



T.C.
SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İNŞAAT İŞYERLERİNDE RİSK DEĞERLENDİRMESİNİN BULANIK
MANTIK YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ: BİR FABRİKA ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esra ARSLAN
(201592201410)

İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı
Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Murat BOSTANCIOĞLU

SİVAS
TEMMUZ 2019

Esra ARSLAN'ın hazırladığı ve “**İnşaat İşyerlerinde Risk Değerlendirmesinin Bulanık Mantıkla Modellenmesi: Bir Fabrika Örneği**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **ANA BİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi Murat BOSTANCIOĞLU**
Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyeleri :



Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Özlem Pelin CAN
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.





Bütün hakları saklıdır.
Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Esra ARSLAN, 2019

ETİK

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,

Tezin herhangi bir bölümünü, Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

29.07.2019

Esra ARSLAN

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Lisans ve Yüksek lisans eğitimim boyunca farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, bilgi, birikim ve tecrübeleri ile her zaman destek olan tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Murat Bostancıoğlu'na,

Araştırma sürem boyunca veri toplamama katkı sağlayarak çalışmama destek olan tüm TCDD Sivas Beton Travers Fabrikası çalışanlarına,

Mesleki eğitimimi almış olduğum Cumhuriyet Üniversitesi'nin üzerimde emeği olan tüm akademik ve idari personellerine,

Yüksek lisans eğitimine başladığım günden itibaren yanımda olan çok değerli arkadaşlarım Kübra Yurttaş, Hüner Kaya, Sümeyye Yiğiter ve Zerrin Okul'a,

Beni büyüten ve sabırla yetiştiren, hayatımdaki her zorlu sınavda yanımda olan, eğitim hayatım ve tez çalışmam boyunca hiçbir zaman maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, emeklerine asla değer biçemeyeceğim annem Hatice Arslan ve babam Yılmaz Arslan'a, kardeşlerim Melih Emre Arslan ve Ömer Arslan'a ve tüm aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

İNŞAAT İŞYERLERİNDE RİSK DEĞERLENDİRMESİNİN BULANIK MANTIK YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ: BİR FABRİKA ÖRNEĞİ

Esra Arslan

Yüksek Lisans Tezi

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Murat Bostancıoğlu

2019, 96 sayfa

Son yıllarda ülkemizde meydana gelen iş kazalarındaki artışlar nedeniyle iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili uygulamalar önem kazanmıştır. 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanunu ve çıkarılan yönetmelikler, risk analizi gibi bir takım uygulamaları zorunlu hale getirmiştir. Riskleri ve bu risklerin olumsuz sonuçlarını en aza indirmek için risk değerlendirmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Risk değerlendirmesi iş kazalarının nedenlerini bulmak ve bu nedenleri ortadan kaldırmak amacıyla yapılan bir analiz türüdür. İnşaat sektöründeki büyüme ve gelişmeler ile birlikte meydana gelen kazaların sayısı ve şiddetlerinin diğer sektörlere kıyasla daha fazla olması nedeniyle bu sektörde güvenliğin artırılmasına duyulan ihtiyaç giderek önem kazanmaktadır. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve bu kanuna dayanılarak çıkarılan ‘İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği’ gereğince iş yerlerinde risk değerlendirmesi zorunlu hale getirilmiştir.

Bu tez çalışmasının amacı, risk değerlendirme yöntemlerini araştırıp genel çerçevede ortaya koymak, bulanık mantık kavramı ve bulanık kümeler teorisi esas alınarak risk skorları elde etmek, risk değerlendirmesi yaparken hangi yöntemin daha kullanılabilir olduğunu tespit etmek ve risk değerlendirmesini Matlab programı bulanık çıkarım sistemi ile değerlendirmektir. Ayrıca çalışmada bulanık mantık yönteminin diğer geleneksel yöntemlere göre riskler hiyerarşisi oluşturmada daha iyi bir sonuç verip vermediğinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Bu tez çalışmasında; özellikle inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan 3 farklı risk değerlendirme yöntemi belirlenmiş ve geleneksel risk değerlendirmeleri yapılmıştır. Bu yöntemler; 'L Tipi Matris Risk Değerlendirme Yöntemi, Fine-Kinney Risk Değerlendirme Yöntemi ve Hata Türü Etkileri Analizi Risk Değerlendirme Yöntemi' dir. Üç farklı yöntem uygulanması sonucunda ayrı ayrı elde edilen risk öncelik skorları Matlab program ortamında bulanık mantık yaklaşımı ile analiz edilerek bu 3 risk değerlendirme yöntemini kapsayan tek sonuç ve tek bir risk önem derecesi elde edilmiştir. İkinci adımda her 3 yöntem kendi içerisinde Matlab program ortamında bulanık mantık yaklaşımı ile analiz edilerek 3 ayrı bulanık risk skoru elde edilmiştir. Üçüncü adımda ise 3 yöntemde ayrı ayrı elde edilen bulanık skorlar Matlab program ortamında tekrar bulanık mantık yaklaşımı ile analiz edilerek bir sonuç elde edilmiştir. Bu sayede fabrikadaki tüm riskler için risk hiyerarşisi elde edilmiştir. Bu çalışmadaki risk değerlendirme uygulamaları diğer inşaat işyerleri içinde örnek kabul edilebilir.

Anahtar Kelimeler: İş Sağlığı ve Güvenliği, Risk Değerlendirmesi, Risk Hiyerarşisi, L Tipi Matris, Fine-Kinney, Hata Türü ve Etkileri Analizi, Bulanık Mantık, İnşaat Sektörü

ABSTRACT

FUZZY LOGIC MODELING OF RISK ASSESSMENT IN CONSTRUCTION WORKS: A FACTORY EXAMPLE

Esra Arslan

Master of Science Thesis

Department of Occupational Health and Safety

Supervisor: Assistant Professor Murat BOSTANCIOĞLU

2019, 96 Pages

Occupational health and safety practices have gained importance due to the increase in occupational accidents in our country in recent years. Occupational health and safety law no. 6331 and the regulations enacted have made certain applications such as risk analysis compulsory. Risk assessment is needed to minimize risks and the negative consequences of these risks. Risk assessment is a type of analysis conducted to find and eliminate the causes of occupational accidents. The need for increasing security in this sector is gaining importance as the number and severity of accidents occurring with the growth and developments in the construction sector are higher than other sectors. In accordance with the Occupational Health and Safety Law No. 6331 and the ‘Occupational Health and Safety Risk Assessment Regulation enacted on the basis of this law, risk assessment is made compulsory in the workplaces.

The main purpose of this thesis is to investigate the risk assessment methods and put them in the general framework, to obtain risk scores based on fuzzy logic concept and fuzzy set theory, to determine which method is more useful when performing a risk assessment and to evaluate risk assessment with Matlab program fuzzy inference System. In addition, it is aimed to determine whether fuzzy logic method gives a more detailed result in creating a hierarchy of risks compared to other traditional methods.

In this thesis; especially 3 different risk assessment methods, which are commonly used in the construction sector, were identified and traditional risk assessments were

conducted. These methods; ‘L Type Matrix Risk Assessment Method, Fine-Kinney Risk Assessment Method and Error Type Effects Analysis Risk Assessment Method’. As a result of the application of three different methods, the risk priority scores obtained separately were analyzed with fuzzy logic approach in Matlab program environment and a single result and a single risk significance covering these 3 risk assessment methods were obtained. In the second step, all 3 methods were analyzed by using fuzzy logic approach in Matlab program environment and 3 different fuzzy risk scores were obtained. In the third step, fuzzy scores obtained in 3 different methods were analyzed again with fuzzy logic approach in Matlab program environment and a result was obtained. In this way, the risk hierarchy is obtained for all risks in the factory. The risk assessment practices in this study can be considered as examples in other construction workplaces.

Keywords: Occupational Health and Safety, Risk Assessment, Risk Hierarchy, L Type Matrix, Fine-Kinney, Failure Mode and Effect Analysis, Fuzzy Logic, Construction Sector

İÇİNDEKİLER

ETİK	v
KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
İÇİNDEKİLER	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xivv
KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
2. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ KAVRAMI VE TARİHÇESİ	6
3. RİSK DEĞERLENDİRME	12
3.1. Risk Değerlendirme Yaklaşımının Yararları	16
3.2. Risk Analiz Metotları	20
3.2.1. HTEA (Hata türü ve etkileri analizi).....	20
3.2.2. Fine-Kinney yöntemi.....	26
3.2.3. L Tipi matris yöntemi.....	28
4. BULANIK MANTIK ÇIKARIM SİSTEMİ	32
4.1. Bulanık Mantık Kontrol Aşamaları	35
4.1.1. Bulanıklaştırma	35
4.1.1.1. Klasik ve bulanık kümeler.....	36
4.1.1.2. Bulanık kümeler ve üyelik fonksiyonu	37
4.1.2. Çıkarım ve bilgi tabanı	37
4.1.3. Durulaştırma	38

5. RİSK DEĞERLENDİRME UYGULAMASI	39
5.1. Tehlikelerin Ve Risklerin Tanımlanması	39
5.2. Geleneksel Yöntemler İle Risk Değerlendirmesi	40
5.3. Geleneksel Risk Skorlarının Bulanık Mantık İle Analizi	47
5.4. Geleneksel Yöntem Risk Skorlarının Bulanık Mantık Yöntemi İle Elde Edilmesi	57
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	77
7. KAYNAKÇA	78
EKLER	82
ÖZGEÇMİŞ	96

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Risk Değerlendirme Hiyerarşi Basamakları.....	13
Şekil 4 1. Bulanık Kontrol Sistemi	35
Şekil 5.1 Fabrika çalışma sahaları.....	40
Şekil 5.2 Geleneksel L tipi matris skorlarının seviyelere dağılımları	41
Şekil 5.3 L tipi matris risk skorlarının adet dağılımları	41
Şekil 5.4 Geleneksel Fine-Kinney skorlarının seviyelere dağılımları.....	42
Şekil 5.5 Fine-Kinney risk skorlarının adet dağılımları	43
Şekil 5.6 Geleneksel HTEA skorlarının seviyelere dağılımları	43
Şekil 5.7 HTEA risk skorlarının adet dağılımları.....	44
Şekil 5.8 1. analiz için girdi ve çıktı üyelik fonksiyonları	48
Şekil 5.9 2. analiz için girdi ve çıktı üyelik fonksiyonları	49
Şekil 5.10 3. analiz için girdi ve çıktı üyelik fonksiyonları	50
Şekil 5.11 4. analiz için girdi ve çıktı üyelik fonksiyonları	51
Şekil 5.12 1. Analiz risk skorlarının adet dağılımları.....	55
Şekil 5.13 2. Analiz risk skorlarının adet dağılımları.....	55
Şekil 5.14 3. Analiz risk skorlarının adet dağılımları.....	56
Şekil 5.15 4. Analiz risk skorlarının adet dağılımları.....	56
Şekil 5.16 L tipi matris analizi için girdi ve çıktı üyelik fonksiyonları.....	72
Şekil 5.17 Fine-Kinney analizi için girdi ve çıktı üyelik fonksiyonları	73
Şekil 5.18 HTEA analizi için girdi ve çıktı üyelik fonksiyonları.....	74
Şekil 5.19 Bulanıklaştırılan risk skorlarının tekrar bulanıklaştırılması-1	75
Şekil 5.20 Bulanıklaştırılan risk skorlarının tekrar bulanıklaştırılması-2	75
Şekil 5.21 Bulanıklaştırılan risk skorlarının tekrar bulanıklaştırılması-3	76

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. NACE kodlarına göre iş kazası geçiren sigortalı dağılımı.....	10
Çizelge 2.2. NACE kodlarına göre meslek hastalığı geçiren sigortalı dağılımı ..	10
Çizelge 2.3. NACE kodlarına göre iş kazası ve meslek hastalığı sonucu ölen sigortalı dağılımı	11
Çizelge 3.1 Kalitatif ve kantitatif risk değerlendirme metodlarının karşılaştırılması.....	19
Çizelge 3 2. HTEA hata oluşma olasılığı	22
Çizelge 3 3. HTEA hata şiddeti.....	23
Çizelge 3 4. HTEA hata farkedilebilirlik ..	24
Çizelge 3 5. HTEA yöntemi kabul edilebilirlik değerleri	25
Çizelge 3 6. Fine-Kinney frekans skalası	27
Çizelge 3 7. Fine-Kinney şiddet skalası ..	27
Çizelge 3 8. Fine-Kinney olasılık skalası	28
Çizelge 3 9. Fine-Kinney yöntemi kabul edilebilirlik değerleri	28
Çizelge 3 10. 5X5 Matris yöntemi bir olayın gerçekleşme olasılığı	29
Çizelge 3 11. 5X5 Matris RD yöntemi bir olayın gerçekleşme durumundaki şiddeti	29
Çizelge 3 12. 5X5 Matris Risk değerlendirme yöntemi risk skor matrisi.....	30
Çizelge 3 13. 5X5 Matris yöntemi kabul edilebilirlik değerleri	31
Çizelge 5.1 Geleneksel risk değerlendirme skorları.....	44
Çizelge 5.2 Geleneksel risk değerlendirme skorlarının bulanık mantık ile analizi	52
Çizelge 5.3 L tipi matris yöntemi bulanık mantık risk skorları	57
Çizelge 5.4 Fine-Kinney yöntemi bulanık mantık risk skorları	61

Çizelge 5.5 HTEA yöntemi bulanık mantık risk skorları.....	615
Çizelge 5.6 Bulanık mantık yöntemi ile elde edilen geleneksel risk skorlarının 1-5 ölçęindeki risk skorları	68



KISALTMALAR DİZİNİ

ÇASGEM	: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi
ÇSGB	: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
ETA	: Olay ağacı analizi
F	: Frekans (Tehlikeye maruz kalma sıklığı)
FTA	: Hata ağacı analizi
HAZOP	: Tehlike ve İşletebilirlik Analizi
HTEA	: Hata Türü ve Etkileri Analizi
HTEAÖA	: Hata Türü ve Etkileri Önlem Analizi
ILO	: Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labour Organization)
İSGK	: İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu
İSG	: İş Sağlığı ve Güvenliği
NACE	: Ekonomik Faaliyet Sınıflaması
O	: Olasılık(İhtimal)
PHA	: Ön(birincil) tehlike analizi
RDY	: İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirme Yönetmeliği
RÖS	: Risk Öncelik Skoru
S	: Saptanabilirlik (Farkedilebilirlik)
SGK	: Sosyal Güvenlik Kurumu
Ş	: Şiddet(Etki)
TMMOB	: Türkiye Mimarlar ve Mühendisler Odaları Birliği
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)

1. GİRİŞ

İş sağlığı ve güvenliği (İSG) bir bilim dalı olarak, işin yapılması sırasında farklı sebeplerden kaynaklanan, sağlığa ve güvenliğe zarar verecek türde riskleri ortadan kaldırarak sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı oluşturmak için yapılan sistemli ve bilimsel çalışmalardır.

İSG'in amacı sadece çalışanların değil tüm işletmenin ve üretimin emniyetinin bir bütün olarak düşünülmesi, çalışma ortamının bütünlüğü ve üretimin sürekliliği ile işletme verimini artırmaktır. Ayrıca bu kavram tehlikelerin önlenmesinin yanında risklerin öngörülmesi, değerlendirilmesi ve öngörülen bu riskleri tamamen ortadan kaldırabilmek ya da zararlarını en aza indirebilmek için yapılacak çalışmaları da içermektedir [1].

Son yıllarda ülkemizde meydana gelen iş kazaları ve meslek hastalıklarındaki artışlar nedeniyle İSG ile ilgili uygulamalar önem kazanmıştır.

5510 Sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu'na göre;

İş Kazası; sigortalının işyerinde bulunduğu sırada; işveren tarafından yürütülmekte olan iş sebebiyle ya da görevi sebebiyle, sigortalı kendi çalışıyorsa yürütmekte olduğu iş ya da çalışma konusu sebebiyle işyeri dışında; bir işverene bağlı olarak çalışan sigortalının, görevli olarak işyeri dışında başka bir yere gönderilmesi sebebiyle asıl işini yapmaksızın geçen zamanlarda; emziren kadın sigortalının, çocuğuna süt vermek için ayrılan zamanlarda; sigortalıların, işverence sağlanan bir araçla işin yapıldığı yere ulaşımı esnasında oluşabilen ve sigortalıyı ya hemen ya da sonradan bedenen veya ruhen özre uğratan olay bütünüdür. (5510 sayılı kanununun 13. maddesi) [2].

Meslek hastalığı ise sigortalının çalıştığı ya da yaptığı işin içeriğinden dolayı tekrarlanan bir nedenle ya da işin yürütüm şartları sebebiyle maruz kaldığı geçici ya da sürekli hastalık, bedensel veya ruhsal engellilik halleridir (5510 sayılı kanununun 14. maddesi) [2].

2017 yılı Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) verileri incelendiğinde toplamda iş kazası geçiren sigortalı sayısı 359.653, iş kazası sonucu ölen sigortalı sayısı 1633 iken meslek hastalığına tutulan sigortalı sayısı 691'dir. Yine SGK verilerine bakıldığında

meydana gelen bu iş kazalarının en çok 10.00-11.59 ve 14.00-15.59 saatleri arasında gerçekleştiğini ve kazaların 24-39 yaş grubunda sıklığı görülmektedir. Sosyal Güvenlik Kurumundan alınan bu değerler İSG'ye duyulan ihtiyacı gözler önüne sermektedir [3].

İş Kazası ve Meslek Hastalıkları sonucu oluşan iş kayıpları bütün sektörlerde çok önemli problemler haline gelmiştir. Sektör bazlı incelendiğinde ise en çok iş kazası ve ölümlü kaza ;sanayi sektörü, inşaat sektörü ve maden sektöründe meydana gelmektedir [3].

Sıklıkla kazaya neden olan hareketler kayma, tökezleme, kişilerin yüksekten düşmesi, makinaların yanlış kullanımı vb. önlemsiz ve bilgisiz çalışma sebebiyle ortaya çıkan hareketlerdir [3].

Ayrıca düşme, elektrik çarpması, malzeme düşmesi, yapı makinaları kazaları, trafik kazaları, yapı kısmının çökmesi, kazı kenarı göçmeleri, patlayıcı madde kazaları, malzeme sıçraması gibi kaza türleri de kaza sebepleri arasında yer almaktadır [4].

Diğer sektörler de olduğu gibi inşaat sektöründe de çalışanlar, yapılan imalatlar ve iş ekipmanları sayısız riskle karşı karşıyadır. İnşaat sektöründeki büyüme ve gelişmeler ile birlikte bu sektörde meydana gelen kazaların sayısı ve şiddetlerinin diğer sektörlerle kıyasla daha fazla olması nedeniyle bu sektörde güvenliğin artırılmasına duyulan ihtiyaç giderek önem kazanmaktadır. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu (İSGK) ve bu kanuna dayanılarak çıkarılan 'İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği' gereğince iş yerlerinde risk değerlendirmesi zorunlu hale getirilmiştir.

Literatürde risk değerlendirmesinin çeşitli sektörlerde uygulanmasına ilişkin çok sayıda örnek mevcut olup bunlar aşağıda kısaca özetlenmiştir;

Bir otomotiv yan sanayi işletmesinde risk değerlendirme ve güvenlik yöntemi olarak Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönteminin (HTEA) kullanıldığı bir çalışmada analiz ekibinin belirlenmesi, analizin sınırlarının tanımlanması, sınır diyagramı ve P Diyagramının hazırlanması ve Tasarım HTEA çalışmaları olmak üzere 4 temel çalışma aşaması yürütülmüştür. Çalışmada HTEA'nın temel türlerinden birisi olmasına rağmen ülkemizde Proses HTEA'ya göre çok daha kısıtlı olan Tasarım HTEA'nın bir otomotiv yan sanayi firmasında uygulaması yapılmıştır. Bu uygulama sırasında çalışmalara ek

olarak güvenilirlik ve sağlamlık bağlantıları da kurularak çok daha gerçekçi sonuçların alınabileceği gösterilmiştir [5].

HTEA ve Taguchi Metodunun beraber kullanıldığı bir çalışmada, redüktör imalatı ve montajı yapılan bir fabrikada müşteriiler üzerinde bir anket çalışması yapılmış ve firma anket sonuçlarında tespit edilen hata kaynaklarının HTEA yöntemi ile analiz edilmesi yönünde karar almıştır. Çalışmada HTEA ile müşteri memnuniyetini bozucu etmenler belirlenerek bu etmenlerin tesirleri Taguchi yöntemi ile en aza indirilmeye çalışılmıştır [6].

“HTEA yönteminde yeni bir karar verme modeli” isimli doktora tezinde iki aşamalı bir karar verme modeli tasarlamak amaçlanmıştır. İlk aşamada uygun çözüm yolları aranırken her hata nedeni için mümkün olan çözümlerle ilgili kıstaslar değerlendirilmiştir. İkinci aşamada ise her sebep için hata tesirinin ortaya çıkması muhtemel olan maliyeti kalan hata maliyeti ile kıyaslanarak en fazla ekonomik etkinliği sağlayacak biçimde hata türleri nedenleri önceliklendirilmiştir. Bu doktora tez alışması Almanya’nın en büyük redüktör üreticisi Flender firması için geliştirilen yeni bir motor için kullanılmıştır. Çalışma üç aşamada tamamlanmıştır. İlk aşamada klasik HTEA yöntemi uygulanmış, ikinci ve üçüncü aşama yeni geliştirilen Hata Türü ve Etkileri Önlem Analizi yöntemi (HTEAÖA) ile gerçekleştirilmiş ve yöntem firma yetkililerince kullanışlı ve yararlı bulunmuştur [7].

Kalite iyileştirme sürecinde HTEA yöntemini kullanan bir çalışmada Yenmak Piston & Segman San. Ve Tic. A.ř ‘de üretilen motor pistonlarına uygulanan proses HTEA ele alınmış ve uygulama süreçleri incelenmiştir. Piston üretim sürecinde görülen hatalar HTEA yöntemine göre özömlenmiş olup, HTEA yönteminin Yenmak Piston & Segman Sanayi ve Ticaret Anonim şirketinin kalite fonksiyonlarını iyileştirme konusundaki başarısı gösterilmiştir [8].

Mermer işletmesinde Fine-Kinney yöntemi aracılığıyla İSG de risk analizi değerlendirmesinin yapıldığı bir çalışmada çalışma ortamının daha sağlıklı olabilmesi, çalışanların meslek hastalıkları ve iş kazalarından korunabilmesi, kazalar ve hastalıkların meydana gelmesi sonucunda oluşabilecek maddi ve manevi zararların mümkün olduğunca

önüne geçilebilmesi amaçlanmıştır. Bu araştırmada işletmede oluşabilecek riskler irdelenmiş ve riskli sonuçların tel kopmaları, yangın çıkması, uyarı ve ikaz levhalarında eksikliklerin bulunması, priz ve fişlerde kırıkların oluşması, ve elektrik olduğu görülmüştür. Fine-Kinney yöntemi aracılığıyla risk analizi yapılarak tespit edilen önlemlerin alınması durumunda ve işe alınan çalışanların ilk olarak bu konu hakkında eğitim almaları ile kazaların ve hastalıkların önlenebileceği ispatlanmıştır [9].

Hastanede enfeksiyon risklerinin tespiti amacıyla L tipi 5X5 matris yönteminin kullanıldığı çalışmada risk değerlendirme metodolojilerinin çok yönlü bakış açısı gerektirdiği görülmüştür. Bu analizde hastanede enfeksiyon risklerinin tespit edilmesinde İSG prensipleri kullanılmıştır [10].

İSG risk değerlendirme yöntemlerini bulanık mantık yaklaşımıyla analiz ederek, kobi örneğine uygulayan bir çalışmada ilk önce kobilerde sık kullanılan dört farklı risk değerlendirme yöntemi 3T risk değerlendirme yöntemi, 5x5 L tipi matris risk değerlendirme yöntemi, Fine-Kinney risk değerlendirme yöntemi ve Hata Tipi Etkileri Analizi risk değerlendirme yöntemi olarak belirlenmiştir. Bu dört bağımsız risk değerlendirme metoduyla ayrı ayrı risk değerlendirmesi yapılmış ve risk öncelik skorları belirlenmiştir. Daha sonraki aşamada elde edilen risk öncelik skoru (RÖS) sayıları MATLAB programı ve Simulink arayüz platformunda bulanık mantık yaklaşımı ile çözümlenerek, dört risk değerlendirme metodunu içeren bir tane esas çıkarıma ulaşılmıştır. Bu tez çalışmasında risk önlem dereceleri ; “çok düşük”, “düşük”, “orta”, “yüksek” ve “çok yüksek” gibi, belirli bulanıklık derecelerinde ifade edilebilen risk önem derecelerine benzetilerek, bu dört metodun ortak sonucunu içeren tek risk önem derecesi bulunmuştur. Bu sayede işletmedeki tüm riskler için risk hiyerarşisi elde edilmiştir [1].

İlaç lojistik sektöründeki bir firma da bazı risk değerlendirme yöntemlerini karşılaştıran çalışmada öncelikle sektöre göre risk değerlendirme yöntemi seçimi yapılmış ve ilaç sektörü için L tipi Matris, Fine-Kinney ve HTEA yöntemlerinin kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmanın amacı çalışma bitiminde yöntem seçiminin öneminin belirlenmesi ve seçilen yöntemlerin sektöre uygunluk derecesinin karşılaştırılmasının yapılmasıdır [11].

Bulanık mantık yöntemi ile risk değerlendirmesi yapılan bir çalışmada, yöntem matbaa sektöründe uygulanmıştır. Öncelikle saha araştırmaları yapılmış ve her bir faaliyetten ve donanımdan kaynaklanan veya kaynaklanması muhtemel olan tehlikeler belirlenmiştir. Her bir tehlike için tehlikenin ortaya çıkma olasılığı, tehlikeye maruz kalanlara etkisi veya şiddeti belirlenmiştir. Risk analizini gerçekleştirmek amacıyla tespit edilen faktörler giriş verisi olarak kullanılmıştır. Risk analizi MATLAB yazılımı ile bulanık kümeler teorisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya uygun olacak bulanık çıkarım yöntemi araştırılmıştır. Program sırası ile risk değerlendirme giriş verilerinin bulanıklaştırılması, giriş ve çıkış değerlerine ait üyelik fonksiyonlarının oluşturulması, bulanık çıkarım ve durulaştırma işlemlerini gerçekleştirerek her bir tehlike için risk öncelik sayısı tespit etmiştir. Elde edilen risk öncelik sayıları yardımıyla riskler hiyerarşik olarak sıralanmıştır. Öncelik sıralamasına göre alınması gereken koruyucu ve önleyici tedbirler belirlenmiştir [12].

Risk değerlendirmede kullanılan çok sayıda yöntem mevcut olup hangi sektörde hangi yöntemin kullanılacağına ilişkin genel bir kural yoktur. Ayrıca çalışma alanındaki risklerin belirlenmesinde, bu risklere olasılık ve şiddet atanmasında da oldukça fazla belirsizlikler söz konusudur. Bahsedilen bu belirsizliklerin daha iyi analiz edilebilmesi klasik küme kavramı yerine bulanık mantık kullanımını gerektirmektedir. Mevcut çalışmada bulanık mantık yönteminin risk değerlendirme amacıyla kullanılabilirliği değerlendirilecek olup yöntemin riskler hiyerarşisindeki dizilime bir katkı sağlayıp sağlamayacağı da belirlenecektir.

Bu amaçla öncelikle Sivas TCDD Beton Travers Fabrikasındaki riskler yaygın olarak kullanılan geleneksel 3 yöntem (L Tipi Matris, Fine Kinney ve HTEA) ile değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar bulanık mantık yöntemi ile kıyaslanmıştır. Ayrıca bulanık mantık yöntemi uygulanırken sonuca etki eden parametreler de analiz edilmiştir.

2. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ KAVRAMI VE TARİHÇESİ

Çalışma hayatının önemli yapı taşlarından biri olan İSG kavramı son yıllarda üzerinde önemle durulan bir konudur.

İSG, iş sağlığı ve iş güvenliği olmak üzere iki ayrı tanımdan oluşmaktadır.

Dünya Sağlık Örgütü' nün (WHO) yapmış olduğu sağlık tanımında sadece hastalık ve sakatlık olmaması durumu değil; sosyal, fiziksel ve ruhsal açıdan tam bir iyilik hali olarak tanımlamaktadır. Yani WHO'ne göre bir kişiye sağlıklı diyebilmek için bu 3 durumun da sağlanması gerekmektedir [13].

İş güvenliği kavramı ise işin yapılması sırasında kişilerin maruz kaldığı veya kalabilme ihtimali olan tehlikelerin en aza indirilebilmesi hatta mümkünse ortadan kaldırılması konusundaki önlemleri içeren bir kavramdır [13].

İSG kavramının farklı tanımlarına bakıldığında;

İSG Risk Değerlendirme Yönetmeliği (RDY)'ne göre; Çalışma ortamında bulunan fiziksel, kimyasal, biyolojik, psikososyal, ergonomik tehlike kaynaklarından oluşan ya da bunların etkileşimi sonucu ortaya çıkabilecek tehlikeleri en aza indirmek amacıyla yapılan çalışmalardır [14].

Dolaş, 2016 göre; Bir işyerinde hem sürekli hem geçici olarak çalışanların, ziyaretçilerin ve çalışma alanındaki diğer insanların refahını etkileyen faktörler ve şartların tümüdür [12].

Çakmak, 2015 göre; bir bilim dalı olarak, işin yapılması sırasında çeşitli nedenlerden kaynaklanan, sağlığa ve güvenliğe zarar verebilecek riskleri ortadan kaldırarak sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak amacıyla yapılan sistemli ve bilimsel çalışmalardır [1].

Gülirmak, 2014 göre; Çalışanların, geçici işçilerin, müteahhit personelin, ziyaretçilerin ve çalışma alanındaki diğer tüm insanların refahını etkileyen etkenler ve şartları kapsayan bir bilimdir [15].

OHSAS 18001 İSG Yönetim Sistemleri Standardına göre; İş yerindeki işçiler, geçici işçiler, yüklenici personel ve diğer insanları da kapsayacak şekilde tüm çalışanlar ve ziyarette bulunanların güvenliğini, sağlığını, vücut bütünlüğünü etkiye uğratan ve ya uğratması mümkün olan etkenlerdir [16].

İSG'nin nihai hedefi; tüm meslek grubundaki çalışanların daha sağlıklı ve daha güvenli işyerlerinde çalışmalarını sağlamak, hayat standardı ve yaşam kalitesini yükseltmektir [17].

Sanayi devriminin başlamasıyla hızla gelişen sanayileşme ile beraber teknolojinin giderek yayılması, üretimde kullanılan metodların gelişmesi ile meslek hastalığı ve iş kazası gibi kavramlar ön plana çıkmaya başlamıştır. Bu kavramlarla beraber İSG kavramının da yeni bir anlam kazanması söz konusu olmuştur [18].

İş kazaları ve bu kazalara bağlı ölüm ve yaralanmalar, hem ülkemizde hem de dünyada ürkütücü boyutlardadır. Bilhassa inşaat sektörü göz önünde bulundurulduğunda göçmen ve çocuk işçi çalıştırma, eğitimsiz iş gücü, çalışma ortamlarındaki düzensizlikler, sigortasız çalıştırılan personeller, elverişli olmayan ve iş güvenliğine uygun kullanılmayan teknolojiler her sene binlerce ölüme sebebiyet vermektedir [4].

İş kazası ve meslek hastalığı sebebiyle ölen ya da iş göremez duruma gelen işçinin işletme ve ülke ekonomisinde meydana getirdiği çok sayıda kayıp vardır [3].

Maddi kayıplar, telafi edilebilse de kaybedilen yaşamların telafisi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle İSG için alınacak tedbirler, bir maliyet olarak değil, işyerlerinin daha huzurlu, çalışanların daha mutlu ve işletmelerin daha verimli olabilmesi için bir öncelik olarak görülmelidir [9].

6331 sayılı kanun, İSG'de en iyi koşulları hedefleyerek, işyerlerinin mevcut durumunun sürekli iyileştirilmesini amaçlanmıştır. Bu kanunda, iş kazası ve ya meslek hastalığı ortaya çıktıktan sonra neler yapılacağı değil (reaktif yaklaşım), iş kazası ve meslek hastalığının önlenmesi için atılacak adımlar (proaktif yaklaşımlarla) esas alınmıştır [9].

Aşağıda 6331 sayılı İş güvenliği ve sağlığı mevzuatında en çok kullanılan kavramlar verilmiştir [14]:

İş Kazası Kavramı: İşyerinde ya da iş akışı esnasında akış nedeniyle ortaya çıkan ölümlü sonuçlara sebep olabilen ya da insan vücudunda ruh, beden veya her ikisini de engele uğratan olaylar bütünüdür.

Risk Kavramı: Tehlikeden kaynaklı olacak kayıp, yaralanma veya başka zararlı sonuç meydana gelme olasılığını,

Risk Değerlendirmesi Kavramı: Bir işyerinde var olan ve ya dışarıdan gelebilecek olan tehlikelerin belirlenmesi, belirlenen bu tehlikelerin riske dönüşmesine sebep olan faktörler ile bu tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin karar verilmesi amacı ile yapılması gerekli olan çalışmaları,

Tehlike Kavramı: Bir işyerinde var olan ve ya dışarıdan gelebilecek olan, çalışan elemanları ya da işyerinin tamamını etkileyebilecek kapasitede zarar ya da hasar verme potansiyelini belirtir.

Kabul Edilebilir Risk Seviyesi: Yasal yükümlülük ve işyerinin önleme yöntemlerine uygun, kayıp ya da yaralanma oluşmasına sebep olmayacak risk seviyesini,

Önleme: Bir işyerinde yürütülmekte olan işlerin tüm evrelerinde iş güvenliği ve sağlığı ile ilgili riskleri azaltmak ya da ortadan kaldırmak için planlanan ve alınan önlemlerin bütünüdür,

Ramak Kala Olay: Bir işyerinde meydana gelen; iş ekipmanını, işyerini veya çalışanı zarara uğratma imkanı olduğu halde zarara uğratmayan olayı ifade eder [19].

Dünya’da yaşanan iş kazaları ve meydana gelen meslek hastalıklarının sayısına bakıldığında diğer ülkelere kıyasla Türkiye’de bu sayıların oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu iş kazaları ve meslek hastalıkları sektör temelinde incelendiğinde inşaat sektöründe ortaya çıkan iş kazalarının yüksek sayıda olduğu ve ağır sonuçlara sebebiyet verdiği görülmektedir [20].

İSG ile ilgili veriler incelenirken işçi sayısı, işveren sayısı, iş kazası ve meslek hastalığı sayısı, iş kazası sonrası ölüm ve meydana gelen yaralanma derecesi ve yaralanma sayısı gibi veriler araştırılıp dikkate alınmalıdır. İş Kazası ve Meslek Hastalıkları ile ilgili istatistiklerin derlenmesi ve yayınlanması SGK Başkanlığı sorumluluğundadır. Bu istatistikler SGK tarafından Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) tanımları ve Avrupa Birliği İstatistik metodolojisi temel alınarak yıllık olarak derlenip sınıflandırılmakta ve SGK yılları ile kamuoyuna duyurulmaktadır [1].

Ayrıca verilere Türkiye İstatistik Kurumu(TÜİK) istatistiklerinden ve Sanayi Odalarının yayınladığı istatistiklerden de ulaşmak ve değerlendirmek mümkündür.

SGK' nın yayınladığı 2017 yılı İş Kazası istatistiklerine bakıldığında en çok kaza olan 3 sektör inşaat, metal ve maden olarak sıralanmaktadır [3].

2017 yılı SGK istatistiklerine göre ülkemizde;

Toplam işyeri sayısı: 1.874.682

İnşaat işyeri sayısı: 214.144 (% 11,4)

Toplam çalışan sayısı: 14.477.817

İnşaatta çalışan sayısı: 2.083.438 (% 14,4)

Bildirilen iş kazası sayısı: 359.653

İnşaatta iş kazası sayısı: 62.802 (% 17,5)

Toplam ölümlü iş kazası sayısı: 1.633

İnşaatlarda ölümlü iş kazası: 587 (% 36)

Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiki Sınıflaması olarak geçen ve kısa yazılımı NACE olan kodlama sistemi işyerinin faaliyet alanını ve bununla bağlantılı olarak işyeri tehlike sınıfı bilgisini veren bir koddur. Bu kod ekonomik faaliyetlere ilişkin istatistiki verileri dünya düzeyinde karşılaştırma açısından çok önemli bir araçtır [14].

Çizelge 2.1 NACE kodlarına göre iş kazası geçiren sigortalı dağılımı

Sektör	İş Kazası sayısı	Yüzdesi
İnşaat Sektörü	62.802	% 17,468
Metal sektörü	25.194	% 7,005
Tekstil sektörü	21.183	% 5,889
Gıda sektörü	20.877	% 5,804
Maden sektörü	4.584	% 1,274
Diğer	225.013	% 62,56
TOPLAM	359.653	% 100

Çizelge 2.1 de NACE kodlarına göre iş kazası dağılımları gösterilmiştir. İnşaat sektöründeki kazaların yüzdesi ikinci sıradaki metal sektörüne göre bile yaklaşık 2.5 kat daha fazladır.

Çizelge 2.2 NACE kodlarına göre meslek hastalığı geçiren sigortalı dağılımı

Sektör	Meslek Hastalığı sayısı	Yüzdesi
Metalik Olmayan Ürün Sektörü	115	% 16,642
Metal Sektörü	77	% 11,143
Maden Sektörü	19	% 2,75
Tekstil sektörü	18	% 2,604
İnşaat sektörü	16	% 2,315
Diğer	446	% 64,546
TOPLAM	691	% 100

Çizelge 2.2’de NACE kodlarına göre meslek hastalığı dağılımları gösterilmiştir. İş kazasının en çok inşaat sektöründe olmasına rağmen meslek hastalığı dağılımında inşaat sektörü sıralamanın gerisinde kalmaktadır. Metal ve metalik olmayan ürün sektörlerinde kimyasal madde ve etkileşimi daha fazla olduğundan bu sektörler uzun sürede meslek hastalığına sebebiyet vermektedir. İnşaat sektöründe bu oran daha azdır.

Çizelge 2.3 NACE kodlarına göre iş kazası ve meslek hastalığı sonucu ölen sigortalı dağılımı

Sektör	Ölüm sayısı	Yüzdesi
İnşaat Sektörü	587	% 35.3
Kara Taşıma ve Boru Taşıma	211	% 12.68
Metal sektörü	65	% 3.907
Maden sektörü	55	% 3.307
Tekstil sektörü	32	% 1.93
Diğer	713	% 42,876
TOPLAM	1663	% 100

Çizelge 2.3’te iş kazası ve meslek hastalığı sonucu ölüm dağılımları gösterilmiştir. Kaza dağılımı gibi ölüm dağılımında da inşaat sektörü birinci sırada gelmektedir. İnşaat sektörü çok tehlikeli sınıfta yer aldığından kazaların büyük çoğunluğu ölümle sonuçlanmaktadır ve İSG alanında çok iyi önlemler alınması gerektiğini göstermektedir.

3. RİSK DEĞERLENDİRME

Risk: tehlikeli bir olayın ya da bu olaya maruz kalma halinin ortaya çıkma ihtimaliyle birlikte olay ve olaya maruz kalma halinin sebep olabileceği yaralanma ya da sağlık bozulması önem basamağının birleşimini ifade etmektedir [21].

Risk değerlendirme: İşyerinde mevcut bulunan ve ya dışarıdan gelme ihtimali olan tehlikelerin belirlenmesi, tehlikelerin riske dönüşmesine sebep olan faktörler ve tehlike kaynaklı risklerin analiz edilip derecelendirilmesi ile kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmaları ifade etmektedir [14].

Risk değerlendirmesinin amacı nedir sorusuna hükümetler, işverenler ve çalışanlar açısından farklı cevaplar vermek mümkündür. Hükümetler ülkede her alanda güvenli sağlıklı bir çalışma ortamı sağlanması ve çalışanların refahını amaç edinir. İşverenler, 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 yine işverene paralel olarak maddi ve manevi kayıplara uğramamayı, ruh ve beden bütünlüğünü sağlamayı ve refah içinde bulunduğu bir çalışma ortamı amaç edinir [22].

Ayrıca 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 de kapsar [21].

Risk değerlendirmesi işyerinin kuruluşundan itibaren başlar ve çeşitli aşamalar takip edilerek devam eder. Risk değerlendirme aşamasında yapılan çalışmalar Şekil 3.1’de gösterilen 5 adımda gerçekleşir:



Şekil 3.1 Risk Değerlendirme Hiyerarşi Basamakları

Bu 5 adımda yapılan işlemler aşağıda kısaca açıklanmıştır [14] :

a) Tehlikelerin tanımlanması

Tehlike kavramı, İşyerinde mevcut halde bulunan, dışarıdan gelebilecek veya sonradan oluşabilmesi öngörülen; işvereni ve işçileri etkileyecek zarar ve potansiyel bulunduran hasar verme durumudur [14].

Bu adım risk değerlendirmeye geçilebilmesi için oldukça önemlidir. Tehlikeler tam anlamıyla belirlenmez ise risklerde sağlıklı bir şekilde belirlenemeyeceği için doğru bir risk değerlendirmesi yapılamaz. Bu değerlendirmede kuruluştaki risk ekibinin tamamının katılımının sağlanması zorunludur. Tehlikelerin tespiti yapılırken gerekli başlıca veriler aşağıda sıralanmıştır.

- İşte kullanılan araç ve gereçler
- İSG ile ilgili hukuksal şartlar
- Ön seçim sonucu elde edilen veriler
- Uygun olmayan durumlar
- İletişim verileri
- Kazalardaki ve olaylardaki veriler

- Yapılan denetim sonucu elde edilen veriler
- Konu ile ilgili kişilerden edinilmiş bilgiler
- Yapılan en iyi uygulama verileri
- İSG politikaları
- İşletmeye mahsus klasik tehlikeler aynı işletme prensibine sahip kuruluşlarca yaşanmış olan kazalar ve olaylar,
- Kuruluş sahasına ait planlar
- Çalışanlardan elde edilen reaktif ya da proaktif İSG verileri
- Kullanılan elektrik
- Proses akış diyagramı
- Sağlıkla ilgili risk teşkil eden konular
- Tesisteki etkinlik verileri
- Radyasyon riski
- Kimyasal ve biyolojik maddelerin oluşturduğu riskler
- Yangın riski
- Mal ve değerlere ait döküm
- Malzeme güvenlik bilgi formları
- Acil durum eylemleri
- Yetki, sorumluluklar ve yöntemler,
- Profesyonellik ve uzman desteği
- İlk yardım raporları
- Veri takibi
- Tetkikler sonucunda elde edilen veri raporu [23]

b) Risklerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi

Risk kavramı, tehlikeler sebebiyle oluşacak kayıpları, yaralanmaları ve hasarın meydana gelme olasılığını belirtir. Bu adımda tehlikelerden kimlerin zarar göreceği, ne şiddette ve ne sıklıkta zarar göreceği belirlenir [14].

c) Risk kontrol tedbirlerinin belirlenmesi (kontrol adımları)

Bu adımda riskler sözel değerler olarak(düşük, orta, yüksek vb.) değerlendirmeyi yapacak olan uzmanın insiyatifine bağlı olarak belirlenir. Bu riskler için kontrol tedbirleri belirlenir. Bu adımda önemli olan yüksek risklerde işin durdurulup hemen müdahale edilmesi, orta risklerde derhal kontrol tedbirlerinin uygulanması, düşük risklerde de az maliyet ve kısa sürede önlemlerin alınması ve risklerin ortadan kaldırılmasıdır. Eğer kontrol adımlar amaca uygun ve yeterliyse bu adım başarılı olacaktır. Kontrol önleme basamakları aşağıda sıralanmıştır.

- Tehlike ve tehlikeye neden olacak kaynakların bertaraf edilmesi (Eliminasyon)
- Tehlikeli durumu tehlikeli olmayanla ya da mümkünse daha az tehlikeli olanla değiştirmek (substitusyon)
- İzolasyon ve Yalıtım
- Yönetmelik önlemler almak, kuralları oluşturmak
- Risk önlenemiyor ise kişisel koruma sağlamak [23].

d) Kontrol tedbirleri dökümantasyonu

Bu adım diğer üç adımı izlenebilme, takip edilebilme ve yeniden kullanılabilme yönünden tamamlar. İşyeri adı, işyeri adresi, işverenin adı, tehlike kaynakları, tehlikeler, riskler vb. birçok veri döküme edilir [14].

e)Yeniden izleme, tekrar etme ve denetim

Bu adım alınan tedbirlerin uygulanıp uygulanmadığının kontrol edilmesi, tehlikelerin takip edilmesi ve çalışan personelin denetlenmesi aşamalarını içermektedir. Ayrıca risk değerlendirmesi, tehlike sınıfının değişmesi, daha önce tespit edilmemiş bir tehlike ortaya çıkması, binalarda farklılık yapılması, uygulanan teknolojik yöntemlerin

zamanla farklılık göstermesi, çalışma alanındaki ölçümlerin ve sınır değerlerin değişmesi durumlarında tekrar edilebilir [14].

3.1. Risk Değerlendirme Yaklaşımının Yararları

Risk değerlendirme çalışmalarının avantajları sadece çalışanların sağlığı ve güvenliği açısından bir yarar sağlamak değil aynı zamanda bu çalışmalar sonucunda iş ortamının da güvenli ve sağlıklı duruma getirilmesidir. Buna ek olarak güvenli ve sağlıklı iş ortamında çalışmak, çalışanların verimlerinde artışlar sağlayacağından ve çalışanların refahını artıracığından risk değerlendirme çalışmaları işverene de yarar sağlayacaktır. Bu durum işveren ekonomisine katkı sağladığı gibi devlet ekonomisine de katkı sağlayacaktır. Daha geniş çapta düşünüldüğünde ise risk değerlendirme çalışmaları sonucu gerekli koruyucu uygulamaların yapılacak olması mevzuatta öngörülen düzenlemelerin yerine getirilecek olması anlamına gelir. Bu sonuçlara bakıldığında işverenin de yasal sorumluluklarını gerçekleştirmiş olduğu sonucuna ulaşılır [24].

İSG yaklaşımlarına bakıldığında iki esas yaklaşım türü görülür. Bunlardan biri proaktif yaklaşım bir diğeri ise reaktif yaklaşımdır. Proaktif yaklaşım kaza daha meydana gelmeden önce riskleri öngörme, riskleri en aza indirme hatta mümkünse ortadan kaldırmayı amaçlar. Reaktif yaklaşım ise riskler ortaya çıktıktan sonra aynı risklerin tekrarlanmaması için nedenleri bulma ve çözüm arama esasına dayanır [22].

Literatürde tanımlanmış risk değerlendirme yöntemleri incelendiğinde 150'den fazla yöntem ile karşılaşmak mümkündür. Risk değerlendirme yöntemleri kalitatif (nitel) ve kantitatif (nicel) olarak iki başlık altında incelenecektir [25].

Kalitatif risk analizinde numerik değerler yerine çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek vb. tanımlayıcı sözel değerler kullanılırken, Kantitatif risk analizinde tehlikeli olayın meydana gelme olasılığı, tehlikenin etkisi gibi parametrelere sayısal verilerek risk değerleri matematiksel olarak tanımlanır [9].

Üçüncü bir yaklaşım olarak sınıflandırılan karma yaklaşım da hem nicel hem de nitel yöntemler bir arada kullanılmaktadır. Fakat karma yöntemler literatürde daha çok kantitatif yöntemler içerisinde değerlendirilmektedir [20].

Literatürde risk değerlendirme amacıyla sıklıkla kullanılan kalitatif ve kantitatif yöntemler aşağıdaki gibi sıralanmıştır. Risk değerlendirme metotlarının birbirleriyle karşılaştırılmaları Çizelge 3.1 de verilmiştir.

- PHA: Ön(birincil) tehlike analizi
- JSA: İş güvenliği analizi
- HAZOP: Tehlike ve işletebilirlik analizi
- FMEA: Hata türleri etkileri ve kritiklik analizi
- FTA: Hata ağacı analizi
- ETA: Olay ağacı analizi
- Birincil risk analizi (çeklist kullanılarak)
- Risk haritası
- Güvenlik fonksiyon analizi
- İş güvenliği denetlemesi
- Süreç/sistem kontrol listeleri
- İşlemleri inceleme tekniği
- Göreceli sıralama-Dow ve mond indisleri analizi
- Hata ağacı analizi tekniği
- Risk analizi
- Olursa ne olur? Analizi (What if?)
- Hiyerarşik görev analizi
- Neden-sonuç analizi
- İnsan hatası analizi
- İnsan hata tanımlaması
- İnsan güvenilirlik değerlendirmesi
- İnsan hata oranı tahmini tekniği
- Yönetim bakışı ve risk ağacı analizi
- Risk değerlendirme karar matris metodolojisi: Çok değişkenli X tipi matris
- Risk değerlendirme karar matris metodolojisi: L tipi matris
- Enerji analizi
- Güvenlik bariyer diyagramları

- Fine Kinney modeli
- 3T risk değerlendirme yöntemi
- Zürih tehlike analizi
- Tehlike erken uyarı modeli
- Ağırlıklandırılmış ortalamalardan sapma tekniği
- Ortalamalardan sapma tekniği
- Papyon analizi (Bow-tie analysis)
- Makine risk değerlendirmesi [22]

Bu yöntemleri birbirinden ayıran en önemli fark, risk değerlerini tespit edebilmek için kullandıkları kendilerine özgü parametrelerdir [22].

Çizelge 3.1 Kalitatif ve kantitatif risk değerlendirme metodlarının karşılaştırılması [20].

Yöntemler	Özelliği	Kullanıldığı Alan	Uygulama Başarı Oranı
FTA	Nitel	Elektrik Makine Hizmet	Yüksek deneyim ve performans gerektirir. Risklerin belirlenmesinde çok etkili bir yöntemdir.
PHA	Nitel	Tüm sektörler	Tek başına yeterli bir yöntem değildir.
JSA	Nitel	Tüm sektörler	Başarı sağlanması kişilerin görev tanımlarının iyi yapılmasına bağlıdır.
What if...?	Nitel	Basit İşler	Tek başına yeterli bir yöntem olmayıp ekip liderinin deneyimiyle değişkenlik gösterir
HAZOP	Nitel	Kimya Endüstrisi	Çok fazla deneyim ve takım üyelerinin yüksek performansını gerektirir.
Neden-Sonuç Analizi	Karma	Kimya Endüstrisi	Çok fazla deneyim ve takım üyelerinin yüksek performansını gerektirir. Diğer yöntemlere kıyasla oldukça zordur.
Güvenlik Denetimi	Nitel	Tüm sektörler	Başarı oranı hazırlayan kişilerin deneyimiyle doğru orantılı olup risklerin belirlenmesinde tek başına etkili bir yöntem değildir.
Checklist	Nitel	Tüm sektörler	Checklistlerin (Çeklist) başarı oranı bunları hazırlayan kişilerin deneyimiyle doğru orantılıdır.
ETA	Karma	Tüm sektörler	Yüksek deneyim ve performans gerektirir. Risklerin belirlenmesinde çok etkili bir yöntemdir.
L Tipi Matris	Nicel	Basit İşler	Basit prosedürlü işlerde uygulanabilir. Ekip liderinin tecrübesine göre başarı oranı değişir
Fine-Kinney metodu	Nicel	Tüm sektörler	Yüksek deneyim ve performans gerektirir. Risklerin belirlenmesinde çok etkili bir yöntemdir.
Hata Türü ve Etkileri	Nicel	Elektrik/ Makine/ Hizmet	Yüksek deneyim ve performans gerektirir. Başka metotlarla kullanılması başarı oranını artırır.

Bu çalışmada kullanılan risk değerlendirme yöntemleri bir sonraki başlıkta kapsamlı şekilde açıklanmıştır.

3.2. Risk Analiz Metotları

Günümüzde pek çok risk analiz metodunun varlığından söz etmek mümkündür. Bu çalışmada sık kullanılan risk değerlendirme metotları arasında tehlike kaynaklarının saptanması ve risklerin karşılaştırılması için 3 adet risk değerlendirme yöntemi seçilmiştir.

3.2.1. HTEA (Hata türü ve etkileri analizi)

HTEA ürünlerde bulunan veya olması muhtemel görünen hataları kullanıcılara ulaşmadan belirlemek ve bu hataları yok etmek için kullanılan bir mühendislik yöntemidir [7].

HTEA, sistemdeki tüm hata türleri için iyileştirme çalışmaları yapılmasının planlanmasından ziyade, tüm sistem elemanları üzerinde en büyük katkıyı sağlayacak hata türlerini önceliklendiren bir metottur. Hata türlerinin bütünü için, veri derleme ve veri çözümleme de fazlasıyla zaman ve işgücü gerektirmektedir. HTEA metodunun, en başında ön seçim yapması ve yalnızca önemli olduğu belirlenen parçalar için veri derlemesi, yöntemin etkin olma durumunu artırmaktadır [8].

Yöntemin geçmişi çok eski olmamasına rağmen günümüzde etkin bir şekilde kullanılmaya devam edilen bir kalite iyileştirme yöntemidir. HTEA ilk kez Amerikan ordusu tarafından geliştirilmiş ve kullanılmaya başlamıştır. Bu yöntem ilk olarak hem ekipman hem de sistem hatalarının yorumlanabilmesi için kullanılmış bir saptama tekniği olma özelliğini taşır. Yine bu yöntemde hatalar değerlendirilen projenin başarısı ile ekipman ve proje çalışanlarının güvenliği yönünden sınıflandırılmıştır. İlk kez kullanımı 1950'li yılların başında uçak sistemlerinin kontrolü olmuştur. Sonra 1960-1965 yılları sıralarından NASA (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi) tarafından da kullanılmaya başlamıştır [8].

1970-1975 seneleri arasında uçak sanayi endüstrisinde, 1972 senesinde Ford Motor Şirketi bünyesinde, 1975 senesinde bilgisayar üretiminde ve Japon NEC firmasında, 1977 senesinde otomotiv endüstrisinde Ford firması tarafından, 1980 senesinde Fiat firması tarafından kullanılarak iyice yaygınlaşmıştır. Günümüzde de otomotiv, gıda, kimya, beyaz eşya, atom, ilaç, iletişim, uzay, ev gereçleri gibi sektörlerde ayrıca eğitim, sağlık gibi bütün insanlığı ilgilendiren alanlarda da kullanılmaktadır [26].

HTEA tekniği diğer risk analizi teknikleri gibi sayısal verilere (olasılık, Şiddet, keŐfedilebilirlik) ihtiyaç duyar. Fakat çoğu durumda hazır veri elde etmek mümkün değildir veya mevcut veriler yeterli seviyede ve güvenilir değildir. Bu durumda, çoğu kez sayısal veriler uzman yargısına baŐvurularak tahmin edilmektedir. Onlu skalada puanlamada katılımcıların konu ile ilgili bilgi seviyesi ve deneyimleri nedeniyle ciddi sapmalar olmakta, uzlaŐım güçlüğu yaŐanabilmektedir [8].

KiŐiler değerlerini sayısal olarak ifade etmekten çok, niteliksel olarak ifade etme eğilimindedir. Yani çoğu kez, bu yolla elde edilen veriler sayısal değildir. Uzman yargısına dayanılarak elde edilen bilgiler, niteliksel olma özelliğinden dolayı, bir dile ait sözcükler ve deyimler (az, çok az gibi) ile ifade edilen bulanık bilgilerdir. Bu terimler belirsizlikten çok, kötü tanımlanmış ifadeler olmaları nedeniyle kesin olmama halini arttırmaktadır. Bu tür dilsel ifade bulan faktörlerin, olasılık kullanan yöntemler ile doğrudan incelenmesi mümkün olmamaktadır. Ayrıca olasılık puanı 2, Şiddet puanı 8, keŐfedilebilirlik puanı 3 olan bir hata türü, bu değerleri sırasıyla 4, 4, 3 olan bir hata türüyle aynı niceliğe sahip olabilmektedir ($RÖS=2 \times 8 \times 3=4 \times 4 \times 3$). Bu iki eksikliğin giderilebilmesi için, HTEA'nın bulanık kümeler yaklaşımıyla ele alınması çeşitli kaynaklarda önerilmektedir [27].

Hata Türü Etkileri Analizi yönteminde hata önceliklerini belirlemede yardımcı üç bileŐen vardır;

- Olasılık (O)
- Şiddet (Ő)
- Saptanabilirlik(S) (Farkedilebilirlik)

Ve HTEA yönteminde risk skoru (RÖS) Formül 3.1 ile hesaplanır;

$$RÖS=Olasılık(O) \times Şiddet(Ő) \times Saptanabilirlik(S) \quad [3.1]$$

Bu bileşenlere ait sayısal değerler Çizelge 3.2, 3.3 ve 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.2 HTEA hata oluşma olasılığı [11].

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

Çizelge 3.3 HTEA hata şiddeti [11]

ETKİ	ŞİDDETİN ETKİSİ	DERECE
Uyarısız Gelen Yüksek Tehlike	Felakete yol açabilecek tehlikeye 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 türü	8
Yüksek	Ekipman tamamen hasar görmesine sebep olan ve ölüme, zehirlenme, 3. derece yanık, akut ölümcül hastalık vb. etkiye sahip hata	7
Orta	Sistemin performansını etkileyen, uzuv ve organ kaybı, ağır yaralanma, kanser vb. yol açan hat	6
Düşük	Kırık, kalıcı küçük iş görmezlik, 2. derece yanık, beyin sarsıntısı vb. etkiye sahip hata	5
Çok Düşük	İncinme, küçük kesik ve sıyrıklar, ezilme 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	Etkisi olmayan hata	1

Çizelge 3.4 HTEA hata farkedilebilirlik [11]

FARKEDİLEBİLİRLİK (SAPTANABİLİRLİK)	FARKEDİLEBİLİRLİK OLASILIĞI	DERECE
Fark Edilemez	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın fark edilebilirliği mümkün değil	10
Çok Az	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın fark edilebilirliği çok uzak	9
Az	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın fark edilebilirliği uzak	8
Çok Düşük	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın fark edilebilirliği çok düşük	7
Düşük	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın fark edilebilirliği düşük	6
Orta	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın fark edilebilirliği orta	5
Yüksek Ortalama	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın fark edilebilirliği yüksek ortalama	4
Yüksek	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın fark edilebilirliği yüksek	3
Çok Yüksek	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın fark edilebilirliği çok yüksek	2
Hemen Hemen Hiç	Potansiyel hatanın nedeninin ve takip eden hatanın fark edilebilirliği hemen hemen kesin	1

Çizelge 3.5 HTEA yöntemi kabul edilebilirlik değerleri [11]

RİSK ÖNLEM DERECESESİ	RÖS DEĞERİ	DÜZENLEYİCİ ÖNLEYİCİ FAALİYET
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]	$100 \leq RÖS < 400$	Risk azaltılmaya kadar iş başlatılmaz. Devam eden işler durdurulur. Risk için önlemler alınmalı ve önlemler sonucu faaliyetin devamını karar verilmelidir.
Orta Düzeydeki Riskler [orta]	$40 \leq RÖS < 100$	Risk değerlerini düşürmek için risk azaltma önlemleri alınır.
Katlanılabilir Riskler [düşük]	$10 \leq RÖS < 40$	Mevcut kontroller sürdürülmeli ve kontrollerinde sürdürüldüğü denetlenmelidir. Ek kontrol proseslerine ihtiyaç duyulmayabilir.
Önemsiz Riskler [önemsiz]	$RÖS \leq 10$	Riskleri yok etmek amacıyla kontrol prosesleri planlamaya ve gerçekleştirilecek faaliyet kayıtlarını biriktirmeye gerek yoktur.

Çizelge 3.5’te ise risk öncelik skor aralıklarına göre risklerin kabul edilebilirlik değerleri ve düzenleyici önleyici faaliyetleri görülmektedir.

HTEA uygulanmalarında bazı güçlükler ile karşılaşılır. Karşılaşılan güçlüklerin başlıcaları şunlardır [12];

- Veri kaynaklarının olmaması veya eksik olması
- Ortak bir standart olmamasından dolayı kavram kargaşası
- Yönetim ve organizasyonda yer alan kişilerin yöntemin kullanılmasına isteksizlik duymaları.

Bu yöntemin uygulanmasında karşılaşılan en büyük güçlük veri eksikliğinden kaynaklanmaktadır. HTEA ile ilgili bütün bilgilerin etkin bir şekilde girildiği ve idare edildiği veri tabanlarının olmaması uygulamayı güçleştirir, sağlıklı sonuçlar alınmasını önler. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda HTEA tekniğine çeşitli eleştiriler getirmiştir.

Bu eleştirilerden başlıcası uygulama sonucunda aynı RÖS değerine sahip hata türleri oluşabilmesidir. Böyle bir durumda klasik HTEA yaklaşımının önerdiği sıralama önceliği kaynakların gereksiz yere sarf edilmesine yol açabilir. Eleştirilerden bir diğeri, yöntemde risk faktörlerinin ağırlıklarının eşit kabul edilmesi ve önemlerinin farklı olabileceğinin ihmal edilmesidir. Ayrıca verilerin olmadığı durumlarda teknik, risk faktörlerini sayısallaştırmada yetersiz kalabilmektedir. HTEA'nın tekniğinden kaynaklanan bu problemleri gidermek için bulanık mantık yaklaşımından yararlanılmaya başlamıştır [6].

3.2.2. Fine-Kinney yöntemi

Fine-Kinney risk değerlendirme metodu ilk defa 1971 senesinde W.T. Fine tarafından “Tehlikelerin kontrolü için matematiksel değerlendirme” adlı çalışmada Kaliforniya Donanma Silah Merkezi için geliştirilmiştir. Bu çalışmadan sonra ise metot 1976 senesinde G.F. Kinney ve A.D. Wiruth tarafından yeniden düzenlenip yenilenmiş olarak “Practical Risk Analysis for Safety Management” isimli makalede yayımlanmıştır. Şu anda metot Fine-Kinney risk değerlendirme yöntemi olarak bilinmektedir. Fine tarafından hazırlanan ilk belgede metodun risk faktörü değerlendirme ölçütleri ile birlikte matematiksel modelin yürütümünün nasıl olacağı da ayrıntılı bir biçimde içermiştir. Kinney ve Wiruth 1976 senesinde metodun yürütümünü matematiksel yaklaşımdan grafiksel yaklaşıma çevirmiştir [28].

Yöntem ilk olarak 1971 yılında Fine daha sonra çeşitli eklemelerle 1976 yılında Kinney tarafından geliştirilip Fine-Kinney yöntemi adını almıştır [28].

Bu yöntemde L tipi matris yöntemi gibi kullanımı kolay olan bir metottur. Skala aralıkları daha geniştir ve risk skoru hesabında üç tane bileşeni vardır. Bunlar olasılık, frekans (tehlikeye maruz kalma sıklığı) ve şiddettir [29].

Fine-Kinney yönteminde RÖS Formül 3.2 ile hesaplanır;

$$RÖS = \text{Olasılık}(O) \times \text{Şiddet}(\$) \times \text{Frekans}(F) \quad [3.2]$$

Bileşenlere ait sayısal değerler Çizelge 3.6, 3.7 ve 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.6 Fine-Kinney frekans skalası [28]

FREKANS DEĞERİ	ZARARIN GERÇEKLEŞME FREKANSI	FREKANS
0.5	Yılda bir veya daha seyrek	Uzak Olasılık,Çok Nadir
1	Yılda birkaç defa	Seyrek,Oldukça Nadir
2	Ayda bir veya birkaç defa	Sık Değil,Nadir
3	Haftada bir veya birkaç defa	Ara Sıra
6	Günde bir veya birkaç defa	Sık
10	Saatte birkaç defa	Hemen Hemen Sürekli

Çizelge 3.7 Fine-Kinney şiddet skalası [28]

ŞİDDET DEĞERİ	ÇEVRE ÜZERİNDEKİ TAHMİNİ ZARAR
1	Ucuz atlatma, Çevresel Zarar Yok
3	Küçük hasar, yaralanma, Arazi Sınırı İçinde Çevresel Zarar
7	Önemli hasar, yaralanma, Arazi Sınırı Dışında Çevresel Zarar
15	Kalıcı Hasar, yaralanma, Çevresel Zarar
40	Öldürücü Kaza, Çevresel Problem
100	Birden Fazla Ölümlü Kaza, Çevresel Felaket

Çizelge 3.8 Fine-Kinney olasılık skalası [28]

OLASILIK DEĞERİ	ZARARIN GERÇEKLEŞME OLASILIĞI
0.2	Pratik Olarak Mümkün Değil, Beklenmez
0.5	Zayıf İhtimal, Beklenmez Ama Mümkün
1	Oldukça Düşük İhtimal, Mümkün Ama Düşük
3	Nadir Ama Olabilir, Olası
6	Kuvvetle Muhtemel, Yüksek İhtimal
10	Çok Kuvvetli İhtimal, Kesin Beklenir

Fine-Kinney yöntemi için hesaplanan risk skorları değerleri Çizelge 3.9’da yer alan risk skoru aralığına bakılarak risk önem derecesi ve uygulanan eylem faaliyetleri verileri elde edilir [1].

Çizelge 3.9 Fine-Kinney yöntemi kabul edilebilirlik değerleri [30]

RİSK ÖNEM DERESESİ	RİSK DEĞERİ/SKORU	EYLEM
Tolere Gösterilemez Risk (Durdur)	$400 < R$	Hemen gerekli tedbirler alınmalı ve çalışmaya ara verilmelidir.
Esaslı(Yüksek)	$200 < R \leq 400$	Kısa vadeli eylem planı alınmalı ve iyileştirme yapılmalıdır.
Önemli(Orta)	$70 < R \leq 200$	Dikkatli izlenmeli ve uzun sürede iyileştirme yapılmalıdır.
Olası(Düşük)	$20 < R \leq 70$	Eylem planı denetim ve gözetim altında alınmalıdır.
Önemsiz	$R \leq 20$	Öncelikli tedbir gerekmebilir.

3.2.3. L Tipi matris yöntemi

L tipi matris sayesinde bir olayın ortaya çıkabilme olasılığı ve gerçekleşmesi durumunda sonucunun ölçümü ve puanlanması yapılır. Bu yöntem sadeliği ve kolay

uygulanabilirliği sayesinde en çok kullanılan risk değerlendirme yöntemlerin başında gelmektedir. Ayrıca neden-sonuç ilişkilerinin çözümlenmesinde daha uygun olduğu görölmüştür [1].

Risk skoru olayın ortaya çıkma olasılığı ve zarar verebilme şiddetinin çarpılması ile bulunur (Formöl 3.3).

$$\text{Risk (R)} = \text{Olasılık (O)} \times \text{şiddet (ř)} \quad [3.3]$$

Bileşenlere ait sayısal değerler Çizelge 3.10 ve 3.11’de verilmiştir.

Çizelge 3.10 L Tipi matris yöntemi bir olayın gerçekleşme olasılığı [31]

RİSK	RİSK ORTAYA ÇIKMA OLASILIğI
(5)Çok Yüksek	Çok Sıklıkla(Haftada Bir, Her gün)Normal Çalışma şartlarında
(4)Yüksek	Sıklıkla(Ayda Bir)
(3)Orta	Az(Yılda Bir Kez)
(2)Düşük	Çok Az(Yılda Bir Kez)Sadece Anormal Durumlarda
(1)Çok Düşük	Hemen Hemen Hiç

Çizelge 3.11 L Tipi matris yöntemi bir olayın gerçekleşme durumundaki şiddeti [31]

şİDDET	RİSK SONUÇLARI ETKİSİ
(5)Çok Ciddi	Birden fazla ölüm, sürekli iş görememezliğe neden olan durum
(4)Ciddi	Ölüm, ciddi yaralanmalar, uzun süre tedavi olmaya sebebiyet veren durum, meslek hastalığı
(3)Orta	Hafif yaralanmaya sebep olan, yatarak tedavi gerektiren durum
(2)Hafif	Çalışma günü kaybı olmayan, ayakta tedavi gerektiren kalıcı olmayan durum
(1)Çok Hafif	Çalışma saati kaybı olmayan, ilkyardım gerektiren durum

Çizelge 3.10 ve Çizelge 3.11 de verilen olasılık ve şiddet değerlerini kullanılarak Çizelge 3.12 de verilen risk skor matrisi oluşturulur. Bu sonuçlar ise Çizelge 3.13 oluşturularak değerlendirilir [31]

Çizelge 3.12 L Tipi matris risk değerlendirme yöntemi risk skor matrisi [31]

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

Risk skor matrisi oluşturmaktaki amaç tehlike ve risk seviyeleri doğrultusunda risk müdahalelerini derecelendirmektir (Çizelge 3.12)

Çizelge 3.13 L Tipi matris yöntemi kabul edilebilirlik değerleri [31]

RİSK ÖNLEM DERECESESİ	RÖS DEĞERİ	DÜZENLEYİCİ ÖNLEYİCİ FAALİYET
Katlanılmaz Riskler [durdur]	$RÖS > 20$	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]	$15 \leq RÖS \leq 20$	Risk azaltılıncaya kadar iş başlatılmaz. Devam eden işler durdurulur. Risk için önlemler alınmalı ve önlemler sonucu faaliyetin devamın karar verilmelidir.
Orta Düzeydeki Riskler [orta]	$8 \leq RÖS < 15$	Risk değerlerini düşürmek için risk azaltma önlemleri alınır.
Katlanılabilir Riskler [düşük]	$1 < RÖS < 8$	Mevcut kontroller sürdürülmeli ve kontrollerinde sürdürüldüğü denetlenmelidir. Ek kontrol proseslerine ihtiyaç duyulmayabilir.
Önemsiz Riskler [önemsiz]	$RÖS \leq 1$	Riskleri yok etmek amacıyla kontrol prosesleri planlamaya ve gerçekleştirilecek faaliyet kayıtlarını biriktirmeye gerek yoktur.

Çizelge 3.13'te görüldüğü gibi L tipi matris yönteminde risk skoru skala aralıkları dardır ve skala aralıklarının dar olması da risklerin önceliklerini belirlemeyi zorlaştırır. Bu darlık sebebiyle kesin ayrımlar yapılamamaktadır [32].

4. BULANIK MANTIK ÇIKARIM SİSTEMİ

Bulanık mantık veya diğer adıyla puslu mantık, 1961 yılında Lütü A.Zadeh'in yayınladığı bir makalenin sonucunda oluşmuş bir mantık yapısıdır [33].

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 [34].

Puslu mantığın temeli bulanık küme ve alt kümelere dayanmaktadır [35].

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 rastladığımız akıllı ve uzman sistemlerle otomasyonda, belirsizlik ortamında en uygun karar verebilme ve modellemenin esasında bulanık mantık önerme ve çıkarımları bulunur [35].

Bulanık mantık insan ve makinenin birbirine en çok yaklaştığı yerdir ve günümüzde çok sayıda ülkede, teknolojik sahada hayatın göz ardı edilemez öğeleri olan çamaşır makinesi, kurutma makinesi, elektrik süpürgesi, fırın, trafik ışıkları, asansörler, soğutucular ve benzeri akıllı robotlar diye adlandırılan alet ve cihazlar ile birlikte metro, fabrika işletmeleri, iş yönetimi, uzaktan algılama ve daha birçok iş alanında, hem dizayn ve imalat, hem de uygulamada bulanık mantık geniş düzeyde ve sık karşılaşılan bir şekilde yer almış bulunmaktadır [28].

Özellikle son zamanlarda, ülkemizde de, sistem ve kontrol prensiplerinin öğrenimi ve uygulaması en azından bilim ve araştırma alanlarında mühim bir etkisi olmaktadır. Çok sayıda enternasyonal şirketin araştırma-geliştirme ünitelerinde, bulanık mantık, sistem ve kontrol mekanizmaları zamanla aranır hale gelmiştir [35].

Batı kültürünün temeli Aristo mantığı yani klasik mantığa dayanmaktadır. Bu yaklaşıma 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 [28].

Küme sınırlarının kesin hüküm içerip net olması klasik mantık iken, sınırların birbiri içerisine geçmesi ve sınır belirsizliği durumu bulanık mantıktır [36].

Bulanık mantık özellikleri başlıca aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- 1- Bulanık mantıkta her kavramın derecesi vardır.
- 2- Bulanık mantık çeşitli doğruluk değerlerine sahiptir.
- 3- Bulanık mantık geçerliliği kesin olmayan çıkarım kurallarına sahiptir.
- 4- Her mantıksal sistem bulanıklaştırılabilir.
- 5- Bilgi, bulanık kısıtlamalara ait değişkenlerin esnekliği veya denkliğiyle yorumlanabilmektedir [33].

Risk analizi yaparken pek çok değişkeni dikkate almak zorunlu olmaktadır. Fakat her değişkenin hesaplanabilmesi zor olmakta bazı durumlarda ise değişkenlerin hesaplanabilmesi mümkün olamamaktadır. Kesin sınırlar içermeyen ve kesin biçimde ifade edilmeyen değişkenler yakın bir değer aralığı ile sözel olarak tanımlanabilir. Bu durumda sözel ifadeleri matematiksel biçimde tanımlamak zorunlu hale gelebilmektedir. Yani bu bağlamda kesin sınırlar içeren kuramdan bulanık bir kurama geçiş sürecine 'bulanıklaştırma' adı verilmektedir [1].

Literatürde bulanık mantık yöntemi ve bulanıklaştırma sürecinin çeşitli sektörlerde uygulanmasına ilişkin çok sayıda örnek mevcut olup bunlar aşağıda kısaca özetlenmiştir;

Atık su arıtma verilerinin incelendiği bir tez çalışmasında 2011 ve 2014 yılları arasındaki ölçülen günlük verilerden her yılın Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan aylarına ait debi bağımsız değişkenleri kullanılarak tesis çıkış suyuna ait biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerleri çok katmanlı yapay sinir ağları (ÇKYSA) ve adaptif ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) yöntemleri ile tahmin edilmiştir. Kayseri İleri Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi verileri kullanılarak oluşturulan modellerden yapay zekâ yöntemleri ile elde edilen sonuçların ölçülen verilerle uyumlu sonuçlar vermediği tespit edilmiştir [36].

Bulanık mantık kontrolörlerinin değişik açılardan incelendiği bir çalışmada üç ayrı bulanık kontrolör tasarlanıp bunlar kendi aralarında karşılaştırmıştır. Sonra tasarımı yapılan bu üç farklı bulanık kontrolör Ziegler-Nichols tekniğine göre belirlenen uygun katsayılar ile nonlinear bir sisteme uygulanmıştır. Aynı nonlinear sistem klasik Proportional Integral Derivative (PID) kontrolör ile de kontrol edilmiştir. Simülasyon sonuçlarına bakıldığında bulanık mantık kontrolörlerin klasik PID'ye nispeten çok daha iyi kontrol imkânı sağladığı gözlemlenmiştir. Bulanık mantık kontrolörlerinin klasik PID'ye göre farkının açık bir şekilde görüldüğü ispatlanmıştır [37].

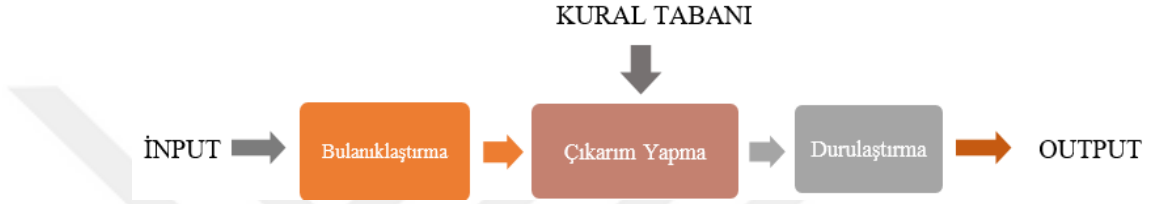
Seyit Ömer uçucu külünün betonun basınç dayanımı üzerine tesirinin incelendiği bir çalışmada karışıma katılan uçucu kül miktarı, beton yaşı ve basınç dayanımları arasındaki bağlantıyı tespit etmek için bulanık mantık bakış açısı geliştirilmiştir. Çimento ile açık ve belirgin oranlarda ortaya koyulan uçucu külün betonun basınç dayanımı üzerine tesirini bulanık mantık yaklaşımı ile modellenmeye ve ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bulanık mantık yaklaşımı ile beraber ampirik biçimde sahip olunan bilgiler karşılaştırılmış ve sonuçların oldukça yakın olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmalar neticesinde bulanık mantık yaklaşımı ile betona iyi derecede basınç dayanımını kazandıracak en uygun uçucu kül miktarı tespit edilebilmiştir [38].

Bir inşaat firmasının şantiyelerinden birinde bulanık mantık metodundan faydalanarak risk değerlendirmesi yapılmış ve bulanık iş güvenliği risk değerlendirmesi yapılırken ilk olarak model bulanık şekilde biçimlenmiş ve risk öncelik değerleri elde edilmiştir. Bulanık inputları risk değerlendirme metodu ile bulanıklaştırarak, input ve outputlara ait üyelik fonksiyonları elde edilmiştir. Bulanıklaştırma ve durulaştırma işlemleri MATLAB 6.5 programı fuzzy logic araç kutusu aracılığı ile yapılmıştır. Son adımda bulanık mantıktan elde edilen değerlerin güvenli olup olmadığı değerlendirilmek için, bulanık değerlendirme sonrasında ki RÖS değerleri ile HTEA metodundan bulunan sonuçlar kıyaslanmıştır. Bulanık mantık değerlerinin HTEA metoduna göre güvenilirliği kanıtlanmıştır [39].

4.1. Bulanık Mantık Kontrol Aşamaları

Bulanık mantık kontrol adımları üç ana aşamadan oluşur (Şekil 4.1). Bunlar;

- Bulanıklaştırma (Fuzzification),
- Çıkarım ve bilgi tabanı (Inference and Knowledge Base),
- Durulaştırma (Defuzzification) [12].



Şekil 4.1 Bulanık kontrol sistemi [12]

Bulanık mantık kontrol sistemlerinde ilk basamak olarak bulanık küme kurulması ve tanımlama süreçleri meydana gelmektedir. Bir sonraki adım olan bulanıklaştırma, bulanık kümelerin genel hale getirilmesidir. Bulanıklaştırma adımında çok girişli mantık ile 0-1 skalasında kümeye aitlik aranmaktadır [1].

Bulanık sonuçların çıkarım yapıldığı basamakta bulanık input 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 output'larının 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 [40].

4.1.1. Bulanıklaştırma

Bulanıklaştırma ham haldeki girdileri aralıklara bölerek üyelik fonksiyonları ile ifade etmektir. Her üyelik fonksiyonuna kontrol amacına uygun sözselsel bir ifade atanır. Belirlenen üyelik fonksiyonları uygun geometrik şekil ile ifade edilir [12].

4.1.1.1. Klasik ve bulanık kümeler

Sözel verilerin sayısal hale getirilebilmesi, bilgisayar aracılığıyla algılanıp çeşitli hesaplar yapılabilmesi bulanık sistemler ile mümkün olabilir. Bulanık sistemlerin klasik küme sisteminden farkı, bu sistemlerin davranışı ikiye ayrılarak kendi aralarında bağlantılı dört birimden oluşmasıdır. Bu 4 birim birbirlerinden farklı ama birbiri ile bağlantı sağlayabilen işlev ve çıkarımları içerir [1].

Klasik küme kuramında bir eleman o kümenin ya elemanıdır ya da değildir. Bu küme tanımında nesnenin kısmi üyeliği mümkün değildir. Nesnenin üyelik değeri 1 ise kümenin elemanı, 0 ise elemanı değildir. Yani klasik küme elemanların üyelikleri $\{0,1\}$ değerlerini alır [12].

Bulanık küme sistemlerinden istenilen verimi alabilmek için birçok farklı şekilde (üçgen, trapezoidal (yamuk), gauss eğrisi vs.) bulanık küme seçimi yapılabilir [12].

Klasik küme yaklaşımı bir elemanın kümeye ait olma ya da ait olmama yaklaşımıdır. Bu kısımda eleman üyeliği 1 ve 0 değerlerinden birini alır. Bu durumda X evrensel kümesinde belirgin özellikler içeren elemanların meydana getirdiği A kümesinin üyelik fonksiyonları formül 4.1'deki gibidir [36].

$$\chi_A(X) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \quad [4.1]$$

Buradaki eleman A kümesine ait ise üyelik fonksiyonu olarak 1 değerini, ait değil ise 0 değerini alır. Klasik küme yaklaşımında elemanın kümeye üyeliği nettir. Evrensel kümede tanımlanmış bulanık kümede, belirlenen elemanın kümeye üyeliği derecelidir, eleman iki kümeye birden üye olabilir bu sebeple de bulanık küme sınırları belirsizdir. Bu belirsizlik üyelik fonksiyonları ile tanımlanır. Üyelik fonksiyonu değerleri düşük ise elemanın bulanık kümeye üyeliği düşük, üyelik fonksiyonu değeri yüksek ise elemanın bulanık kümeye üyeliği yüksek demektir. Üyelik fonksiyonlarının reel sayılara karşılık gelen değerleri bulanık kümeyi oluşturur. X klasik bir küme, A bu kümede tanımlı bulanık bir küme olsun [36].

$$\forall x \in X \text{ için } \ddot{U}_A(x): X \rightarrow [0,1] \quad [4.2]$$

Formül 4.2’de $\ddot{U}_A(x)$ üyelik fonksiyonu, A bulanık kümesindeki elemanların (x) kümeye hangi oranda dâhil olduğunu ifade eden bulanık kümeyi oluşturur. Üyelik fonksiyonu [0,1] aralığında bir değer alabilir.

Bulanık küme gösterimi ise Formül 4.3’te verilmiştir [36].

$$A = \left\{ \frac{\ddot{U}(x_1)}{x_1} + \frac{\ddot{U}(x_2)}{x_2} + \dots \right\} = \left\{ \sum_i \frac{\ddot{U}(x_i)}{x_i} \right\} \quad [4.3]$$

4.1.1.2. Bulanık kümeler ve üyelik fonksiyonu

Bulanık mantıkta belirsizlikler, durumu temsil eden küme elemanlarına üyelik fonksiyonlarının verilmesi ile açıklanır. En büyük önem derecesine sahip öğelere 1 değeri verilir. Diğer değerler de 0 ile 1 arasında farklılık gösterir. Öge değeri 1 ise kümenin elemanı, 0 ise kümenin elemanı değildir. 0 ile 1 arasındaki değişim her öge için öge değeri, üyelik derecesi ve bunun bir alt küme içindeki değişimi üyelik fonksiyonu olarak adlandırılır [41].

Literatürde üçgen üyelik fonksiyonu, yamuk üyelik fonksiyonu, Gauss üyelik fonksiyonu, çan eğrisi üyelik fonksiyonu, sigmodial üyelik fonksiyonu, S ve π gibi farklı üyelik fonksiyonları da tanımlanmıştır [26].

4.1.2. Çıkarım ve bilgi tabanı

Bilgi tabanı, veri tabanı veya giriş olarak adlandırılan birim, tetkik edilen olgunun karşı karşıya kaldığı girdi değişkenlerini ve değişkenler hakkındaki bilgileri içerir. Bulanık kural tabanı, izlenecek giriş verilerini çıkış değişkenlerine bağlayan ve “EĞER-İSE” türünde yazılabilen kuralların tümünü kapsar. Kuralların yazılımında girdi verileri ve çıktılar arasında oluşabilecek tüm aralık bağlantıları düşünülmelidir. Bu sayede, her bir kural girdi uzayının bir parçası çıktı uzayına mantıksal olarak bağlanır. Bu bağlamlar ise birleşerek kural tabanını meydana getirir [1].

Bulanık çıkarım motoru , bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında kurulmuş ilişkileri bir araya getirerek sistemin bir çıkışlı davranmasını

hazırlayan işlemleri kapsar. Bulanık çıkarım motoru kuralların çıkarımlarını toplayarak bütün sistemin girdiler ile nasıl bir çıktı vereceğinin belirlenmesine imkân sağlar.

Çıktı birimi ise bilgi ve bulanık kural tabanlarının bulanık çıkarım motoru aracılığı ile etkileşim kurması sonucunda bulunan çıktı değerlerinin tamamını ifade eder [1].

Bulanık mantık kontrolde çıkarım birimi, birleştirme işlemlerinin kullanım sırasına göre dört temel çıkarım metodu oluşturmuştur ve bu metotlar ilk kullanan şahısın ismiyle adlandırılmıştır.

- Mamdani method,
- Takagi-Sugeno (T-S) method
- Larsen method,
- Tsukamoto method,

Bilgi tabanı ise iki bölümden oluşur. Birincisi; bulanıklaştırma, karar verme ve durulaştırma birimlerine ait üyelik fonksiyonu için gerekli bilgileri sağlayan veri tabanı, ikincisi; çıkarım yapmak için gerekli önermeler topluluğunun bulunduğu kural tabanıdır [12].

4.1.3. Durulaştırma

Durulaştırma bulunan çözümlerden tek bir sonuç elde edilmesi işlemidir. Sonuç olarak tek yargı elde edilmelidir [1].

Çıkarım sonucu elde edilen sonuç dilsel terimler kapsayan bulanık bir kümedir, bunun sistemin ihtiyaç duyduğu kesin değerlere dönüştürülmesi gereklidir. Bunun için ağırlık merkezi metodu ve maksimum metodu gibi yöntemleri vardır [12].

5. RİSK DEĞERLENDİRME UYGULAMASI

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. Çalışılan alanlar: genel bölüm, iş makineleri bölümü, bakım atölyesi bölümü, kalıplama gerdirme bölümü, dış istif bölümü, elektrik bölümü, kaynak bölümü, ısı santrali bölümü, su arıtma bölümü, agrega laboratuvar bölümü ve lojman bölümüdür (Şekil 5.1). Her bir bölüm için tanımlanmış riskler sırasıyla EK-1 de verilmiştir.

Bu çalışma beş aşamada yürütülmüştür:

1. Fabrikadaki tehlikelerin ve risklerin tanımlanması (EK-1)
2. Risk skorlarının geleneksel 3 farklı yöntem ile belirlenmesi (EK-1)
3. Geleneksel yöntemler ile elde edilen risk skorlarının bulanık mantık yönteminde girdi olarak tanımlanması ve bulanık risk skorlarının elde edilmesi
4. L tipi matris, HTEA ve Fine-Kinney yöntemlerine ait risk skorlarının bulanık mantık yöntemi ile elde edilmesi ve elde edilen bu skorların bulanık mantık yönteminde girdi olarak tanımlanması ve bulanık risk skorlarının elde edilmesi
5. 3,4 ve 5. Adımlarda elde edilen farklı risk skorlarının mukayese edilmesi ve bulanık mantık yönteminin risk değerlendirme amacıyla kullanılabilirliğinin irdelenmesi

5.1. Tehlikelerin Ve Risklerin Tanımlanması

Çalışmanın ilk adımında TCDD Sivas Beton Travers Fabrikasına ait tüm çalışma alanları fabrikada görevli İSG uzmanı ile detaylı olarak incelenmiş ve hem İSG uzmanı hem de çalışanlar ile yapılan değerlendirmeler ve görüşmeler sonucunda fabrikaya ait 109 adet risk belirlenmiştir (EK-1).

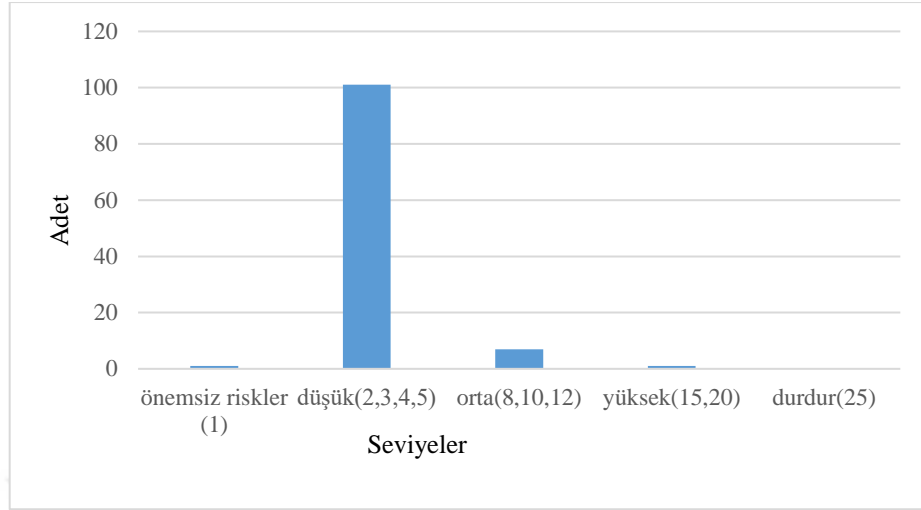


Şekil 5.1 Fabrika çalışma sahaları

5.2. Geleneksel Yöntemler İle Risk Değerlendirmesi

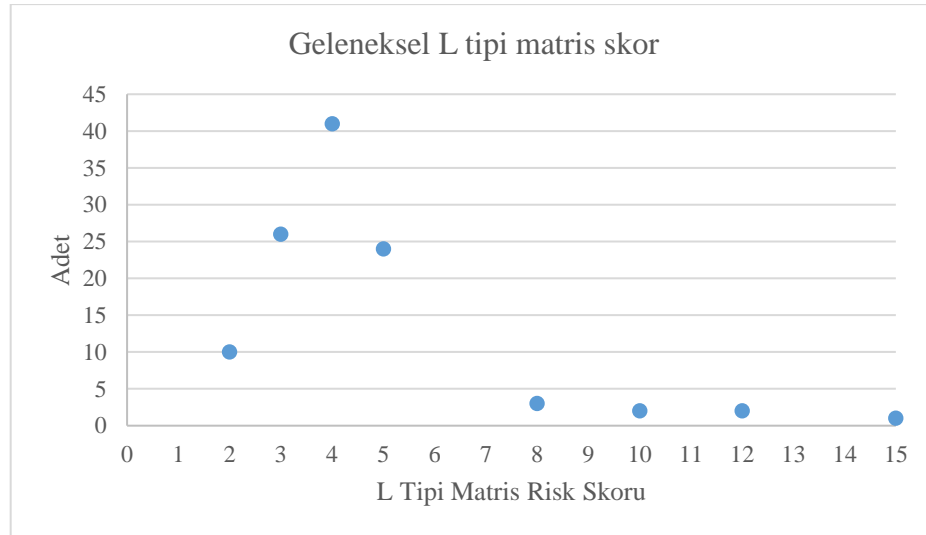
Bu adımda Fabrikada İSG uzmanı tarafından Fine-Kinney yöntemi ile yapılan risk değerlendirme raporu üzerinde de çalışılarak belirlenen 109 adet riske ait Fine-Kinney, L matrisi ve HTEA yöntemleri ile risk değerlendirmeleri tekrar çıkarılmıştır (EK-1). Yöntemlere ait olasılık, şiddet, frekans ve fark edilebilirlik değerlerinin doğru bir şekilde saptanabilmesi için fabrika çalışanları ve İSG uzmanı ile detaylı görüşmeler yapılmıştır.

Geleneksel L tipi matris yönteminden elde edilen risk skorlarının önemsiz, düşük, orta, yüksek ve durdur seviyelerine göre dağılımları Şekil 5.2’de verilmiştir. Şekil 5.2 incelendiğinde fabrikadaki risklerin en çok düşük seviyede kümelendiği görülmektedir.



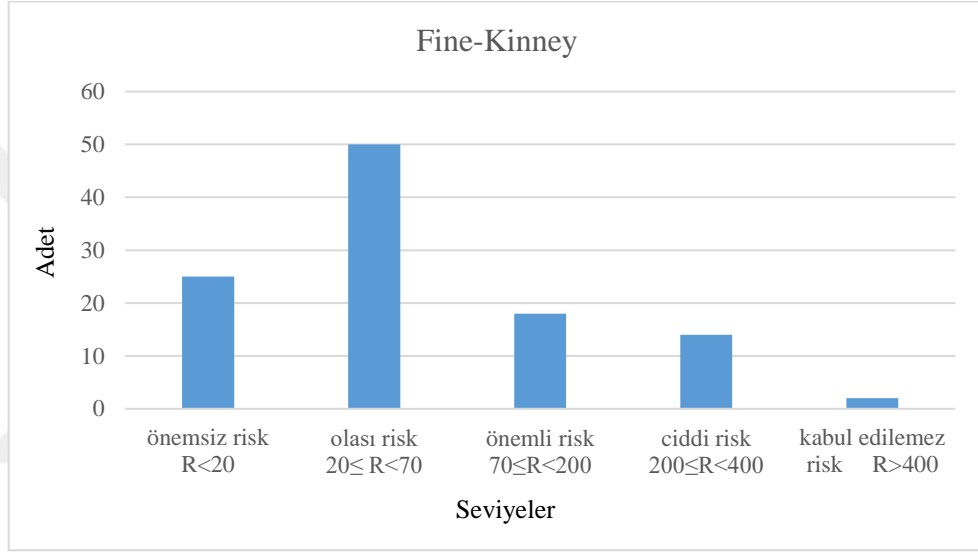
Şekil 5.2 Geleneksel L tipi matris skorlarının seviyelere dağılımları

L tipi matris yönteminden elde edilen her bir risk skorunun adet dağılımları Şekil 5.3'te verilmiştir. Şekil 5.3 incelendiğinde L tipi matris yönteminde tüm risklerin 8 farklı skora ayrıldığı, bunlar arasında da en çok gözlenen skorun 4 olduğu görülmektedir.



Şekil 5.3 L tipi matris risk skorlarının adet dağılımları

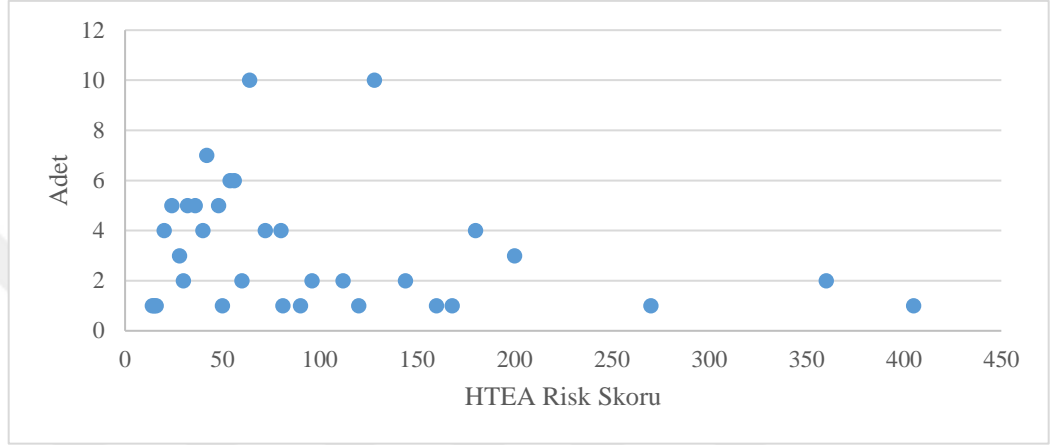
Geleneksel Fine-Kinney yönteminden elde edilen risk skorlarının önemsiz, olası, önemli, ciddi ve kabul edilemez seviyelerine göre dağılımları Şekil 5.4'te verilmiştir. Şekil 5.4 incelendiğinde fabrikadaki risklerin en çok olası risk seviyesinde kümelendiği görülmektedir. Ancak bu yöntemde elde edilen dağılımın L tipi matris yöntemine göre daha çok çeşitlilik gösterdiği ve en az 4 ayrı grupta risklerin farklı farklı kümelendiği söylenebilir.



Şekil 5.4 Geleneksel Fine-Kinney skorlarının seviyelere dağılımları

Fine-Kinney yönteminden elde edilen her bir risk skorunun adet dağılımları Şekil 5.5'te verilmiştir. Şekil 5.5 incelendiğinde Fine-Kinney yönteminde tüm risklerin 28 farklı skora ayrıldığı görülmektedir. L tipi matris yönteminde 109 adet risk 8 farklı gruba bölünebilirken Fine Kinney yönteminde grup sayısı 3,5 kat artış göstermiştir.

HTEA yönteminden elde edilen her bir risk skorunun adet dağılımları Şekil 5.7’de verilmiştir. Şekil 5.7 incelendiğinde HTEA yönteminde tüm risklerin 33 farklı skora ayrıldığı görülmektedir. L tipi matris yöntemine göre kıyaslandığında risk çeşitlenmesi bu yöntemde 4,125 katına çıkmıştır.



Şekil 5.7 HTEA risk skorlarının adet dağılımları

Burada dikkat çekilmesi gereken önemli noktalardan bir tanesi HTEA yönteminde riskler 33 adet gruba ayrılmasına rağmen riskler 5 ayrı seviyeden 3 tanesi içinde dağılmışlardır. Oysa Fine-Kinney yönteminde riskler yöntemin 5 ayrı seviyesi için de dağılım göstermiştir.

Çizelge 5.1’de risk numaralarına göre üç farklı yöntem ile yapılan risk değerlendirme sonuçları ayrı ayrı görülmektedir.

Çizelge 5.1 Geleneksel risk değerlendirme skorları

Risk No	L Matris Geleneksel	Fine-Kinney Geleneksel	HTEA Geleneksel
1	10	50	270
2	3	45	56
3	3	45	36
4	5	50	144
5	4	20	128
6	5	10	200
7	5	10	200

Çizelge 5.2 Geleneksel risk değerlendirme skorları (devam)

8	5	10	180
9	5	10	180
10	5	10	90
11	8	400	64
12	3	18	28
13	3	75	24
14	4	48	32
15	3	18	42
16	5	300	54
17	3	18	24
18	4	8	64
19	4	8	64
20	3	45	48
21	3	45	56
22	3	45	56
23	3	45	56
24	3	45	36
25	3	45	36
26	5	300	54
27	4	16	48
28	3	45	56
29	12	1200	96
30	4	80	16
31	4	70	40
32	4	70	30
33	3	18	28
34	4	70	40
35	8	240	96
36	4	120	64
37	4	42	60
38	2	35	20
39	5	300	54
40	2	35	20
41	2	21	40
42	2	35	20
43	2	35	20
44	2	21	30
45	3	18	28
46	2	14	14
47	4	70	36

Çizelge 5.3 Geleneksel risk değerlendirme skorları (devam)

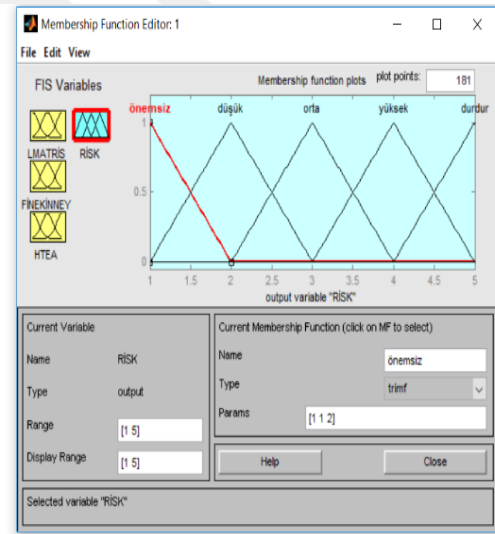
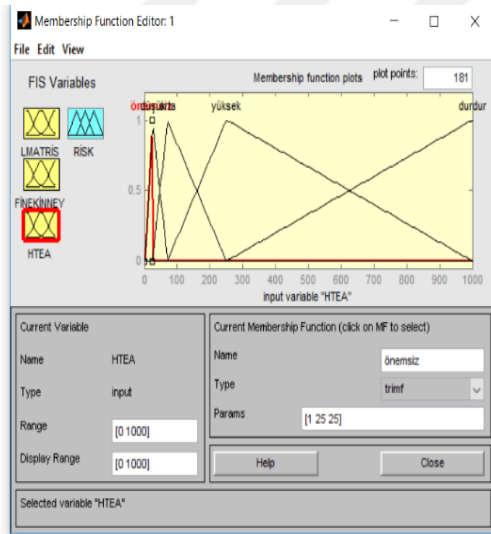
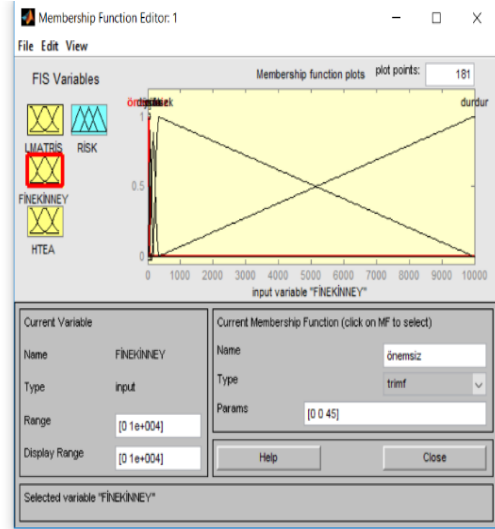
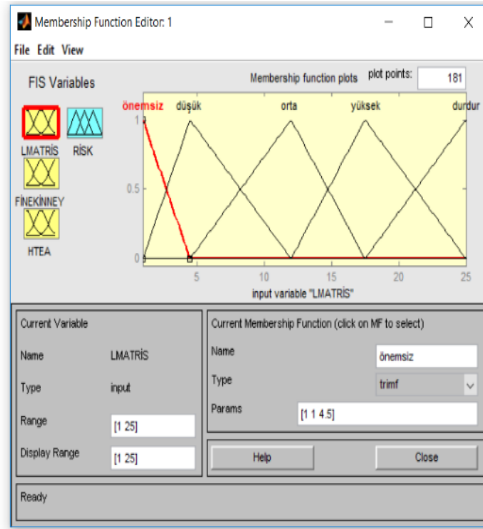
48	2	35	24
49	4	120	64
50	4	200	32
51	4	60	80
52	5	20	72
53	5	20	120
54	3	7,5	112
55	4	200	32
56	4	120	64
57	4	48	32
58	4	20	128
59	12	60	360
60	4	20	128
61	4	20	128
62	4	20	128
63	4	20	128
64	10	50	360
65	5	300	54
66	4	20	128
67	5	300	60
68	5	300	54
69	4	60	80
70	4	20	128
71	4	8	64
72	5	300	54
73	4	24	40
74	4	20	128
75	5	300	72
76	4	20	128
77	4	8	56
78	3	45	42
79	3	45	42
80	2	10,5	50
81	2	8,4	15
82	3	18	24
83	3	75	14
84	4	60	80
85	4	120	48
86	5	50	160
87	4	40	112

Çizelge 5.4 Geleneksel risk değerlendirme skorları (devam)

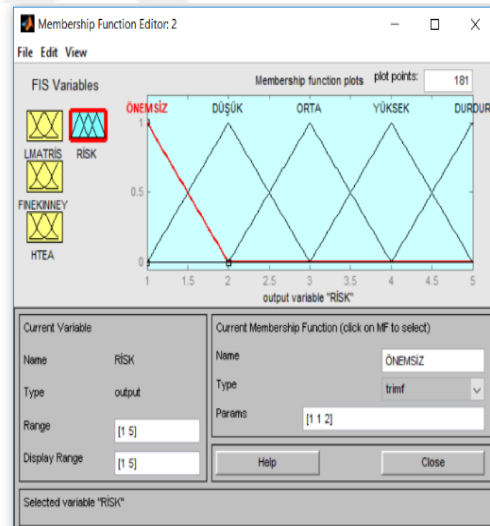
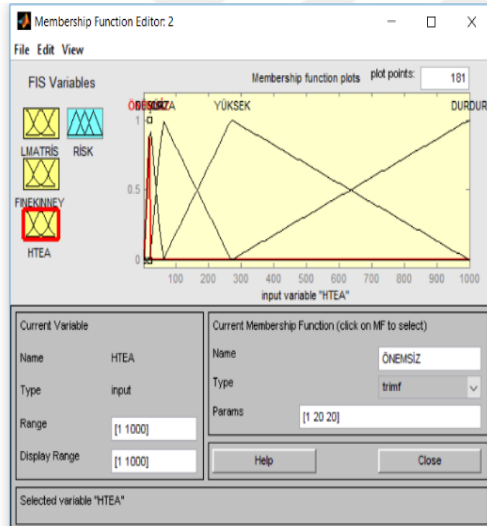
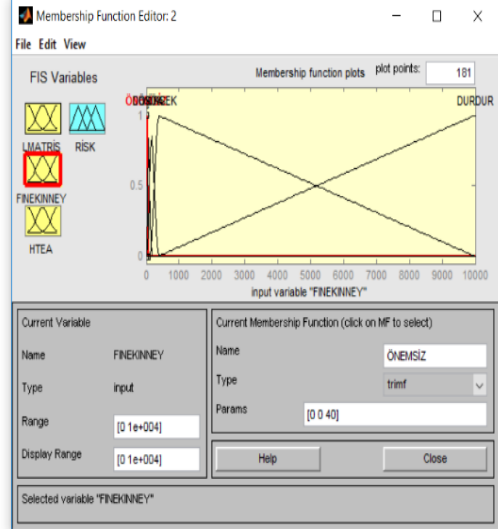
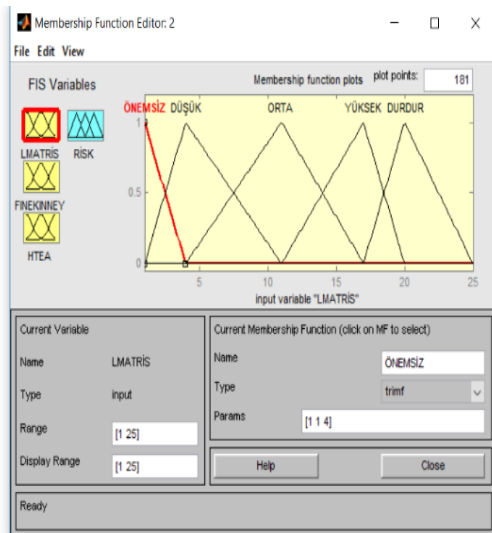
88	5	10	81
89	5	300	72
90	15	150	405
91	5	50	144
92	4	120	48
93	4	120	64
94	4	8	64
95	3	75	24
96	3	45	42
97	3	45	42
98	3	45	42
99	3	45	42
100	4	200	32
101	4	120	48
102	3	45	36
103	5	300	72
104	4	60	80
105	4	120	64
106	5	10	180
107	5	10	180
108	5	10	200
109	8	80	168

5.3. Geleneksel Risk Skorlarının Bulanık Mantık İle Analizi

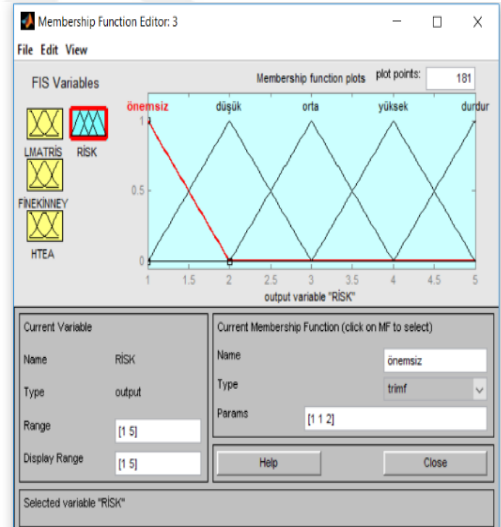
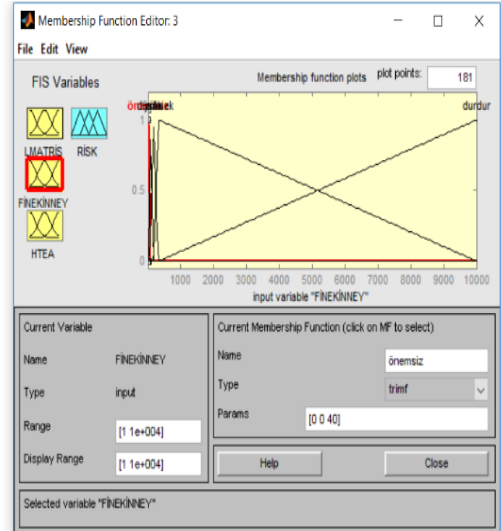
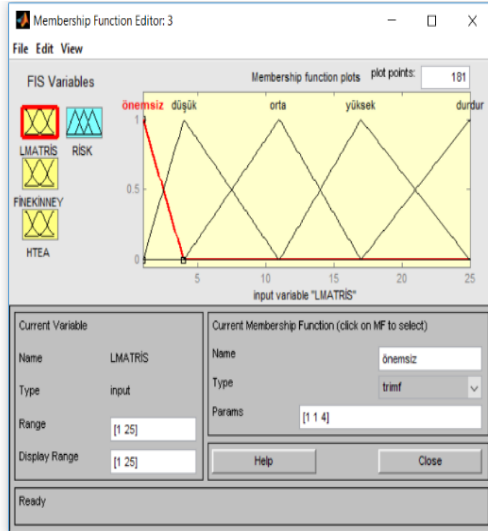
Çalışmada bulanık mantık yöntemi ile risk değerlendirmesi yapılabilmesi amacıyla MATLAB paket programında yer alan “fuzzy logic” araç kutusu kullanılmıştır. Bu adımda her bir risk için geleneksel yöntemden elde edilen 3 farklı risk skoru MATLAB programı aracılığıyla girdi (input) değeri olarak tanımlanmış 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 bir ölçek ile ifade edilmiştir. Burada 1 değeri riskin azaldığını 5 değeri ise arttığını göstermektedir. 109 adet riskin 1-5 arası skalada daha çok kümeye ayrılması ve risklerin birbirlerinden daha belirgin ayrılabilmeleri için farklı üyelik fonksiyonları ile analizler yapılmıştır. Çalışmada kullanılan 4 farklı analize ait L tipi matris, Finney ve HTEA girdi üyelik fonksiyonları ile çıktı üyelik fonksiyonları Şekil 5.8, 5.9, 5.10 ve 5.11’de verilmiştir.



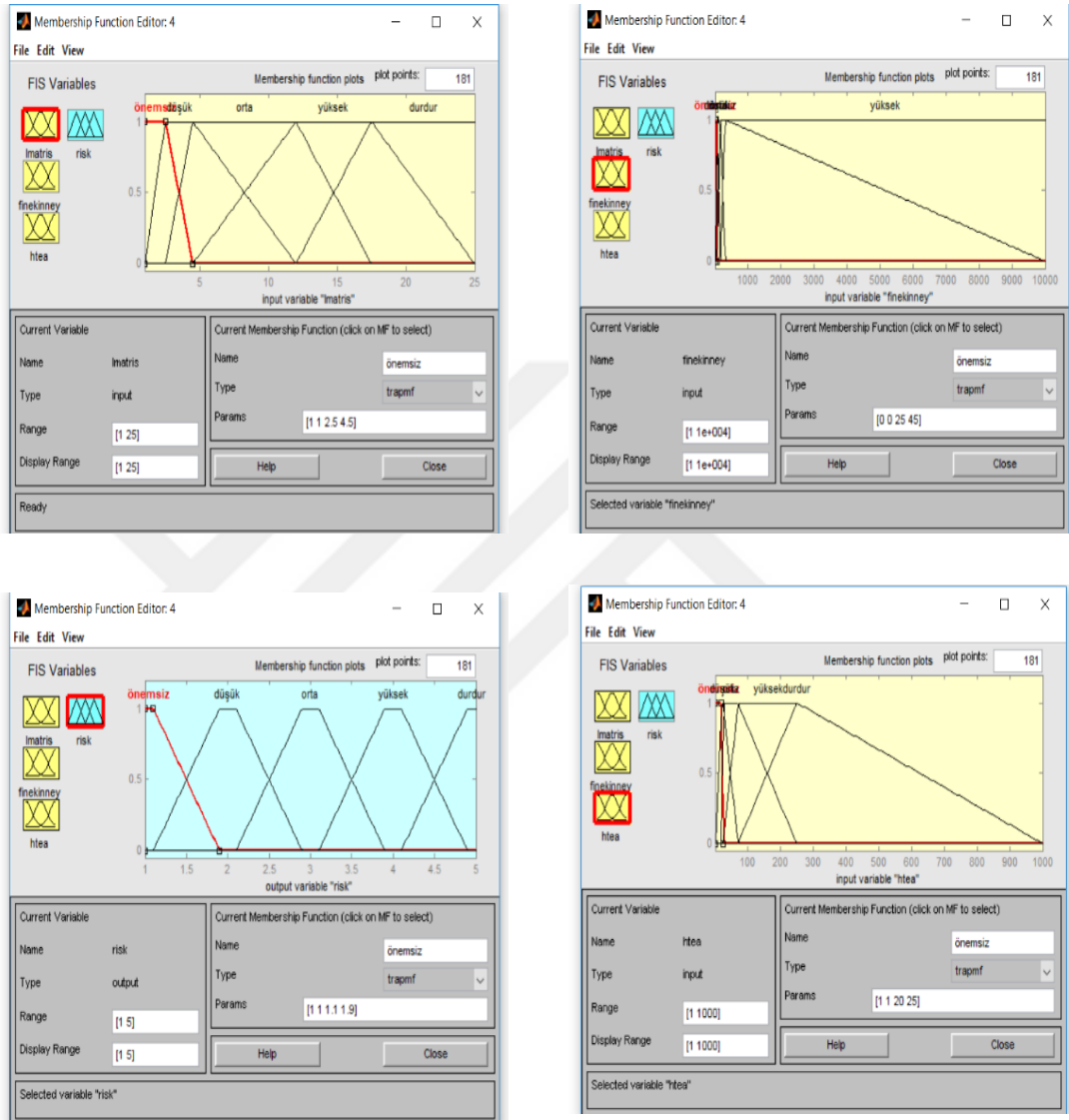
Şekil 5.8 1. analiz için girdi ve çıktı üyelik fonksiyonları



Şekil 5.9 2. analiz için girdi ve çıktı üyelik fonksiyonları



Şekil 5.10 3. analiz için girdi ve çıktı üyelik fonksiyonları



Şekil 5.11 4. analiz için girdi ve çıktı üyelik fonksiyonları

Dört farklı analizden elde edilen ve 1-5 arasında derecelendirilen risk skorları Çizelge 5.2’de verilmiştir. Çizelge 5.2 incelendiğinde 1. Analiz sonuçları için 109 adet risk 31 adet, 2. Analiz için 35, 3. Analiz 30 ve 4. Analiz için 27 farklı gruba ayrılmıştır. Geleneksel risk değerlendirme yöntemlerinin çeşitlenmesi ile kıyaslandığından bulanık mantık analizinde çeşitlenmenin arttığı görülmektedir.

Çizelge 5.2 Geleneksel risk değerlendirme skorlarının bulanık mantık ile analizi

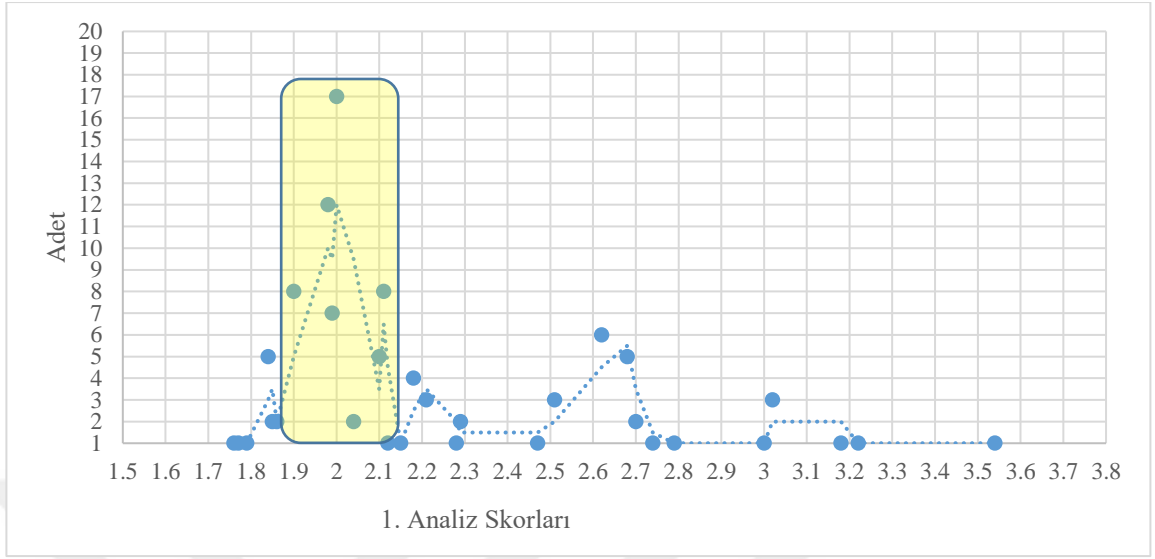
Risk No	1.Analiz	2. Analiz	3.Analiz	4. Analiz
1	2,7	2,82	2,82	3,23
2	2	2,08	2,07	2,5
3	2	2,09	2,07	2,5
4	2,11	2,21	2,2	2,58
5	1,98	2	2	2,43
6	2,1	2,2	2,21	2,57
7	2,1	2,2	2,21	2,57
8	2,11	2,21	2,23	2,57
9	2,11	2,21	2,23	2,57
10	2,1	2,19	2,19	2,57
11	2,79	3,03	3,03	3,36
12	1,9	1,93	1,93	2,07
13	1,9	2,15	2,15	2,45
14	2,04	2,12	2,1	2,53
15	1,9	1,93	1,93	2,07
16	2,62	2,81	2,81	3,14
17	1,86	1,93	1,93	2,07
18	1,99	2	2	2,43
19	1,99	2	2	2,43
20	2	2,08	2,07	2,5
21	2	2,08	2,07	2,5
22	2	2,08	2,07	2,5
23	2	2,08	2,07	2,5
24	2	2,09	2,07	2,5
25	2	2,09	2,07	2,5
26	2,62	2,81	2,81	3,14
27	1,98	2	2	2,43
28	2	2,08	2,07	2,5
29	3,18	3,21	3,21	3,53
30	1,99	2	2	2,43
31	2,29	2,4	2,34	2,74
32	2,15	2,3	2,29	2,62
33	1,9	1,93	1,93	2,07
34	2,29	2,4	2,34	2,74
35	3,22	3,26	3,23	3,53
36	2,68	2,8	2,64	3,21
37	2	2,03	2,02	2,46
38	1,84	1,84	1,84	1,8

Çizelge 5.2 Geleneksel risk değerlendirme skorlarının bulanık mantık ile analizi (devam)

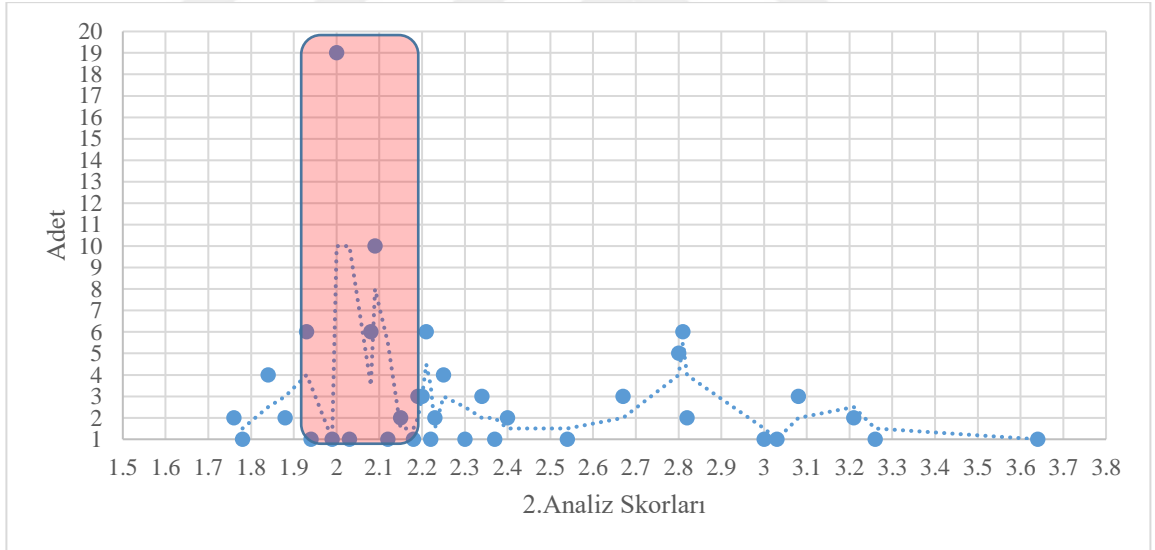
39	2,62	2,81	2,81	3,14
40	1,84	1,84	1,84	1,8
41	1,85	1,88	1,88	1,79
42	1,84	1,84	1,84	1,8
43	1,84	1,84	1,84	1,8
44	1,85	1,88	1,88	1,79
45	1,9	1,93	1,93	2,07
46	1,79	1,78	1,78	1,77
47	2,28	2,37	2,32	2,74
48	1,84	1,99	1,99	2,28
49	2,68	2,8	2,64	3,21
50	2,21	2,34	2,33	2,74
51	2,18	2,25	2,21	2,66
52	2,11	2,23	2,23	2,57
53	2,11	2,23	2,23	2,57
54	1,9	2,19	1,94	2,07
55	2,21	2,34	2,33	2,74
56	2,68	2,8	2,64	3,21
57	2,04	2,18	2,1	2,53
58	1,98	2	2	2,43
59	3	3,21	3,21	3,52
60	1,98	2	2	2,43
61	1,98	2	2	2,43
62	1,98	2	2	2,43
63	1,98	2	2	2,43
64	2,7	2,82	2,82	3,24
65	2,62	2,81	2,81	3,14
66	1,98	2	2	2,43
67	2,74	3	3	3,27
68	2,62	2,81	2,81	3,14
69	2,18	2,25	2,21	2,66
70	1,98	2	2	2,43
71	1,99	2	2	2,43
72	2,62	2,81	2,81	3,14
73	1,98	2	2	2,43
74	1,98	2	2	2,43
75	3,02	3,08	3,07	3,5
76	1,98	2	2	2,43
77	1,99	2	2	2,43

Çizelge 5.2 Geleneksel risk değerlendirme skorlarının bulanık mantık ile analizi (devam)

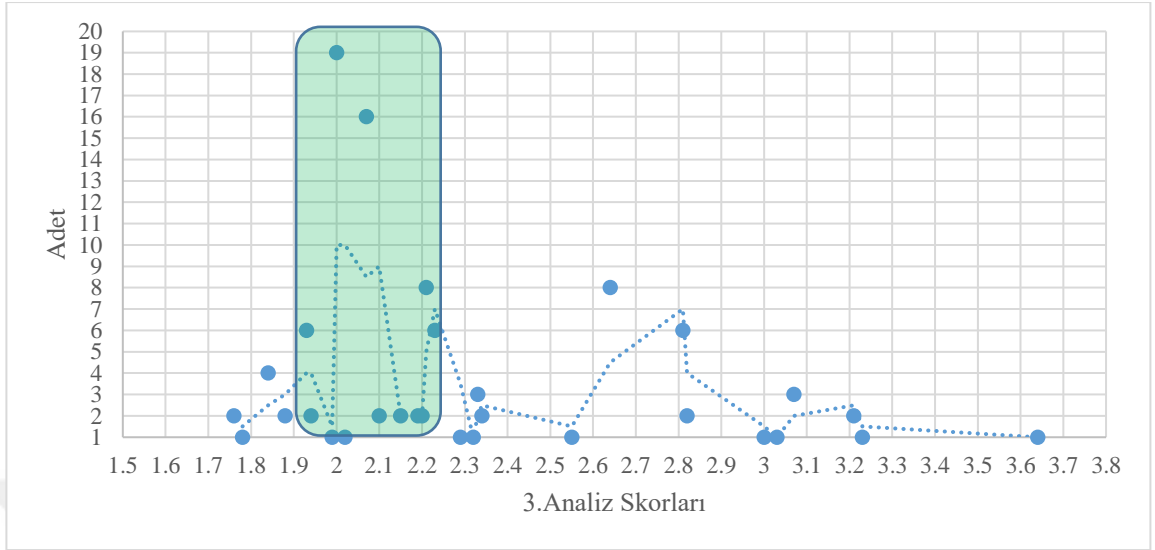
78	2	2,09	2,07	2,5
79	2	2,09	2,07	2,5
80	1,77	1,76	1,76	1,77
81	1,76	1,76	1,76	1,77
82	1,86	1,93	1,93	2,07
83	1,9	1,94	1,94	2,07
84	2,18	2,25	2,21	2,66
85	2,51	2,67	2,64	3,01
86	2,12	2,22	2,21	2,58
87	1,99	2	2	2,43
88	2,1	2,19	2,19	2,57
89	3,02	3,08	3,07	3,5
90	3,54	3,64	3,64	3,8
91	2,11	2,21	2,2	2,58
92	2,51	2,67	2,64	3,01
93	2,68	2,8	2,64	3,21
94	1,99	2	2	2,43
95	1,9	2,15	2,15	2,45
96	2	2,09	2,07	2,5
97	2	2,09	2,07	2,5
98	2	2,09	2,07	2,5
99	2	2,09	2,07	2,5
100	2,21	2,34	2,33	2,74
101	2,51	2,67	2,64	3,01
102	2	2,09	2,07	2,5
103	3,02	3,08	3,07	3,5
104	2,18	2,25	2,21	2,66
105	2,68	2,8	2,64	3,21
106	2,11	2,21	2,23	2,57
107	2,11	2,21	2,23	2,57
108	2,1	2,2	2,21	2,57
109	2,47	2,54	2,55	3,04



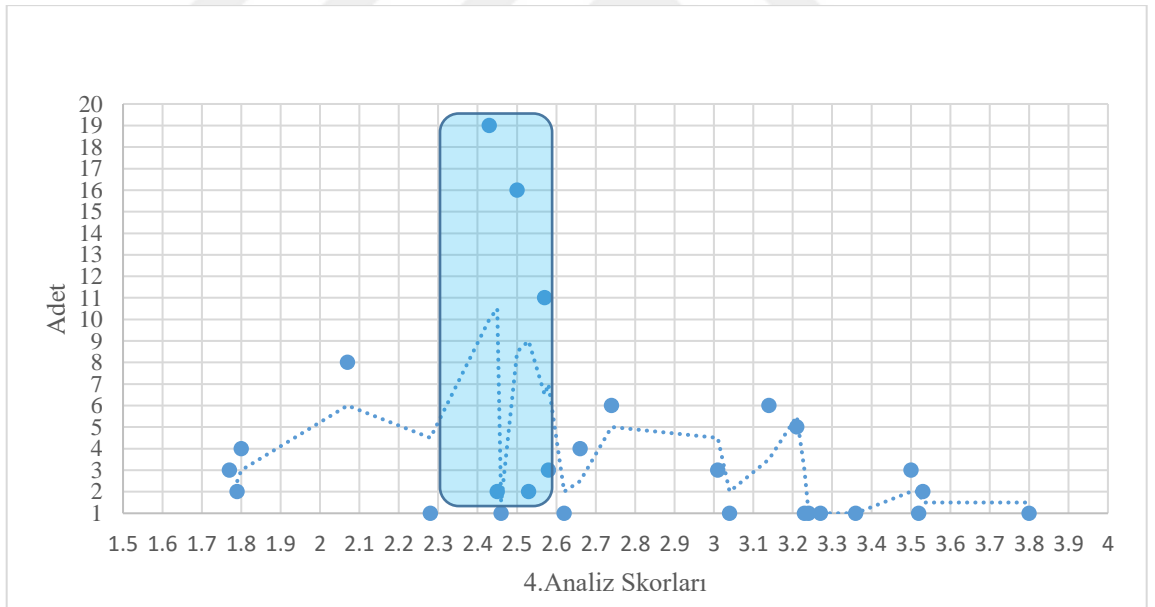
Şekil 5.12 1. Analiz risk skorlarının adet dağılımları



Şekil 5.13 2. Analiz risk skorlarının adet dağılımları



Şekil 5.14 3. Analiz risk skorlarının adet dağılımları



Şekil 5.15 4. Analiz risk skorlarının adet dağılımları

5.4. Geleneksel Yöntem Risk Skorlarının Bulanık Mantık Yöntemi İle Elde Edilmesi

Çalışmada geleneksel olarak olasılık, şiddet, frekans ve fark edilebilirlik değerleri ile elde edilen L tipi matris, Fine-Kinney ve HTEA yönteminin belirtilen bu parametreleri bulanık mantık yönteminde ayrı üyelik fonksiyonları ile yeniden tanımlanmış ve geleneksel yöntem skorları bulanık mantık yönteminde tekrar elde edilmiştir.

L tipi matris yöntemi için 4 farklı üyelik fonksiyonu ile, Fine-Kinney yöntemi için 7 farklı üyelik fonksiyonu ile ve HTEA yöntemi için 4 farklı üyelik fonksiyonu ile analizler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.3, 5.4 ve 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.3 L tipi matris yöntemi bulanık mantık risk skorları

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
4	5	13	13	13	13
5	4	5.88	5.38	5.54	8.9
6	5	13	13	13	13
7	5	13	13	13	13
8	5	13	13	13	13
9	5	13	13	13	13
10	5	13	13	13	13
11	8	11.3	10.7	11.2	13.5
12	3	5.95	5.45	5.61	7.4
13	3	5.95	5.45	5.61	7.4
14	4	5.88	5.38	5.54	8.9
15	3	5.95	5.45	5.61	7.4
16	5	13	13	13	13
17	3	5.95	5.45	5.61	7.4
18	4	5.88	5.38	5.54	8.9
19	4	5.88	5.38	5.54	8.9
20	3	5.95	5.45	5.61	7.4

Çizelge 5.3 L tipi matris yöntemi bulanık mantık risk skorları (devamı)

21	3	5.95	5.45	5.61	7.4
22	3	5.95	5.45	5.61	7.4
23	3	5.95	5.45	5.61	7.4
24	3	5.95	5.45	5.61	7.4
25	3	5.95	5.45	5.61	7.4
26	5	13	13	13	13
27	4	5.88	5.38	5.54	8.9
28	3	5.95	5.45	5.61	7.4
29	12	13.5	11.6	12.5	14.5
30	4	5.88	5.38	5.54	8.9
31	4	7.88	7.54	8.03	9.64
32	4	7.88	7.54	8.03	9.64
33	3	5.95	5.45	5.45	7.4
34	4	7.88	7.54	8.03	9.64
35	8	11.3	10.7	11.2	13.5
36	4	5.88	5.38	5.54	8.9
37	4	7.88	7.54	8.03	9.64
38	2	5.83	5.34	5.5	5.48
39	5	13	13	13	13
40	2	5.83	5.34	5.5	5.48
41	2	5.83	5.34	5.5	5.48
42	2	5.83	5.34	5.5	5.48
43	2	5.83	5.34	5.5	5.48
44	2	5.83	5.34	5.5	5.48
45	3	5.95	5.45	5.61	7.4
46	2	5.83	5.34	5.5	5.48
47	4	7.88	7.54	8.03	9.64
48	2	5.83	5.34	5.5	5.48
49	4	5.88	5.38	5.54	8.9
50	4	5.88	5.38	5.54	8.9
51	4	5.88	5.38	5.54	8.9
52	5	13	13	13	13
53	5	13	13	13	13
54	3	5.95	5.45	5.61	7.4
55	4	5.88	5.38	5.54	8.9

Çizelge 5.3 L tipi matris yöntemi bulanık mantık risk skorları (devamı)

56	4	5.88	5.38	5.54	8.9
57	4	5.88	5.38	5.54	8.9
58	4	5.88	5.38	5.54	8.9
59	12	13.5	11.6	12.5	14.5
60	4	5.88	5.38	5.54	8.9
61	4	5.88	5.38	5.54	8.9
62	4	5.88	5.38	5.54	8.9
63	4	5.88	5.38	5.54	8.9
64	10	13	13	13	13
65	5	13	13	13	13
66	4	5.88	5.38	5.54	8.9
67	5	13	13	13	13
68	5	13	13	13	13
69	4	5.88	5.38	5.54	8.9
70	4	5.88	5.38	5.54	8.9
71	4	5.88	5.38	5.54	8.9
72	5	13	13	13	13
73	4	5.88	5.38	5.54	8.9
74	4	5.88	5.38	5.54	8.9
75	5	13	13	13	13
76	4	5.88	5.38	5.54	8.9
77	4	5.88	5.38	5.54	8.9
78	3	5.95	5.45	5.61	7.4
79	3	5.95	5.45	5.61	7.4
80	2	5.83	5.34	5.5	5.48
81	2	5.83	5.34	5.5	5.48
82	3	5.95	5.45	5.61	7.4
83	3	5.95	5.45	5.61	7.4
84	4	5.88	5.38	5.54	8.9
85	4	5.88	5.38	5.54	8.9
86	5	13	13	13	13
87	4	5.88	5.38	5.54	8.9
88	5	13	13	13	13
89	5	13	13	13	13
90	15	13	13	13	13

Çizelge 5.3 L tipi matris yöntemi bulanık mantık risk skorları (devamı)

91	5	13	13	13	13
92	4	5.88	5.38	5.54	8.9
93	4	5.88	5.38	5.54	8.9
94	4	5.88	5.38	5.54	8.9
95	3	5.95	5.45	5.61	7.4
96	3	5.95	5.45	5.61	7.4
97	3	5.95	5.45	5.61	7.4
98	3	5.95	5.45	5.61	7.4
99	3	5.95	5.45	5.61	7.4
100	4	5.88	5.38	5.54	8.9
101	4	5.88	5.38	5.54	8.9
102	3	5.95	5.45	5.61	7.4
103	5	13	13	13	13
104	4	5.88	5.38	5.54	8.9
105	4	5.88	5.38	5.54	8.9
106	5	13	13	13	13
107	5	13	13	13	13
108	5	13	13	13	13
109	8	11.3	10.7	11.2	13.5

Çizelge 5.4 Fine-Kinney yöntemi bulanık mantık risk skorları

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
4	50	96.2	96.2	126	133	94.5	96.4	413
5	20	60.6	58.9	58.9	51.1	52.8	59.3	141
6	10	96.2	72.4	96.2	94.5	94.5	96.4	413
7	10	96.2	72.4	96.2	94.5	94.5	96.4	413
8	10	96.2	72.4	96.2	94.5	94.5	96.4	413
9	10	96.2	72.4	96.2	94.5	94.5	96.4	413
10	10	1	1	11	11	1	1	141
11	400	620	604	586	585	621	621	340
12	18	1	3.62	261	261	1	1	426
13	75	172	275	200	188	175	182	340
14	48	75.7	94.3	441	451	94.5	96.4	340
15	18	1	3.62	261	261	1	1	426
16	300	349	364	358	358	349	347	353
17	18	1	3.62	261	261	1	1	426
18	8	1	1	11	11	1	1	141
19	8	1	1	11	11	1	1	141
20	45	95.2	85.1	294	323	94.5	96.4	340
21	45	95.2	85.1	294	323	94.5	96.4	340
22	45	95.2	85.1	294	323	94.5	96.4	340
23	45	95.2	85.1	294	323	94.5	96.4	340
24	45	95.2	85.1	294	323	94.5	96.4	340
25	45	95.2	85.1	294	323	94.5	96.4	340
26	300	349	364	358	358	349	347	353
27	16	1	7.25	22.7	22.7	1	1	141
28	45	95.2	85.1	294	323	94.5	96.4	340
29	1200	681	670	668	669	682	680	344
30	80	172	169	419	410	175	182	340
31	70	172	172	171	172	172	179	340
32	70	172	172	171	172	172	179	340
33	18	1	3.62	261	261	1	1	426
34	70	172	172	171	172	172	179	340

Çizelge 5.4 Fine-Kinney yöntemi bulanık mantık risk skorları (devam)

35	240	346	363	372	372	347	345	340
36	120	172	373	422	414	172	179	340
37	42	87.5	75.7	114	118	83.3	86.8	340
38	35	96.2	96.2	126	133	94.5	96.4	340
39	300	349	364	358	358	349	347	353
40	35	96.2	96.2	126	133	94.5	96.4	340
41	21	87.5	75.7	114	118	83.3	86.8	426
42	35	96.2	96.2	126	133	94.5	96.4	340
43	35	96.2	96.2	126	133	94.5	96.4	340
44	21	87.5	75.7	114	119	83.3	86.8	426
45	18	1	3.62	261	261	1	1	426
46	14	1	1	29.5	29.5	1	1	404
47	70	172	172	171	172	172	179	340
48	35	96.2	96.2	126	133	94.5	96.4	340
49	120	172	373	422	414	172	179	340
50	200	348	358	358	358	350	348	340
51	60	75.7	94.3	103	104	94.5	96.4	340
52	20	1	1	11	11	1	1	141
53	20	1	1	11	11	1	1	141
54	7,5	1	3.29	2.22	2.22	1	1	141
55	200	348	358	358	358	350	348	340
56	120	172	373	422	414	172	179	340
57	48	75.7	94.3	441	451	94.5	96.4	340
58	20	60.6	58.9	58.9	51.1	52.8	59.3	141
59	60	96.2	482	113	115	94.5	96.4	404
60	20	60.6	58.9	58.9	51.1	52.8	59.3	141
61	20	60.6	58.9	58.9	51.1	52.8	59.3	141
62	20	60.6	58.9	58.9	51.1	52.8	59.3	141
63	20	60.6	58.9	58.9	51.1	52.8	59.3	141
64	50	96.2	177	96.2	94.5	94.5	96.4	413
65	300	349	364	358	358	349	347	353
66	20	60.6	58.9	58.9	51.1	52.8	59.3	141
67	300	349	364	358	358	349	347	353
68	300	349	364	358	358	349	347	353
69	60	75.7	94.3	103	104	94.5	96.4	340

Çizelge 5.4 Fine-Kinney yöntemi bulanık mantık risk skorları (devam)

70	20	60.6	58.9	58.9	51.1	52.8	59.3	141
71	8	1	1	11	11	1	1	141
72	300	349	364	358	358	349	347	353
73	24	72.1	72.1	67.3	59.9	65.2	71	404
74	20	60.6	58.9	58.9	51.1	52.8	59.3	141
75	300	349	364	358	358	349	347	353
76	20	60.6	58.9	58.9	51.1	52.8	59.3	141
77	8	1	1	11	11	1	1	141
78	45	95.2	85.1	294	323	94.5	96.4	340
79	45	95.2	85.1	294	323	94.5	96.4	340
80	10,5	1	1	7,98	7,98	1	1	137
81	8,4	1	1	29,5	29,5	1	1	402
82	18	1	3.62	261	261	1	1	426
83	75	172	275	200	188	175	182	340
84	60	75.7	94.3	103	104	94.5	96.4	340
85	120	172	373	422	414	172	179	340
86	50	96.2	94.2	126	133	94.5	96.4	413
87	40	75.7	94.3	103	104	94.5	96.4	413
88	10	1	1	11	11	1	16.	141
89	300	349	364	358	35	349	347	353
90	150	175	493	415	407	175	182	340
91	50	96.2	94.2	126	133	94.5	96.4	413
92	120	172	373	422	414	172	179	413
93	120	172	373	422	414	172	179	141
94	8	1	1	11	11	1	1	141
95	75	172	275	200	188	175	182	340
96	45	95.2	85.1	294	323	94.5	96.4	340
97	45	95.2	85.1	294	323	94.5	96.4	340
98	45	95.2	85.1	294	323	94.5	96.4	340
99	45	95.2	85.1	294	323	94.5	96.4	340
100	200	348	358	358	358	350	348	340
101	120	172	373	422	414	172	179	340
102	45	95.2	85.1	294	323	94.5	96.4	340
103	300	349	364	358	358	349	347	353
104	60	75.7	94.3	103	104	94.5	96.4	340

Çizelge 5.4 Fine-Kinney yöntemi bulanık mantık risk skorları (devam)

105	120	172	373	422	414	172	179	340
106	10	96.2	72.4	96.2	94.5	94.5	96.4	413
107	10	96.2	72.4	96.2	94.5	94.5	96.4	413
108	10	96.2	72.4	96.2	94.5	94.5	96.4	413
109	80	157	363	157	157	172	179	340



Çizelge 5.5 HTEA yöntemi bulanık mantık risk skorları

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
4	144	501	393	382	407
5	128	115	460	455	472
6	200	440	448	460	486
7	200	440	448	460	486
8	180	440	448	460	486
9	180	440	448	460	486
10	90	440	501	501	501
11	64	115	116	128	161
12	28	32.2	501	501	501
13	24	501	26.6	24.1	28.3
14	32	32.2	501	501	501
15	42	99.8	501	501	501
16	54	32.2	95.6	117	127
17	24	99.8	501	501	501
18	64	115	501	501	501
19	64	115	501	501	501
20	48	501	35.5	31	40.2
21	56	501	35.5	31	40.2
22	56	501	35.5	31	40.2
23	56	501	35.5	31	40.2
24	36	501	35.5	31	36
25	36	501	35.5	31	36
26	54	32.2	95.6	117	106
27	48	99.8	501	501	501
28	56	501	35.5	31	40.2
29	96	115	262	250	291
30	16	32.2	501	501	501
31	40	32.2	77.8	98.2	88.7
32	30	17.6	75.3	110	80
33	28	32.2	501	501	501
34	40	32.2	77.8	98.2	88.7

Çizelge 5.5 HTEA yöntemi bulanık mantık risk skorları (devam)

35	96	32.2	89	110	99.4
36	64	501	114	136	121
37	60	32.2	99.8	121	111
38	20	32.2	32.5	27,7	39.6
39	54	32.2	95.6	117	106
40	20	32.2	32.5	27,7	39.6
41	40	32.2	32.8	27,8	39.3
42	20	32.2	32.5	27,7	39.6
43	20	32.2	32.5	27,7	39.6
44	30	32.2	32.8	27,8	39.3
45	28	32.2	501	501	501
46	14	32.2	501	501	501
47	36	17,6	98.9	133	106
48	24	501	26,6	24,1	28,3
49	64	501	114	136	121
50	32	501	33.8	29,6	34.5
51	80	501	114	136	121
52	72	440	501	501	501
53	120	115	501	501	501
54	112	501	130	149	146
55	32	501	33.8	29,6	34.5
56	64	501	114	136	121
57	32	32.2	501	501	501
58	128	501	460	455	476
59	360	440	448	460	498
60	128	501	460	455	476
61	128	501	460	455	476
62	128	501	460	455	476
63	128	501	460	455	476
64	360	440	447	459	491
65	54	32.2	95.6	117	106
66	128	501	460	455	476
67	60	32.2	95.6	117	106
68	54	501	95.6	117	106
69	80	501	114	136	121

Çizelge 5.5 HTEA yöntemi bulanık mantık risk skorları (devam)

70	128	501	460	455	476
71	64	115	501	501	501
72	54	501	95.6	117	106
73	40	99.8	501	501	501
74	128	501	460	455	476
75	72	32.2	95.6	117	106
76	128	501	460	455	476
77	56	99.8	501	501	501
78	42	501	35.5	31	40.2
79	42	501	35.5	31	40.2
80	50	32.2	32.5	27,7	41.6
81	15	32.2	501	501	501
82	24	115	501	501	501
83	14	501	501	501	501
84	80	501	114	136	121
85	48	501	114	136	121
86	160	115	393	382	417
87	112	501	460	455	476
88	81	440	501	501	501
89	72	32.2	95.6	117	106
90	405	440	448	460	502
91	144	115	393	382	417
92	48	501	114	136	121
93	64	501	114	136	121
94	64	115	501	501	501
95	24	501	26,6	24,1	28,3
96	42	501	35.5	31	40.2
97	42	501	35.5	31	40.2
98	42	501	35.5	31	40.2
99	42	501	35.5	31	40.2
100	32	501	33.8	29,6	34.5
101	48	501	114	136	121
102	36	501	35.5	31	36
103	72	32.2	95.6	117	106
104	80	501	114	136	121

Çizelge 5.5 HTEA yöntemi bulanık mantık risk skorları (devam)

105	64	501	114	136	121
106	180	440	448	460	486
107	180	440	448	460	486
108	200	440	448	460	486
109	168	115	360	346	386

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 (L tipi matris için 1. Analiz, Fine-Kinney için 1. Analiz ve HTEA için 2. Analiz sonucu) belirlenmiş ve bu skorlar 1-5 arasındaki ölçekte bir sonuca dönüştürülmek üzere yine bulanık mantık yöntemi ile analize tabi tutulmuşlardır. Skorların çeşitlenmesindeki etkisini araştırmak için 2 adet üçgen ve 1 adet trapez olmak üzere 3 adet çıktı üyelik fonksiyonu ile yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6 Bulanık mantık yöntemi ile elde edilen geleneksel risk skorlarının 1-5 ölçeğindeki risk skorları

Risk No	1. Analiz Risk Skorları	2. Analiz Risk Skorları	3. Analiz Risk Skorları
1	3,27	3,34	3,56
2	2,32	2,42	2,74
3	2,32	2,42	2,74
4	3,27	3,38	3,61
5	2,23	2,5	2,73
6	3,27	3,38	3,62
7	3,27	3,38	3,62
8	3,27	3,38	3,62
9	3,27	3,38	3,62
10	3,24	3,36	3,53
11	3,29	3,3	3,57
12	2,25	2,32	2,71
13	2,23	2,32	2,7
14	2,34	2,4	2,87
15	2,25	2,32	2,71
16	3,22	3,36	3,55

Çizelge 5.6 Bulanık mantık yöntemi ile elde edilen geleneksel risk skorlarının 1-5 ölçeğindeki risk skorları (devam)

17	2,25	2,32	2,71
18	2,24	2,31	2,7
19	2,24	2,31	2,7
20	2,32	2,42	2,74
21	2,32	2,42	2,74
22	2,32	2,42	2,74
23	2,32	2,42	2,74
24	2,32	2,42	2,74
25	2,32	2,42	2,74
26	3,22	3,36	3,55
27	2,24	2,31	2,7
28	2,32	2,42	2,74
29	4	3,93	4,2
30	3,2	3,23	3,68
31	3,08	3,14	3,51
32	3,05	3,12	3,5
33	2,25	2,32	2,71
34	3,08	3,14	3,51
35	3,14	3,18	3,52
36	3,19	3,22	3,55
37	2,46	2,52	2,98
38	2,27	2,37	2,68
39	3,22	3,36	3,55
40	2,27	2,37	2,68
41	2,25	2,4	2,68
42	2,27	2,37	2,68
43	2,27	2,37	2,68
44	2,25	2,4	2,68
45	2,25	2,32	2,71
46	2,23	2,31	2,69
47	3,22	3,25	3,54
48	2,27	2,33	2,68
49	3,19	3,22	3,55
50	2,24	2,37	2,7
51	2,33	2,4	2,85
52	3,24	3,36	3,53
53	3,24	3,36	3,53
54	2,25	2,32	2,7

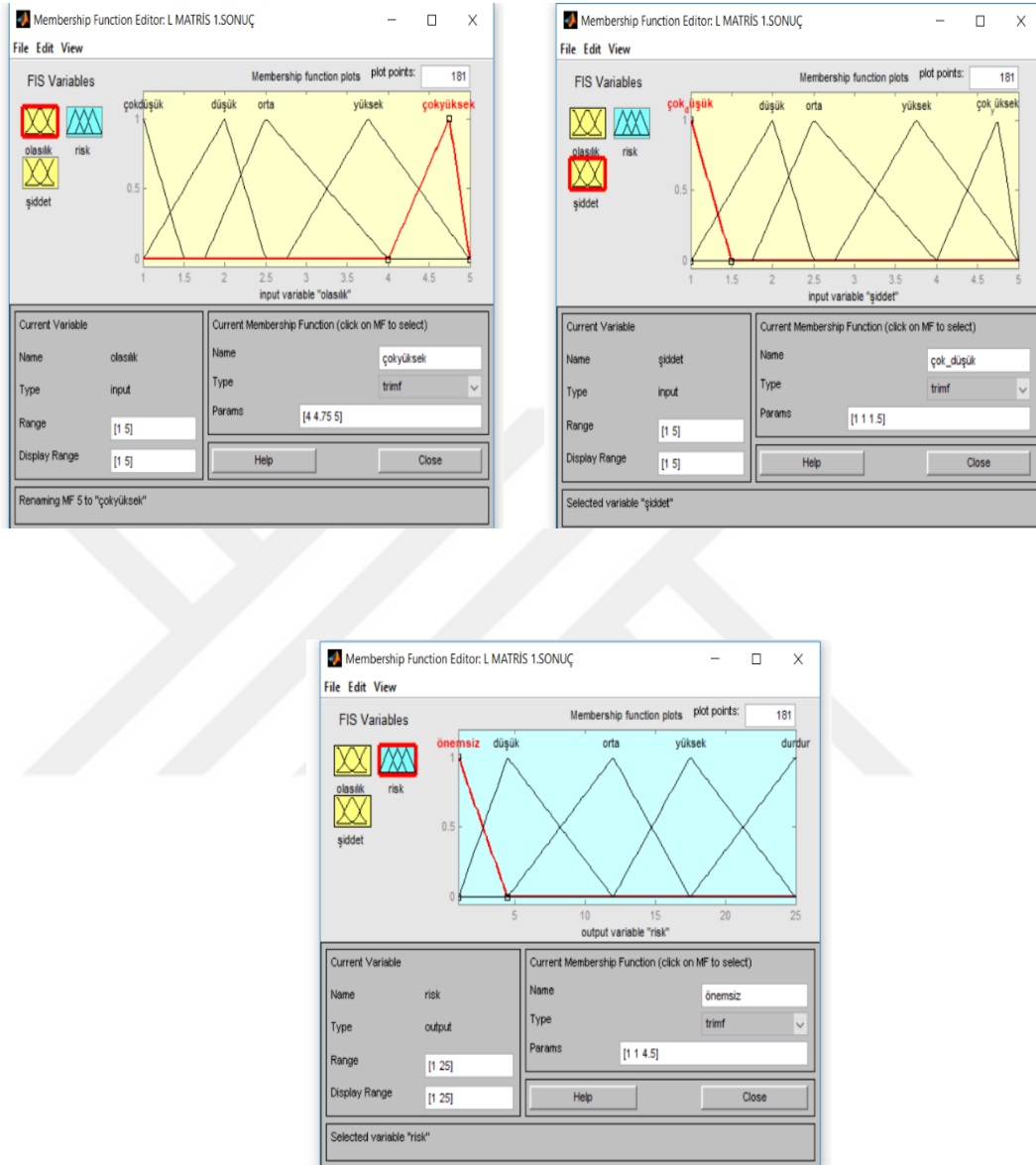
Çizelge 5.6 Bulanık mantık yöntemi ile elde edilen geleneksel risk skorlarının 1-5 ölçeğindeki risk skorları (devam)

55	2,24	2,37	2,7
56	3,19	3,22	4,2
57	2,34	2,4	3,68
58	2,23	2,31	3,51
59	3,36	3,43	3,5
60	2,23	2,31	2,71
61	2,23	2,31	3,51
62	2,23	2,31	3,52
63	2,23	2,31	3,55
64	3,27	3,38	2,98
65	3,22	3,36	2,68
66	2,23	2,31	3,55
67	3,22	3,36	2,68
68	3,22	3,36	2,68
69	2,33	2,4	2,85
70	2,23	2,31	2,73
71	2,24	2,31	2,7
72	3,22	3,36	3,55
73	2,31	2,37	2,83
74	2,23	2,31	2,73
75	3,22	3,36	3,55
76	2,23	2,31	2,73
77	2,24	2,31	2,7
78	2,32	2,42	2,74
79	2,32	2,42	2,74
80	2,21	2,31	2,67
81	2,23	2,31	2,69
82	2,25	2,32	2,69
83	3,2	3,23	3,68
84	2,33	2,4	2,85
85	3,19	3,22	3,55
86	3,27	3,38	3,61
87	2,33	2,4	2,86
88	3,24	3,36	3,53
89	3,22	3,36	3,55
90	3,23	3,36	3,69
91	3,27	3,38	3,61
92	3,19	3,22	3,55

Çizelge 5.6 Bulanık mantık yöntemi ile elde edilen geleneksel risk skorlarının 1-5 ölçeğindeki risk skorları (devam)

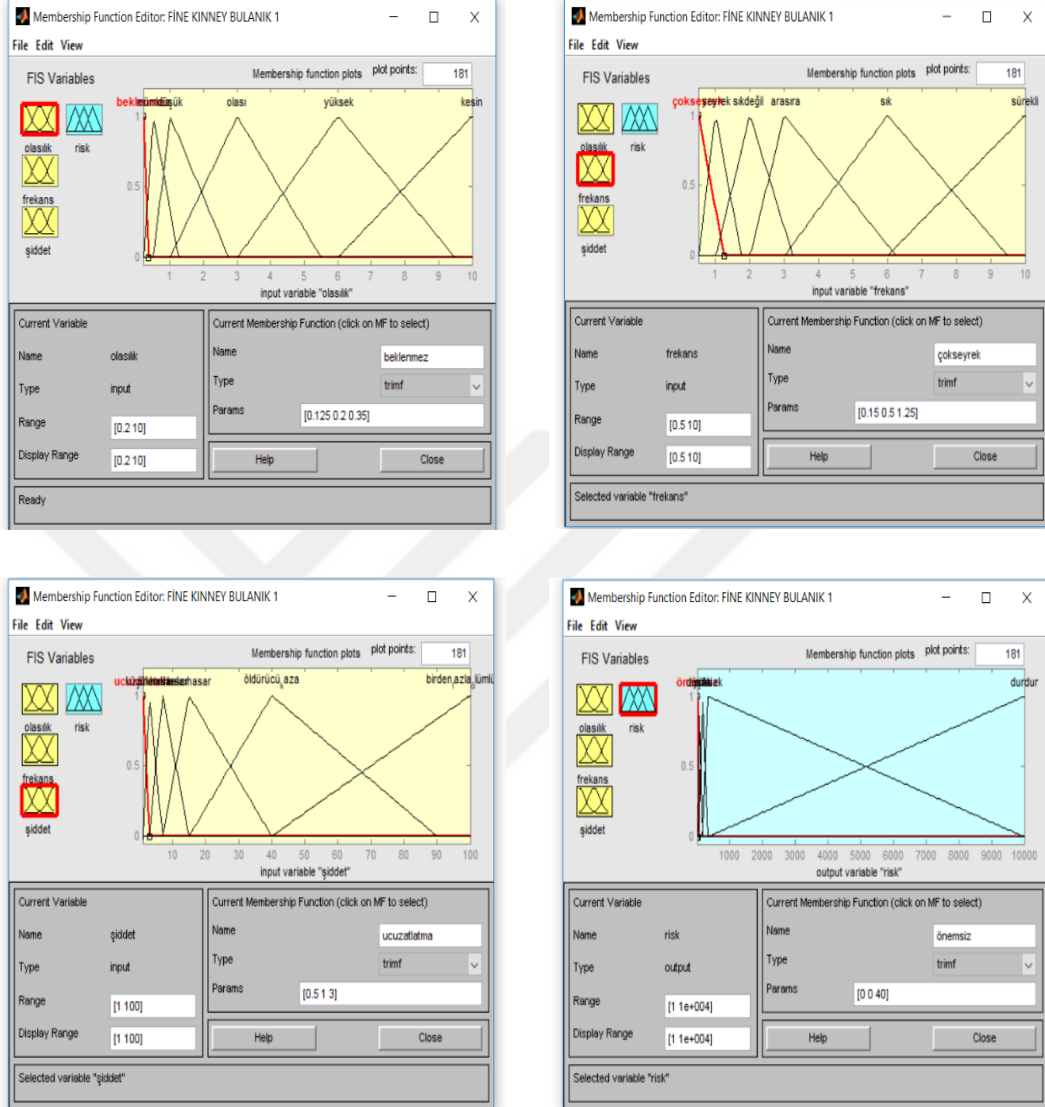
93	3,19	3,22	3,55
94	2,24	2,31	2,7
95	2,23	2,32	2,7
96	2,32	2,42	2,74
97	2,32	2,42	2,74
98	2,32	2,42	2,74
99	2,32	2,42	2,74
100	2,24	2,37	2,7
101	3,19	3,22	3,55
102	2,32	2,42	2,74
103	3,22	3,36	3,55
104	2,33	2,4	2,85
105	3,19	3,22	3,55
106	3,27	3,38	3,62
107	3,27	3,38	3,62
108	3,27	3,38	3,62
109	3,07	3,14	3,7

Çizelge 5.6 incelendiğinde 109 adet riskin 1. Analizde 23, 2. Analizde 20 ve 3. Analizde 26 farklı gruba ayrıldığı belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler geleneksel skorların bulanık mantık ile yeniden elde edilmesi sonucunda skor çeşitliliğinin azaldığını göstermiştir.



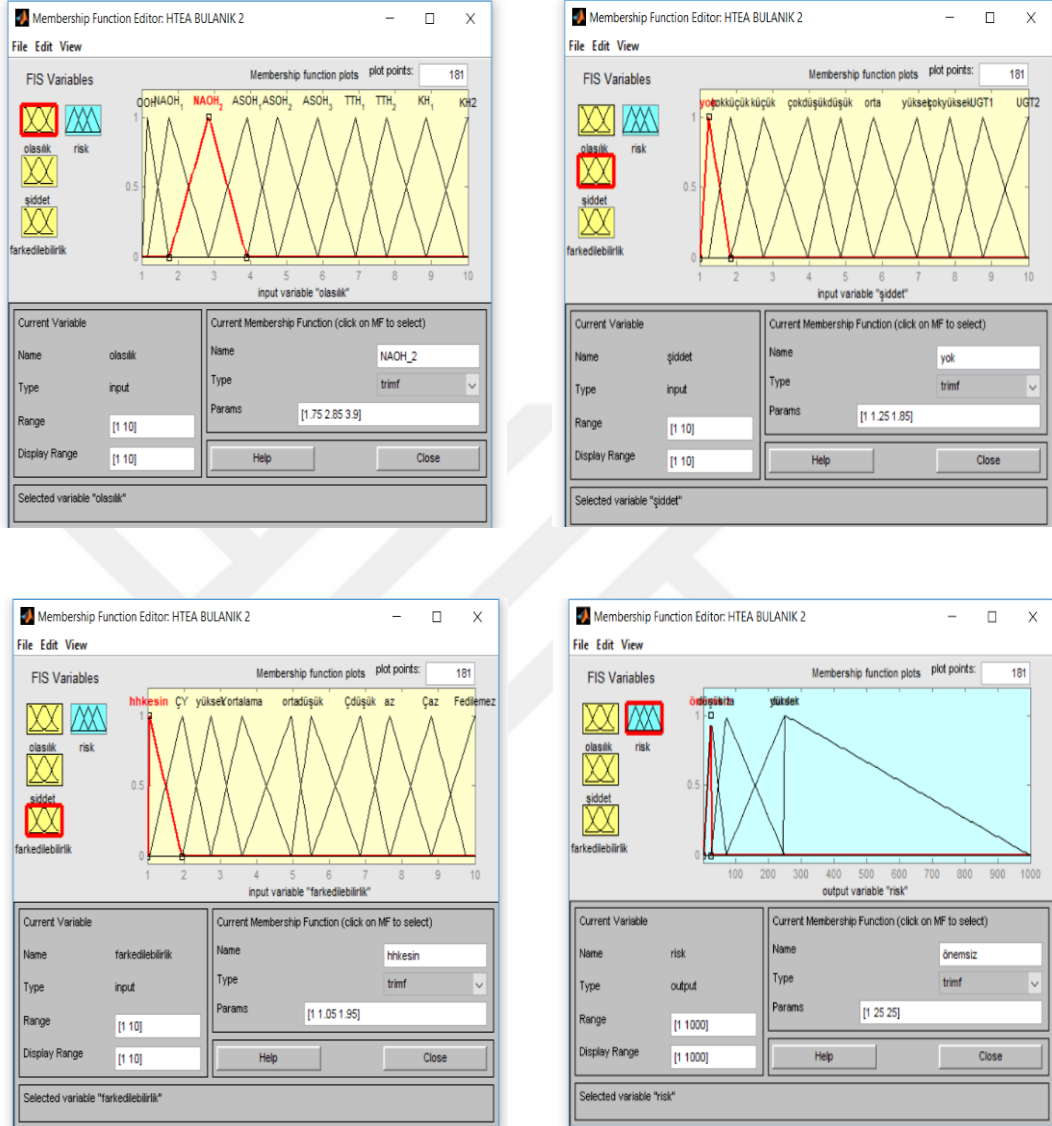
Şekil 5.16 L tipi Matris analizi için girdi ve çıktı üyelik fonksiyonları

Şekil 5.16'da L tipi Matris geleneksel yöntem risk skorlarını bulanık mantık ile elde edebilmek için fuzzy logic penceresine olasılık ve şiddet değerleri girdi olarak, risk değerleri çıktı olarak yazılarak üyelik fonksiyonları elde edilmiştir. Çeşitlilik sağlamak için yapılan 4 farklı çalışma Çizelge 5.3'te görülmektedir.



Şekil 5.17 Fine-Kinney analizi için girdi ve çıktı üyelik fonksiyonları

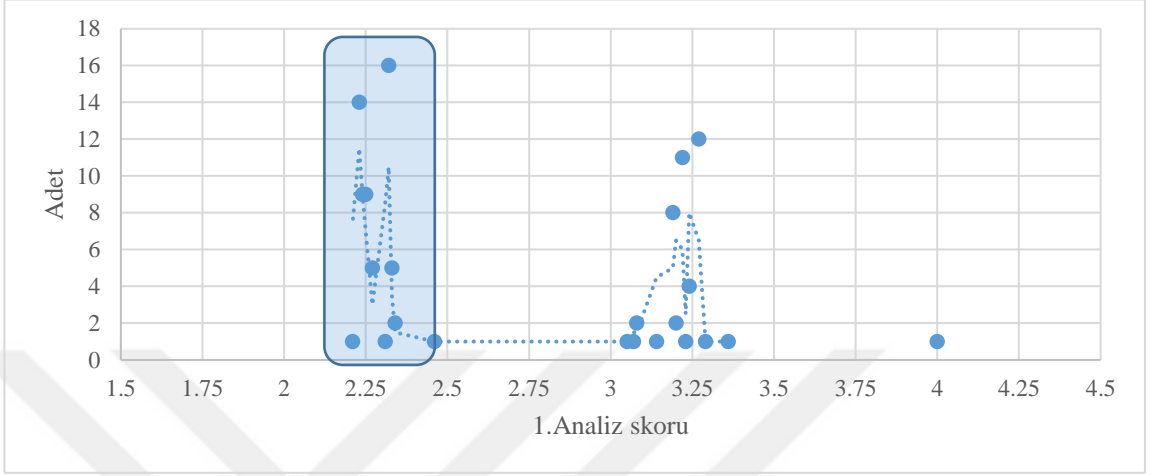
Şekil 5.17’de Fine-Kinney geleneksel yöntem risk skorlarını bulanık mantık ile elde edebilmek için fuzzy logic penceresine olasılık, şiddet ve frekans değerleri girdi olarak, risk değerleri çıktı olarak yazılarak üyelik fonksiyonları elde edilmiştir. Çeşitlilik sağlamak için yapılan 7 farklı çalışma Çizelge 5.4’te görülmektedir.



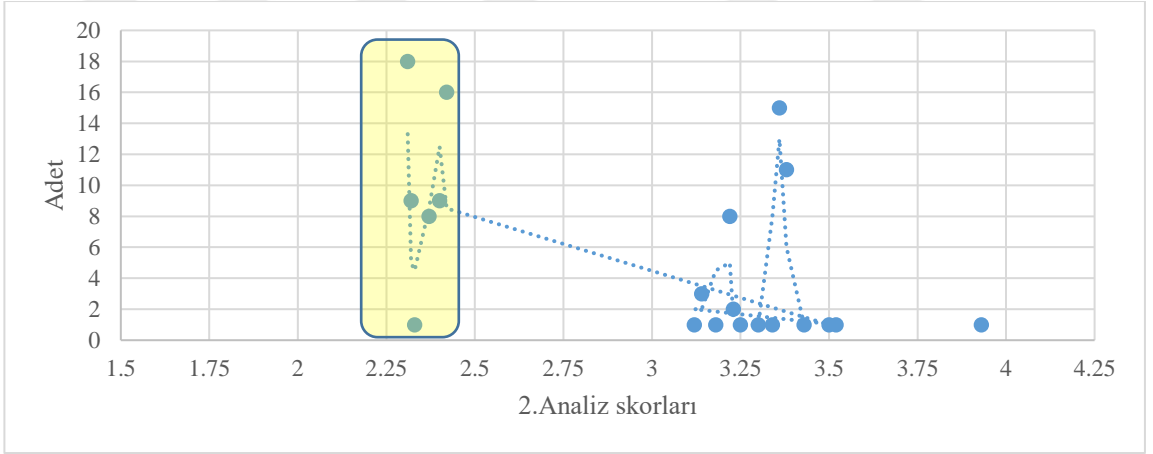
Şekil 5.18 HTEA analiz için girdi ve çıktı üyelik fonksiyonları

Şekil 5.18’de HTEA geleneksel yöntem risk skorlarını bulanık mantık ile elde edebilmek için fuzzy logic penceresine olasılık, şiddet ve saptanabilirlik değerleri girdi olarak, risk değerleri çıktı olarak yazılarak üyelik fonksiyonları elde edilmiştir. Çeşitlilik sağlamak için yapılan 4 farklı çalışma Çizelge 5.5’te görülmektedir.

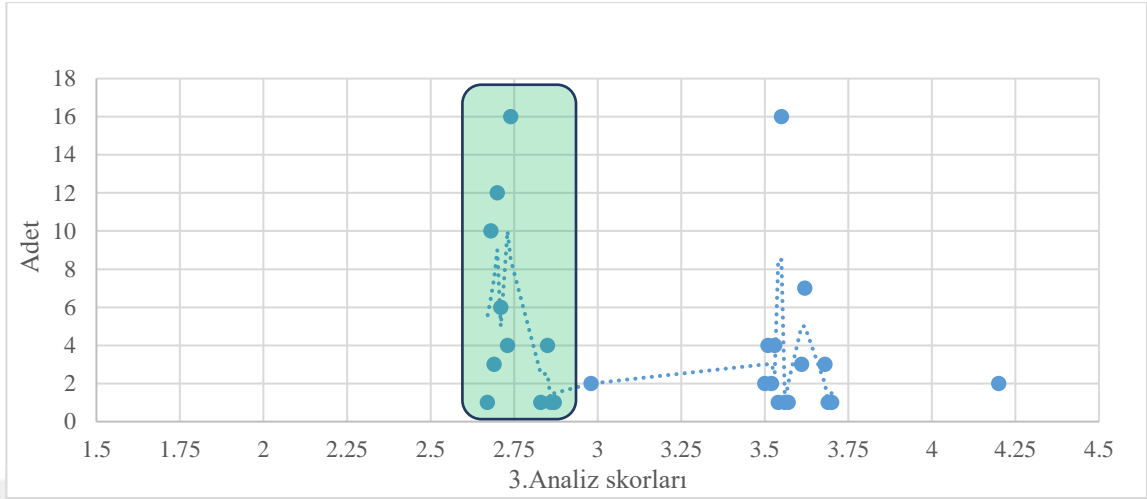
Aşağıdaki Şekil 5.10, Şekil 5.11 ve Şekil 5.12 de Çizelge 5.6’da elde edilen risk skorlarının yoğunlaştığı aralıklar görülmektedir.



Şekil 5.19 Bulanıklaştırılan risk skorlarının tekrar bulanıklaştırılması-1



Şekil 5.20 Bulanıklaştırılan risk skorlarının tekrar bulanıklaştırılması-2



Şekil 5.21 Bulanıklaştırılan risk skorlarının tekrar bulanıklaştırılması-3

Şekil 5.19, Şekil 5.20 ve Şekil 5.21 incelendiğinde risk skorlarının orta ve yüksek risk seviyesinde kümelendiği görülmektedir. Önemsiz, düşük ve katlanılmaz risk aralığı bulunmamaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

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

- Geleneksel risk değerlendirme yöntemleri kendi aralarında kıyaslandığında L tipi matris yöntemi, risk skorlarının farklı gruplara ayrılması hususunda en başarısız yöntem olarak belirlenmiştir.
- Fine Kinney ve HTEA yöntemleri risklerin çeşitlendirilmesi hususunda frekans ve fark edilebilirlik parametrelerini de içerdikleri için daha yüksek bir performans göstermektedir.
- 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 ayrılacaktır.
- 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 optimizasyon çalışmalarının yapılması önerilebilir.

7. KAYNAKÇA

[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] Url-1 < <https://www.mevzuat.gov.tr> >, Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu, 16.06.2006.

[3] Url-2 <<http://www.sgk.gov.tr>>, SGK İstatistik Yıllıkları, 2017.

[4] Gürcanlı, G. E., Müngen, U. (2011). İnşaat Şantiyelerine Özgü Bir İş Güvenliği Risk Analizi Yöntemi. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, 294s, İstanbul.

[5] Taşan, K. (2006). Bir Risk Değerlendirme ve Güvenilirlik Metodu Olarak Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) Yöntemi: Bir Otomotiv Yan Sanayi İşletmesinde Uygulanması. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, 185s, İzmir.

[6] Bayrakdar, O.M. (2009). Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA) ve TAGUCHI Metodunun BONFIGLIOLI A.Ş' de Ortak Uygulaması, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 102s, Ankara.

[7] Eryürek, Ö.F. (2003). Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönteminde Yeni Bir Karar Verme Modeli. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 144s, İstanbul.

[8] Aran, G. (2006). Kalite İyileştirme Sürecinde Hata Türü Etkileri Analizi (FMEA) ve Bir Uygulama, Gazi Osman Paşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 130s, Tokat.

[9] Özçelik, A. (2013). İş Sağlığı ve Güvenliğinde Fine–Kinney Yöntemiyle Risk Yönetimi: Mermer İşletmesi Örneği. Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 86s, Eskişehir.

[10] Önal, F. (2015). Hastane Enfeksiyon Risk Yönetiminde L Tipi 5X5 Matris Yöntemi Uygulaması. Gediz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 66s, İzmir.

[11] 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.

[12]Dolaş, K. (2016). Bulanık Mantık Yöntemi ile Risk Değerlendirmesi: Matbaa Sektörü Örneği. Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 92s, Ankara.

[13] Url-3 <<http://www.casgem.gov.tr> > Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi'nin (ÇASGEM) Kurumsal Kapasitesinin Güçlendirilmesi İçin Teknik Destek Projesi, Türkiye de İş Sağlığı ve Güvenliği Algısı, 2017.

[14] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (2012). İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirme Yönetmeliği (28512 Mükerrrer). *TC Resmi Gazete*, 29.12.2012 .

[15] Gülırmak, F. (2014). Talaşsız İmalat ve Döküm Atölyeleri İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Analizi. Yeni Yüzyıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 44s, İstanbul.

[16] Anonim (2008). TS OHSAS 18001 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri Standartı. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

[17] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, (2014). Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Politika Belgesi-III ve Eylem Planı, Ankara.

[18] Demir, G. (2016). İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG)'nin Sağlanmasında İşyeri Kurullarının Etkinliği. Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 145s, Bursa.

[19] Url-4 <<https://www.mevzuat.gov.tr>>6331 Kanun Numaralı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, Haziran 2012.

[20] Işık, M. (2017). Kum Ocaklarında İş Güvenliği ve Risk Değerlendirmesi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. s, Sivas.

[21] Özdemir, N. (2009). Gemi Sanayinde İş Güvenliği Yönetimi ve OHSAS 18001 Uygulaması. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[22] 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.

[23] Özkılıç, Ö. (2015). İş Sağlığı ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri. Ankara.

[24] Aile Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, (2005). İş Sağlığı ve Güvenliğinde Çağdaş Bir Yaklaşım: Risk Değerlendirilmesi ve Risk Yönetimi. İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, Sayı-25.

[25] Özkılıç, Ö. (2015). İş Güvenliği İş Adamları Derneği, Güvenlik Mevzuatında Risk.

[26] 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.

[27] Öndemir, Ö., Güngör, Ş., Baraçlı H. (2004). Hata Türü ve Etkileri Analizinde Bulanık Mantık Yaklaşımının Kullanılabilirliği. Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği-XXIV Ulusal Kongresi, 15-18 Haziran.

[28] Çukurluöz, A. K. (2018). Bulanık Mantık Yöntemi Kullanılarak Yer altı Mekanize Kömür Ocaklarındaki Risklerin Değerlendirilmesi. Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 224s, Eskişehir.

[29] 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.

[30] Devren, M.E. (2016). Asansör Sistemlerinde FMEA ve Fine-Kinney Metodlarının Risk Değerlendirmelerinin Karşılaştırılması. İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 99s, İstanbul.

[31] Şafak, R. E., Şensöğüt, C., Kasap, Y. (2018). Açık Ocak İşletmelerinde İş Güvenliği Uygulaması: Örnek Ocak Çalışması. Bilimsel Madencilik Dergisi, 99-108.

[32] Bilir, S., Güranlı, G.E. (2015). İnşaat Sektöründe Faaliyet Tabanlı Maliyet Yönetimi Kullanılarak İş Güvenliği Maliyet Tahmini. 5. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, İstanbul.

[33] Dahım, M.E. (2016). Puslu(Bulanık) Mantık. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 42s , Erzurum.

[34] Pehlivan, İ. (2001). Bulanık Mantık Kontrolörler İle Klasik PİD Kontrolörlerin Karşılaştırılması ve Bir Bulanık Mantık Kontrolör Tasarımı. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 66s, Sakarya.

[35] Şen, Z. (2002). Bulanık (Fuzzy) Mantık ve Modelleme İlkeleri. Bilge Sanat Yapım Yayınları, İstanbul.

[36] Özen, S.B. (2018). KASKİ Atık Su Arıtma Verilerinin Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık Yöntemleri İle Tahmin Edilmesi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 81s, Kayseri.

[37]İhsan Pehlivan, Bulanık Mantık Kontrolörler ile Klasik PID Kontrolörlerin Karşılaştırılması ve Bir Bulanık Kontrolör Tasarımı, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001

[38] Uygunoğlu, T., Ünal, O. (2005). Seyitömer Uçucu Külünün Betonun Basınç Dayanımına Etkisi Üzerine Bulanık Mantık Yaklaşım, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt-1, Sayı-1, 13-20.

[39] Canlar Durmaz, R. (2010). İnşaat Sektöründe Bulanık Risk Değerlendirmesi Uygulaması. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 123s, Konya.

[40] Uygunoğlu, T., Yurtcu, Ş. (2006). Yapay Zeka Tekniklerinin İnşaat Mühendisliği Problemlerinde Kullanımı. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 61-70.

[41] Demir, F., Gençoğlu, M., Güler, K. (2004) Çelik Tel Takviyeli Betonların Gerilme-Şekil Değişirme Davranışı için Bir Bulanık Mantık Yaklaşımı, Türkiye İnşaat Mühendisliği 17. Teknik Kongre ve Sergisi, 15-16-17 Nisan, İstanbul.

EKLER

EK-1 RİSK İÇERİKLERİ

EK-2 TCDD SİVAS BETON TRAVERS FABRİKASI İZİN BELGESİ



EK-1 RİSK İÇERİKLERİ

RİSK NO	BÖLÜM	TEHLİKE KAYNAKLARI	TEHLİKENİN KAZAYA DÖNÜŞMESİNDE OLASI DURUM	5X5 L MATRİS			FİNE KİNNEY				HTEA			
				olasılık	şiddet	risk	olasılık	frekans	şiddet	risk	olasılık	farkedilebilirlik	şiddet	risk
1	GENEL	Yangın, sel, deprem, terör, sabotaj	Güvensiz durum ve hareketler	2	5	10	1	0.5	100	50	3	9	10	270
2		Uyarı levhaları	Güvensiz durum	1	3	3	0.5	6	15	45	2	4	7	56
3		Fabrikanın muhtelif yerlerindeki, düzensiz konumlanmış, ahşap ve çelik eşya dolapları	Güvensiz durum, hijyen, acil durumlarda engel teşkil etmesi, çalışma alanı daraltması, yangın.	1	3	3	0.5	6	15	45	2	3	6	36
4		Sosyal tesisler, su arıtma tesisi vb.	Güvensiz durum	1	5	5	0.5	1	100	50	2	8	9	144
5		Ziyaretçiler	Güvensiz hareketler	1	4	4	0.5	1	40	20	2	8	8	128
6		Yüksekte çalışma (Her türlü yükseklikteki bakım, onarım, kontrol vs. çalışmalar)	Güvensiz durum ve hareketler	1	5	5	0.5	0.2	100	10	2	10	10	200
7		Kapalı kap, kazan, tank, silo gibi dış ortama tümüyle veya yarı kapalı ortamlarda yapılan kaynak işleri	Güvensiz durum ve hareketler	1	5	5	0.5	0.2	100	10	2	10	10	200
8		Su kulesi, lojmanlar, müdüriyet binası, sosyal tesisler	Güvensiz durum	1	5	5	0.5	0.2	100	10	2	10	9	180
9		Malzeme depoları	Güvensiz durum	1	5	5	0.5	0.2	100	10	2	10	9	180

10		Acil durumlar	Güvensiz durum	1	5	5	0.2	0.5	100	10	1	9	10	90
11	İŞ MAKİNELERİ	Aydınlatma	Güvensiz durum	2	4	8	1	10	40	400	4	2	8	64
12		Koruyucu donanım ve iş elbisesi kullanmama	Güvensiz durum	1	3	3	0.2	6	15	18	1	4	7	28
13		Egzoz gazı	Kapalı alanlarda biriken egzoz gazı zehirleyici ve öldürücü niteliktedir.	1	3	3	0.5	10	15	75	2	2	6	24
14		Araç yollarındaki işaretlerin eksik olması	Güvensiz durum (SGK İstatistiklerine göre iş kazalarının %4'ü taşıt kazalarından meydana gelmektedir.)	1	4	4	0.2	6	40	48	1	4	8	32
15		İş makinelerinde yangın söndürme ve ilkyardım ekipmanı bulunmaması	Güvensiz durum	1	3	3	0.2	6	15	18	1	6	7	42
16		Çalışma ve Bakım prosedürlerinin ve makine sicil kartlarının olmaması	Güvensiz hareket	1	5	5	0.5	6	100	300	2	3	9	54
17		Agrega istif alanı	Güvensiz durum	1	3	3	0.2	6	15	18	1	4	6	24
18		Yetkisiz iş makinesi (forklift, ekskavatör, dozer, iş kamyonu, iş traktörü vb.) kullanımı	Güvensiz davranış	1	4	4	0.2	1	40	8	1	8	8	64
19		Araç tamirlerini mesleki eğitimi bulunmayan çalışanların yapması	Güvensiz davranış	1	4	4	0.2	1	40	8	1	8	8	64

20	BAKIM ATÖLYESİ	Hareketli aksamlar için koruyucu düzenekler	Malzeme fırlamalarına, el-kol sıkışmasına, elbiselerinin takılmasına ve cilt ile temas sonucunda yaralanmalara ve hatta takılan parçanın vücut ile bağlantısına dayalı olarak ölümlere neden olabilir.	1	3	3	0.5	6	15	45	2	4	6	48
21		Zemin işaretlemeleri ve fiziki engeller	Malzeme fırlamaları, yaralanma	1	3	3	0.5	6	15	45	2	4	7	56
22		Torna tezgahı	Malzeme fırlamaları, yaralanma	1	3	3	0.5	6	15	45	2	4	7	56
23		Acil durdurma butonları	Güvensiz durum	1	3	3	0.5	6	15	45	2	4	7	56
24		Radyal Matkap	Bir dikkatsizlik anında ya da istem dışı bir şekilde bu parçaların çalıştığı sırada temas edilmesi halinde uzuv kaybı veya ölüm	1	3	3	0.5	6	15	45	2	3	6	36
25		Metal işleme sıvıları	Cilt bozuklukları, solunumla ilgili rahatsızlıklar, kanser	1	3	3	0.5	6	15	45	2	3	6	36

26		Çalışma ve Bakım prosedürlerinin ve makine sicil kartlarının olmaması	Güvensiz hareket	1	5	5	0.5	6	100	300	2	3	9	54	
27		Teleskobik platform		1	4	4	0.2	2	40	16	1	6	8	48	
28		Yanlış kişisel koruyucu donanım kullanımı	Meslek hastalıkları, yaralanma	1	3	3	0.5	6	15	45	2	4	7	56	
29	KALIPLAMA - GERDİRME	Gerdirme bandında travers patlaması riski	Güvensiz durum, yaralanma, ölüm	3	4	12	3	10	40	1200	6	2	8	96	
30		Zemin işaretlemesi yetersiz olması,dar alanda-birbirinin çalışma alanına geçmiş birçok iş yapılması	Güvensiz durum ve davranışlar, yaralanma, ölüm	1	4	4	0.2	10	40	80	1	2	8	16	
31		Çelik kalıp dönderme vinci ve dönderme aksesuarı	Vinç mekanizması tehlikeli, elektrikli aksam topraklanmalı, makine durdurulmadan tamir-bakım-temizlik yapılmamalı		2	2	4	1	10	7	70	4	2	5	40
32		İnce işler için yetersiz aydınlatma	Güvensiz durum		2	2	4	1	10	7	70	3	2	5	30
33		Koruyucu donanım kullanmama	Güvensiz hareket		1	3	3	0.2	6	15	18	1	4	7	28
34		Tava alma ve kalıp üstüne koyma ekipmanı	Güvensiz durum		2	2	4	1	10	7	70	4	2	5	40
35		Enkesiyon makinesi yıkama işlemi	Güvensiz durum		2	4	8	1	6	40	240	3	4	8	96
36		Betoniyer, kontrol panosu, taşıyıcı sac platform ve platforma çıkan merdivenler	Düşme, uzuv kaptırma, elektrik çarpması, yaralanma, ölüm		1	4	4	0.5	6	40	120	2	4	8	64

37	İşyerindeki tüm tuvaletler, banyolar, soyunma odaları, yemekhane	Bulaşıcı hastalık	2	2	4	1	6	7	42	4	3	5	60
38	Beton travers çelik kalıp ayırıcı yağ	Meslek hastalığı	1	2	2	0.5	10	7	35	2	2	5	20
39	Çalışma ve bakım prosedürleri ile makine sicil kartlarının olmayışı	Güvensiz durum ve davranışlar	1	5	5	0.5	6	100	300	2	3	9	54
40	Kalıp monteden vibrasyon masalarına aktaran monoray vinç ve kalıp tutma aksesuarı	Güvensiz durum	1	2	2	0.5	10	7	35	2	2	5	20
41	Agrega tartım bunker, betoniyere kadar uzanan taşıyıcı bant ve silo altı klape vs. düzenek	Güvensiz durum	1	2	2	0.5	6	7	21	2	4	5	40
42	Vibrasyon masaları, kontrol panosu, kalıp taşıyıcı zincir bant ve üst baskı aksamı	Güvensiz durum	1	2	2	0.5	10	7	35	2	2	5	20
43	Kür çadırlarının taşınması	Güvensiz durum	1	2	2	0.5	10	7	35	2	2	5	20
44	Atıl veya işler durumdaki iş ekipmanlarının bulunduğu odaların dinlenme ve başka amaçlar için kullanılması	Güvensiz durum, yangın	1	2	2	0.5	6	7	21	2	3	5	30
45	Vinçler	Güvensiz durum	1	3	3	0.2	6	15	18	1	4	7	28
46	Taze beton (traversleri) kür bacalarına taşımada kullanılan vinç aparatı	Güvensiz durum	1	2	2	0.2	10	7	14	1	2	7	14
47	Kalıp tavalalarının taşınmasında kullanılan araba	Güvensiz durum	2	2	4	1	10	7	70	3	2	6	36
48	Kür bacasındaki sehpa demirlerinin montaj ve demontajı	Meslek hastalığı	1	2	2	0.5	10	7	35	2	2	6	24

49		Kalıp yağı basınçlı tankları	Güvensiz durum, yaralanma, ölüm	1	4	4	0.5	6	40	120	2	4	8	64
50	DIŞ İSTİF	Yüksekte çalışma	Düşme, yaralanma, ölüm	1	4	4	0.5	10	40	200	2	2	8	32
51		Demiryolu müsellesi	Güvensiz durum	1	4	4	0.5	3	40	60	2	5	8	80
52		Rüzgarda çalışma	Güvensiz durum	1	5	5	0.2	1	100	20	1	8	9	72
53		Vagona travers yüklenmesi	Güvensiz durum, demiryolu kazası	1	5	5	0.2	1	100	20	1	8	15	120
54		Vinç kabini	Güvensiz durum	1	3	3	0.5	1	15	7,5	2	8	7	112
55		Portal vinçle yükleme yapılması	Güvensiz hareketler	1	4	4	0.5	10	40	200	2	2	8	32
56		ELEKTRİK	Kaçak akım rölelerinin ve topraklama tesisatlarının bütün işyerinde olmayışı	Güvensiz durum, elektriğe çarpılma, yaralanma, ölüm	1	4	4	0.5	6	40	120	2	4	8
57	Yanlış müdahale		Güvensiz davranış	1	4	4	0.2	6	40	48	1	4	8	32
58	Tevzi panoları		Güvensiz durum	1	4	4	0.5	1	40	20	2	8	8	128
59	Isı Santrali brülör koruma topraklamaları, Bakım Atölyesi (matkap, taşlama, frezeler, tornalar, planya, testere tezgahlarının) Topraklama Ölçümlerinin Uygunsuz Olması, Eş Potansiyel Bara ile Artık Akım Koruma veya İzolasyon Trafosu Bulunmaması		Elektrik kaçağı halinde yaralanma, kalıcı hasar	3	4	12	3	0.5	40	60	5	9	8	360
60	Jeneratör		Güvensiz durum	1	4	4	0.5	1	40	20	2	8	8	128
61	Sigortalar		Güvensiz durum	1	4	4	0.5	1	40	20	2	8	8	128

62	Yüksek gerilim hücresi	Güvensiz durum	1	4	4	0.5	1	40	20	2	8	8	128
63	Transformatör, kondansatör	Güvensiz durum	1	4	4	0.5	1	40	20	2	8	8	128
64	Isı Santrali Paratoner Topraklaması	Yaralanma, ölüm	2	5	10	1	0.5	100	50	4	9	10	360
65	Çalışma ve bakım prosedürleri ile ekipman sicil kartı veya defterlerinin bulunmaması	Güvensiz davranış	1	5	5	0.5	6	100	300	2	3	9	54
66	Fiş-priz sistemleri, kapasite aşımı	Güvensiz durum	1	4	4	0.5	1	40	20	2	8	8	128
67	Görev Emri ve Çalışma Müsadesi formlarının yetersiz olması	Güvensiz davranış	1	5	5	0.5	6	100	300	2	3	10	60
68	Yetersiz koruyucu donanım/önlem kullanımı	Güvensiz davranış	1	5	5	0.5	6	100	300	2	3	9	54
69	Tüm seyyar elektrik iş aletleri	Güvensiz durum	1	4	4	0.5	3	40	60	2	5	8	80
70	Ark atlaması	Bir ark saniyenin küçük bir parçası kadar aktif olur ancak 35,000 dereceye kadar ısı üretir ve bu seviye metali kolayca eritebilir. Dolayısıyla bir ark vahim yanıklara neden olabilir.	1	4	4	0.5	1	40	20	2	8	8	128
71	Yetkisiz personel görevlendirilmesi	Güvensiz davranış	1	4	4	0.2	1	40	8	1	8	8	64

72	KAYNAK	Bakım-onarım prosedürlerinin ve makine sicil kartlarının olmaması	Güvensiz hareket	1	5	5	0.5	6	100	300	2	3	9	54
73		Elektrik	Elektrik çarpması, yaralanma, ölüm	1	4	4	0.2	3	40	24	1	5	8	40
74		Yakıcı/yanıcı ve patlayıcı kaynak tüplerinin periyodik muayenelerinin yapılmaması	Patlama, ölüm	1	4	4	0.5	1	40	20	2	8	8	128
75		Görev Emri ve Çalışma Müsadesi formlarının yetersiz olması	Güvensiz hareket	1	5	5	0.5	6	100	300	2	4	9	72
76		Yüksek sıcaklık	Yangın, patlama	1	4	4	0.5	1	40	20	2	8	8	128
77		Yetkisiz personel	Yaralanma, ölüm	1	4	4	0.2	1	40	8	1	7	8	56
78		Kaynak dumanı	Kaynak yapılması sonucu yüksek yoğunlukta azot oksit ve ozon gazlarına bir defa da olsa maruz kalınınca 8-24 saat içinde AKUT akciğer ödemi görülmesine yol açabilir. Metal Oksit Dumanı (MOD) ateşi (metel fume fever), genellikle geçici bir rahatsızlık verir. Ancak kronik rahatsızlıkların da		1	3	3	0.5	6	15	45	2	3	7

			gelişmesine yardımcı olur.											
79	Kaynak ışınları	Işınların ortalama %10'u morötesi (UV), % 30'u parlak ve % 60'ı kızılötesi (IR) ışınlarıdır. Kısa süreli (saniyelerle) maruz kalmalarda bile, geçici görme bozukluklarına, kızarıma, kanlanma, baş ağrısı, saydam tabakada (kornea) yanıklara, deride yanıklara, katarakta ve sonunda körlüğe, deri kanserine yol açan çok ağır hasarlara neden olur.	1	3	3	0.5	6	15	45	2	3	7	42	
80	Aydınlatma	Güvensiz durum	1	2	2	0.5	3	7	10,5	2	5	5	50	

81		Gürültü	Çok kısa aralıklarda oluşan bu pikler operatör tarafından algılanamaz ve kalıcı işitme kayıplarına dahi sebebiyet verebilir.	1	2	2	0.2	6	7	8,4	1	5	3	15
82		Periyodik sağlık muayenesi yapılmaması	Meslek hastalığı	1	3	3	0.2	6	15	18	1	6	4	24
83	ISI SANTRALİ	Ortam ölçümü yapılmamış olması (gürültü, aydınlatma)	Güvensiz ortam	1	3	3	0.5	10	15	75	2	1	7	14
84		İş güvenliği uyarı levhalarının bulunmaması	Güvensiz davranışlar	1	4	4	0.5	3	40	60	2	5	8	80
85		Elektrik panoları, tesisatı, ekipmanı	Elektrik kaçağı, arıza, yangın, patlama	1	4	4	0.5	6	40	120	2	3	8	48
86		Doğalgaz tesisatına yakın yanıcı madde (fuel-oil tankları)	Yangın, patlama	1	5	5	0.5	1	100	50	2	8	10	160
87		Yetersiz su izolasyonlu çatı	Elektrik kaçağı, arıza, yangın, patlama	1	4	4	0.5	2	40	40	2	7	8	112
88		Periyodik kontrolsüz ekipman	Yangın, patlama, elektrik kaçağı	1	5	5	0.2	0.5	100	10	1	9	9	81
89		Çalışma ve bakım prosedürleri ile ekipman sicil kartı veya defterlerinin bulunmaması	Güvensiz davranış	1	5	5	0.5	6	100	300	2	4	9	72
90		Özellikliğini yitirmiş yangın söndürücüler	Yangına müdahale edememe	3	5	15	3	0.5	100	150	5	9	9	405
91		İkinci acil çıkış olmaması	Çalışanların acil durumlarda içerde mahzur kalması	1	5	5	0.5	1	100	50	2	8	9	144
92		Mesleki eğitim ve yeterliliği olmayan personel	Güvensiz davranış	1	4	4	0.5	6	40	120	2	3	8	48

93	Ahşap oda	Patlama, yangın esnasında korunaksız odanın içerisindeki çalışanlara zarar vermesi	1	4	4	0.5	6	40	120	2	4	8	64	
94	Yüksekte çalışma	Buhar kazanı üzerinden, çatıdaki havalandırma bacalarından düşme	1	4	4	0.2	1	40	8	1	8	8	64	
95	SU ARITMA	Kullanma suyundaki paslılık	Tetanoz vb. meslek hastalıkları	1	3	3	0.5	10	15	75	2	2	6	24
96		Sodyum metabisülfid	Gözde ciddi hasar, deride iltihaplanma, solunumda akciğerde tahriş, astım	1	3	3	0.5	6	15	45	2	3	7	42
97		Sodyum hidroksit	Ciltte ciddi yanıklar, gözlerde geri dönüşümsüz hasar, körlük, akciğerde tahrip edici ciddi yanıklar, yutulması halinde ölümcül	1	3	3	0.5	6	15	45	2	3	7	42
98		Sodyum bisülfid solüsyon	Gözde kızarıklık, iltihap, deride iltihaplanma, solunum yolunda	1	3	3	0.5	6	15	45	2	3	7	42

		tahriş, yutulması halinde ölümcül												
99		Bonderite c-ak 32 (firkete atölyesi)	Ciddi yanıklar	1	3	3	0.5	6	15	45	2	3	7	42
100		Hidrofor	Patlama	1	4	4	0.5	10	40	200	2	2	8	32
101	AGREGA	Taşıyıcı konveyör bant ve Yürüyüş platformu	Düşme, yaralanma, ölüm	1	4	4	0.5	6	40	120	2	3	8	48
102		Laboratuar zincirli vinç	Yaralanma	1	3	3	0.5	6	15	45	2	3	6	36
103		Çalışma ve bakım prosedürleri ile makine sicil kartlarının olmayışı	Güvensiz durum ve davranışlar	1	5	5	0.5	6	100	300	2	4	9	72
104		Damperli kamyonlar	Yaralanma, ölüm	1	4	4	0.5	3	40	60	2	5	8	80
105	LOJMAN	Elektrik	Güvensiz durum	1	4	4	0.5	6	40	120	2	4	8	64
106		Doğalgaz	Güvensiz durum	1	5	5	0.5	0.2	100	10	2	10	9	180
107		Ahşap barakalar	Güvensiz durum	1	5	5	0.5	0.2	100	10	2	10	9	180
108		Yüksekten düşme	Güvensiz davranış, Güvensiz durum	1	5	5	0.5	0.2	100	10	2	10	10	200
109		Çocuklar	Güvensiz davranış	2	4	8	1	2	40	80	3	7	8	168

EK.2 TCDD SIVAS BETON TRAVERS FABRİKASI İZİN BELGESİ



T.C.
TÜRKİYE CUMHURİYETİ DEVLET DEMİRYOLLARI İŞLETMESİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
DEMİRYOLU BAKIM DAİRESİ BAŞKANLIĞI
SIVAS BETON TRAVERS FABRİKASI MÜDÜRLÜĞÜ

16C^{nsi}

Sayı : 24977136-770-E.373636
Konu : Esra ARSLAN

02.10.2017

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜNE

İlgi : 09.09.2017 tarihli Esra ARSLAN'ın dilekçesi.

201592200410 Numaralı Esra ARSLAN isimli yüksek lisans tez öğrencisinin tez çalışmasını kurumumuzda yapmasında sakınca yoktur.
Bilgilerinize arz ederiz.

e-izmaıdır

Nami ALTAŞ
Personel ve İdari İşler Müdürü

e-izmaıdır

Ahmet Turan ÇETİNUS
Fabrika Müdür Yardımcısı

Not: 5070 sayılı elektronik imza kanununun 5 maddesi gereği bu belge elektronik imza ile imzalanmıştır.

PERSONEL VE İDARI İŞLER MÜDÜRLÜĞÜ

Bilgi için: Ahmet Turan ÇETİNUS
Fabrika Müdür Yardımcısı
Telefon No:(346) 227 03 16-130

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Esra ARSLAN
Doğum Yeri ve Tarihi	Sivas, 25.08.1992
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dil	İngilizce
Sürücü Belgesi	B Sınıfı
İletişim Adresi	Sivas Merkez 1.Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü Ahmet Turan Gazi OSB Mah. 10.Sk. No:2 58060-Sivas
E-posta Adresi	eesra_arслан@hotmail.com



Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Sivas/Selçuk Anadolu Lisesi, 2010
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, 2014
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019

İş Tecrübeleri

Tokgözler Yapı Denetim	Kontrol Mühendisi,2014-2015
Yücel Yapı Denetim	Kontrol Mühendisi,2015-2018
Sivas Merkez 1.Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü	İnşaat Mühendisi,2018-Halen

Sertifikalar

Netcad Pro	2014
Bilgisayar İşletmenliği	2018

Yetkinlikler

Microsoft Office, Autocad, Sta4cad, Matlab