesi yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. Risk değerlendirmesi, iş kazalarının sebeplerini belirlemek ve bu sebepleri tamamen ortadan kaldırmak veya azaltmak amacıyla yapılan işlemler olarak tanımlanabilir. Risk skoru en yüksek olan riskten başlamak üzere tüm riskler için alınması gereken önlemler belirlenir. Literatürde risk değerlendirmesinde kullanılan çok sayıda yöntem söz konusudur. Bu çalışmada Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) Sivas Beton Travers Fabrikasına ait 109 adet risk, geleneksel L tipi matris, Fine-Kinney ve hata türleri ve etkileri analizi (HTEA) yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Tespit edilen 109 adet risk L tipi matris yönteminde 8, Fine-Kinney yönteminde 28, HTEA yönteminde ise 33 farklı skor içerisinde kümelenebilir. Risklerin daha fazla sayıda skor ile temsil edilebilmesi ve risk hiyerarşisinin daha net ortaya koyulabilmesi amacıyla çalışmada ayrıca bulanık mantık yöntemi ile risk değerlendirmesi yapılmıştır. Bulanık mantık yöntemi ile farklı üyelik fonksiyonları kullanılarak yapılan analizler bulanık mantık yönteminin risk değerlendirmesi amacıyla başarılı bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Risk değerlendirmesi; L tipi matris yöntemi; Fine-Kinney; hata türleri ve etkileri analizi; bulanık mantık

^a bostancioglu@cumhuriyet.edu.tr

^b 0000-0001-6820-2213

^b esra_arslan@hotmail.com

^b 0009-0000-7206-0887

How to Cite: Bostancıoğlu M, Arslan Çakmak E (2024) Use of fuzzy logic method to create risk hierarchy: concrete sleeper factory example, Journal of Engineering Faculty, 2(2): 35-50

Giriş

İş sağlığı ve güvenliği çalışma hayatının sürdürüldüğü tüm sektörlerde, iş sağlığı ve güvenliğini tehdit eden riskleri ortadan kaldırmak ve güvenli bir çalışma ortamı oluşturmak için yapılan sistemli ve bilimsel çalışmaların bütünü olarak tanımlanabilir.

İSG'nin amacı sadece çalışan sağlığının değil tüm işletmenin ve üretimin emniyetinin korunması, çalışma ortamının bütünlüğünün sürdürülmesi ve üretimin sürekliliğinin sağlanmasıdır. İSG bir bütün olarak, risklerin öngörülmesini, değerlendirilmesini ve öngörülen bu risklerin tamamen ortadan kaldırılabilmesi ya da zararlarının en aza indirilebilmesi için yapılacak çalışmaların tamamını içermektedir [1].

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nda [2], İSG'de en iyi koşulları hedefleyerek, işyerlerinin mevcut durumunun sürekli iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kanunda, iş kazası veya buna bağlı zararlar ortaya çıktıktan sonra neler yapılacağı değil (reaktif yaklaşım), iş kazası ve meslek hastalığının önlenmesi için atılacak adımlar (proaktif yaklaşımlarla) esas alınmıştır [3].

Bu esasa uygun bir çalışma ortamının sağlanması için, yapılan işin türüne göre değişen tehlikeler ve bu tehlikelere bağlı ortaya çıkan riskler belirlenmeli ve bu risklerin ortadan kaldırılması amaçlanmalıdır.

Risk değerlendirmesinin amacı nedir sorusunun cevabı hükümetler, işverenler ve çalışanlar tarafından farklı biçimlerde verilebilir. Hükümetler ülkede her alanda güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamının sağlanmasını ve çalışanların refahını amaçlarken, işverenler, işyerinde olan veya dışarıdan gelebilecek tehlikelerin işçiye zarar vermemesi, işçinin ruh ve beden bütünlüğünün bozulmadan korunabilmesi, işçinin ve işyerinin maddi ve manevi kayıplara uğramamasını amaç edinir. Çalışanlar ise işverenler ile benzer şekilde maddi ve manevi kayıplara uğramadıkları, ruh sağlıklarının ve beden bütünlüklerinin korunduğu bir çalışma ortamını amaçlarlar [4,5].

Risk değerlendirmesi, herhangi bir sistemde, tehlikelerden kaynaklanan risklerin büyüklüğünü tahmin edebilme ve mevcut kontrollerin yeterliliğini dikkate alarak bu risklerin kabul edilebilir olup olmadığına karar verebilme sürecini kapsar [6].

Risk değerlendirmesi işyerinin kuruluşundan itibaren başlar ve çeşitli aşamalar takip edilerek devam eder. Risk değerlendirme aşamasında yapılan çalışmalar Şekil 1'de verilmiştir.

Risk değerlendirme amacıyla literatürde tanımlanmış pek çok yöntem bulunmaktadır. Risk değerlendirme yöntemleri genel olarak kalitatif (nitel) ve kantitatif (nicel) olarak iki ana gruba ayrılmaktadır [7,8]. Kalitatif risk analizinde numerik değerler ve matematiksel bağıntılar yerine çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek vb. tanımlayıcı sözel ifadeler kullanılırken, kantitatif risk analizinde riskin meydana gelme olasılığı, şiddeti gibi parametrelere sayısal değerler verilerek risk skoru hesaplanmaktadır [3]. Bir işyerinde bulunan birden fazla risk, skorlarına göre sıralanarak riskler hiyerarşisi oluşturulur

ve skoru en yüksek riskten başlamak üzere çözümlenme, azaltma veya ortadan kaldırma süreçleri başlatılır.

Risk değerlendirme süreçlerinde sıklıkla kullanılan bazı risk değerlendirme yöntemleri ve yöntemle özgü karakteristik özellikler aşağıda kısaca özetlenmiştir.

HTEA, ürünlerde veya yapılan işyeri çalışmalarında mevcut bulunan veya olası hataları, kullanıcılara ulaşmadan belirlemek ve bu hataları yok etmek için kullanılan bir mühendislik yöntemidir [9].

HTEA, sistemdeki tüm hata türleri için iyileştirme çalışmaları yapılmasının planlanmasından ziyade, tüm sistem elemanları üzerinde en büyük katkı sağlayacak hata türlerini önceliklendiren bir yöntemdir. Hata türlerinin bütünü için, veri derleme ve veri çözümlenme fazlasıyla zaman ve işgücü gerektirmektedir. HTEA metodunun, sürecin başında ön seçim yapması ve yalnızca önemli olduğu belirlenen parçalar için veri derlemesi, yöntemin etkinliğini artırmaktadır [10]. HTEA yöntemi kantitatif bir yöntem olup, olasılık, şiddet, keşfedilebilirlik gibi sayısal verilere ihtiyaç duyar. Çoğu zaman sıralanan bu parametreler için hazır sayısal veriler elde etmek zordur veya mevcut veriler yeterli seviyede ve güvenilir değildir. Bu durumda, sayısal veriler uzman yargısına başvurularak tahmin edilmektedir [10].

Bir riskin ortaya çıkabilme olasılığı (1 ile 5 arasında) ile riskin gerçekleşmesi durumunda meydana gelecek hasarın şiddetinin (1 ile 5 arasında) çarpılarak risk skorunun elde edildiği L tipi matris yöntemi, sadeliği ve kolay uygulanabilirliği sayesinde en çok kullanılan kantitatif yöntemlerin başında gelmektedir [1]. Bu yöntemde hesaplanan risk skoru 20'den büyük ise devam eden iş, risk kabul edilebilir bir seviyeye düşürülünceye kadar durdurulur, henüz başlamamış bir iş ise başlatılmaz. Riskin düşürülmesi olası değilse faaliyet engellenir [11].

L tipi matris yöntemi gibi kullanımı kolay olan Fine-Kinney yönteminde risk skoru hesabında kullanılan üç bileşen, olasılık, frekans (tehlikeye maruz kalma sıklığı) ve şiddettir [12]. Bu yöntemde parametre skala aralıkları daha geniştir.

Bulanık mantık veya diğer adıyla puslu mantık, 1961 yılında Lutfi A.Zadeh tarafından ortaya koyulan bir mantık yapısıdır [13]. 1965 yılında bulanık küme kavramı ve 1968 yılında bulanık algoritmalar Zadeh tarafından, 1970 yılında ise bulanık karar verme yöntemleri Bellman ve Zadeh tarafından ortaya atılmıştır [14]. Bulanık kümelerinin en bariz özelliği belirsizlik içeren sayısal ve sözel bilgilerle verileri eş zamanlı süreçte insan mantığına en uygun şekilde modelleyebilmesidir. Günümüz teknolojisinde sık şekilde rastlanılan akıllı ve uzman sistemlerle otomasyonda, belirsizlik ortamında en uygun karar verebilme ve modellemenin esasında bulanık mantık önerme ve çıkarımları bulunur [15].

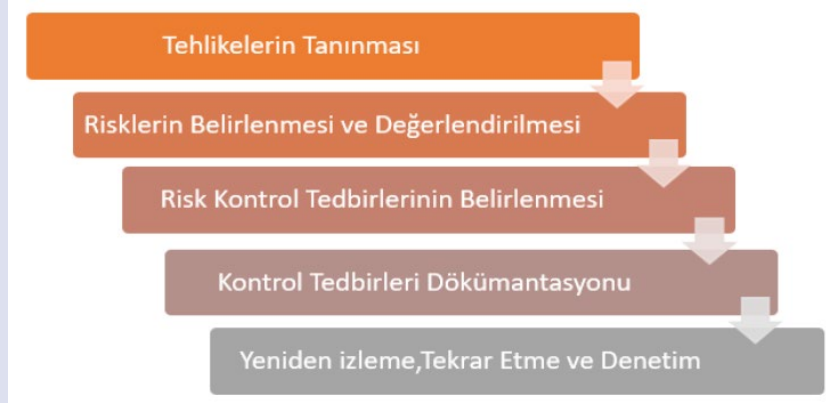
Klasik Aristo mantığına göre varlık ya kümenin elemanıdır veyahut değildir. Aristo yaklaşımında sonuçlar iki kesin hükümden birini içerir yani sonuçlar nettir. Fakat bulanık varlık kümesinde bu iki sonuçtan başka sonuçlar olduğu da görülür. Aslında her varlığın bir üyelik derecesi vardır ve bu derecelerin [0,1] arasında olması mümkündür [16].

Risk analizi yaparken pek çok değişkeni dikkate almak zorunludur. Fakat her değişkenin hesaplanabilmesi zor olmakta bazı durumlarda ise değişkenlerin hesaplanabilmesi mümkün olamamaktadır. Kesin sınırlar içermeyen ve kesin biçimde ifade edilemeyen değişkenler bulanık mantık kuramı

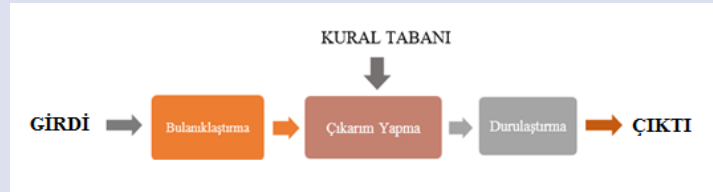
ile sayısal olarak ifade edilebilir ve risk analizinde kullanılabilir [1].

Bulanık mantık kontrol adımları üç ana aşamadan oluşur (Şekil 2). Bunlar;
Bulanıklaştırma (Fuzzification),

Çıkarım ve bilgi tabanı (Inference and knowledge base),
Durulaştırma (Defuzzification) [17].



Resim 1. Risk değerlendirme aşamaları [6]
Figure 1. Risk assessment stages [6]



Resim 2. Bulanık kontrol sistemi
Figure 2. Fuzzy control system

Bulanıklaştırma ham haldeki girdileri aralıklara bölerek üyelik fonksiyonları ile ifade etmektedir. Her üyelik fonksiyonuna, kontrol amacına uygun sözselsel bir ifade atanır. Belirlenen üyelik fonksiyonları uygun geometrik şekil ile ifade edilir [16]. Literatürde üçgen üyelik fonksiyonu, yamuk üyelik fonksiyonu, Gauss üyelik fonksiyonu, çan eğrisi üyelik fonksiyonu, sigmodial üyelik fonksiyonu, S ve π gibi farklı üyelik fonksiyonları tanımlanmıştır [18].

Bulanık sonuçların çıkarım yapıldığı basamakta bulanık girdi değerleri elde etmek amacıyla üyelik fonksiyonları biriktirilip gruplandırılır ve ilgili kümeler arasında bağlantı kurulur. Bu bilgiler, bulanık küme adı altında dönüştürülür [1].

Durulaştırma, bulanık sonuç çıkarımlarının bulanık küme çıktılarının ölçek değerleri üzerinde oynayıp farklılıklar yapılarak reel sayılara dönüştürüldüğü bölümdür. Yani durulaştırma, bulunan sonuç kısmından bir değer bulunması demektir. Durulaştırma işleminin amacı tek durum elde edebilmektir [19].

Bu çalışmada TCDD Sivas Beton Travers Fabrikası çalışma alanlarının risk değerlendirmesi geleneksel üç yöntem (L Tipi Matris, HTEA ve Fine-Kinney) ve bulanık mantık yöntemi ile yapılmıştır. Çalışma alanına ait 109 adet risk tanımlanmış ve her bir riskin skoru ilgili yöntem ile belirlenmiştir. Geleneksel risk değerlendirme yöntemlerinde bir iş yerindeki risklerden bir çoğu aynı risk skoruna sahip olmakta ve aynı skora sahip

riskler arasında bir öncelik sıralaması yapılamamaktadır. Bu çalışmanın amacı bulanık mantık yöntemi kullanarak aynı skorlara sahip risk sayısını azaltmak ve riskler hiyerarşisinde daha net bir ayırım ortaya koyabilmektir.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada TCDD Sivas Beton Travers Fabrikasına ait farklı çalışma alanlarında risk değerlendirme çalışması yapılmıştır. Risk değerlendirme amacıyla geleneksel 3 risk değerlendirme yöntemi (L Tipi Matris, HTEA ve Fine-Kinney) ve bulanık mantık yöntemi kullanılmıştır. Çalışma alanları, genel bölüm, iş makineleri, bakım atölyesi, kalıplama ve gerdirme, dış istif, elektrik, kaynak, ısı santrali, su arıtma ve agrega laboratuvar bölümleri ile lojman bölümü olarak belirlenmiştir. Her bir bölüm için ayrı ayrı tanımlanmış 109 adet risk için risk değerlendirme çalışmaları yapılmıştır (EK 1).

Bulanık mantık yönteminin risk değerlendirme amacıyla kullanımı aşağıda verilen altı aşamada gerçekleştirilmiştir,

1. Fabrikadaki tehlike kaynaklarının ve risklerin tanımlanması
2. Risk skorlarının geleneksel 3 yöntem ile belirlenmesi (Skor A)
3. Geleneksel yöntemler ile 2. aşamada elde edilen risk skorlarının bulanık mantık yönteminde girdi olarak tanımlanması ve bulanık risk skorlarının elde edilmesi (Skor B)

4. L tipi matris, HTEA ve Fine-Kinney yöntemlerine ait olasılık, şiddet, fark edilebilirlik ve frekans parametrelerinin bulanık mantık yönteminde girdi olarak tanımlanması ve geleneksel yöntem skorlarının bulanık risk skoru olarak elde edilmesi (Skor C)
5. Dördüncü aşamada elde edilen skorların (Skor C) bulanık mantık yönteminde girdi olarak tanımlanması ve bulanık risk skorlarının elde edilmesi (Skor D)
6. Skor A, B ve D'nin kıyaslanması ve bulanık mantık yönteminin risk hiyerarşisi oluşturmak için kullanımının ve etkinliğinin irdelenmesi.

Çalışmanın ilk aşaması için TCDD Sivas Beton Travers Fabrikasına ait tüm çalışma alanları fabrikada görevli İş Sağlığı ve Güvenliği uzmanı ile detaylı olarak incelenmiş ve hem İSG uzmanı hem de çalışanlar ile yapılan değerlendirmeler ve görüşmeler sonucunda fabrikaya ait 109 adet risk belirlenmiştir. İkinci aşamada fabrikada İSG uzmanı tarafından daha önce Fine-Kinney yöntemi ile hazırlanmış olan risk değerlendirme raporları ve çalışanlar ile yapılan görüşmeler dikkate alınarak her bir risk için olasılık, şiddet, fark edilebilirlik ve frekans parametrelerine ait numerik değerler hassas bir şekilde ortaya konulmuş ve tüm riskler için, L tipi matris, Fine-Kinney ve HTEA yöntemleri ile risk değerlendirme işlemleri yapılmıştır. Belirtilen yöntemlere ait risk skoru

(RS) eşitlikleri ve skora bağlı kabul edilebilirlik değerleri sırasıyla Eşitlik 1-3'te ve Tablo 1-3'te verilmiştir.

$$RS = O \times \text{Ş} \quad (1)$$

$$RS = O \times \text{Ş} \times F \quad (2)$$

$$RS = O \times \text{Ş} \times FE \quad (3)$$

Eşitliklerde O, riskin oluşma olasılığını, Ş, şiddetini, F frekansını ve FE, fark edilebilirliğini temsil etmektedir [10,11,12,16,20,21].

Çalışmada bulanık mantık yöntemi ile risk değerlendirmesi MATLAB paket programında bulunan "fuzzy logic" araç kutusu ile yapılmıştır. Çalışmanın üçüncü aşamasında her bir risk için geleneksel yöntemler ile elde edilen 3 farklı risk skoru bulanık mantık araç kutusunda girdi (input) olarak tanımlanmış ve 3 farklı risk skoru değeri tek bir risk skoruna dönüştürülmüştür. Bulanık mantık çıktısı (output) olarak elde edilen risk skorları 1 ile 5 puan arasında değerlendirilmiştir (1 minimum risk, 5 maksimum risk). 109 adet riskin daha çok kümeye (risk skoruna) ayrılması ve risklerin birbirlerinden daha belirgin ayrılabilmesi için farklı üyelik fonksiyonları ile analizler yapılmıştır. 3. aşamada kullanılan 4 farklı analize ait L tipi matris, Fine-Kinney ve HTEA girdi üyelik fonksiyonları ile çıktı üyelik fonksiyonları Şekil 3-6'da verilmiştir.

Çizelge 1. L Tipi matris yöntemi kabul edilebilirlik değerleri
Table 1. L Type matrix method acceptability values

Zararın Olasılığı	Zararın Şiddeti				
	[1]Çok Hafif	[2]Hafif	[3]Orta	[4]Ciddi	[5]Çok Ciddi
[1]Çok Düşük	Önemsiz 1	Düşük 2	Düşük 3	Düşük 4	Düşük 5
[2]Düşük	Düşük 2	Düşük 4	Düşük 6	Orta 8	Orta 10
[3]Orta	Düşük 3	Düşük 6	Orta 9	Orta 12	Yüksek 15
[4]Yüksek	Düşük 4	Orta 8	Orta 12	Yüksek 16	Yüksek 20
[5]Çok Yüksek	Düşük 5	Orta 10	Yüksek 15	Yüksek 20	Durdur 25

Çizelge 2. Fine-Kinney yöntemi kabul edilebilirlik değerleri
Table 2. Fine-Kinney method acceptability values

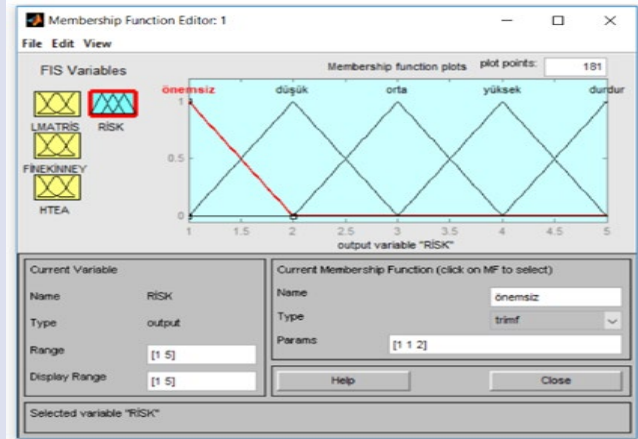
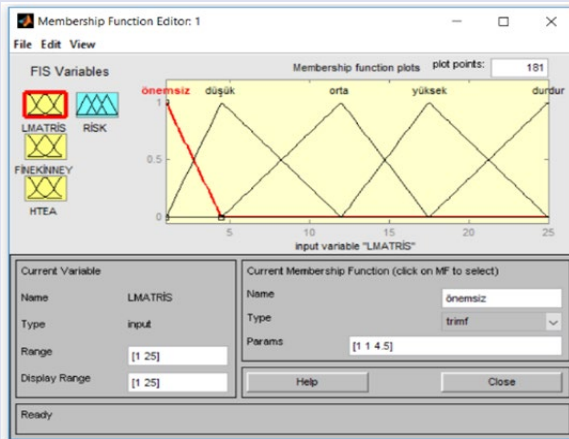
Risk önem derecesi	Risk skoru	Eylem
Tolere Gösterilemez Risk (Durdur)	400<R	Hemen gerekli tedbirler alınmalı ve çalışmaya ara verilmelidir.
Esaslı(Yüksek)	200<R≤400	Kısa vadeli eylem planı alınmalı ve iyileştirme yapılmalıdır.
Önemli(Orta)	70<R≤200	Dikkatli izlenmeli ve uzun sürede iyileştirme yapılmalıdır.
Olası(Düşük)	20<R≤70	Eylem planı denetim ve gözetim altında alınmalıdır.
Önemsiz	R≤ 20	Öncelikli tedbir gerekemeyebilir.

Çizelge 3. HTEA yöntemi kabul edilebilirlik değerleri
Table 3. FMEA method acceptability values

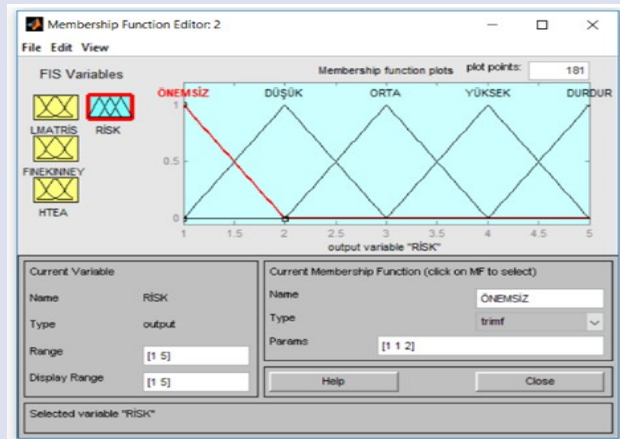
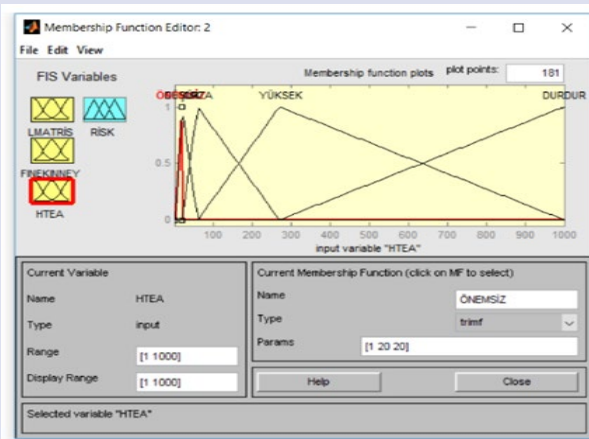
Risk önlem derecesi	Risk skoru	Düzenleyici önleyici faaliyet
Katlanılamaz Riskler [durdur]	RÖS >400	Risk kabul edilebilir bir seviyeye düşürülür. Devam eden bir iş varsa durdurulur, Herhangi bir iş başlatılmaz. Riskin düşürülmesi olası değilse faaliyet engellenir.
Önemli Riskler [yüksek]	100≤ RÖS< 400	Risk azaltılincaya kadar iş başlatılmaz. Devam eden işler durdurulur. Risk için önlemler alınmalı ve önlemler sonucu faaliyetin devamın karar verilmelidir.
Orta Düzeydeki Riskler [orta]	40≤ RÖS<100	Risk değerlerini düşürmek için risk azaltma önlemleri alınır.
Katlanılabilir Riskler [düşük]	10≤RÖS< 40	Mevcut kontroller sürdürülmeli ve kontrollerinde sürdürüldüğü denetlenmelidir. Ek kontrol proseslerine ihtiyaç duyulmayabilir.
Önemsiz Riskler	RÖS≤ 10	Riskleri yok etmek amacıyla kontrol prosesleri planlamaya ve gerçekleştirilecek

[önemsiz]

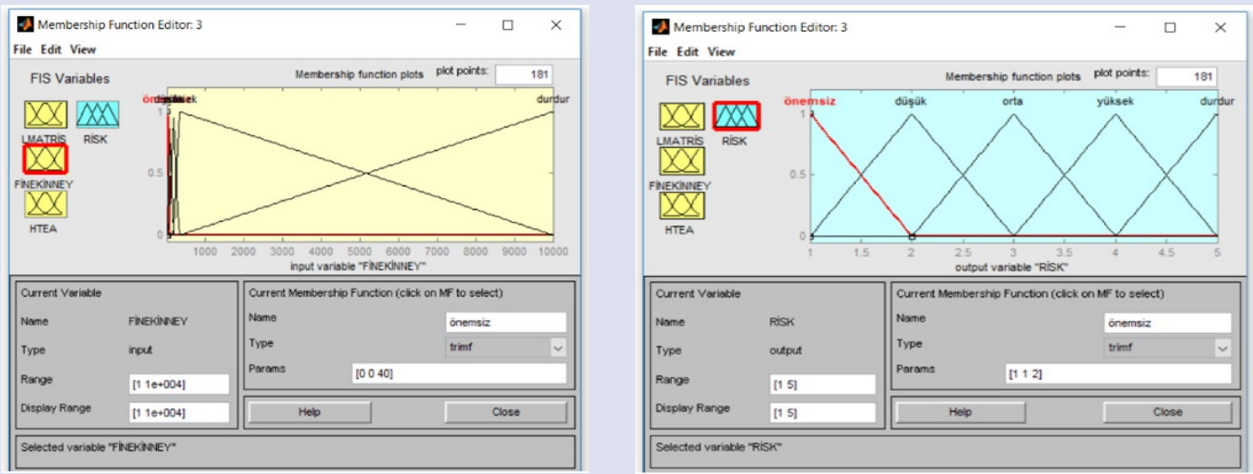
faaliyet kayıtlarını biriktirmeye gerek yoktur.



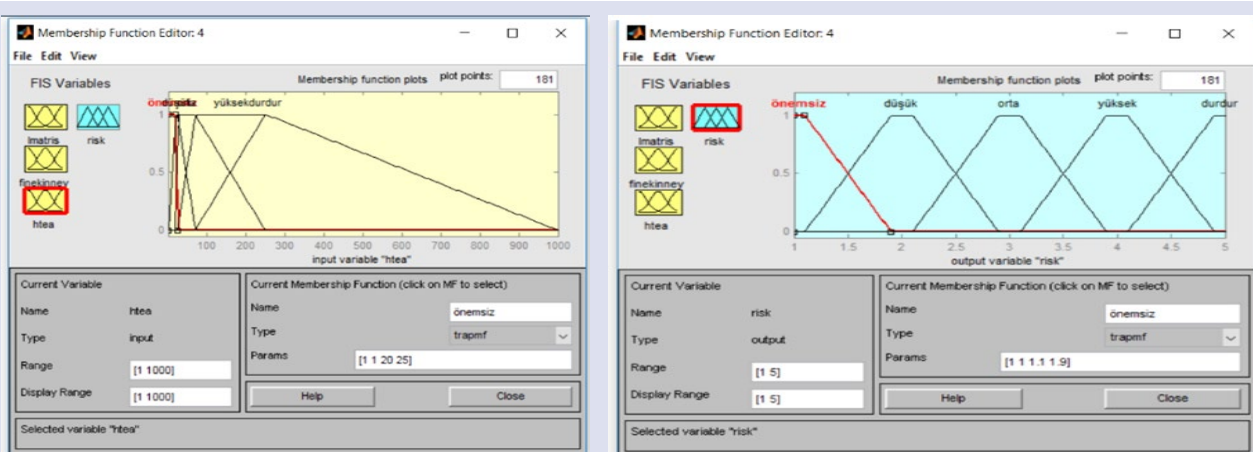
Resim 3. 1. analiz için girdi ve çıktı üyelik fonksiyonları gösterimi
Figure 3. Input and output membership functions for 1st analysis



Resim 4. 2. analiz için girdi ve çıktı üyelik fonksiyonları gösterimi
Figure 4. Input and output membership functions for 2nd analysis



Resim 5. 3. analiz için girdi ve çıktı üyelik fonksiyonları gösterimi
Figure 5. Input and output membership functions for 3rd analysis



Resim 6. 4. analiz için girdi ve çıktı üyelik fonksiyonları gösterimi
Figure 6. Input and output membership functions for 4th analysis

Çizelge 4. L tipi matris yöntemi için yapılan 4 analize ait örnek gösterim

Table 4. Examples of 4 analyses performed for the L-type matrix method

Risk No	Geleneksel Risk Skoru	1.Analiz Risk Skoru	2. Analiz Risk Skoru	3.Analiz Risk Skoru	4.Analiz Risk Skoru
1	10	13	13	13	13
2	3	5.95	5.45	5.61	7.4
3	3	5.95	5.45	5.61	7.4

Çizelge 5. Fine-Kinney yöntemi için yapılan 7 analize ait örnek gösterim

Table 5. Examples of 7 analyses performed for the Fine-Kinney method

Risk No	Geleneksel Risk Skoru	1.Analiz Risk Skoru	2.Analiz Risk Skoru	3.Analiz Risk Skoru	4.Analiz Risk Skoru	5.Analiz Risk Skoru	6.Analiz Risk Skoru	7.Analiz Risk Skoru
1	50	96.2	177	96.2	94.5	94.5	96.4	413
2	45	95.2	85.1	294	323	94.5	96.4	340
3	45	95.2	85.1	294	323	94.5	96.4	340

Çizelge 6. HTEA yöntemi için yapılan 4 analize ait örnek gösterim

Table 6. Examples of 4 analyses performed for the FMEA method

Risk No	Geleneksel Risk Skoru	1.Analiz Risk Skoru	2.Analiz Risk Skoru	3.Analiz Risk Skoru	4.Analiz Risk Skoru
1	270	122	118	132	485

2	56	440	35.5	31	40.2
3	36	32.2	35.5	31	36

Çalışmanın 4. Aşamasında geleneksel risk değerlendirme yöntemlerine ait olasılık, şiddet, frekans ve fark edilebilirlik değerleri bulanık mantık yönteminde farklı üyelik fonksiyonları ile tanımlanarak her bir geleneksel yöntemin bulanık mantık risk skorları elde edilmiştir. Üyelik fonksiyonu belirlenirken yöntemlere ait olasılık, şiddet, frekans ve fark edilebilirlik değerlerinin sayısal aralıkları dikkate alınmıştır. L matris yönteminde olasılık ve frekans değerleri 1-5 aralığında, HTEA yönteminde olasılık, şiddet ve fark edilebilirlik değerleri 1-10 aralığındadır. Fine-Kinney yönteminde ise olasılık 0.2-10 aralığında, şiddet 1-100 aralığında ve frekans 1-10 aralığındadır. Bu değer aralıkları dikkate alındığında L tipi matris ve HTEA yöntemlerinde 4 üyelik fonksiyonu ile

çalışılırken, Fine-Kinney yönteminde özellikle şiddet aralığının geniş olması (1-100) 7 farklı üyelik fonksiyonu tanımlanmasına olanak vermiştir. Her bir yöntemin farklı üyelik fonksiyonları ile elde edilen sonuçlarından 3 adet örnek Tablo 4-6'da verilmiştir.

Geleneksel risk skorları bulanık mantık yöntemi ile yeni skorlara dönüştürüldükten sonra her yöntem için yapılan farklı analizlerden, yöntemin gerçek skoru ile en uyumlu olan analiz sonuçları belirlenmiş ve bu skorlar 1-5 arasındaki ölçekte bir sonuca dönüştürülmek üzere yine bulanık mantık yöntemi ile analize tabi tutulmuşlardır (5. Aşama). Bu aşamada 2 adet üçgen ve 1 adet trapez olmak üzere 3 adet çıktı üyelik fonksiyonu ile analizler sürdürülmüştür.

Bulgular ve Tartışma

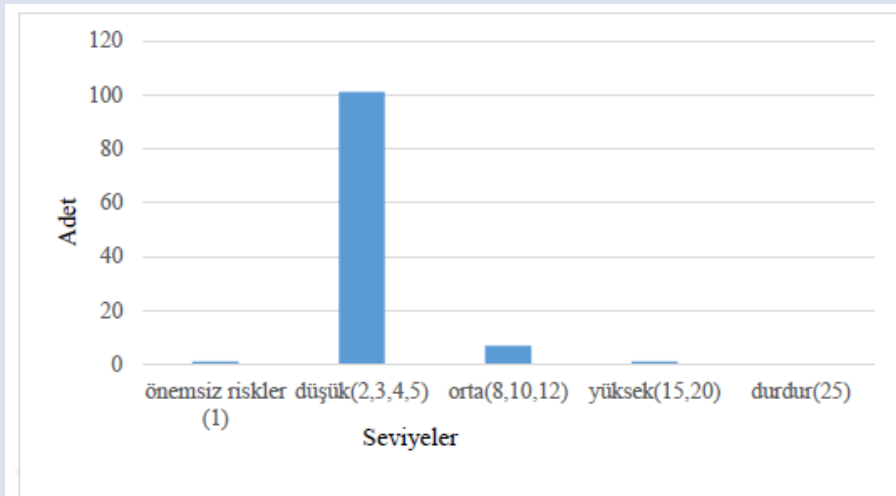
Çalışmada ilk olarak geleneksel risk değerlendirme yöntemleri ile elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir. Hesaplanan risk skorlarının hangi değerlerde kümelendiği ve risk hiyerarşisinde kaç farklı skor elde edildiği belirlenmiştir.

Geleneksel L tipi matris yönteminden elde edilen risk skorlarının önemsiz, düşük, orta, yüksek ve durdur seviyelerine göre dağılımları ve her bir risk skorunun adet dağılımları sırasıyla Şekil 7 ve 8'de verilmiştir.

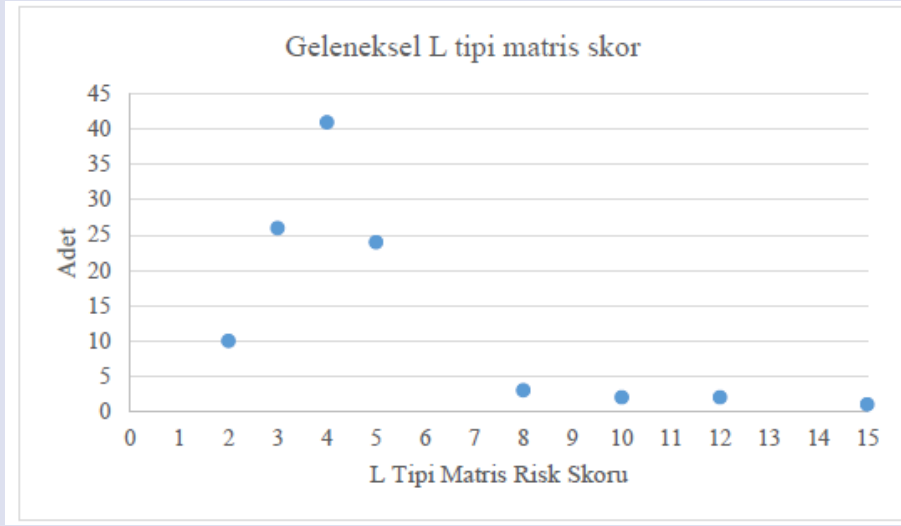
Şekil 7 ve 8 birlikte değerlendirildiğinde 109 adet riskin 8 farklı skor ile temsil edildiği görülmektedir. Risk skoru 3 olan 26, 4 olan 41, 5 olan 24 adet risk mevcuttur. L tipi matris, uygulanması kolay bir risk değerlendirme yöntemidir ancak elde edilebilecek skor sayısı toplam 14

adettir (Tablo 1). Dolayısıyla risklerin bazı risk skorlarında kümelenmesi kaçınılmazdır. Kümelenen risklerin ise önem sırasına göre dizilimi ve önem sırasına göre çözümlenmesi mümkün değildir. Çalışmada mevcut riskler L tipi matris yöntemi ile analiz edildiğinde en çok "düşük" risklerin olduğu görülmektedir (Risk skoru 2,3,4,5 ve 6 olan toplam 101 adet risk).

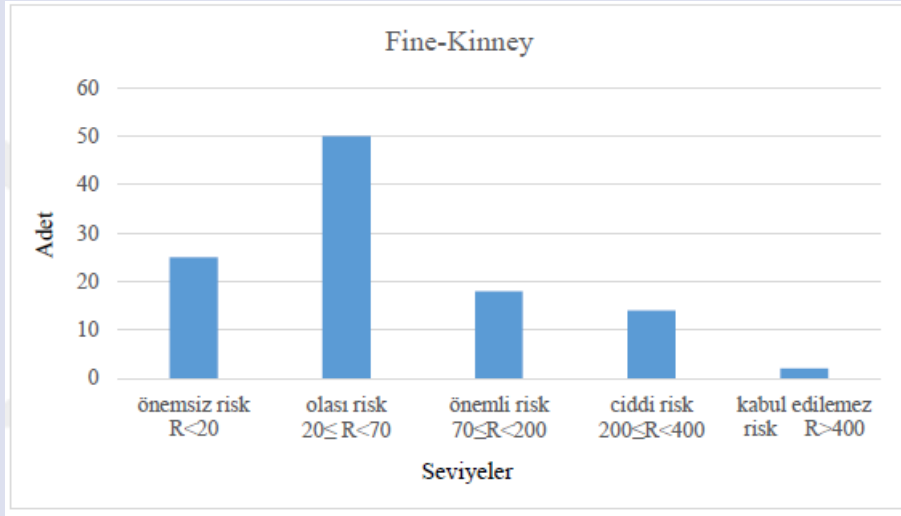
Geleneksel Fine-Kinney yönteminden elde edilen risk skorlarının önemsiz, olası, önemli, esaslı ve durdur seviyelerine göre dağılımları Şekil 9'da, her bir risk skorunun adet dağılımları Şekil 10'da verilmiştir. Şekil 9 incelendiğinde fabrikadaki risklerin en çok "olası" risk seviyesinde kümelenildiği görülmektedir. Ancak bu yöntemde elde edilen dağılımın L tipi matris yöntemine göre daha çok çeşitlilik gösterdiği ve en az 4 ayrı grupta risklerin farklı farklı kümelenildiği söylenebilir.



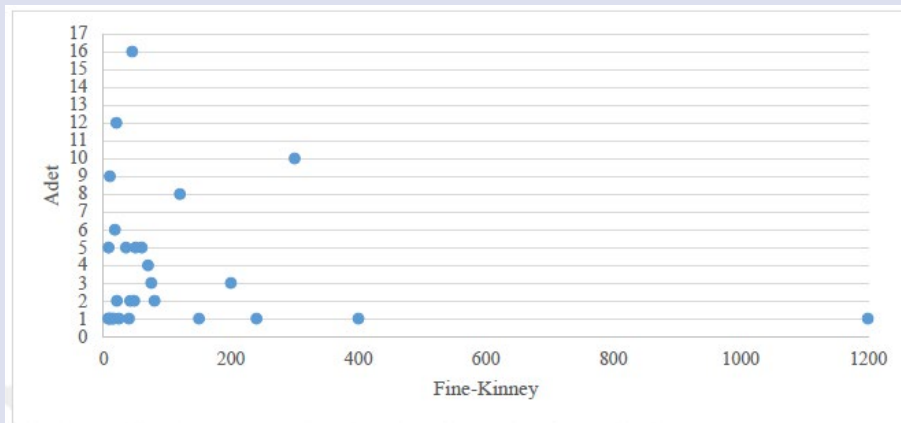
Resim 7. Geleneksel L tipi matris skorlarının seviyelere dağılımları
Figure 7. Distribution of traditional L-type matrix scores across levels



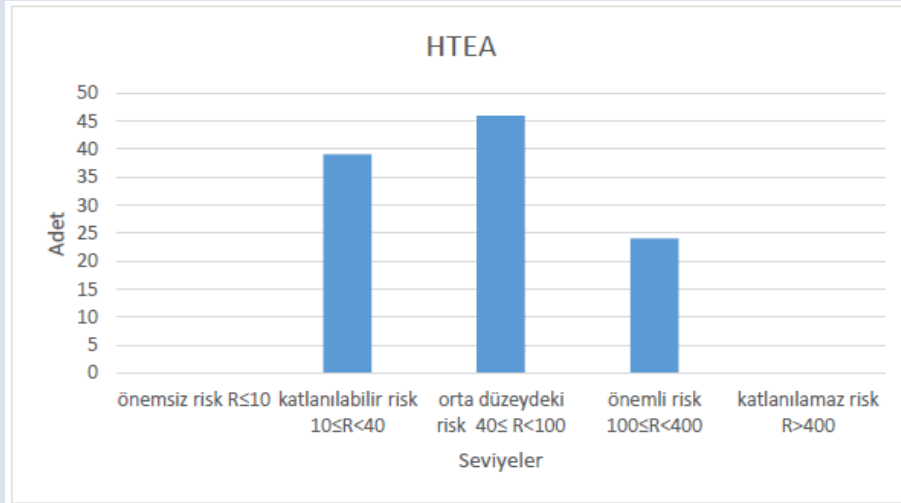
Resim 8. L tipi matris skorlarının adet dağılımı
Figure 8. Number distribution of L-type matrix scores



Resim 9. Geleneksel Fine-Kinney skorlarının seviyelere dağılımları
Figure 9. Distributions of traditional Fine-Kinney scores across levels



Resim 10. Fine-Kinney skorlarının adet dağılımı
Figure 10. Number distribution of Fine-Kinney scores



Resim 11. Geleneksel HTEA skorlarının seviyelere dağılımları
Figure 11. Distribution of traditional FMEA scores across levels

Şekil 10 incelendiğinde Fine-Kinney yönteminde skorların 28 farklı skor değerinde dağıldığı görülmektedir. Skoru 20 olan 12, 45 olan 16, 300 olan 10 adet risk mevcuttur. L tipi matris yöntemi ile kıyaslandığında Fine-Kinney yönteminde aynı skora sahip risk sayısında önemli oranda azalma olmuştur (L tipi matris yönteminde aynı skora sahip 41 adet risk varken Fine-Kinney yönteminde bu sayı en fazla 16 olarak elde edilmiştir). Ayrıca L tipi matris yönteminde elde edilen farklı skor sayısı 8 iken Fine-Kinney yönteminde bu sayı 28'e çıkmıştır.

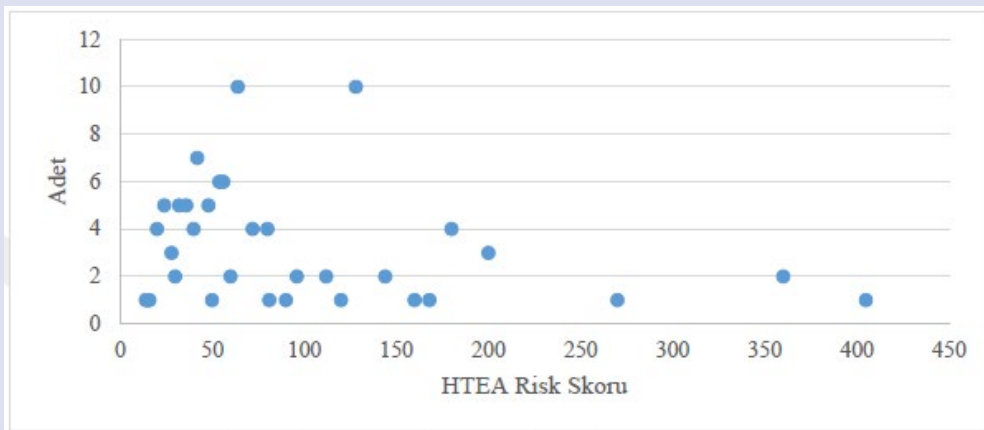
Geleneksel HTEA yönteminden elde edilen risk skorlarının önemsiz, katlanılabilir, orta, önemli, ve katlanılamaz seviyelerine göre dağılımları Şekil 11'de verilmiştir. Şekil 11 incelendiğinde fabrikadaki risklerin "orta" seviyesinde kümelenildiği görülmektedir.

HTEA skorlarının adet dağılımlarının verildiği Şekil 12 incelendiğinde HTEA yöntemi skorlarının 33 farklı risk skoruna dağıldığı görülmektedir. En çok gözlenen risk

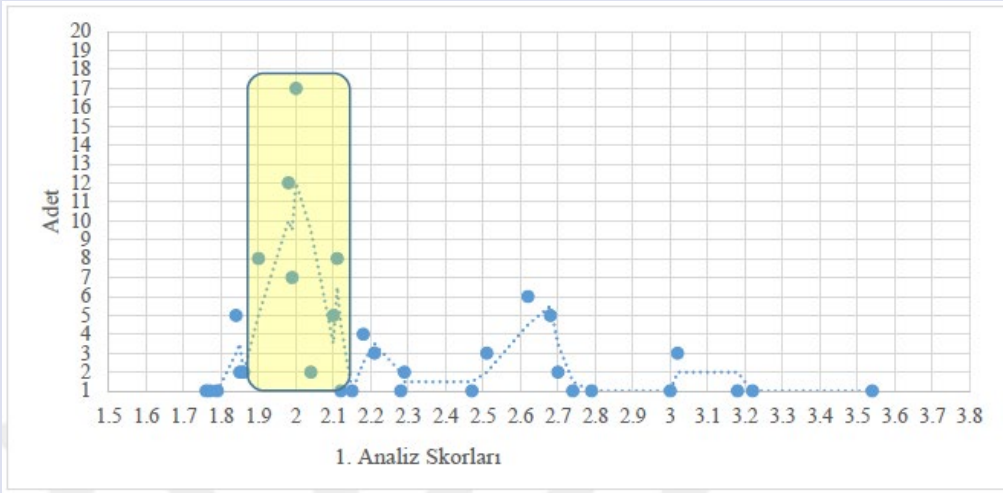
skoru 10'ar adet ile 64 ve 128 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre risklerin ayrıştırılması hususunda HTEA yönteminin en başarılı yöntem olduğu net bir şekilde görülmektedir.

Çalışmanın bulanık mantık ile risk değerlendirme analizi kısmında, materyal ve metot bölümünde açıklaması verilen 3. aşamadaki 4 farklı analize ait sonuçlar Şekil 13-16'da, 4. aşamadaki 3 farklı analize ait sonuçlar Şekil 17-19'da ve bulanık mantık yönteminde belirlenen 1-5 arası skalada elde edilen farklı skor sayıları Tablo 7'de verilmiştir.

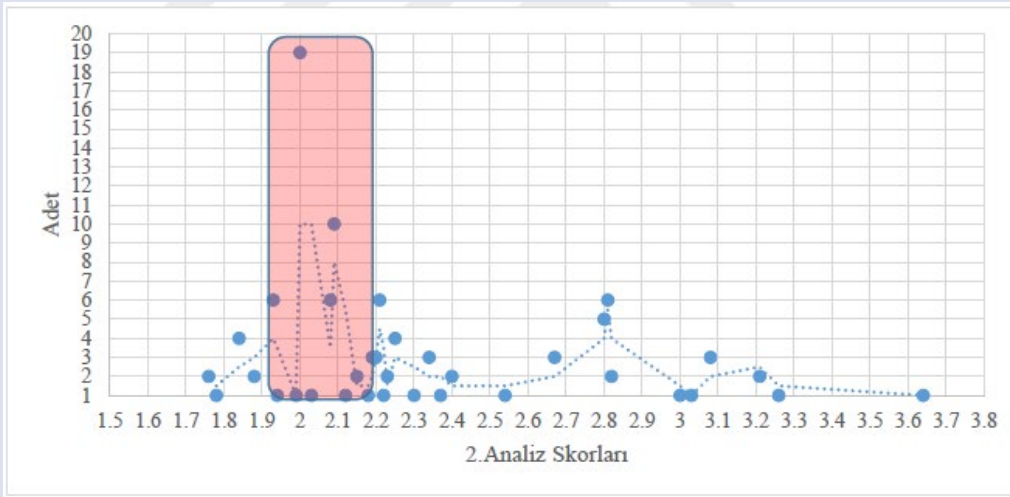
Şekil 13-16 incelendiğinde çalışmanın 3. Aşamasında yapılan 4 analizin ilk üçünde risklerin 1.9-2.1 skor aralığında kümelenildiği görülmektedir. 4. Analiz ise risk skoru 2.4-2.6 aralığına kaymıştır. Bu durum 4. analizdeki üyelik fonksiyonlarının "önemli risk" tanımlamasına uygun olarak belirlendiğini göstermektedir.



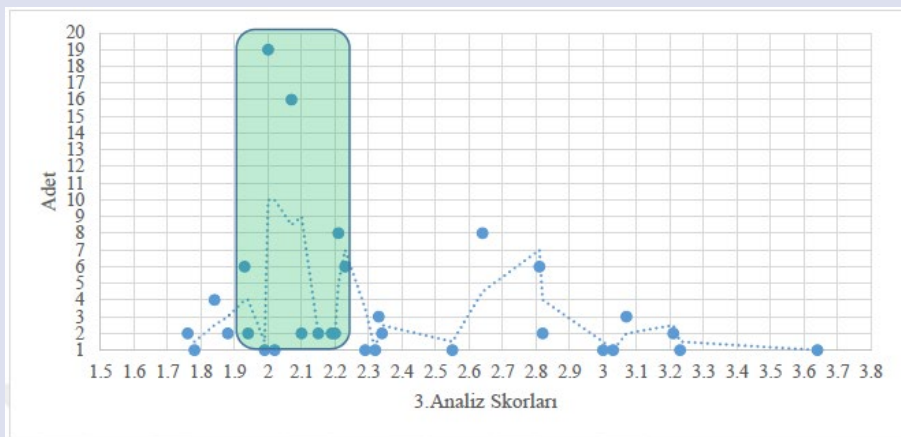
Resim 12. HTEA skorlarının adet dağılımı
Figure 12. Number distribution of FMEA scores



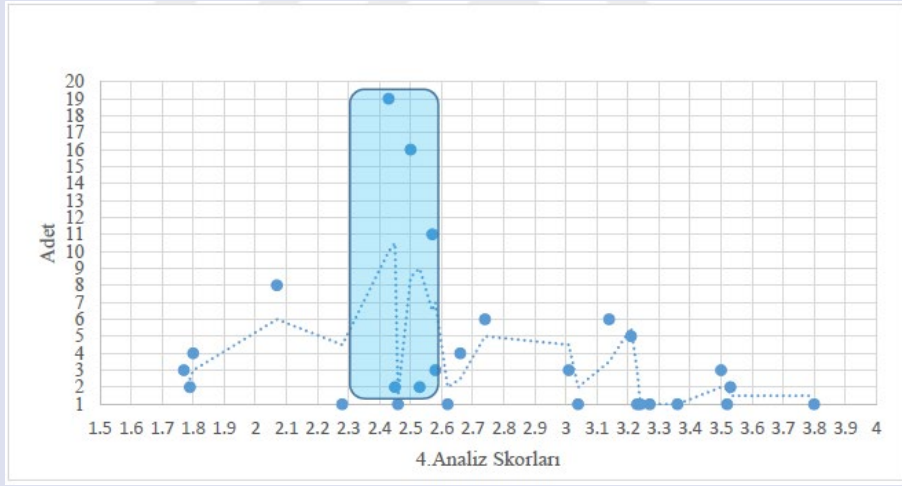
Resim 13. 3. Aşama 1. Analiz Sonuçları
Figure 13. Stage 3, 1st Analysis Results



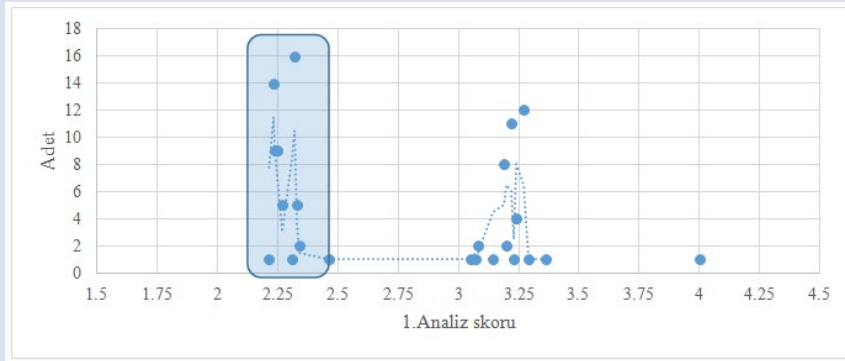
Resim 14. 3. Aşama 2. Analiz Sonuçları
Figure 14. Stage 3, 2nd Analysis Results



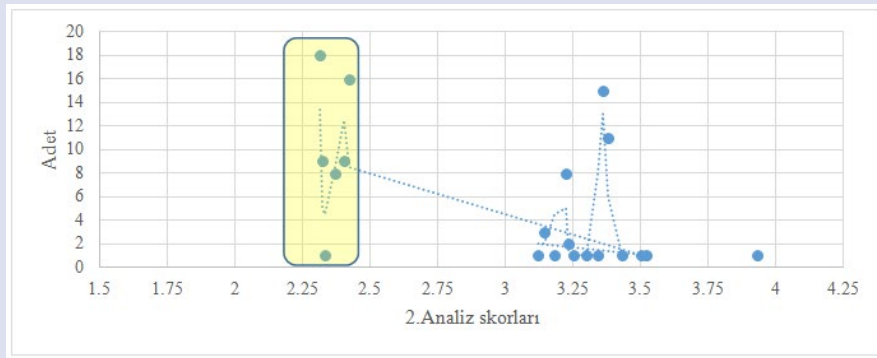
Resim 15. 3. Aşama 3. Analiz Sonuçları
Figure 15. Stage 3, 3rd Analysis Results



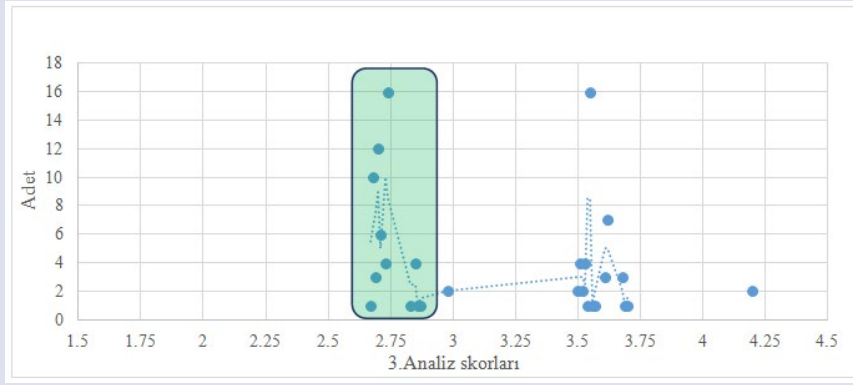
Resim 16. 3. Aşama 4. Analiz Sonuçları
Figure 16. Stage 3, 4th Analysis Results



Resim 17. 4. Aşama 1. Analiz Sonuçları
Figure 17. Stage 4, 1st Analysis Results



Resim 18. 4. Aşama 2. Analiz Sonuçları
Figure 18. Stage 4, 2nd Analysis Results



Resim 19. 4. Aşama 3. Analiz Sonuçları
Figure 19. Stage 4, 3rd Analysis Results

Çizelge 7. Bulanık mantık 1-5 arası skalada elde edilen farklı skor sayıları
Table 7. Fuzzy logic different score numbers obtained on a scale of 1-5

Aşama ve Analiz Bilgisi	1-5 arası skalada elde edilen farklı sonuç sayısı
3. Aşama 1. Analiz	31
3. Aşama 2. Analiz	35
3. Aşama 3. Analiz	30
3. Aşama 4. Analiz	27
4. Aşama 1. Analiz	23
4. Aşama 2. Analiz	20
4. Aşama 4. Analiz	26

Çalışmanın 4. Aşamasında yapılan 3 analizin sonuçlarının verildiği Şekil 17-19'da risk skorlarının iki farklı risk skorunda kümelendiği görülmektedir. İlk iki analizde risk skorlarının 2.25-2.5 aralığı ile 3.0-3.25 aralığında kümelendiği görülürken üçüncü analizde 2.75 ve 3.5-3.75 aralıklarında kümelene görülmektedir.

Bulanık mantık ile risk değerlendirmesinde çalışılan toplam 7 analizde 109 adet riskin 1-5 arasında kaç farklı skora dağıldığını gösteren Tablo 7 incelendiğinde 3. Aşamadaki 2. Analiz sonuçlarına göre risklerin 35 farklı skora dağıldığı görülmektedir. Bu değerlendirme kapsamında geleneksel yöntemler arasında en yüksek sayı HTEA yönteminde 33 olarak elde edilmiştir. Buna göre bulanık mantık yönteminin risklerin farklı skorlara dağıtımında ve risk hiyerarşisi oluşturmada çalışılan yöntemler arasında en etkin sonucu verdiği net bir şekilde görülmektedir. Fine-Kinney yöntemi 109 adet riski 28 farklı skora dağıtabilmiştir. Yapılan 7 analizin üçünde Fine-Kinney yönteminden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. L tipi matris yöntemi dikkate alındığında ise (109 adet risk 8 farklı skora dağıtılmıştır) yapılan tüm bulanık mantık analizlerinin L tipi matris yönteminden daha etkili olduğu açık bir şekilde söylenebilir.

Sonuçlar ve Öneriler

TCDD Sivas Beton Travers Fabrikasına ait 109 adet riskin geleneksel L tipi matris, Fine-Kinney, HTEA yöntemleri ve bulanık mantık yöntemi ile farklı üyelik fonksiyonları kullanılarak değerlendirildiği bu çalışmada elde edilen veriler değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara varılmıştır;

- Geleneksel risk değerlendirme yöntemleri kendi aralarında kıyaslandığında L tipi matris yönteminin, risk skorlarının farklı gruplara ayrılması hususunda en

başarısız yöntem olarak belirlenmiştir. L tipi matris yönteminde risk skoru hesabında yalnızca iki parametrenin yer alması ve buna bağlı olarak elde edilebilecek skor sayısının kısıtlı olması skor çeşitliliğini azaltan temel faktördür.

- Fine-Kinney ve HTEA yöntemleri risklerin çeşitlendirilmesi hususunda frekans ve fark edilebilirlik parametrelerini de içerdikleri için L tipi matris yöntemine kıyasla daha iyi çeşitlilik sağlamışlardır.
- Bulanık mantık yöntemi risk değerlendirmesi amacıyla başarı ile kullanılabilir bir yöntem olarak değerlendirilmiş ve 109 adet riski 35 gruba ayırarak değerlendirilen yöntemler arasında en iyi performansı göstermiştir.
- Bulanık mantık yönteminin risk değerlendirmesi amacıyla kullanımında girdi ve çıktı parametrelerine ait üyelik fonksiyonlarının seçilmesi yöntemin etkinliği üzerinde çok etkili bir faktördür. Uzman görüşleri ile iyi bir şekilde belirlenecek üyelik fonksiyonları bulanık mantık yönteminin daha etkin kullanımını sağlayacak ve riskler daha fazla gruba ayrılabilir.
- Bu çalışmada bulanık mantık yönteminin risk değerlendirmesi amacıyla kullanılabilirliği araştırılmış ancak yöntemin başarısını etkileyen parametreler bir duyarlılık analizi ile çalışılmamıştır. Bundan sonraki çalışmalarda yöntemin etkinliğini artırmak için gerekli iyileştirme çalışmalarının yapılması önerilebilir.

Referanslar

- [1] Çakmak, E. (2015). İş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirme yöntemlerinin bulanık mantık yaklaşımı ile analizi: Kobi uygulama örneği, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 164s, Ankara.

- [2] İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu(6331 sayılı Kanun) (30.06.2012) www.mevzuat.gov.tr , 28339.
- [3] Özçelik, A. (2013). İş Sağlığı ve Güvenliğinde Fine–Kinney Yöntemiyle Risk Yönetimi: Mermer İşletmesi Örneği. Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 86s, Eskişehir.
- [4] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (2012). İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirme Yönetmeliği (28512 Mükerrer). TC Resmi Gazete, 29.12.2012 .
- [5] Ceylan, H., Başhelvacı, V. S. (2011). Risk Değerlendirme Tablosu Yöntemi İle Risk Analizi: Bir Uygulama. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, Cilt-3, Sayı-2.
- [6] Özdemir, N. (2009). Gemi Sanayinde İş Güvenliği Yönetimi ve OHSAS 18001 Uygulaması. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] Işık, M. (2017). Kum Ocaklarında İş Güvenliği ve Risk Değerlendirmesi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. s, Sivas.
- [8] Özkılıç, Ö. (2015). İş Güvenliği İş Adamları Derneği, Güvenlik Mevzuatında Risk.
- [9] Eryürek, Ö.F. (2003). Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönteminde Yeni Bir Karar Verme Modeli. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 144s, İstanbul.
- [10] Aran, G. (2006). Kalite İyileştirme Sürecinde Hata Türü Etkileri Analizi (FMEA) ve Bir Uygulama, Gazi Osman Paşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 130s, Tokat.
- [11] Şafak, R. E., Şensöğüt, C., Kasap, Y. (2018). Açık Ocak İşletmelerinde İş Güvenliği Uygulaması: Örnek Ocak Çalışması. Bilimsel Madencilik Dergisi, 99-108.
- [12] Köşek Özler, M. (2016). İş Sağlığı ve Güvenliğinde 3T ve Fine Kinney Risk Analizi Yöntemleri ve Metal Sektöründeki Bir İşletmede Uygulanması. Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 124s , Kırıkkale.
- [13] Dahım, M.E. (2016). Puslu(Bulanık) Mantık. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 42s , Erzurum.
- [14] Pehlivan, İ. (2001). Bulanık Mantık Kontrolörler İle Klasik PID Kontrolörlerin Karşılaştırılması ve Bir Bulanık Mantık Kontrolör Tasarımı. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 66s, Sakarya.
- [15] Şen, Z. (2002). Bulanık (Fuzzy) Mantık ve Modelleme İlkeleri. Bilge Sanat Yapım Yayınları, İstanbul.
- [16] Çukurluöz, A. K. (2018). Bulanık Mantık Yöntemi Kullanılarak Yer altı Mekanize Kömür Ocaklarındaki Risklerin Değerlendirilmesi. Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 224s, Eskişehir.
- [17] Dolaz, K. (2016). Bulanık Mantık Yöntemi ile Risk Değerlendirmesi: Matbaa Sektörü Örneği. Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 92s, Ankara.
- [18] Aytaç, E. (2011). Kalite İyileştirme Sürecinde Bulanık Mantık Yaklaşımı İle Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Uygulama Örneği. Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 293s, Aydın.
- [19] Uygunoğlu, T., Yurtcu, Ş. (2006). Yapay Zeka Tekniklerinin İnşaat Mühendisliği Problemlerinde Kullanımı. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 61-70.
- [20] Erten, B.(2016). İlaç Lojistik Sektöründe 5*5 Matris, Fine-Kinney ve Fmea Yöntemleri ile Risk Değerlendirmelerinin Karşılaştırılması; Bir Firma Örneği. İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 144s, İstanbul.
- [21] Devren, M.E. (2016). Asansör Sistemlerinde FMEA ve Fine-Kinney Metodlarının Risk Değerlendirmelerinin Karşılaştırılması. İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 99s, İstanbul.

EK 1: 109 adet risk listesi

RİSK NO	BÖLÜM	TEHLİKE KAYNAKLARI	TEHLİKENİN KAZAYA DÖNÜŞMESİNDE OLASI DURUM
1	GENEL	Yangın, sel, deprem, terör, sabotaj	Güvensiz durum ve hareketler
2		Uyarı levhaları	Güvensiz durum
3		Fabrikanın muhtelif yerlerindeki, düzensiz konumlanmış, ahşap ve çelik eşya dolapları	Güvensiz durum, hijyen, acil durumlarda engel teşkil etmesi, çalışma alanı daraltması, yangın.
4		Sosyal tesisler, su arıtma tesisi vb.	Güvensiz durum
5		Ziyaretçiler	Güvensiz hareketler
6		Yüksekte çalışma (Her türlü yükseklikteki bakım, onarım, kontrol vs. çalışmalar)	Güvensiz durum ve hareketler
7		Kapalı kap, kazan, tank, silo gibi dış ortama tümüyle veya yarı kapalı ortamlarda yapılan kaynak işleri	Güvensiz durum ve hareketler
8		Su kulesi, lojmanlar, müdüriyet binası, sosyal tesisler	Güvensiz durum
9		Malzeme depoları	Güvensiz durum
10		Acil durumlar	Güvensiz durum
11		Aydınlatma	Güvensiz durum
12		Koruyucu donanım ve iş elbisesi kullanmama	Güvensiz durum
13		Egzoz gazı	Biriken egzoz gazı zehirleyici ve öldürücü niteliktedir.
14		Araç yollarındaki işaretlerin eksik olması	Güvensiz durum (SGK İstatistiklerine göre iş kazalarının %4'ü taşıt kazalarından meydana gelmektedir.)
15	İŞ MAKİNELERİ	İş makinelerinde yangın söndürme ve ilkyardım ekipmanı bulunmaması	Güvensiz durum
16		Çalışma ve Bakım prosedürlerinin ve makine sicil kartlarının olmaması	Güvensiz hareket
17		Agrega istif alanı	Güvensiz durum
18		Yetkisiz iş makinesi (forklift, ekskavatör, dozer, iş kamyonu, iş traktörü vb.) kullanımı	Güvensiz davranış
19	BAKIM ATÖLYESİ	Araç tamirlerini mesleki eğitimi bulunmayan çalışanların yapması	Güvensiz davranış
20		Hareketli aksamlar için koruyucu düzenekler	Malzeme fırlamalarına, el-kol sıkışmasına, elbiselerinin takılmasına ve cilt ile temas sonucunda yaralanmalara ve hatta ölümlere neden olabilir.

21	Zemin işaretlemeleri ve fiziki engeller	Malzeme fırlamaları, yaralanma
22	Torna tezgahı	Malzeme fırlamaları, yaralanma
23	Acil durdurma butonları	Güvensiz durum
24	Radyal Matkap	Dikkatsizlik anında ya da istem dışı bir şekilde bu parçaların çalıştığı sırada temas edilmesi halinde uzuv kaybı veya ölüm
25	Metal işleme sıvıları	Cilt bozuklukları, solunumla ilgili rahatsızlıklar, kanser
26	Çalışma ve Bakım prosedürlerinin ve makin kartlarının olmaması	Güvensiz hareket
27	Teleskobik platform	
28	Yanlış kişisel koruyucu donanım kullanımı	Meslek hastalıkları, yaralanma
29	Gerdirme bandında travers patlaması riski	Güvensiz durum, yaralanma, ölüm
30	Zemin işaretlemesi yetersiz olması, dar alanda-birbirinin çalışma alanına geçmiş birçok iş yapılması	Güvensiz durum ve davranışlar, yaralanma, ölüm
31	Çelik kalıp dönderme vinci ve dönderme aksesuarı	Vinç mekanizması tehlikeli, elektrikli aksam topraklanmalı, makine durdurulmadan tamir-bakım-temizlik yapılmamalı
32	İnce işler için yetersiz aydınlatma	Güvensiz durum
33	Koruyucu donanım kullanmama	Güvensiz hareket
34	Tava alma ve kalıp üstüne koyma ekipmanı	Güvensiz durum
35	Enkesiyon makinesi yıkama işlemi	Güvensiz durum
36	Betoniyer, kontrol panosu, platform ve platforma çıkan merdivenler	Düşme, uzuv kaptırma, elektrik çarpması, yaralanma, ölüm
37	İşyerindeki tüm tuvaletler, banyolar, soyunma odaları, yemekhane	Bulaşıcı hastalık
38	Beton travers çelik kalıp ayırıcı yağ	Meslek hastalığı
39	Çalışma ve bakım prosedürleri ile makine sicil kartlarının olmayışı	Güvensiz durum ve davranışlar
40	Kalıp monteden vibrasyon masalarına aktaran monoray vinç ve kalıp tutma aksesuarı	Güvensiz durum

EK 1 (devamı)

41	Bunker, taşıyıcı bant ve silo altı klape vs. düzenek	Güvensiz durum
42	Vibrasyon masaları, pano, kalıp taşıyıcı bant ve üst baskı aksamı	Güvensiz durum
43	Kür çadırlarının taşınması	Güvensiz durum
44	Atıl veya işler durumdaki iş ekipmanlarının bulunduğu odaların dinlenme ve başka amaçlar için kullanılması	Güvensiz durum, yangın
45	Vinçler	Güvensiz durum
46	Taze beton kür bacalarına taşımada kullanılan vinç aparatı	Güvensiz durum
47	Kalıp tavalarının taşınmasında kullanılan araba	Güvensiz durum
48	Kür bacasındaki sehpa demirlerinin montaj ve demontajı	Meslek hastalığı
49	Kalıp yağı basınçlı tankları	Güvensiz durum, yaralanma, ölüm
50	Yüksekte çalışma	Düşme, yaralanma, ölüm
51	Demiryolu müsellesi	Güvensiz durum
52	Rüzgarda çalışma	Güvensiz durum
53	Vagona travers yüklenmesi	Güvensiz durum, demiryolu kazası
54	Vinç kabini	Güvensiz durum
55	Portal vinçle yükleme yapılması	Güvensiz hareketler
56	Kaçak akım röleleri ve topr. tesisatlarının tüm işyerinde olmayışı	Güvensiz durum, elektriğe çarpılma, yaralanma, ölüm
57	Yanlış müdahale	Güvensiz davranış
58	Tevzi panoları	Güvensiz durum
59	Isı Santrali brülör koruma topraklamaları, Uygunusuz topraklama Ölçümlerinin, İzolasyon Trafosu Bulunmaması	Elektrik kaçağı halinde yaralanma, kalıcı hasar
60	Jeneratör	Güvensiz durum
61	Sigortalar	Güvensiz durum
62	Yüksek gerilim hücresi	Güvensiz durum
63	Transformatör, kondansatör	Güvensiz durum
64	Isı Santrali Paratoner Topraklaması	Yaralanma, ölüm

65	Çalışma ve bakım prosedürleri ile ekipman kartı bulunmaması	Güvensiz davranış
66	Fiş-priz sistemleri, kapasite aşımı	Güvensiz durum
67	Görev Emri ve Çalışma Müsadesi formlarının yetersiz olması	Güvensiz davranış
68	Yetersiz koruyucu donanım/önlem kullanımı	Güvensiz davranış
69	Tüm seyyar elektrik iş aletleri	Güvensiz durum
70	Ark atlama	Yanıklara neden olabilir.
71	Yetkisiz personel görevlendirilmesi	Güvensiz davranış
72	Bakım-onarım prosedürlerinin ve makine kartlarının olmaması	Güvensiz hareket
73	Elektrik	Elektrik çarpması, yaralanma, ölüm
74	Yakıcı/yanıcı ve patlayıcı kaynak tüplerinin periyodik muayenelerinin yapılmaması	Patlama, ölüm
75	KAYNAK Görev Emri ve Çalışma Müsadesi formlarının yetersiz olması	Güvensiz hareket
76	Yüksek sıcaklık	Yangın, patlama
77	Yetkisiz personel	Yaralanma, ölüm
78	Kaynak dumanı	AKUT akciğer ödemi görülmesi
79	Kaynak ışınları	Geçici görme bozukluklarına, kızarma, kanlanma, baş ağrısı, saydam tabakada (kornea) yanıklara, deride yanıklar

EK 1 (devamı)

80	Aydınlatma	Güvensiz durum
81	Gürültü	Çok kısa aralıklarda oluşan bu pikler operatör tarafından algılanamaz ve kalıcı işitme kayıplarına dahi sebebiyet verebilir.
82	Periyodik sağlık muayenesi yapılmaması	Meslek hastalığı
83	Ortam ölçümü yapılmamış olması (gürültü, aydınlatma)	Güvensiz ortam
84	İş güvenliği uyarı levhalarının bulunmaması	Güvensiz davranışlar
85	Elektrik panoları, tesisatı, ekipmanı	Elektrik kaçağı, arıza, yangın, patlama
86	Doğalgaz tesisatına yakın yanıcı madde (fuel-oil tankları)	Yangın, patlama
87	Yetersiz su izolasyonlu çatı	Elektrik kaçağı, arıza, yangın, patlama
88	Periyodik kontrolsüz ekipman	Yangın, patlama, elektrik kaçağı
89	Çalışma ve bakım prosedürleri ile ekipman sicil kartı veya defterlerinin bulunmaması	Güvensiz davranış
90	Özellikliğini yitirmiş yangın söndürücüler	Yangına müdahale edememe
91	İkinci acil çıkış olmaması	Çalışanların acil durumlarda içerde mahzur kalması
92	Mesleki eğitim ve yeterliliği olmayan personel	Güvensiz davranış
93	Ahşap oda	Patlama, yangın esnasında korunaksız odanın içerisindeki çalışanlara zarar vermesi
94	Yüksekte çalışma	Buhar kazanı üzerinden, çatıdaki havalandırma bacalarından düşme
95	Kullanma suyundaki paslılık	Tetanoz vb. meslek hastalıkları
96	Sodyum metabisülfid	Gözde ciddi hasar, deride iltihaplanma, solunumda akciğerde tahriş, astım
97	SU ARITMA Sodyum hidroksit	Ciltte ciddi yanıklar, gözlerde geri dönüşümsüz hasar, körlük, akciğerde tahrip edici ciddi yanıklar, yutulması halinde ölümcül

98	Sodyum bisülfid solüsyon	Gözde kızarıklık, iltihap, deride iltihaplanma, solunum yolunda tahriş, yutulması halinde ölümcül
99	Bonderite c-ak 32 (firkete atölyesi)	Ciddi yanıklar
100	Hidrofor	Patlama
101	Taşıyıcı konveyör bant ve Yürüyüş platformu	Düşme, yaralanma, ölüm
102	Laboratuar zincirli vinç	Yaralanma
103	Çalışma ve bakım prosedürleri ile makine sicil kartlarının olmayışı	Güvensiz durum ve davranışlar
104	Damperli kamyonlar	Yaralanma, ölüm
105	Elektrik	Güvensiz durum
106	Doğalgaz	Güvensiz durum
107	Ahşap barakalar	Güvensiz durum
108	Yüksekten düşme	Güvensiz davranış,Güvensiz durum
109	Çocuklar	Güvensiz davranış